

TRABAJO DE GRADO MAESTRIA
LINEA DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO
AMBIENTE

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS ECOSISTEMICOS CAUSADOS POR LA
ACTIVIDAD MINERA EN EL PARAMO PALACIO.

FELIX ORLANDO AMAYA COCUNUBO
IVAN FERNANDO AMAYA COCUNUBO

UNIVERSIDAD DE MANIZALES
CENTRO DE EDUCACIÓN A DISTANCIA
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE
BOGOTÁ

2014

**ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS ECOSISTEMICOS CAUSADOS POR LA
ACTIVIDAD MINERA EN EL PARAMO PALACIO.**

FELIX ORLANDO AMAYA COCUNUBO

IVAN FERNANDO AMAYA COCUNUBO

DOCENTE: DR. DIEGO HERNÁNDEZ GARCÍA

UNIVERSIDAD DE MANIZALES

CENTRO DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE

BOGOTÁ

2014

Resumen

La explotación de la mina Palacio se llevó a cabo en la zona durante 47 años, en los cuales no se implementaron acciones de protección y remediación de impactos sobre el ecosistema por la falta de legislación necesaria para regular dicha actividad en Colombia. Tampoco se entendía la importancia de la minimización y mitigación de los impactos ambientales que se produjeron en el proceso de explotación minera. No obstante, con la expedición de la normatividad ambiental de 1993, que regulaba este tipo de actividades, se produjo el cierre de la mina y el abandono del terreno por parte la empresa Samper S.A o la actual Cemex. La presente investigación, de carácter exploratorio y de tipo descriptivo – analítico, se enfocó en el análisis de los impactos en el ecosistema causados por la actividad minera en la explotación de la caliza en el Páramo Palacio, a través de dos fases metodológicas correspondientes al Estado del Arte y el Análisis de impacto ecosistémico.

Con base en la información bibliográfica, las entrevistas directas a habitantes de la zona y el análisis conceptual, se planteó un panorama de la zona antes, durante y después de la explotación minera en el páramo Palacio. Se determinó el estado actual del ecosistema de páramo donde operó la mina, partiendo del análisis de la matriz de Leopold con la que se relacionaron los factores ambientales con las fases de la producción de la caliza, característicos de la época.

Se encontró que con la explotación minera en la zona, se potencializaron procesos de pérdida de biodiversidad así como el desarrollo de técnicas agro-pastoriles, principalmente el cultivo de papa y la quemadas de los ecosistemas para despejar el terreno. Igualmente, se

indicó que de las 88 especies a las que se les hizo el seguimiento bibliográfico, el 70,45% han sido reportadas entre los años 2011 y 2012, mientras que el 29,55% no cuentan con reportes en la literatura.

Sumado a lo anterior, se determinó que el suelo del área donde se desarrolló la extracción de la caliza se encuentra en un proceso de evolución primario, cubierto por especies de gramíneas líquenes, musgos de la familia *Rhacocarpaceae*, con la aparición esporádica de especies de colonizadoras como *Lachemilla orbiculata* y helechos dispersos de la especie *Dryopteris*. Es importante resaltar el carácter sinérgico de los impactos, pues los efectos de los eventos de la explotación minera se suman en el ecosistema generando un efecto dominó, especialmente pérdida de diversidad ecológica. En consecuencia, es casi imposible de retornar a las condiciones iniciales del ecosistema, pues se generó un impacto de tipo irreversible en las especies vegetales y animales.

Se realizó una recomendación de los procesos de prevención, restauración y remediación que se deben realizar para recuperar el área afectada. Algunos de estos corresponden al control de actividades económicas; la educación ambiental para que la recuperación del ecosistema; el desarrollo de procesos ecoturísticos como alternativa de desarrollo sostenible; estrategias de aplicación de la política ambiental; planificación ambiental del territorio para avanzar hacia el manejo ecosistémico sostenible y la restauración ecológica en ecosistemas de páramo.

Palabras Clave: Paramo, Ecosistema, Minería, Matriz de Leopold, Impactos Ambientales

Abstract

The exploitation in the Palacio mine during 47 years did not have actions implemented about ecosystem protection and remediation. This situation was due either to the lack of necessary legislation in order to regulate this activity in Colombia or the misunderstanding of the importance of minimization and mitigation of environmental impact in mining operation. Nevertheless, with the expedition of environmental policy in 1993 that regulated those kind of activities, the mine was closed and de company Samper S.A left the area. This research is exploratory and descriptive-analytic and was focused on the analysis of ecosystemic impacts by mine activity of limestone extraction in the Palacio moorland. It had two methodological phases corresponding to State of art and the analysis of ecosystemic impacts.

The panorama of the zone before, during and after the mine operation was based on the bibliographical information, interviews to local population and conceptual analysis. The current state of the moorland ecosystem located in the last mine operation was determinate using a Leopold matrix analysis. This technique was useful to relate the environmental factors with the production phases of limestone.

During the mine operation in the area was increased either the rate of the loss of biodiversity or the development of agro pastoral techniques, specially potato culture and land burning. Also, It was found that 70, 45% of the species researched has been reported between 2011 and 2012 and the 29.55% does not have literature reports.

It was determinate that the soil used by limestone mine operation has a primary evolution process. This is characterized by the presence of lichen species, the family moss of *Rhacocarpaceae* and the colonizing species such as *Lachemilla orbiculata* and the bracken species of *Dryopteris*. It is important to highlight the synergetic relationship of the impacts because de mine operation events are added to the ecosystem and this generated a lost biodiversity domino's effect. In consequence, it is almost impossible to return to the initial conditions of the ecosystem due to the irreversible impact on the flora and fauna species.

The process of prevention, restoration and remediation has been recommended in this research with the aim to recover the affected areas. Some of them were focused on the control in economic activities, the environmental education for recovering the ecosystem, the ecoturistic process as alternative of sustainable development, the strategies of environmental policy application, the environmental planning of territory for the ecosystemic sustainable management and the ecological restoration on moorland ecosystems.

Keywords: Moorland, Ecosystem, Mining, Leopold Matrix, Environmental Impacts.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	3
Introducción	12
1. Diseño Teórico	14
1.1 Nombre del Proyecto	14
1.2 Formulación de la pregunta problema argumentada	14
1.3. Justificación	15
1.4. Objetivos	18
1.4.1 Objetivo General	18
1.4.2 Objetivos Específicos.....	18
2. Marco Teórico.....	19
2.1 Explotación de la piedra caliza	19
2.1.1 Generalidades de la Roca Caliza.....	19
2.1.2 Historia de la Industrialización en la Explotación de la Caliza.....	20
2.1.3 Proceso Industrial de la Caliza.....	21
2.1.4 Gases producidos por proceso industrial de la caliza.....	23
2.1.5 Contaminantes Asociados Con La Fabricación De Cemento	24
2.2 Impactos sociales y ambientales de las cementeras	28
2.3 Impactos negativos sobre el ecosistema de páramo	31
2.4 Metodologías de Evaluación sobre Impacto Ambiental	33
2.4.1 Estudios sobre impacto ambiental:.....	37
2.5 Fundamento Normativo	39
2.6 Fundamentos Conceptuales sobre el desarrollo	44
2.6.1 Desarrollo Sostenible	49
3. Marco Referencial.....	53
3.1 Aspectos físicos del Páramo Palacio.....	53
3.1.1 Clima53	
3.1.2 Hidrografía.....	54
3.1.3 Suelo 54	
3.1.4 Biodiversidad de Fauna y Flora.	55
3.2 Intervención Antrópica en el Páramo Palacio	57

3.2.1 Antecedentes Investigativos.....	58
3.3 Generalidades de la Mina Palacio.....	59
3.3.1 Historia.....	59
3.3.2 Proceso de restauración.....	62
4. Diseño Metodológico.....	64
4.1 Tipo de Investigación.....	64
4.2 Diseño Metodológico.....	64
4.2.1 Estado del arte.....	65
4.2.2 Análisis de impacto ecosistémico.....	65
4.3 Técnicas e Instrumentos.....	67
4.3.1 Análisis documental.....	68
4.3.2 Observación en campo.....	68
4.3.3 Diálogo con expertos.....	68
5. Análisis de Información.....	70
5.1 Estado actual del ecosistema de páramo donde operó la mina Palacio.....	70
5.2 Especies de plantas que han habitado en el páramo de Chingaza.....	71
5.3 Especies de plantas que no han sido reportadas.....	81
5.4 Especies animales reportados para el páramo de Chingaza.....	85
5.5 Matriz de Leopold.....	92
5.6 Impactos y afectaciones generados sobre el ecosistema de paramo, en la época de funcionamiento de la mina Palacio.....	102
5.7 Recomendaciones, Procesos de prevención, restauración y remediación que se deben realizar para recuperar el área afectada.....	104
6. Conclusiones.....	118
Bibliografía.....	125

INDICE DE FIGURAS Y GRAFICAS

Grafico 5.1: Especies que habitaron y que habitan en el páramo Chingaza y que no se encuentran en la zona de la mina Palacio	72
Grafico 5. 2: Genero <i>Sphagnum</i> reporte de estudios desde el año 1972 hasta el año 2012	73
Grafico 5. 3: Reporte del genero <i>Espeletia</i> en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio	74
Grafico 5.4: Reporte del genero <i>Swallonochloa</i> en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio	75
Grafico 5.5: Reporte del genero <i>Calamagrostis</i> en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio	76
Grafico 5.6: Reporte del genero <i>Crex</i> en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio.....	76
Grafico 5.7: Reporte del genero <i>Hypericum</i> en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio.....	77
Grafico 5.8: Reportes de genero <i>Diplostephium</i> en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio	78
Grafico 5.9: Reportes de géneros en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio.....	79
Grafico 5.10: Reportes de géneros en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio.....	81
Grafico 5.11: Géneros y especies de plantas que habitaron el páramo de Chingaza pero que no se reportan en la actualidad	82
Grafico 5.12: Especies no reportadas, que habitaron el páramo de Chingaza pero que no se reportan en la actualidad	83
Grafico 5.13 Especies no reportadas, que habitaron el páramo de Chingaza pero que no se reportan en la actualidad	84
Grafico 5.14 Especies no reportadas, que habitaron el páramo de Chingaza pero que no se reportan en la actualidad	85
Grafico 5.15: Análisis de la magnitud e importancia de los impactos en los factores físicos del ecosistema	96
Grafico 5.16: Análisis de la magnitud e importancia de los impactos en los factores bióticos del ecosistema	99
Grafico 5.17 Análisis de la magnitud e importancia de los impactos en los factores socioeconómicos	101
Grafico 5.18 Diagrama del concepto de desarrollo sostenible.....	104

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3.1: Imagen del Páramo de Palacio en jurisdicción del parque natural Chingaza (Fuente los Autores).....	56
Fotografía 3.2: Venado que habita en el Páramo de Palacio.....	56
Fotografía 3.3: Osos de anteojos, especie emblemática de la fauna Colombiana.....	57
Fotografía 5.1: Afectaciones del paisaje, mina Palacio después de 20 años de no extracción de la caliza (<i>frente los autores</i>)	97
Fotografía 5.2: Estado de los suelos, mina Palacio después de 20 años de no extracción de la caliza (<i>frente los autores</i>)	97
Fotografía 5.3: Uso actual del suelo, mina Palacio después de 20 años de no extracción de la caliza (<i>frente los autores</i>)	98
Fotografías 5.4: Comparación del estado del hábitat; foto en la margen izquierda imagen del hábitat conservado, foto en la margen derecha, estado del área que fue objeto de explotación, mina Palacio después de 20 años de no extracción de la caliza (<i>frente los autores</i>)	100
Fotografías 5.5: Comparación del nivel freático del agua en el páramo; foto en la margen izquierda, nivel del agua en condiciones normales, foto en la margen derecha, cantidad de agua del área que fue objeto de explotación, mina Palacio después de 20 años de no extracción de la caliza (<i>frente los autores</i>).....	100
Fotografías 5.6: Zona Mina Palacio; foto en la margen izquierda uso actual del suelo, foto en la margen derecha, valla que indica que es una zona de recuperación, mina Palacio después de 20 años de no extracción de la caliza (<i>frente los autores</i>)	114

INDICE DE TABLAS

Tabla 5.1: Especies de reptiles reportados para el páramo de Chingaza y que migraron de la zona Mina Palacio.....	86
Tabla 5.2 Especies de Anfibios reportados para el páramo de Chingaza y que migraron de la zona Mina Palacio.....	86
Tabla 5. 3 Especies de mamíferos y peces reportados para el páramo de Chingaza y que migraron de la zona Mina Palacio.....	87
Tabla 5. 4 Especies de aves reportados para el páramo de Chingaza y que migraron de la zona Mina Palacio.....	87
Tabla 5.5: Phanerógamas y Vegetación Anfibia para las lagunas más representativas del parque Chingaza y que en la actualidad no se encuentran en la zona de la mina Palacio.....	88
Tabla 5.6: Algas reportadas en las lagunas más representativas del parque Chingaza y que en la actualidad no se encuentran en la zona de la mina Palacio.....	89
Tabla 5.7: Organismos bentónicos reportados para las lagunas más representativas del parque Chingaza y que en la actualidad no se encuentran en la zona de la mina Palacio.....	90
Tabla 5.8: Plancton reportado para las lagunas más representativas del parque Chingaza y que en la actualidad no se encuentran en la zona de la mina Palacio.....	91
Tabla 5.9: Matiz de Leopold.....	92

Introducción

Los programas de desarrollo que el gobierno ha impulsado en el país, ubican la minería como una de las actividades con gran perspectiva económica. No obstante, los depósitos mineros usualmente se ubican en ecosistemas frágiles como es el páramo, por lo que el desarrollo de la actividad minera no debe continuar de manera improvisada e ignorando los impactos ambientales generados. Este trabajo nace de la preocupación que nos acoge al entender que muchas de las decisiones que se toman respecto a las actividades que se hacen en los ecosistemas, dependen de intereses económicos y de particulares, que desconocen los resultados de las implicaciones ecológicas de la extracción minera, por tanto consideramos de fundamental importancia definir las consecuencias, para el ecosistema de paramo, con la extracción minera.

Durante el desarrollo de la investigación surgió la pregunta ¿Cuáles son los impactos ecosistémicos causados por la actividad minera en la explotación de piedra caliza en el Páramo Palacio?. Este páramo se localiza en la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, al nororiente de la ciudad de Bogotá y en los departamentos de Cundinamarca y Meta.

En búsqueda de la respuesta a la anterior pregunta se desarrollan dos fases metodológicas: Estado del arte y Análisis del impacto ecosistémico en la zona. En la primera fase, se analizó y comparó los reportes bibliográficos entre 1979 y 2012 de la zona que fue objeto de explotación minera con la zona que ha sido protegida en el parque Chingaza. Para esto, se revisaron documentos relacionados con flora, fauna, poblaciones acuáticas, así como

características del paisaje y erosivas del suelo. En la segunda fase, se desarrolló una matriz de Leopold, con la que se realizó un análisis de los factores o acciones impactantes en cada uno de los elementos ambientales.

De esta manera, la investigación se enfocó en el análisis de los impactos ecosistémicos causados por la actividad minera de la piedra caliza en el Páramo Palacio, por lo que se establecieron las condiciones y características del páramo palacio en los momentos antes, durante y después de la explotación. También se determinó el estado actual del ecosistema de páramo donde operó la mina Palacio, partiendo del análisis de la matriz de Leopold, y se analizó la modificación de cobertura vegetal, el estado de las fuentes de agua y el estado de la biodiversidad. A partir de esta información, se identificaron las especies que han desaparecido de los registros bibliográficos desde el año de 1979, época en la que se hicieron los primeros reportes de las especies que habitaron el ecosistema y se realizó una descripción de los procesos de prevención, restauración y remediación que se deben realizar para recuperar el área afectada.

1. Diseño Teórico

1.1 Nombre del Proyecto

Análisis de los Impactos Ecosistémicos Causados por la Actividad Minera en el Páramo Palacio.

1.2 Formulación de la pregunta problema argumentada

La actividad minera desarrollada en los ecosistemas de páramo genera un alto impacto ambiental, dadas las características frágiles de estos ecosistemas, lo que desencadena la necesidad de analizar cuáles han sido los daños causados a la zona en términos de biodiversidad, fuentes hídricas y cobertura vegetal, por lo tanto es importante establecer:

¿Cuáles son los impactos ecosistémicos causados por la actividad minera en la explotación de piedra caliza en la mina Palacio? Este páramo se localiza en la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, al nororiente de la ciudad de Bogotá y en los departamentos de Cundinamarca y Meta.

Con estos análisis se pueden proponer acciones de restauración ecosistémica, que propendan por un desarrollo sustentable y que involucren de forma directa a las comunidades afectadas en el proceso de extracción de caliza.

1.3. Justificación

La minería es una actividad que ha presentado un importante crecimiento durante los últimos años especialmente debido a la implementación de las políticas de desarrollo nombradas “locomotoras” del gobierno actual y los ideales heredados del gobierno pasado, la minería se considera un mecanismo de desarrollo económico y social para el país. Esta forma de explotación de los recursos debe estar regulada por las entidades responsables y de acuerdo a la política ambiental del país.

Sin embargo, y a pesar del control de la Oficina de Licencias Ambientales creada por el gobierno actual para regular la ejecución de la actividad minera, se han implementado políticas que en muchos casos no velan por el sostenimiento ambiental y ecológico de las zonas de extracción, ya sea por la omisión de estudios de impacto ambiental o por la inoportuna realización de estos. En muchos casos los estudios se hacen cuando los procesos ya están en marcha, cuando es imposible desarrollar estrategias de prevención o mitigación del impacto; y por otro lado, no se hacen adecuados seguimientos de los procesos para poder determinar la responsabilidad ambiental de las empresas encargadas de la explotación.

Lo anterior, se puede traducir en problemáticas sociales y ecológicas que afectan directamente el desarrollo sostenible de las poblaciones cercanas a los ecosistemas e indirectamente al país que se beneficia de los servicios ambientales que prestan los ecosistemas. Este es el caso de la mina Palacio, enfocada en la extracción de piedra caliza, la cual funcionó durante muchos años sin cumplir con ningún tipo de control ambiental y

en un ecosistema frágil como lo es el páramo, lo que produjo impactos negativos en la zona y sus alrededores, ejemplo de esto es la reducción de la biodiversidad, cambios en la vegetación circundante y alteración de los caudales de quebradas que abastecen a las poblaciones aledañas.

Debido a que esta zona es considerada un área estratégica, en términos de servicios ambientales y con relaciones ecológicas frágiles entre cadenas tróficas, es importante revertir estos daños para garantizar la continuidad en la prestación de los servicios ambientales del ecosistema y por tanto un desarrollo sustentable de la región. Con base en lo anterior, esta investigación pretende hacer un análisis del impacto que genere la minería en la zona del páramo Palacio.

A partir del análisis y la comparación del estado actual de la zona impactada por la minería con el estado de la misma, antes y durante la actividad extractiva, es posible conocer los daños al páramo Palacio desde las dimensiones sociales, ambientales, económicas y políticas. En este sentido, este tipo de investigaciones no sólo permiten determinar las afectaciones directas o indirectas sobre el entorno natural, sino que también contempla la población local que se ve impactada negativamente en su calidad de vida, por la alteración de su patrimonio arqueológico y su forma de apropiación del territorio.

De igual manera, el análisis de la forma como la actividad de extracción minera incide positiva o negativamente en el sistema socio ecológico, posibilita la determinación de las acciones correctivas y de mitigación adecuadas, por parte de las entidades como el Parque

Chingaza y la Corporación Autónoma Regional – CAR, las cuales deben estar sujetas a la legislación ambiental colombiana y deben encaminarse al sostenimiento de dicho sistema. Este tipo de investigaciones pueden ser replicadas en otras áreas estratégicas que han sido impactadas negativamente por actividades humanas, con el fin de brindarle herramientas al Estado para seguir fortaleciendo las estrategias de conservación y restauración de diversos ecosistemas en Colombia.

Este estudio también sirve como punto de partida para que las entidades gubernamentales, actores de poder locales y la academia, incluyan a la población residente dentro de la preocupación sobre el entorno natural; de esta forma, el conocimiento y entendimiento sobre los cambios fisicoquímicos y biológicos del páramo, a raíz de las actividades antropogénicas como la extracción de caliza, se traduce en programas de educación ambiental. Estos deben ir orientados al empoderamiento de los residentes para generar actividades económicas más amigables con el ambiente, como es el caso del ecoturismo. Un punto clave de dicho propósito, se enfoca en el uso de los resultados de esta investigación para actividades de concientización en escuelas, que involucre a diferentes actores como padres, profesores y estudiantes.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar los impactos ecosistémicos causados por la actividad minera en la explotación de la caliza en el Páramo Palacio.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Establecer las condiciones y características del páramo palacio en los momentos antes, durante y después de la explotación.
- Determinar el estado actual del ecosistema de páramo donde operó la mina Palacio, partiendo del análisis de la modificación de cobertura vegetal, el estado de las fuentes de agua y biodiversidad.
- Identificar afectaciones generadas sobre el ecosistema de paramo, en la época de funcionamiento de la mina Palacio.

2. Marco Teórico

2.1 Explotación de la piedra caliza

De acuerdo con Ortiz (1979), la región donde se estableció la mina Palacio es muy rica en piedra caliza (conocida también como carbonato de calcio), la cual es materia prima para la fabricación de cemento. Esto se debe a que toda la zona del Páramo de Chingaza estuvo cubierta por agua hace aproximadamente 150.000.000 a.c., por lo que se formaron grandes capas de fósiles de corales y caracoles que al morir quedaban en el fondo de este mar prehistórico. El proceso de creación de estos fósiles fue debido a la fuerte presión de la tierra sobre las conchas y caparazones de los animales (formados principalmente por carbonato de calcio), provocando que éstos se convirtieran en piedras y que generaran grandes depósitos de piedra caliza.

Sumado a lo anterior, en la era cuaternaria (1.000.000 de años a.c.), específicamente en el periodo del Eoceno tardío, se llevó a cabo el levantamiento de lo que hoy es la Cordillera Oriental (Caballero *et al.*, 2010). Este suceso condujo a que los animales fosilizados, que se encontraban en capas profundas, salieran a la superficie de la nueva cordillera (Ortiz, 1979).

2.1.1 Generalidades de la Roca Caliza

Las calizas son rocas originadas por un proceso de sedimentación directa, cuyo origen principal es la precipitación bioquímica (Sanz, 1995). De acuerdo con Sarmiento (2008), en este proceso bioquímico el carbonato cálcico se fija en forma de aragonito en las

conchas o esqueletos de determinados organismos, los cuales pueden ser de tipo macroscópico (lamelibranquio, braquiópodo y gasterópodo), microscópico (foraminíferos) o nanoscópico (cocolitos). El aragonito es transformado en calcita y posteriormente se presenta la disolución parcial y re-precipitación del carbonato que cementa la roca, dando origen a las calizas.

Otros procesos de sedimentación se enfocan en la fijación del carbonato sobre elementos como granos de cuarzo, o pequeños fragmentos de fósiles y a través de la fijación por algas. En el primer proceso se da origen a los oolitos (calizas oolíticas), mientras que en el segundo se da origen a mallas de algas o estromatolitos, que al fragmentarse y rodar crean los pisolitos o calizas pisolíticas (Jorba & Vallejo, 2010).

Es importante resaltar que esta roca es empleada ampliamente en la industria cementera, ya que al mezclarse de forma pulverizada con arcilla forma el cemento de tipo Portland (Schatan & Avalos, 2002). Además, se utiliza en otras formas fisicoquímicas para actividades comerciales, por ejemplo como roca marmórea para construcción, en forma de árido para sub-base de carreteras, en la limpieza y desinfección de fachadas y como producto base en otras aplicaciones en la industria química (Sarmiento, 2008).

2.1.2 Historia de la Industrialización en la Explotación de la Caliza

Por el crecimiento de la construcción en el país, la tasa de extracción de la piedra caliza ha aumentado (Cardenas & Chaparro, 2004). El comienzo del siglo XX estuvo marcado por la deficiencia de los procesos industriales en el país, por lo que las primeras décadas

estuvieron acompañadas de dificultades como la falta de carreteras, la insuficiente energía eléctrica para procesos industriales, y escasez de recursos económicos. (Jorba & Vallejo, 2010)

Debido a esta situación, en los años 50 el capital privado proveniente de empresas como Samper S.A., promovió la construcción de carreteras y complejos energéticos que beneficiarían sus procesos industriales (Moreno, 2009). El ingreso de recursos de empresas privadas, tanto nacionales como extranjeras, ayudó a la adquisición de predios, la conformación de la infraestructura minera para la extracción de la caliza y la constitución de una industria cementera alrededor del municipio de La Calera (Jorba & Vallejo, 2010).

Según Moreno (2009), en la década de los 70`s la explotación minera ya estaba en pleno funcionamiento, por lo que hubo un aumento en la inversión para el procesamiento y extracción de la caliza, permitiendo la creación de nuevas plantas de extracción, procesamiento y empaque. Estas estructuras, convirtieron la zona alrededor del municipio de La Calera en un centro cementero de grandes dimensiones, para suplir las necesidades de construcción en Bogotá.

2.1.3 Proceso Industrial de la Caliza

Las fábricas de la industria del cemento generan principalmente productos en forma de polvo, que al momento de adicionarse con agua son modelables y con el transcurso del tiempo de reacción se endurecen (Schatan & Avalos, 2002). De acuerdo con Cemex (2010),

en la industria del cemento se siguen básicamente dos métodos de producción: húmedo y seco. Con estos procesos se prepara y coce la materia prima, formada generalmente por una mezcla de piedra caliza y arcilla en la proporción aproximada de 4:1 (ver figura 2.1).

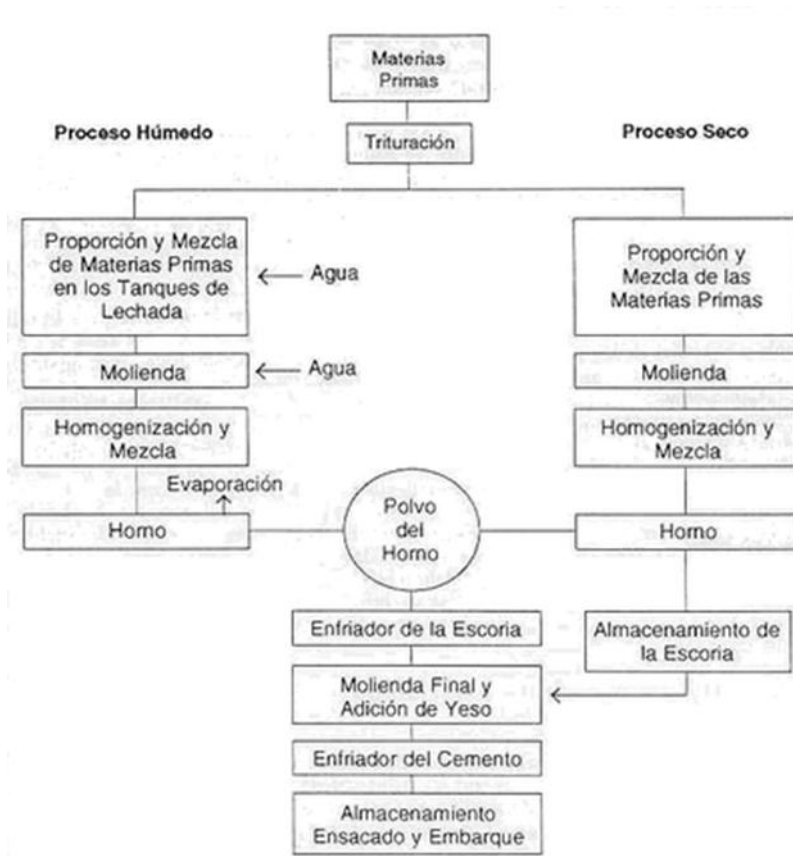


Figura 2.1: Proceso del Cemento.

En el método húmedo la materia prima se muele con adición de agua hasta formar una mezcla pastosa o lodo que contiene 35% - 40% de agua (González *et al.*, 2003). Durante la cocción el agua se evapora, por lo que la cantidad de energía requerida viene a ser un 100% mayor que en el método seco; y por consiguiente, en esta técnica la cantidad específica de gas de escape es también mayor (Cemex, 2010). Es importante tener en cuenta que ya no se fabrican hornos nuevos, salvo para condiciones extremas de la materia prima y que las

instalaciones antiguas son reconvertidas en creciente medida al proceso en seco, con el que se ahorra energía. (Jorba & Vallejo, 2010)

De igual forma, en el método seco la materia prima es triturada al tiempo que se va secando (Gutiérrez, 2003). De acuerdo con Cemex (2010), en el método a contracorriente el cemento se precalienta en un intercambiador térmico por medio de los gases calientes que salen del horno y se cuece normalmente en un horno tubular giratorio, a la temperatura de aglomeración requerida de unos 1400°C. Por la constante aplicación de este método en las empresas cementeras, algunas instalaciones modernas poseen capacidades superiores a 5000 ton/día y los hornos de cuba sólo se utilizan aisladamente en casos especiales (por razones del mercado o de la materia prima), pues su rendimiento suele ser inferior a 200 ton/día. (Jorba & Vallejo, 2010).

2.1.4 Gases producidos por proceso industrial de la caliza.

Durante la cocción de las materias primas u obtención del cemento, se genera la transformación de carbonato cálcico en óxido cálcico, a causa del desprendimiento del dióxido de carbono (CO_2) contenido en la piedra caliza. (Cemex, 2010). En este sentido, las emisiones gaseosas de la cocción están formadas por: el CO_2 de la descarbonatación, los gases de escape de los combustibles (compuestos de azufre en forma de SO_2 y óxidos de nitrógeno NO_x) y también vapor de agua en pequeña cantidad (Galafassi, 2000).

Las emisiones de vapor de agua y de CO_2 son inherentes al proceso, mientras que la aparición de compuestos de azufre puede reducirse drásticamente con el uso de materias

primas, la utilización de combustibles adecuados y el control del proceso de combustión (Cemex, 2010). De acuerdo con Galafassi (2000), solo en condiciones operativas extraordinarias, por ejemplo con exceso de azufre en la materia prima y en el combustible o con cocción reductora, puede producirse aisladamente la emisión de cantidades de dióxido de azufre durante un corto tiempo. Asimismo, la temperatura de llama en la fabricación de cemento puede alcanzar hasta 1800 °C, con lo que se forman más óxidos de nitrógeno, por oxidación del nitrógeno atmosférico (Cemex, 2010).

2.1.5 Contaminantes Asociados Con La Fabricación De Cemento

En la industria del cemento se utilizan a menudo, como materiales combustibles complementarios aceites, disolventes, residuos de pintura, neumáticos viejos u otros residuos combustibles (Gutiérrez, 2003). Estos productos de desecho suelen contener contaminantes, pero normalmente éstos son fijados por la clínica y no pasan al gas de escape; de utilizarse, hay que comprobar la marcha del proceso mediante controles de seguridad especiales, a fin de evitar una emisión de contaminantes adicionales (Cemex, 2010). A continuación se presentan algunos de los contaminantes más importantes para tener en cuenta:

A. Polvo. Durante la obtención y elaboración de cemento se produce polvo en diferentes fases de trabajo, que es una mezcla de piedra caliza, óxido cálcico, minerales del cemento y a veces también cemento totalmente cocido. Por esta razón, en los distintos grupos de producción y dispositivos de transporte de una fábrica de cemento,

hay que aspirar y despolvar de 6 a 12 m³ de aire y gas de escape por kg de material (Fundación Ecológica Bacata, Instituto de los seguros sociales, 1996).

Es imprescindible el uso adecuado de instalaciones de aspiración y grupos separadores de polvo eficaces, como precipitadores electrostáticos, filtros textiles, filtros de gravilla (Cemex, 2010). Estos últimos son frecuentemente combinados con ciclones, pues en otro caso no está garantizada una gestión apropiada de la fábrica y los costos por desgaste de las máquinas ascienden drásticamente, al tiempo que el alto porcentaje de polvo afecta a los puestos de trabajo y supone también una pérdida de producción (Parker, 2001).

De acuerdo con la Fundación Ecológica Bacata y el Instituto de los seguros sociales (1996), la mayor parte del polvo separado se reconduce al proceso; siempre y cuando, no se esperen acumulaciones de componentes de metales pesados, como el talio en el gas de escape. Sólo bajo condiciones desfavorables de materia prima y de combustible puede ser necesario separar y desechar parte del polvo, a causa de una alta concentración de componentes perjudiciales en el producto, como los cloruros alcalinos.

En algunos casos aislados este polvo puede ser aprovechado en otros sectores industriales. Si el polvo se deposita, dado que algunos de sus componentes son solubles, deben observarse las exigencias de la protección de aguas subterráneas con base a la solubilidad de los distintos componentes (Cemex, 2010).

B. Ruido. En la extracción de materias primas pueden producirse durante corto tiempo molestias de ruido, a causa de explosiones y las consiguientes sacudidas; sin embargo,

con procedimientos de detonación adecuados se pueden reducir en gran medida estas emisiones de ruido (Cemex, 2010).

Durante la preparación del cemento surgen ruidos molestos producidos por maquinarias como quebrantadoras de impacto y molinos para el desmenuzamiento de materiales duros. La mayor parte de molinos de materias primas y de cemento, producen un ruido tan intenso que han de instalarse en locales insonorizados separados donde no haya puestos de trabajo permanentes. (Cemex, 2010). De igual forma, en las instalaciones de trituración y las de preparaciones asociadas se pueden encapsular estos ruidos, para que el medio ambiente quede protegido de impactos sonoros graves (Parker, 2001).

De acuerdo con Gutiérrez (2003), las plantas de cemento deben estar construidas como mínimo a una distancia de 500 m de las zonas urbanizadas. Asimismo, la inmisión en urbanizaciones próximas no debe sobrepasar 50 hasta 60 dB(A) de día y 35 - 45 dB(A) de noche (Cemex, 2010).

C. Agua. En el sector minero de la industria de cemento el agua residual puede contener materias sedimentables. Con el fin de no superar los valores establecidos por la normativa vigente, es necesario pasar el agua surgida en la mina a través de tanques de reposo y el agua utilizada para lavar la piedra caliza, a través de tanques de sedimentación. Asimismo, el agua superficial que surge en el entorno de las minas debe ser descargada aparte (Jorba & Vallejo, 2010).

Con base en lo señalado por Sarmiento (2008), se puede afirmar que a pesar de que las fábricas de cemento son a veces grandes consumidores de agua, su proceso tecnológico no produce contaminación de la misma. Estas fábricas requieren de unos 0,6 m³ de agua

por tonelada de cemento para la refrigeración de las máquinas, donde la mayor parte de esta agua se encuentra en circulación. Aquellas instalaciones que trabajan con el método seco también consumen agua para la refrigeración de los gases de escape de los hornos, con un consumo neto aproximado de 0,4 a 0,6m³ de agua por tonelada de cemento; mientras que las instalaciones que trabajan con el método húmedo necesitan aproximadamente de un metro cúbico adicional por tonelada de cemento para la molienda del lodo.

Es posible conseguir una reducción del consumo de agua, a través del aumento de la proporción de agua en circulación o manteniendo las pérdidas de agua al mínimo posible en regiones secas. Adicionalmente, el consumo de agua de refrigeración puede reducirse mediante la instalación de precipitadores electrostáticos especiales, con capacidad de funcionamiento a altas temperaturas del gas de escape y el agua sanitaria acumulada debe tener una conducción y gestión especiales que ordinariamente deberían estar consideradas por ley (Jorba & Vallejo, 2010).

D. Suelo. En las inmediaciones de las fábricas de cemento los suelos pueden deteriorarse por el polvo que reciben, si el mantenimiento de las instalaciones de separación de polvo es insuficiente (Gutiérrez, 2003). Durante la fabricación del cemento, se pueden introducir elementos traza con efectos potencialmente negativos sobre el medio ambiente, a través de componentes de materia prima especiales como mineral de hierro o a través de materiales de desecho combustibles, cada vez más utilizados (Jorba & Vallejo, 2010).

No obstante, estos contaminantes son absorbidos casi en su totalidad en estado fundido por la clínica de cemento, formando enlaces químicos y contrarrestando así su efecto contaminante, para evitar desde el principio posibles perjuicios con el uso como combustible de componentes de materias primas especiales o de productos de desecho de otras industrias (Cemex, 2010). Montiel & Villarreal (2004) indicaron que es preciso efectuar análisis de los elementos traza de relevancia ambiental como plomo (Pb), cadmio (Cd), telurio (Tl), mercurio (Hg), cinc (Zn), que se depositan en el polvo de filtros; y llegado el caso, debe impedirse la acumulación de contaminantes en el proceso con medidas técnicas adecuadas como la separación del polvo.

Jorba & Vallejo (2010) han señalado que las fábricas de cemento necesitan materias primas que se encuentran a flor de tierra, por lo que al extraerlas no se pueden evitar interferencias en el paisaje circundante. Por esta razón, en la elección del emplazamiento de las fábricas de cemento deben tenerse en cuenta también los aspectos ambientales, puesto que al tratarse de emplazamientos en zonas aprovechadas para la agricultura, se debe considerar posibles fuentes de ingresos alternativas. También hay que verificar las condiciones del terreno, la integración en el paisaje y la infraestructura del emplazamiento; en donde esta última comprende el suministro y posibilidades de vivienda para el personal, sistemas y volumen de tráfico, industrialización existente y planificada de la zona.

2.2 Impactos sociales y ambientales de las cementeras

Dado que el impacto ambiental no se limita exclusivamente al área de la fábrica, los grupos de población afectados, y sobre todo las poblaciones vulnerables (mujeres, niños,

tercera edad), reciben directa o indirectamente aquellos impactos relacionados con el proceso de producción de las empresas de cemento (Fundación Ecológica Bacata, Instituto de los seguros sociales, 1996).

Dichos impactos pueden percibirse tanto de forma positiva como negativa. Por un lado, Jorba & Vallejo (2010) plantean que las plantas de cemento pueden tener impactos ambientales positivos relacionados con el manejo de los desechos, la tecnología y el proceso, los cuales son muy apropiados para la reutilización o destrucción de una variedad de materiales residuales, incluyendo algunos desperdicios peligrosos. Por ejemplo, el polvo del horno que no se puede reciclar en la planta sirve para tratar los suelos, neutralizar los efluentes ácidos de las minas, estabilizar los desechos peligrosos o como relleno para el asfalto.

Por otro lado, los impactos ambientales negativos de las operaciones de cemento ocurren en las siguientes áreas del proceso: manejo y almacenamiento de los materiales (partículas), molienda (partículas), y emisiones durante el enfriamiento del horno y la escoria (partículas o "polvo del horno" (Jorba & Vallejo, 2010). Los gases de combustión generados en el proceso contienen monóxido (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos, aldehídos, cetonas, óxidos de azufre, anhídrido sulfúrico, nitrógeno, entre otros (Ávila, 2009).

La fabricación de cemento incluye el transporte de materiales polvorientos o pulverizados desde la cantera de piedra caliza, hasta el embarque del producto terminado para envío. Por esta razón, las partículas son la causa más importante del impacto ambiental negativo, pues se acumulan en la vegetación, los ríos y los lagos (Gil et al.,

2004). La sílice libre, constituye un riesgo importante para la salud de los empleados de la planta cuya exposición provoca la silicosis. No obstante, este riesgo puede ser evitado completamente o atenuado si se escoge el sitio de la planta con cuidado (Fundación Ecológica Bacata, Instituto de los seguros sociales, 1996).

Según Jorba & Vallejo (2010) es necesario emplear recolectores mecánicos de polvo donde sea práctico; por ejemplo, en los trituradores, transportadores y el sistema de carga. En la mayoría de los casos, el polvo recolectado puede ser reciclado, reduciendo el costo y disminuyendo la producción de desechos sólidos. También se puede mantener limpios los camiones de la planta (que deben tener carpas y límites de velocidad) con aspiradoras y/o rociadores, a fin de eliminar el polvo atmosférico causado por el tráfico y el viento.

Sumado a lo anterior, los contaminantes hídricos asociados a la producción de cemento corresponden a: los derrames del material de alimentación del horno (alto pH, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, principalmente potasio y sulfato), el agua de enfriamiento del proceso (calor residual), la eliminación de los desechos en aguas superficiales y freáticas y la lixiviación de las áreas de almacenamiento de los materiales (Cemex, 2010). Esta última, es considerada constituye la fuente más severa de contaminación hídrica, especialmente por el rebosamiento del clarificador (Conesa, 2003).

2.3 Impactos negativos sobre el ecosistema de páramo

Los ecosistemas son una fuente de recursos naturales que tradicionalmente se han utilizado de manera indiscriminada e irracional, en busca de satisfacer necesidades básicas de subsistencia o de un enriquecimiento económico. En este sentido, se generan procesos de deterioro ambiental de los ecosistemas a causa de saqueos de los recursos (Infante, 1987).

Uno de los ecosistemas más afectado es el del páramo, pues en éste se dan procesos de invasión y uso abusivo de los recursos motivados por factores de tipo económico y social, afectando la prestación de bienes y servicios ambientales y las dinámicas ecosistémicas (Cárdenas *et al.*, 1996). Este ecosistema es de vital importancia por su protagonismo en los sistemas hidrológicos, por su conformación y distribución espacial son fundamentales en los ciclos de vida de especies de flora y fauna (Infante, 1987). Por consiguiente, su uso desmedido genera consecuencias evidentes como la desaparición de la cobertura vegetal o cambios en el uso del suelo, afectando el flujo de poblaciones vegetales y animales. (Ministerio del Medio Ambiente , 2002)

De acuerdo con la Procuraduría General de la Nación (2008), los páramos colombianos vienen sufriendo serios procesos de transformación y degradación, debidos principalmente al cambio de uso del suelo. El Programa de páramos, realizado por la Dirección General de Ecosistemas del Ministerio del Medio Ambiente en el año 2002, señaló algunas de las actividades antrópicas más dañinas, entre las cuales se encuentran:

- La desecación de turberas para incrementar las fronteras agrícola y ganadera

- Avance ascendente de la colonización de vertiente
- Falta de tierra para las comunidades locales (tipos dominantes de tenencia de tierra)
- Tala de las selvas andinas superiores
- Agresivo avance de la producción de papa bajo la modalidad de monocultivo
- Implementación de la producción ganadera de doble propósito

Estas intervenciones mencionadas, y en especial las realizadas por la actividad de la extracción de piedra caliza, han generado efectos negativos en el ecosistema, alterando su dinámica ecológica natural. Dentro de estos se resaltan la alteración y reducción de la distribución de la biodiversidad de flora y fauna (por efecto de la endogamia y reducción de la variabilidad genética) y la remoción de cobertura vegetal (Instituto de Estudios del Ministerio Público, 2008).

Adicionalmente, las poblaciones dependientes de los servicios ambientales de la zona se han visto afectadas por problemas en atención a la salud, salubridad y el acceso a agua potable. (Fundación Ecológica Bacata, Instituto de los seguros sociales, 1996). Los efectos en la salud se generan por la degradación del hábitat y principalmente por la fragmentación del ecosistema de Páramo, que reduce la eficiencia para cumplir con su función ecológica. Además, los fragmentos son más sensibles a la degradación porque tienen mayor cantidad de borde que área de hábitat y el centro de cada fragmento, está cerca al borde generándose cambios microclimáticos y aislamiento de los fragmentos (Primack *et al.*, 2001)

Para Rangel (2000), las variables climáticas como la radiación solar, el viento y la temperatura pueden incidir con mayor profundidad en los fragmentos, ya que la zona de amortiguación se redujo por los procesos asociados a la extracción y el área del páramo donde estaba ubicada la mina quedó más expuesta a estos impactos. Esto trae consecuencias adversas, especialmente en la composición de los suelos debido a que alteran la acidez, la humedad y los ciclos biogeoquímicos, que mantienen la funcionalidad del mismo (Odum & Barrett, 2005).

Adicionalmente, se presentan alteraciones en el régimen hidrológico, por la sedimentación de diversos cauces y la modificación de caudales de quebradas en las zonas aledañas (Cemex, 2010). Esto lleva a un desbalance en el equilibrio al interior de la cuenca y en las localidades que más tarde utilizan los afluentes para sus actividades cotidianas de consumo y producción (Rangel, 2001).

Las consecuencias anteriormente mencionadas por la degradación del ecosistema, a causa de la actividad minera en la zona, tienen un efecto sobre el cambio en el uso tradicional de los suelos de la población, enfocado principalmente a agricultura y ganadería (Cemex, 2010).

2.4 Metodologías de Evaluación sobre Impacto Ambiental

El impacto ambiental puede entenderse como el efecto que produce una determinada acción sobre el medio ambiente, en donde se altera una línea de base debido a la acción antrópica o a eventos naturales (Gómez M. , 2009). Las acciones humanas, son las principales causas

de deterioro de los recursos naturales, por lo que el agua, el suelo, el aire y la biodiversidad están siendo afectados por acciones que se desarrollan sin investigaciones previas. Ludevid (2003) reconoce que la degradación del medio ambiente incide en la competitividad del sector productivo, pues se incurren en costos adicionales para las empresas al demostrar que los productos o servicios son limpios o amigables con el ambiente. Algunas de las problemáticas asociadas a la productividad que se pueden tener en cuenta son:

- Falta de calidad intrínseca a lo largo de la cadena de producción.
- Mayores costos derivados de la necesidad de incurrir en acciones de remediación de ambientes contaminados
- Efectos sobre la productividad laboral derivados de la calidad del medioambiente.
- Efectos en la competitividad; la inestabilidad del marco regulatorio en materia ambiental
- La poca fiscalización por parte de las autoridades, lo cual conduce a incertidumbre jurídica y técnica.

De acuerdo con el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo - CIID (2002), los estudios de impacto ambiental permiten mitigar o prevenir impactos en un proyecto o acción a ejecutar. Con esto se pueden alcanzar resultados de preservación con éxito, cuando se trata de minimizar el impacto negativo y cambiarlo por aspectos positivos que involucren la interrelación naturaleza-hombre. Kramer (2003), realizó una clasificación de los impactos ambientales, de acuerdo con los efectos en el tiempo:

- Temporal: Es aquel cuya magnitud no produce mayores consecuencias y le permite al medio ambiente recuperarse en corto tiempo, regresando a su línea base original casi que espontáneamente.
- Reversible: En este caso, el medio ambiente puede recuperarse hasta un punto cercano a su línea base original a través del tiempo, ya sea en el corto, mediano o largo plazo.
- Irreversible: La trascendencia del impacto sobre el medio ambiente es de tal magnitud que no es posible revertirlo a la línea base original. Esta es la situación de las explotaciones mineras a tajo abierto, o cielo abierto.
- Persistente: Es aquel donde las acciones sobre el medio ambiente se extienden a lo largo del tiempo como en situaciones de derrame o emanaciones de elementos químicos peligrosos sobre algún biotopo.

Sumado a lo anterior, la evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es una herramienta para que los tomadores de decisiones puedan predecir las consecuencias ambientales de una propuesta o decisión legislativa (FAO, 2012). Gallopin (2003), indicó que Evaluación de Impacto Ambiental se introdujo por primera vez en Estados Unidos en 1969 como requisito de la *National Environmental Policy Act* (Ley Nacional de Políticas sobre el Medio Ambiente, comúnmente conocida como NEPA). Desde entonces, un creciente número de países (incluida la Unión Europea) han adoptado la EIA, aprobando leyes y creando organismos para garantizar su implantación.

Una Evaluación de Impacto Ambiental suele comprender una serie de pasos. De acuerdo con Conesa (2009) se destacan cuatro pasos metodológicos:

1. Un examen previo, para decidir si un proyecto requiere un estudio de impacto y hasta qué nivel de detalle.
2. Un estudio preliminar, que sirve para identificar los impactos clave y su magnitud, significado e importancia.
3. Una determinación de su alcance, para garantizar que el EIA se centre en cuestiones clave y determinar dónde es necesaria una información más detallada.
4. El estudio en sí, consistente en meticulosas investigaciones para predecir y/o evaluar el impacto, y la propuesta de medidas preventivas, protectoras y correctoras necesarias para eliminar o disminuir los efectos de la actividad en cuestión

Es importante resaltar que esta metodología se debe desarrollar antes de la implantación o la puesta en marcha de políticas y programas de proyectos de desarrollo (FAO, 2012). De igual forma, comprende una serie de métodos cualitativos y cuantitativos, que han sido empleados para determinar las condiciones del ecosistema antes, durante y después de la actividad minera. Lo anterior, permite hacer un estudio predictivo sobre los cambios en el área y establecer medidas correctivas que mitiguen los daños encontrados (Conesa, 2009).

En este sentido, las investigaciones de impacto ambiental en zonas mineras requieren inicialmente de una fase exploratoria para determinar las condiciones del ecosistema, a través de parámetros que incluyan: suelo, paisaje, biodiversidad, geoquímica, fuentes

hídricas, entre otros (Gallopín, 2013). Además, se pueden analizar las condiciones físico-naturales del área de estudio por métodos como fotointerpretación e inspección de campo. En la primera técnica se realiza una interpretación de las fotos aéreas y la segunda se basa en un análisis in situ de la geomorfología, geología y aspectos generales del relieve (Montiel & Villarreal, 2004). La evaluación de impacto ambiental tiene una segunda fase, correspondiente al análisis de impactos que comprenden variables como gestión de aguas, flora, fauna, estabilidad del terreno, tráfico, emisiones atmosféricas, entre otros (Conesa, 2009).

2.4.1 Estudios sobre impacto ambiental:

En junio de 2008, la Procuraduría General de la Nación de Colombia publicó los resultados de un trabajo realizado sobre el estudio de los páramos en el país. En este informe destacó el hecho de que los páramos han sido impactados de manera significativa con las actividades de minería, agricultura y ganadería extensiva e intensiva, que el hombre ha venido realizando desde hace aproximadamente 40 años.

Estos impactos traen una alteración ecosistémica importante y entre sus efectos se tienen: tala, cambio del uso del suelo, pérdida del horizonte A del suelo, contaminación de acuíferos; lagunas, lagos, ríos, turberas y arroyos, así como también la pérdida de los bancos de semillas, pérdida del flujo genético de especies de fauna y flora y pérdida del cinturón paramuno (Instituto de Estudios del Ministerio Público, 2008). Lo anterior ha traído como consecuencia la exposición de múltiples especies animales a un cuello de botella, la migración de especies del bosque altoandino hacia cotas más altas, la pérdida

de la biodiversidad, la disminución de los cuerpos de agua y la alteración de los procesos de ciclo de nutrientes (FAO, 2012).

Asimismo, se pudo determinar que la mayoría de los páramos del país, principalmente los que están en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, han sido seriamente afectados por la presión antrópica que se les ha ejercido y que en la actualidad se continúa realizando (Cárdenas et al., 1996). Estas acciones han deteriorado el ecosistema y han sido encaminadas directamente al beneficio de unos pocos que los explotan y que modifican por completo toda su dinámica, así como su función y estructura (Procuraduría General de la Nación, 2008).

Ruíz (2011) realizó un Estudio de Impacto Ambiental de la actividad minera aurífera en el caserío 28 de julio, ubicado a orillas de la cuenca del río Abujao, en el distrito de Calleria, Perú, el cual partió de un diagnóstico situacional para determinar las condiciones actuales del área geográfica, a través de la información ambiental existente en el área y el trabajo en campo.

Para analizar los impactos ambientales hizo una revisión de la información sobre las características, condiciones, alternativas de remediación y estimación de los recursos naturales afectados. A partir de esta información, hizo una preparación del plan de trabajo de campo con la identificación de la comunidad afectada y las áreas de muestreo. Luego hizo la evaluación en campo de los componentes físicos y biológicos y de la calidad ambiental actual por medio de monitoreo y muestreos de suelo; así como de la elaboración y edición del plan de monitoreo ambiental. En la identificación de impactos empleó el análisis matricial Causa-Efecto o Leopold, que le permitió estudiar las

interacciones entre las acciones generadas por la actividad minera y los factores ambientales del ecosistema posiblemente afectado.

2.5 Fundamento Normativo

En Colombia, durante las décadas de los 70's y 80's, nació la legislación ambiental como respuesta a la creciente problemática ambiental generada por la minería en zonas estratégicas. Dentro de esta se encuentra la expedición del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente (Decreto 2811 de 1974), que reglamentaba el uso de los recursos naturales y el ordenamiento territorial de la región (Congreso Nacional, 1974).

Más específicamente, el artículo primero del Código de Recursos Naturales Renovables dispone que el Ambiente es patrimonio común, por lo que el Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013). La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR (2006) señaló que en el artículo 47 del Código de Recursos Naturales, se prevé la posibilidad de declarar reservada una porción determinada o la totalidad de recursos naturales de una región o zona para adelantar programas de conservación o preservación de estos recursos y del ambiente.

Se expidió el Decreto 1374 de 2013, por el cual se establecen parámetros para el señalamiento de unas reservas de recursos naturales de manera temporal. Dentro de este decreto, se menciona el Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica

aprobado por la Ley 165 de 1994, el cual tiene como objetivo la conservación de la diversidad, el uso sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados del uso de recursos genéticos. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013) señaló que dentro de las acciones de conservación *in situ*, dispone que cada parte contratante, en la medida de lo posible, debe promover la protección de ecosistemas, de hábitats naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales.

De otra parte, el artículo 1 del Código de Minas (Ley 685 de 2001) establece como objetivos de interés público fomentar la exploración técnica y la explotación de los recursos mineros de propiedad estatal y privada; así como estimular estas actividades en orden a satisfacer los requerimientos de la demanda interna y externa de los mismos. Sin embargo, enfatiza que su aprovechamiento debe realizarse en forma armónica con los principios y normas de explotación racional de los recursos naturales no renovables y del ambiente.

Las normas constitucionales como las previsiones del Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, se ven reflejadas en la Ley 99 de 1993. En esta norma, especialmente el Artículo 1 Numeral 6, promulga el principio de precaución, en el cual la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente. De igual forma, se resalta que el Estado debe fomentar la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del

deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables (Ministerio del Medio Ambiente, 1993).

Lo anterior se relaciona con lo señalado por el Ministerio del Medio Ambiente (2001), el cual indicó que la Corte Constitucional en la sentencia C-339 de 2002 impone el principio de precaución para las actividades de explotación minera, pues si se adelanta dicha actividad y luego se demuestra que ocasionaba un grave daño ambiental, sería imposible revertir sus consecuencias. En este sentido, la ley puede proceder a la suspensión de la obra o actividad que desarrolla una empresa, mediante el acto administrativo motivado por posibles efectos ambientales y en la salud pública.

Adicionalmente, la Resolución 303 de 2012 declara y delimita un área de reserva especial.

Considera que las siguientes son zonas excluibles de la minería:

- a) Los parques naturales nacionales.
- b) Parques naturales de carácter regional
- c) Zonas de reserva forestal protectora
- d) Ecosistemas de páramo
- e) Humedales designados dentro de la lista de importancia internacional de la Convención RAMSAR.

Otra norma ambiental que se tiene en cuenta es la Resolución 222 de 1994, con la que se determinan zonas compatibles para las explotaciones mineras de materiales de construcción en la Sabana de Bogotá, donde los efectos o impactos ambientales puedan ser prevenidos,

controlados, mitigados, corregidos y compensados, y donde dichas actividades no produzcan deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente. Dentro de estas áreas se encuentran: Cogua, Nemocón, Tausa, Tocancipá, Mosquera, Bojacá, Soacha y Bogotá (Tunjuelito).

Esta norma se relaciona con el Artículo 61 de la Ley 99 de 1993, en la que se declara que hay una destinación prioritaria de tipo agropecuario y forestal a la sabana de Bogotá, sus páramos, aguas, valles aledaños, cerros circundantes y sistemas montañosos. Asimismo, se reconoce que el Ministerio del Medio Ambiente es la entidad encargada de determinar las zonas ideales para el desarrollo de la minería y que la CAR ha sido facultada para expedir las licencias Ambientales. Se señala que dentro de las áreas de páramo que requieren de un manejo integral, se encuentra el municipio de La Calera (Ministerio del Medio Ambiente, 1994).

Por otra parte, el Decreto 233 de 2008 designa unos humedales para ser incluidos en la lista de Humedales de Importancia Internacional, dentro de los cuales está incluido el Sistema Lacustre de Chingaza (conformado por 20 lagunas de varios tipos), al interior del Parque Nacional Natural Chingaza. Esto se debe a que es tanto un eje en la regulación del clima como un eje clave en el funcionamiento hidrológico regional, debido a que regula caudales y es básico en el desarrollo de la cuenca del río Frío (su principal afluente). El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008) reconoció que en el Sistema Lacustre de Chingaza, sus páramos y humedales son el centro de endemismo particular y refugio de aproximadamente 500 especies de fauna y 400 de plantas, identificándose formaciones vegetales correspondientes a la selva andina, subpáramo y páramo. Es importante resaltar

que varias de las especies que se encuentran en esta zona están en peligro de extinción y muchas otras aún no han sido plenamente identificadas.

Con la resolución 769 de 2002, el Ministerio del Medio Ambiente dictó disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos. En el inciso segundo del artículo 58, determinó que la propiedad es una función social que implica obligaciones, a la cual le es inherente una función ecológica; asimismo, que es función de esta entidad regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del entorno.

Igualmente, el artículo 16 de la Ley 373 de 1997 estableció el programa para el uso eficiente del agua y ordenó que en la elaboración y presentación del programa se precise que las zonas de páramos deben ser adquiridas con carácter prioritario, por las entidades ambientales de la jurisdicción correspondiente. De acuerdo con el Diario Oficial No. 43058 (1997), en febrero de 2002 se publicó el Programa Nacional para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de la alta montaña colombiana, mediante la ejecución de los siguientes subprogramas:

1. Generación de conocimiento y socialización de información sobre la ecología, la diversidad biológica y el contexto sociocultural en los ecosistemas de páramo.
2. Planificación ambiental del territorio como factor básico para avanzar hacia el manejo ecosistémico sostenible.

3. Restauración ecológica en ecosistemas de páramo.
4. Identificación, evaluación e implementación de alternativas de manejo y uso

De acuerdo con lo mencionado anteriormente este plan debe contener: el estudio sobre el estado actual de los páramos; la zonificación y ordenación ambiental de los páramos; las estrategias, programas, proyectos y acciones enfocadas a la protección, conservación, manejo sostenible y restauración, dirigidos a la solución de las causas de degradación de los páramos; así como las estrategias de participación comunitaria, la estrategia financiera y el esquema de evaluación y seguimiento de ejecución del Plan de Manejo (Congreso Nacional, 1974). Para el caso de los páramos ubicados dentro del Sistema de Parques Nacionales, el Plan de Manejo debe corresponder al Plan de Manejo del respectivo parque nacional y será elaborado e implementado por la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales (Diario Oficial No. 43058, 1997).

2.6 Fundamentos Conceptuales sobre el desarrollo

Los retos del desarrollo, los desafíos políticos, económicos, culturales y sociales actuales, son temas que se han tratado a través de metodologías por lo general copiadas y que se implementan como una reproducción de técnicas o procesos completamente descontextualizados de nuestra cultura y ecosistema (Martínez-Alier, 2005). Además los métodos son descuidado y carecen de planeación y seguimiento lo que genera consecuencias de deteriora ambiental y sociocultural de los hábitats, estas equivocaciones (intencionadas o no) desencadenan problemas que se convierten en complicaciones

crónicas que tienden a empeorar, y que cuando se trata del medio ambiente estos problemas tienen una alta posibilidad de convertirse en impactos “irreparables”.

Por este motivo, se hace necesario que las políticas de desarrollo de Colombia sean miradas desde una óptica de planeación, pues nuestro país está en constante desarrollo y requiere de la implementación de procesos contextualizados e innovadores (Martínez-Alier, 2004). Estos deben permitir en cierta forma cambiar los sistemas de administración local, regional y nacional, para prevenir impactos ambientales que tendrán incidencia social.

La política de desarrollo por otro lado, debe propender por la transformación del gobierno, el cual debe asegurar una participación ciudadana estructurada, que asignen recursos de forma equitativa, con una visión a largo plazo de desarrollo sustentable (Leff, 2005), a través del aprovechamiento de los recursos naturales y sociales. Esta disponibilidad de recurso garantizará un desarrollo territorialmente más equilibrado, en donde las decisiones que se tomen sean beneficiosas para toda la comunidad y no solo para unos pocos.

Es importante reconocer que lo que anteriormente dependía casi que exclusivamente de la funcionalidad de los glaciares, en la actualidad reposa sobre la actividad de los páramos especialmente en algunas zonas del planeta. En términos de adaptación al cambio climático, los páramos alimentan cabeceras de cuencas hidrográficas, y dada la situación de la innegable necesidad del agua para la supervivencia de las especies (incluyendo al hombre), la situación se torna peligrosa.

Por otro lado, en el caso de la gran minería a cielo abierto, los impactos son de una magnitud considerable, tanto por la extensión de los tajos como por las técnicas de extracción que se emplean (por ejemplo la lixiviación por cianuro para extracción de oro). En el caso de la minería de túnel o socavón, si bien la remoción de suelos y coberturas vegetales son menos extensas, las actividades y operaciones conexas generan afectaciones igualmente preocupantes (Guerrero, 2009). Por eso, más que calificar cuál de los dos tipos de minería afecta más al páramo, aquí habría que concentrarse en los impactos particulares que cada método minero genera.

Asimismo, es discutible si una explotación a gran escala (generalmente operada por una sola empresa o asociaciones de grandes empresas) es mejor o peor que una región invadida por minería a pequeña escala (generalmente operada por muchas pequeñas empresas). En el segundo caso los efectos sumados pueden ser tan grandes o mayores que las “grandes” explotaciones. En el primero, el tamaño de los operadores puede dificultar la acción de vigilancia y control por parte de entes públicos pobres y carentes de capacidad técnica para este fin (Guerrero, 2009).

Es necesario seguir avanzando en el fortalecimiento de la capacidad de adaptación a las circunstancias y realidades de nuestro territorio; a los retos que estos nos presentan y enfocarnos en la responsabilidad que tenemos como ciudadanos, y profesionales con conocimientos científicos acerca del tema, para mejorar la calidad de vida de nuestras poblaciones, teniendo en cuenta tanto lo económico como el manejo de nuestros recursos.

Sumado a lo anterior, debemos hacer énfasis en las políticas tanto locales como nacionales en donde haya una visión integral de todos los factores que intervienen en el desarrollo de nuestro país; tales como los culturales, naturales, capacidad técnica y científica, empresariales, los mercados y sus relaciones.

Con respecto al campo productivo de la actividad minera, más específicamente en Bogotá, se puede evidenciar la falta de planeación y de políticas, las cuales se fundamenten en proteger los recursos naturales que circundan la ciudad (Guerrero, 2009). Esto genera un desequilibrio ambiental que se traduce en un impacto negativo en el ecosistema y en la sociedad que depende de ésta para su supervivencia. En general, se debe analizar de manera integral el impacto de la actividad minera sobre las zonas de páramo. Se debe tomar en cuenta que la mayor parte de los impactos de la actividad minera tienen carácter sistémico que generan múltiples afectaciones ambientales y sociales.

De acuerdo con el Ministerio de Minas y Energía (2008), la minería en Colombia desde la década de 1940 ha contribuido con un 5% de participación en el PIB del desarrollo nacional, por lo que las políticas nacionales y las proyecciones sectoriales apuntan a un repunte de la actividad minera en el país. Por ejemplo, el Plan Nacional de Desarrollo Minero, visión 2019 – PNDM2019 -, plantea que la industria extractiva colombiana debe tener una evolución ambiciosa de modo que el producto interno bruto minero se ubique sobre el promedio de los países latinoamericanos, en especial de Argentina, México, Chile y Perú.

El código de minas excluye la minería de los parques naturales nacionales y de reservas de carácter regional, pero ésta no excluye actividades mineras en ecosistemas sensibles y de alto valor estratégico por los servicios ambientales prestados como los páramos, humedales y reservas abastecedoras de aguas. Esto denota desarticulación con normas de carácter ambiental, de ordenamiento territorial o de conservación de zonas de interés de tipo ecológico, cultural e histórico, lo que propicia las siguientes situaciones (Ministerio de Minas y Energía , 2008):

- Expedición de licencias a empresas que no poseen los recursos técnicos o económicos, o no son responsables ni respetuosas del ambiente; y que además, explotan áreas como reservas y páramos, haciendo que las riquezas naturales presentes en estas zonas se vean peligrosamente afectadas.
- Utilización de inadecuados métodos de explotación.
- Carencia de ética y conciencia ambiental por parte de las empresas del sector y de los estamentos reguladores.
- Ausencia, debilidad, o amaño en los estudios de impacto ambiental previos a la explotación.
- Consecuencias negativas de la actividad minera en las zonas explotadas.
- Carencia de acciones de recuperación por parte de las empresas ya que estas no son lo suficientemente fuertes para remediar los impactos provocados en las zonas de explotación.

En nuestro país, por décadas la explotación minera se ha dedicado al carbón, pero también se presentan actividades relacionadas con los metales y las canteras (Instituto de Estudios del Ministerio Público, 2008). Si se agregan la agricultura y la ganadería, el resultado total es la degradación de los ecosistemas. Se esperaría que en el contexto actual de la ley apalancado por la Oficina de Licencias Ambientales, se reduzca la errónea intervención sobre las zonas de páramo.

2.6.1 Desarrollo Sostenible

Constantemente los términos de desarrollo y crecimiento económico tienden a presentar el mismo significado para la población en general. Sin embargo, estos dos conceptos tienen connotaciones diferentes y de hecho, el segundo es sólo uno de los medios para conseguir el primero (Galafassi, 2000).

El desarrollo debe contemplar además del crecimiento económico la calidad de vida como un factor importante en su proceso, pues ésta corresponde a la satisfacción de necesidades materiales e inmateriales de la población. Cuando esto no se cumple, se enfrenta un crecimiento económico viciado; el cual se vuelve ambientalmente insostenible a largo plazo, por aspectos como la afectación, el consumo excesivo y posterior agotamiento de los recursos naturales (Gallopín, 2003).

Por tal razón, se hace indispensable articular un modelo de desarrollo sustentable al proceso de evaluación del impacto ambiental causado por la extracción minera de la caliza (Galafassi, 2000). Para dicho propósito, Schellnhuber propone un paradigma alternativo

denominado estabilización, en donde hay una retroalimentación positiva de los subsistemas humano y natural, con base en la motivación humana (Gallopín, 2003).

En los estudios de evaluación de impacto ambiental se deben emplear herramientas de participación ciudadana para conseguir este propósito. Con este componente, se hace una vinculación a otras diversas facetas y derechos ciudadanos, como son el derecho a un ambiente saludable, la gobernabilidad como requisito para la toma de decisiones, la responsabilidad compartida, la transparencia y el respeto por los aportes del público (CEGESTI, 2011).

Asimismo, permite retomar la confianza de la comunidad a este proceso de evaluación, pues en muchos casos su desarrollo ha estado al margen de conceptos de sostenibilidad al no incorporar el análisis social, ni criterios de gobernabilidad (CIID, 2002). Por esto se necesita generar en la población una visión de esta evaluación como instrumento determinante para una toma de decisión viable o como elemento decisivo en el análisis de los verdaderos impactos de la actividad minera en el Páramo Palacio.

Por otro lado, es prioritario mantener esta coevolución entre sociedad y naturaleza, a través de una gestión ambiental adecuada que responda a la dinámica del sistema. (Gallopín, 2003). Esto implica que en la evaluación del impacto ambiental se debe hacer un diseño de proyectos más eficientes y equitativos y un seguimiento de las acciones propuestas en el plan de manejo ambiental (CIID, 2002).

El Ministerio del Medio Ambiente, desarrolló en el año 2002 el Programa para el Manejo Sostenible y Restauración de Ecosistemas de la Alta Montaña Colombiana, el cual consta de doce principios que buscan en su relación y la forma en que se complementan las acciones que de ellos se deriven la base de una gestión ambiental más acorde con las posibilidades de los sistemas naturales del páramo y los grupos humanos que allí habitan. A continuación se listan los principios:

- 1 Los objetivos del manejo de la tierra, el agua y de los recursos vivos son materia de elección social
- 2 El manejo debe ser descentralizado al nivel apropiado más bajo
- 3 Los administradores de ecosistemas deben considerar los efectos (actuales y potenciales) de sus actividades sobre ecosistemas adyacentes o de otros ecosistemas
- 4 Es necesario reconocer las ganancias potenciales del manejo ecosistémico adecuado
- 5 Es necesario tener en cuenta la conservación de la estructura y funcionamiento del ecosistema para mantener los servicios del mismo
- 6 Los ecosistemas deben ser manejados dentro de los límites de su funcionamiento
- 7 El enfoque ecosistémico debe ser aplicado a escalas apropiadas tanto espaciales como temporales
- 8 Hay que reconocer las variaciones de las escalas temporales y los efectos retardados que caracterizan los procesos ecosistémicos
- 9 El manejo debe reconocer que el cambio es inevitable
- 10 Debe buscar el balance apropiado entre la conservación y el uso de la diversidad biológica

- 11 Deben considerarse todas las formas de información relevante, incluyendo el conocimiento científico, tradicional y local, las innovaciones y las prácticas
- 12 Debe involucrar a todos los actores relevantes de la sociedad y de las disciplinas científicas.

Además, para la aplicación de estos principios se tienen en cuenta cinco puntos o guías operativas (Ministerio de Ambiente, 2002):

- 1 Atención especial a las relaciones funcionales y a los procesos que se llevan a cabo en los ecosistemas
- 2 Promoción del acceso equitativo y la distribución de los beneficios derivados de la biodiversidad y el uso de sus componentes
- 3 Utilización de prácticas adaptativas de manejo
- 4 Realización de acciones de manejo en escalas apropiadas
- 5 Cooperación intersectorial

En esta medida, la aplicación de dicha estrategia implica tres aspectos fundamentales. De acuerdo con el Ministerio de Ambiente (2002) estos corresponden a: la función y estructura de los ecosistemas y sus diferentes componentes naturales; la organización social de los grupos humanos y la forma como esta afecta la funcionalidad de los sistemas naturales y el esquema económico que estos grupos sociales planteen para obtener beneficios específicos de un sistema natural. A partir del análisis de estos aspectos y en especial medida de las relaciones que en torno a ellos puedan existir, se podrán entonces plantear esquemas de conservación y uso sostenible de la biodiversidad.

3. Marco Referencial

3.1 Aspectos físicos del Páramo Palacio

3.1.1 Clima

Este páramo se localiza en la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, al nororiente de la ciudad de Bogotá y en los departamentos de Cundinamarca y Meta (ver figura número 1.1). Este ecosistema se ha clasificado como páramo húmedo, se encuentra ubicado a una altura entre los 3400 mts. y 3600 mts. de altitud, determinado por la influencia de los vientos alisios del suroriente, el clima en la zona se caracteriza por temperaturas medias que varían entre 5.7°C y 10.5°C, con una precipitación media anual de 1680 mm en el área de la laguna de Chingaza, aumentando hasta un promedio anual de 2327mm. La distribución de lluvias es unimodal, con un máximo en los meses de junio y julio. (Vargas, 1999).

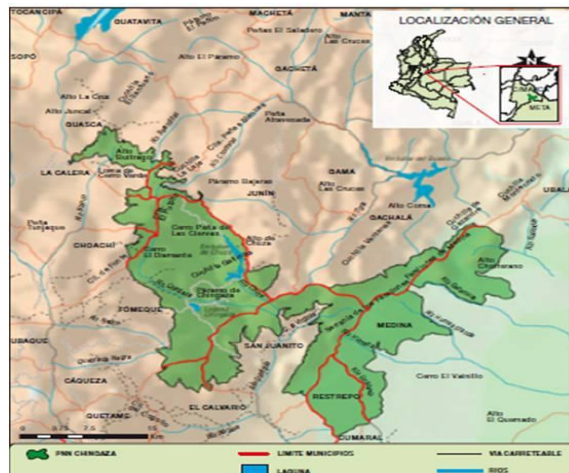


Figura 0.1: Mapa Páramo de Palacio Fuente: (PNN de Colombia, 2009)

3.1.2 Hidrografía

De acuerdo con Vargas (1999), en esta zona nacen los ríos Guaitiquía, Guacavía, Gazaunta, Gazamumo, Humea, Guavio y Frío, lo cual es considerado como un hecho fundamental para el mantenimiento y sostenimiento hídrico de Bogotá y sus municipios anexos. Asimismo, Las lluvias abundantes crearon más de 100 lagunas naturales como las de Siecha ubicadas en el sector norte, en jurisdicción del municipio de Guasca, Cundinamarca. Estas son un conjunto de tres lagunas y varias lagunetas de origen glacial rodeadas por una escarpada formación montañosa conocida con el nombre de Cuchilla de Siecha, la cual alcanza su máxima altura a los 3.750 metros sobre el nivel del mar. La laguna más pequeña es conocida como Laguna de Teusacá o América a 3.350 m.s.n.m., la cual es seguida por la Laguna de Fausto a 3.750 m.s.n.m, la Laguna Sagrada de Siecha, a 3.800 m.s.n.m y Chingaza, siendo esta última la más grande de todas (Ortiz, 1979)

3.1.3 Suelo

Los suelos del páramo son ácidos (con un pH que oscila entre los 4.3 - 4.9), con capacidad de intercambio catiónico alto, escasos de potasio y muy ricos en calcio y aluminio (Cardenas & Vargas, 2008). Sumado a esto, presentan bajos niveles de fertilidad, temperatura edáfica baja, alta tasa de retención de humedad y pedregosidad, por lo que la mayor parte de las tierras en la zona paramuna no presentan una vocación agropecuaria (Cárdenas *et al.*, 1996).

3.1.4 Biodiversidad de Fauna y Flora.

En la región paramuna de Colombia se presentan un alto grado de diversificación. El mayor porcentaje corresponde a helechos (98%), seguido de las plantas hepáticas con un 96%, musgos con el 85% y los espermatófitos con un 62%. El páramo posee más de 383 especies de plantas y se estima que la flora total del área puede sobrepasar las 2.000 especies; en donde los frailejones, las árnicas y los musgos de pantano son esenciales para la conservación de la humedad ambiental (Rangel, 2000).

Sumado a lo anterior, el páramo Palacio presenta una vegetación predominante de chusque pajonal, donde *Chusquea tessellata* forma comunidades muy homogéneas, debido a la precipitación alta y a la constante humedad atmosférica; el suelos permanece húmedos (Rangel & Ariza, 2000).

Según Cardenas & Vargas (2008), en este ecosistema también se encuentran áreas con tres tipos de suelos y vegetación característica (ver fotografía 3.1):

- Suelos bien drenados con vegetación de frailejón (*Espeletiagrandidiflora*)
- Suelos anegados con la especie *Espeletia killipii*
- Suelos mal drenados con plantas Ciperáceas, Juncáceas y musgos del género *Sphagnum*.



Fotografía 3.1: Imagen del Páramo de Palacio en jurisdicción del parque natural Chingaza (Fuente los Autores)

Por otra parte, la biodiversidad de fauna en el páramo Colombiano se encuentra registrada por familias, géneros y especies. En el caso de los mamíferos se encuentran 21 familias, 46 géneros y 70 especies (Márquez, 2000). De acuerdo con lo informado por el Instituto de Estudios del Ministerio Público en el año 2008, los animales más representativos en el páramo Palacio son aquellos resistentes a las bajas temperaturas, tales como los venados (ver fotografía 3.2), dantas, ardillas, borugos, osos de anteojos (ver fotografía 3.3), zorros y conejos.



Fotografía 3.2: Venado que habita en el Páramo de Palacio



Fotografía 3.3: Osos de anteojos, especie emblemática de la fauna Colombiana

De las aves se encuentra un registro de 31 familias, 84 géneros y 154 especies de animales, tales como pato, gallinetas azules, cóndores, siete colas, saltarín enano y el principal encontrado en la zona de estudio, el águila de páramo (Márquez, 2000). Con respecto a los reptiles se encontraron 15 registros de especies de lagartos y serpientes, así como 90 registros de especies de anfibios como salamandras del Orden Caudata y sapos y ranas del Orden Anura. Los primeros presentan 1 familia, 1 género y 3 especies y de los segundos hay registro de 5 familias, 14 géneros y 87 especies (Castaño, *et al.* 2000).

3.2 Intervención Antrópica en el Páramo Palacio

Las comunidades establecidas en esta zona utilizan los bienes y servicios del ecosistema, especialmente para procesos de ganadería y agricultura. Por ejemplo, se emplean plantas nativas como forraje en la alimentación del ganado, se emplea el recurso hídrico para consumo y se talan los arbustos para obtener leña para combustible o madera para cercado de predios. (Cardenas & Vargas, 2008)

De igual forma, las compañías industrializadas se centran en la explotación comercial de turbas, dentro de la cual se encuentra la extracción de caliza. Otras actividades se enfocan en la utilización de los depósitos lacustres, lagos, lagunas en programas de generación eléctrica y turismo (Rangel, 2001).

3.2.1 Antecedentes Investigativos

En el Parque Natural Chingaza, ubicado en el páramo Palacio, se han evaluado las respuestas de vida de las especies de fauna a las alteraciones de la vegetación por las actividades antropocéntricas, especialmente la explotación de piedra caliza para la fabricación de cemento. Díaz & Cabido (1997), observaron el crecimiento de plantas vasculares en áreas con diferentes grados de alteración, con el fin de obtener datos predictivos que permitieran conocer el estado actual de la zona y el mecanismo de respuesta de los ecosistemas a cambios introducidos por el hombre. Este último, ha servido como punto de partida para los planes de restauración del ecosistema.

Adicionalmente, Cardenas & Vargas (2008) emplearon el análisis de variables categóricas en los diferentes estadios de las plantas en la zona. Determinaron que en los sitios con un alto índice de degradación (aquellos donde se ubicaba la mina Palacio) la vegetación consistía en un prado con un estrato de vegetación rasante (por la remoción de cobertura vegetal), dominada por *Lachemila orbiculata*, *Trifolium repens*, *Bidens triplinervia* entre otras. En zonas cercanas a la mina con un grado de alteración medio, se encontró vegetación de chusque pajonal de las especies *Chusquea tessellata* y *Calamagrostis effusa*, y en las áreas con un grado de alteración y otras sin alteración antrópica, (correspondientes

a áreas vírgenes de páramo), se encontró vegetación de frailejón de la especie *Espeletia killipii* y de chusque (*Chusquea tessellata* y *Calamagrostis effusa*).

3.3 Generalidades de la Mina Palacio.

3.3.1 Historia

De acuerdo con Cemex (2010), esta mina localizada entre los municipios de La Calera y Guasca, se originó como respuesta a la necesidad del aumento de extracción de caliza para la construcción de la vía que conduce al Páramo durante la primera década del siglo XX. En 1905 la familia Samper Brush desarrolló la primera empresa de cementos en el país, inicialmente en la capital y posteriormente en La Calera. Para esta fecha, se inició la explotación manual del recurso, extrayendo la caliza con pica y transportándola por medio de mulas, desde los yacimientos encontrados en ese entonces, hasta la planta que funcionaba en pleno centro de Bogotá.

Debido al crecimiento en la demanda del recurso, la empresa Samper S.A. decidió aumentar la producción de cemento con la construcción de una planta para el procesamiento de la caliza, cercana a los yacimientos. Esta planta llamada Siberia, se ubicó estratégicamente al norte del municipio La Calera. Las exploraciones en el Páramo de Palacio iniciaron tiempo después de construida esta Planta y se constituyó en un esfuerzo mayúsculo, por el gran desafío en la apertura de la vía (que hoy conduce al páramo) y el tendido de un sistema de cable, a lo largo de 14 kilómetros de sistema montañosos para transportar la caliza desde el páramo hasta la Planta.

Moreno (2009), indicó que La Calera antes de su fundación en el año de 1772 era una comarca que con el tiempo pasó a ser un caserío. El nombre "Calera" proviene de la palabra "caliza", lo que demuestra que los habitantes de la zona están históricamente ligados a la explotación de esta materia prima. Para el año de 1920 este municipio no era más que un poblado de diez cuadras a la redonda, que se ocupaba en su totalidad del transporte y explotación de la caliza. Este suceso llevó a que en el tiempo la comunidad desarrollara una facilidad para la técnica de explotación de la caliza.

Por el auge de la construcción durante los años 1940 y 1950 en el país, la extracción de la piedra caliza fue en aumento. Sin embargo, la deficiencia de los procesos industriales en el país, en estas décadas, estuvieron acompañadas de dificultades como la falta de una carretera y la insuficiencia de energía eléctrica para el procesamiento de la caliza. Samper S.A, en el año de 1946 promovió la construcción de la carretera que comunicaba a La Calera con la capital de la República, además implemento el montaje del complejo energético de Sueva I y Sueva II (Junín, Cundinamarca) en los años 50, con el fin de modernizar la producción y explotación de la caliza. (Cemex, 2010)

De igual forma, el ingreso de recursos de empresas privadas, tanto nacionales como extranjeras, ayudó para la adquisición de predios, la conformación de la infraestructura de Mina Palacio y la constitución de una industria cementera alrededor del municipio de La Calera (Moreno, 2009). De acuerdo con Cemex (2010), en los años 70 se aumentó la inversión en el procesamiento y extracción de la caliza, por lo que se crearon nuevas obras de gran importancia para la región: la mina Palacio, la Planta de La Esperanza y la

planta de empaque de Santa Rosa, cuyos trabajos fueron acabados en los años 80's. Estas estructuras, convirtieron la zona un centro cementero de grandes dimensiones para suplir las necesidades de construcción en la capital de la República.

A lo anterior se sumó la construcción del sistema Chingaza de la Empresa de Acueducto de Bogotá EAAB, en 1982, aprovechando la infraestructura de la Mina. Guerrero (1946) señaló que este proyecto fue pensado para abastecer el 80% del acueducto del Distrito Capital a partir del recurso hídrico de la zona, incluyendo las fuentes de agua asociadas con la Mina Palacio.

El fenómeno de extracción minera de la caliza ocasionó impactos negativos en el ecosistema del páramo, a causa de la disposición realizada con estériles mineros (todo el material del suelo diferente a la caliza) que afectaba las fuentes de agua, el suelo y el ecosistema en general. Una de las consecuencias generadas fue la sedimentación de los cuerpos de agua y modificación de los caudales de las quebradas en las zonas aledañas. (Infante, 1987)

En respuesta a la creciente problemática ambiental generada por la minería en zonas estratégicas, el gobierno expidió en los años noventa el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente (Decreto 2811 de 1974), que reglamentaba el uso de los recursos naturales y el ordenamiento territorial de la región. Sumado a esto, se creó el Parque Nacional Natural Chingaza (Resolución 154 de 1977) y se declaró la zona de la Mina Palacio como reserva Forestal Protegida (Resolución 09 de 1983) reconociendo esta área como un ecosistema estratégico para la región.

3.3.2 Proceso de restauración.

En las décadas de los 70's y 80's el país y la región sufrieron grandes cambios en la creación y aplicación de la legislación ambiental, que permitieron el reconocimiento del área de páramo Palacio como un ecosistema estratégico para la región, el Distrito Capital y el País en general (Ministerio de Ambiente, 2008). Algunas de estas normas fueron:

- La expedición del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente (Decreto 2811 de 1974), que reglamentaba el uso de los recursos naturales; y el ordenamiento territorial de la región.
- La creación del Parque Nacional Natural Chingaza (Resolución 154 de 1977)
- La declaración de la zona de la Mina Palacio como reserva Forestal Protegida (Resolución 09 de 1983) en las zonas vecinas a la Mina.

A principio de los años 90, la extracción de la caliza se detiene temporalmente, debido a una decisión interna de la empresa Samper S.A (Cemex, 2010). Con la formulación de La constitución de 1991 y la Ley 99 de 1993 para la creación del Ministerio del Medio Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental, el tema del medio ambiente tomó mayor importancia para el país (Ministerio del Medio Ambiente, 1993).

Esta situación finalmente condujo a que Samper S.A. decidiera de cerrar definitivamente la Mina Palacio, por la contaminación asociada al proceso de extracción de piedra caliza. A través de su Gerencia Ambiental, la empresa ha encaminado sus esfuerzos a estudiar y

gestionar los procesos de restauración del sector circundante a la mina, buscando mitigar y compensar los impactos y efectos ambientales negativos (Cemex, 2010).

La restauración empezó a realizarse a mediados de la década de los 90's, por medio de estudios e investigaciones. De acuerdo con Jorba & Vallejo (2010), en el páramo Palacio se establecieron compromisos y metas ambientales enfocadas en la recuperación y estabilización de suelos (empleando trinchos y gaviones), el manejo de aguas lluvias por medio de redes de canales, el control de la sedimentación de las aguas que pasaban por la mina (por medio de desarenadores) y acciones de revegetación con especies nativas y otras de rápido crecimiento. Estas últimas impulsarían o darían soporte al desarrollo de la vegetación de páramo en la zona donde la mina se desarrolló.

La restauración ecológica de páramos en el país ha sido muy poco desarrollada por los altos costos y los bajos resultados a corto y mediano plazo (Rangel, 2000). A pesar de esta situación, hoy en día se puede observar el lento proceso de restauración de todo el sector, que se traduce en el progresivo regreso de los animales y el anidamiento de comunidades de patos en depresiones inundables obtenidas después de la restauración. (Aristizábal, 1983)

4. Diseño Metodológico

4.1 Tipo de Investigación

El presente estudio corresponde a una investigación de tipo exploratoria, que se caracteriza por que el objeto de investigación ha sido poco estudiado o porque no ha sido abordado antes y busca dar una visión general, de tipo aproximativo del problema (Hernandez, 2010). En esta investigación se hizo un acercamiento al conocimiento de los impactos ecosistémicos producidos en el páramo Palacio, durante la actividad minera que se desarrolló en la zona, para lo cual se tuvo en cuenta el hecho de que hasta el momento no se habían identificado las relaciones existentes entre los procesos de extracción minera y las evidencias de deterioro ambiental del ecosistema.

La investigación empleada en la tesis fue de carácter descriptivo - analítico, ya que describió y analizó los impactos producidos en el ecosistema del páramo de Chingaza durante la explotación de la piedra caliza, en la Mina Palacio. En este sentido, se hizo una presentación del ecosistema en diferentes momentos, comparando las especies encontradas en la actualidad con respecto a las existentes antes y durante la operación de la mina.

4.2 Diseño Metodológico

En el desarrollo de esta investigación contó con dos grandes fases metodológicas: Estado del arte y Análisis de impacto ecosistémico.

4.2.1 Estado del arte

En esta fase se hizo una búsqueda, recopilación y análisis de las fuentes de información. Para esto, se analizaron los reportes bibliográficos de flora y fauna, así como de las condiciones físicas de la zona afectada, en un periodo comprendido entre 1979 y 2012. Asimismo, se investigaron los procesos de extracción minera utilizados en la época.

4.2.2 Análisis de impacto ecosistémico

En esta fase se realizó un estudio de campo en la zona del páramo Palacio, dirigido a conocer y determinar los impactos ambientales generados por la actividad de extracción de caliza, realizada por la empresa Cemex. Para esto se empleó la matriz de Leopold, la cual permite determinar las variables más relevantes para una evaluación de impacto ambiental (CEGESTI, 2011). Con esta herramienta se realizó un análisis de los factores o acciones impactantes en cada uno de los elementos ambientales, los cuales correspondieron a:

- Suelo (propiedades físicas y erosión)
- Aguas superficiales (microbiológicas)
- Alteraciones del régimen hidrobiológico, (caudal)
- Aguas lenticas (nivel freático)
- Aire (calidad del aire; nivel de polvo)
- Ruido (nivel sonoro)
- Paisaje (componentes paisajísticos)
- Hábitat (fragmentación)

- Vegetación (cobertura vegetal, uso del suelo)
- Flora acuática (perifitos y macrofitas)
- Fauna terrestre (especies, hábitat)
- Fauna acuática (ictiofauna, bentos)
- Población (expectativas, llegada de población flotante, empleo)
- Actividades y relaciones económicas (actividades tradicionales, presencia de ventas atraídas por el proyecto)
- Redes de transporte (vías de acceso y tráfico vehicular)
- Arqueología (patrimonio arqueológico)

Sumado a lo anterior, las acciones impactantes durante el desarrollo de esta fase fueron estudiadas en tres momentos. El primero correspondió a las condiciones de la zona antes de la operación de la Mina y tuvo presente las acciones impactantes sobre explanaciones y movimientos de tierra, desecho de residuos sólido, contaminación de aguas, construcciones, extracción e introducción de flora y fauna.

Las condiciones de la zona durante la explotación minera fue el segundo momento que se tuvo en cuenta en el estudio. En este se analizaron las acciones impactantes relacionadas con el manejo de residuos sólidos (emisión de olores, aparición espontánea de basuras y vertederos de residuos; ordinarios, biodegradables, reciclables, de riesgo biológicos, hidrocarburos, escombros y especiales); manejo de efluentes líquidos (aguas grises, aguas negras, potabilización de agua); transporte (personal, materias primas e insumos); riesgos (epidemiológicos, explosiones, lixiviación de líquidos en áreas de almacenamiento y/o durante el proceso); almacenamiento (insumos, manejo y almacenamiento de los

materiales; particulados) y proceso de producción de la caliza (generación de polvo, generación de metales pesados, ruido de explosiones y ventiladores, obtención de agua, evaporación de agua, obtención de energía, temperatura, gas de escape de los combustibles y CO₂).

En el tercer momento se tuvieron en cuenta las condiciones de la zona después del cierre de la mina, donde se analizaron acciones impactantes como las explanaciones y movimientos de tierra, desecho de residuos sólido, contaminación de aguas, construcciones, extracción de flora y fauna, usos del suelo y planes de restauración.

Para la realización de la matriz de Leopold, se contó con un grupo interdisciplinario de profesionales, quienes de acuerdo a su punto de vista presentaron sus opiniones respecto a los procesos de extracción minera y los impactos que pudieron ser causados en el ecosistema. Este aporte condujo al establecimiento de una relación de causalidad, que permitió deducir las acciones del proceso de explotación minera de la caliza que generaron impactos negativos, así como a la determinación de las acciones que continúan causando daño al ecosistema.

4.3 Técnicas e Instrumentos

Para la realización de esta investigación se emplearon tres técnicas fundamentales: Análisis documental, Observación en campo y Diálogo con expertos.

4.3.1 Análisis documental

Se realizó la visita a las bibliotecas de entidades como la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, Parque Nacionales Naturales de Colombia, Biblioteca Luis Ángel Arango y de la Universidad Nacional de Colombia. En todas ellas se identificaron los trabajos investigativos de diferente índole desarrollados para la zona del páramo Palacio y se encontró el reporte de las características bióticas y abióticas que se reportaron durante el desarrollo de esta investigación. Esta información fue consignada en tablas de Excel que facilitaron la comparación por año y especies, lo que permitió deducir qué especies con el tiempo dejaron de ser reportadas para la zona.

4.3.2 Observación en campo

Se hizo una visita a la zona del páramo Palacio en donde funcionaba la Mina Palacio y al área aledaña que hace parte del parque natural Chingaza. Asimismo, se realizó un registro fotográfico de las dos zonas visitadas, con el propósito de determinar la forma como debía ser la zona que fue objeto de extracción minera y de evidenciar el estado actual de la misma.

4.3.3 Diálogo con expertos

Para esta técnica se tuvieron en cuenta las observaciones de campo realizadas por profesionales de las áreas de Biología, Ingeniería Civil e Ingeniería Industrial, así como con

personas locales correspondientes a un representante de la comunidad y un funcionario del Parque Chingaza. A partir de estas observaciones, se pudo elaborar la Matriz de Leopold y se establecieron los conceptos respecto a la visión de la situación tanto de la zona donde se desarrolló la extracción minera como de la zona donde no se hizo dicha actividad.

5. Análisis de Información

Durante el desarrollo de los procesos extractivos de la caliza en el páramo mina palacio, se generaron fenómenos paralelos de explotación de la flora y la fauna, el personal que trabajaba tanto en la mina como en la represa chuza acostumbraba a talar los bosques de subpáramo, a cazar, a desechar las aguas negras y grises a los cuerpos de agua. Por otro lado, se potencializó el desarrollo de procesos pastoriles y el cultivo principalmente de papa, con lo cual se incentivó la quema del ecosistemas para despejar el terreno en el cultivo de tubérculos (Núñez, 1996).

5.1 Estado actual del ecosistema de páramo donde operó la mina Palacio

Se desarrolló un análisis de la modificación de cobertura vegetal, el estado de las fuentes de agua y biodiversidad. Para tal fin, se hizo una comparación de los registros bibliográficos desde el año 1979 hasta el 2012 y se realizaron observaciones de la zona donde se ubicó la mina Palacio, para caracterizar la zona después de 20 años del cese de la extracción minera.

El suelo que fue objeto de extracción, se encuentra en un proceso de evolución primario cubierto por especies de gramíneas, líquenes y musgos de la familia *Rhacocarpaceae*. Se evidenció la aparición esporádica de especies de colonizadoras como: *Lachemilla orbiculata*, helechos dispersos de la especie *Dryopteris sp* entre otras. Asimismo, se observa que la pérdida de la cobertura vegetal fue absoluta durante el proceso de excavación en la obtención de la piedra caliza y la recuperación del terreno en 20 años ha sido mínima. Fue evidente la pérdida total de la cobertura vegetal, así como el

desplazamiento y pérdida de las especies de fauna y flora características de este tipo de ecosistemas.

5.2 Especies de plantas que han habitado en el páramo de Chingaza

Se hizo un análisis comparativo de las especies de plantas que han habitado en el páramo de Chingaza hasta el año 2012, pero que hoy no se encuentran en la zona que fue objeto de explotación minera (Ver grafica 5.1). A continuación se listan las especies de plantas que han sido reportadas en diferentes trabajos y continúan siendo reportadas para el páramo Chingaza, de acuerdo al texto *Flora ilustrada del Páramo de Chingaza: guía de campo de plantas comunes*, realizado por la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, versiones de 2011 y 2012 (Madriñan, 2012).

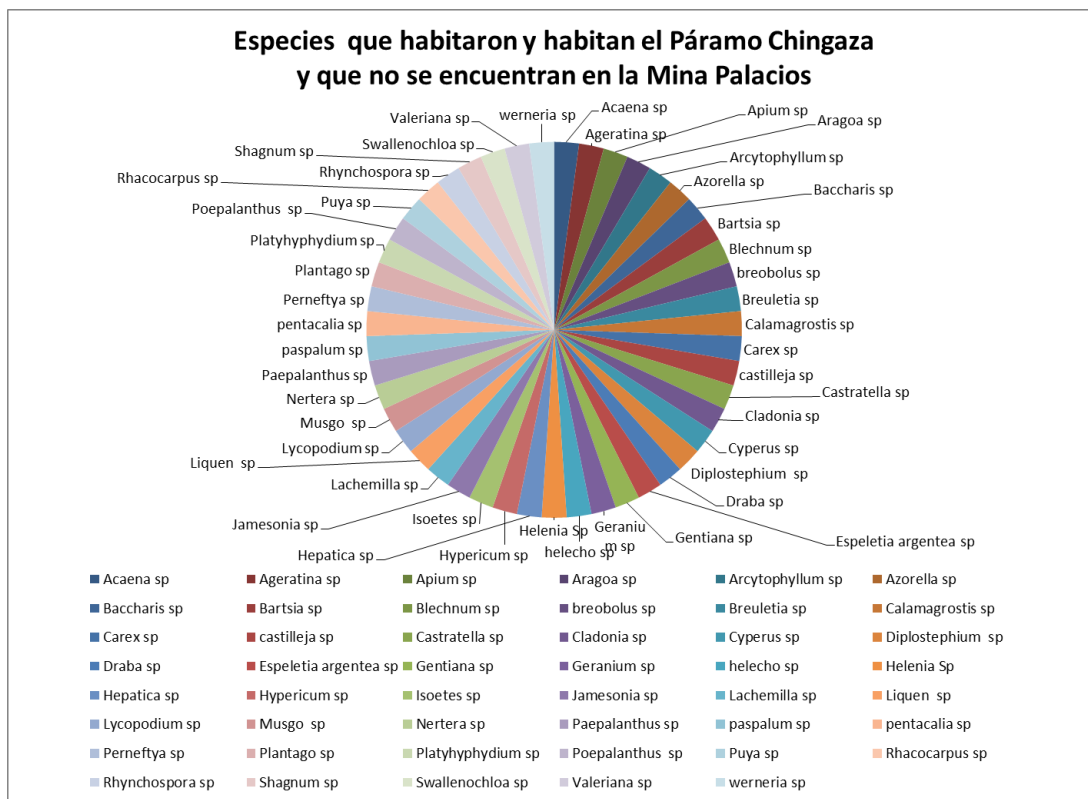


Grafico 5. 1: Especies que habitaron y que habitan en el páramo Chingaza y que no se encuentran en la zona de la mina Palacio

En los estudios desarrollados durante los años 1979, 1983, 1987, 1992 1999, 2011 y 2012, se han reportado especies de plantas que han permanecido en el hábitat como lo confirma el reporte de la guía de campo de Chingaza. El género *Sphagnum*, fue reportado por Ortiz (1979) y Torres (1982) en la laguna de Chingaza y en el páramo de Chingaza, así como por Gaviria (1993) en la laguna de Buitrago y en la cabecera de chuza (ver figura 5.2).

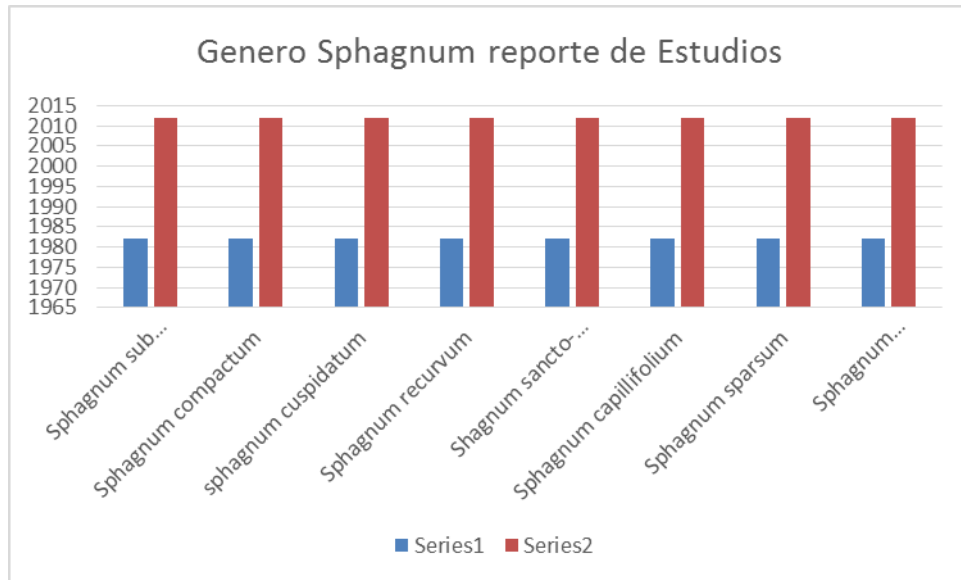


Grafico 5. 2: Genero *Sphagnum* reporte de estudios desde el año 1972 hasta el año 2012

Para el caso del género *Espeletia* y sus respectivas especies, *E. argéntea*, fue reportada por Aristizabal (1983) en el embalse de chuza y por Vargas (1999) en la zonas de los río junco, de la playa y de Las Lajas y Los Gigantes. La especie *Espeletia uribir*, fue reportada por Ortiz (1979) para el páramo en general y por Rivera (1992) en la zona del río la playa. Infante en 1987 encontró que la especie *Espeletia grandiflora* estaba ubicada a lo largo del territorio del páramo de Chingaza. Otros autores como (Rivera, 1992; Quitiaquez, 1993; Quitiáquez & Guarín, 1993; Vargas, 1999) la localizaron en zonas cercanas al río de la playa, en la laguna verde, en los ríos junco y en la zona de las lajas y los gigantes (ver figura 5.3).

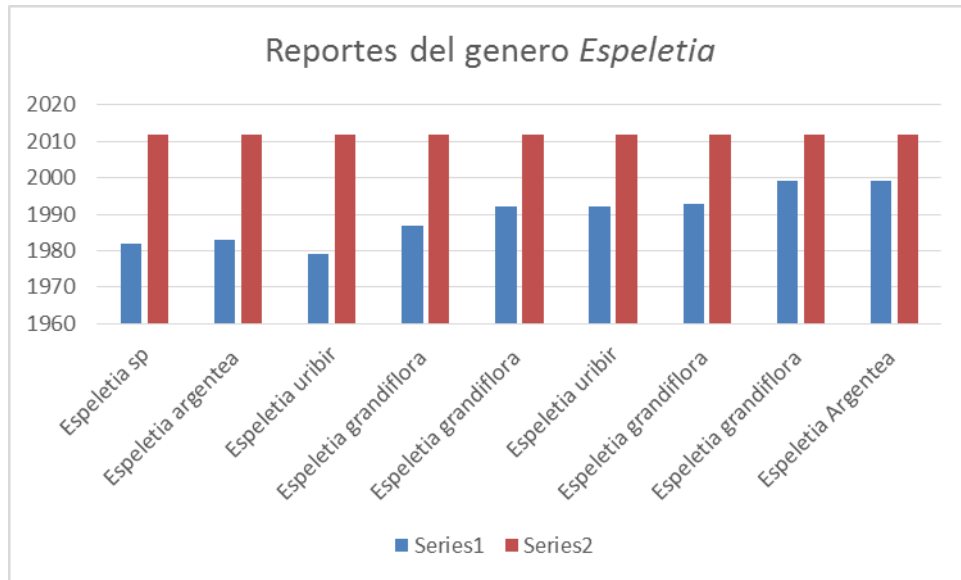


Gráfico 5. 3: Reporte del genero *Espeletia* en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio

La *Swallenochloa sp* fue reportada por Torres (1982), mientras que Aristizabal (1983), Infante (1987). Rivera (1992), Quitiaquez (1993), y Quitiaquez & Guarín (1993) encontraron la especie *S tesellata* en las zonas de las lagunas de Chingaza, Verde y Seca, el páramo de Palacio y Chamizales, La Cuchilla, el embalse de Chuza, La Batea, el Alto Gallinas, el retén Chingaza y en el río La Playa (ver figura 5.4).

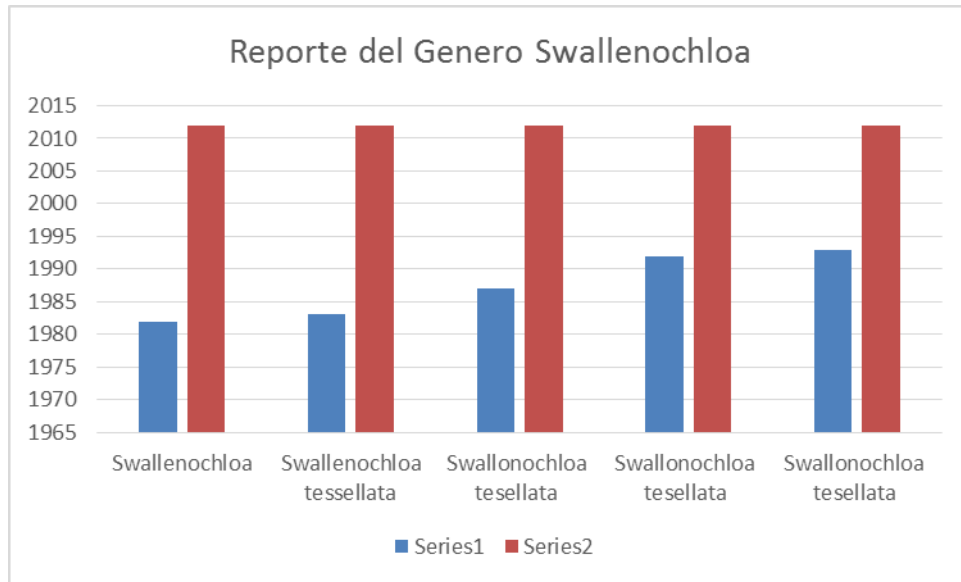


Grafico 5.4: Reporte del genero *Swallonochloa* en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio

Sumado a lo anterior, el musgo *Breuletia sp* ha sido reportado por el Instituto de Ciencias Naturales en los años 1971, 1972, 1981, 1982, 1983, 1984, 1986 y 2004 en el páramo Palacio y la laguna de Chingaza (Instituto de Ciencias Naturales, 2004; Madriñan, 2012). Múltiples estudios (Aristizábal, 1983; Rivera, 1992; Quitiaquez, 1993; Vargas, 1999; Infante, 1987) indicaron que *Calamagrostis effusa* se encuentra localizada en el embalse de Chuza, cerca de los ríos de La Playa y Junco, así como en la zona de Las Lajas y Los Gigantes.

De acuerdo con Rivera (1992) la especie *Calamagrostis cortaderia* fue ubicada en áreas aledañas al río La Playa (ver grafica 5.5). Asimismo, *Castratella piloselloides*, ha sido reportada por Ortiz (1979) y Vargas (1999) en los ríos Junco y La Playa, así como Madriñan (2012) en la zona de Las Lajas y Los Gigantes.

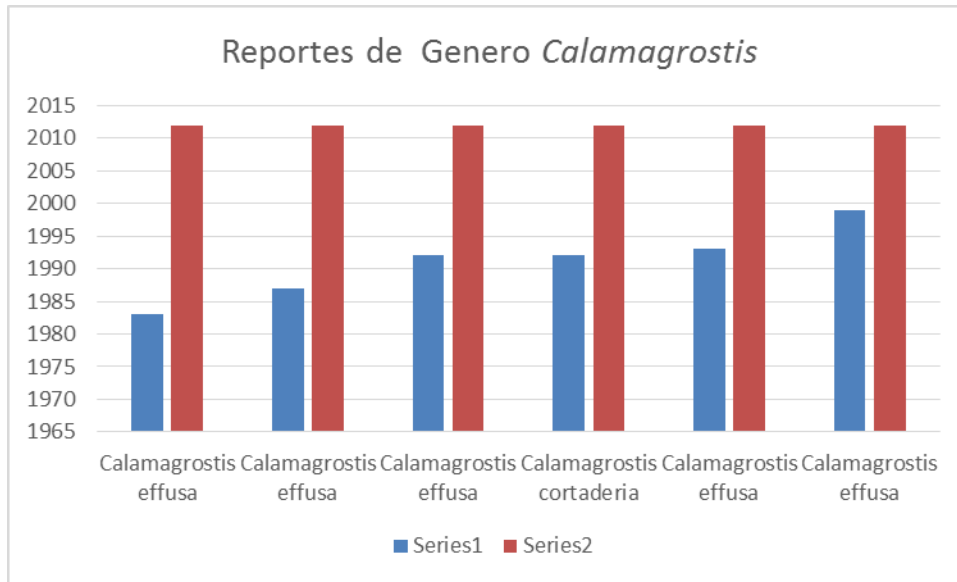


Grafico 5.5: Reporte del genero *Calamagrostis* en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio

La especie *Carex pichinchensis* fue reportada por (Ortiz, 1997), *Carex bonplandii* fue reportada por (Infante, 1987) y (Gaviria, 1993) y *Carex jamesonii* var. *Chordalis* fue reportada por (Gaviria, 1993), todas ellas para el páramo de Chingaza y (Madríñan, 2012) ver figura 5.6.

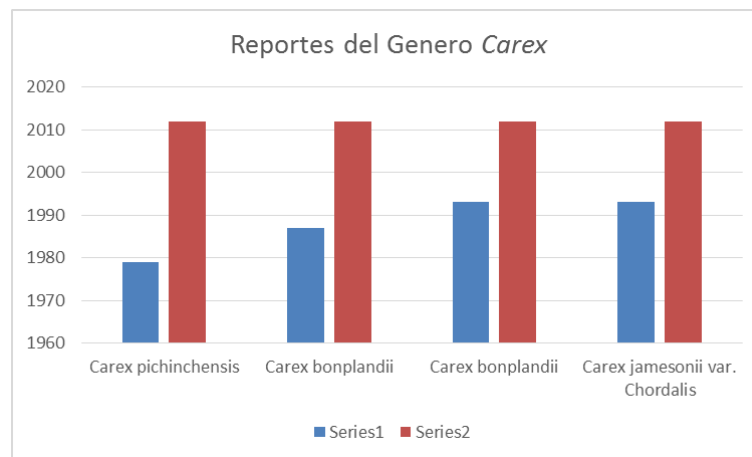


Grafico 5.6: Reporte del genero *Crex* en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio

Hypericum goyanesii reportada por (Aristizábal, 1983) y (Vargas O. , 1999) y por el instituto de ciencias naturales en los años 1952, 1966, 1972, 1981, 1983, 1999 (Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, 2004) en el embalse de chuza y en el páramo, *H brathys* fue reportada por (Aristizábal, 1983) y por (Vargas O., 1999), *H strictum*, reportada por (Aristizábal, 1983) en el páramo de Chingaza e *H laricifolium*, reportada por (Vargas O, 1999) en los ríos junco y la playa y en la zona de las lajas y los gigantes ver figura 5.7.

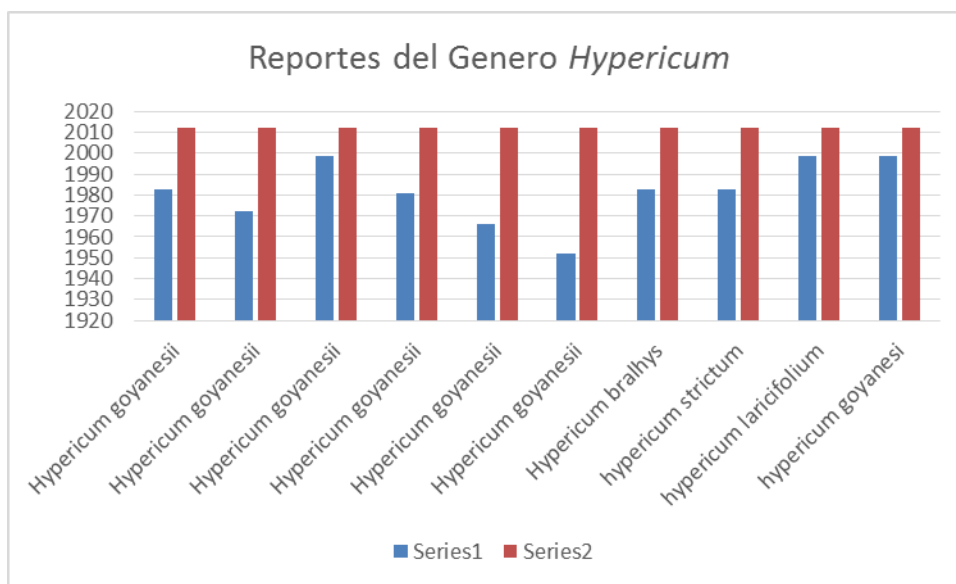


Grafico 5.7: Reporte del genero *Hypericum* en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio

Jamesonia sp, *Breobolus obfusangulus*, *Rhacocarpus purpurascens*, fueron reportadas por (Ortiz, 1979) y por (Madriñan, 2012) páramo de Chingaza

Rhynchospora sp reportada por (Ortiz, 1979), (Rivera, 1992) y (Vargas O. , 1999), en el páramo de Chingaza, en los ríos junco y la playa y en la zona de las lajas y los gigantes y (Madriñan, 2012)

Lycopodium bicornis, reportada por (Ortiz, 1979) en el páramo de Chingaza, *L sp* reportada por (Rivera, 1992) y (Vargas O, 1999) en las cercanías del río de la playa y junco y en la zona de las lajas y los gigantes y (Madriñan, 2012)

Diplostephium sp, reportada por (Vargas O. , 1999) en los ríos junco y la playa y en la zona de las lajas y los gigantes, *D phyllicoides fue* reportada por (Rivera, 1992) en las cercanías del río de la playa, *Draba* (Ortiz, 1979) ver figura 5.8.

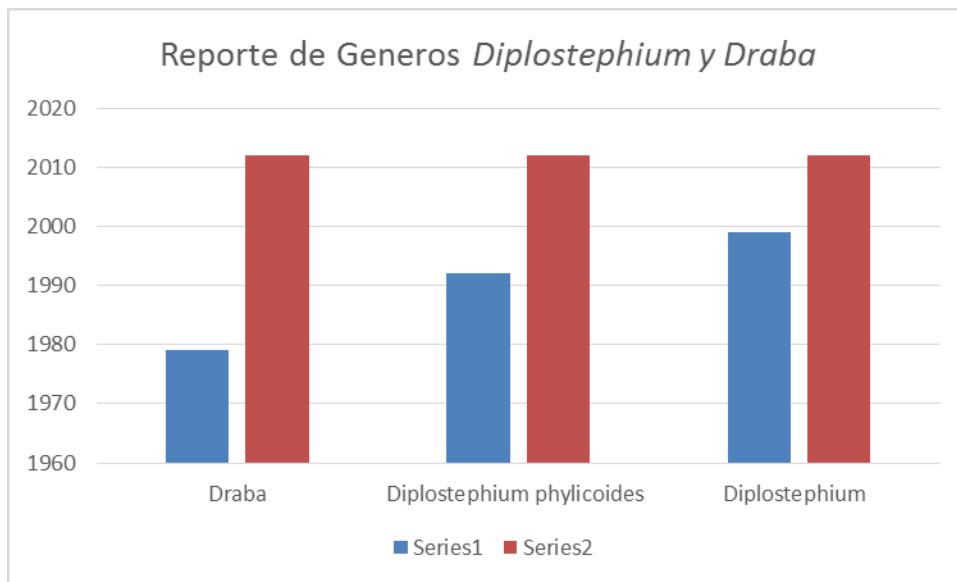


Grafico 5.8: Reportes de genero *Diplostephium* en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio

Isoetes sp, reportado por (Gaviria, 1993) y (Rivera, 1992) en la laguna de Siecha y en las cercanías del río de la playa y (Madriñan, 2012). *Azorella crenata*, *A pendiculata* reportadas por (Rivera, 1992) en las cercanías del río de la playa y (Madriñan, 2012) La especie *Ageratina* fue reportada por (Rivera, 1992) en las cercanías del río de la playa y por (Madriñan, 2012). *Arcytophyllum nitidum*, *Aragoa abietina*, fueron reportadas por (Rivera, 1992) para las zonas cercanas al río de la playa, Vargas las reporta en 1999 (Vargas O. , 1999) en los ríos junco y la playa y en la zona de las lajas y los gigantes y (Madriñan, 2012). *Acaena cylindristachya*, *Apium*, fueron reportadas por los mismos autores, en los ríos junco, la playa y en la zona de las lajas y los gigantes ver figura 5.9.

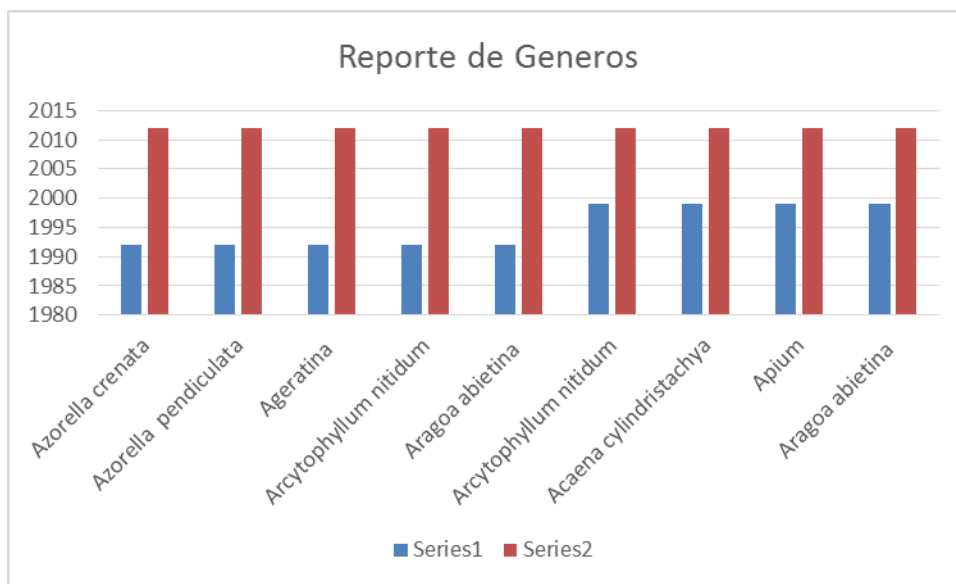


Grafico 5.9: Reportes de géneros en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio

Werneria sp reportadas (Rivera, 1992) en las cercanías del río de la playa y *Lachemilla cf orbiculata* y *L orbiculata*, reportadas por (Infante, 1987) y (Rivera, 1992) en el páramo de Chingaza, en las cercanías del río de la playa y reportada por (Madriñan, 2012).

Nertera granatensis, reportada por (Rivera, 1992) y por (Vargas O. , 1999) en las cercanías del río de la playa y en los ríos junco y la playa, en la zona de las lajas y los gigantes y por (Madriñan, 2012)

Poepalanthus lodiculoides y *P karsteniis*, reportadas por (Rivera, 1992) en las cercanías del río de la playa, *Perneftya sp* fue reportada por (Rivera, 1992) en las cercanías del río de la playa, *P postrata*, reportada por (Vargas, 1999) en los ríos junco, la playa y en la zona de las lajas y los gigantes y (Madriñan, 2012). *Paepalanthus karstenii*, fue reportada por (Ortiz, 1979) en el páramo de Chingaza, *P sp* y *P columbiencis*, reportada por (Vargas O. , 1999) en los ríos junco y la playa y en la zona de las lajas y los gigantes y (Madriñan, 2012). El musgo *Platyhyphydium aguaticum* fue reportado por (Quitiáquez & Guarín, 1993) en la laguna verde, *Pentacalia*, *Paspalum sp* *Diplostephium*, en los ríos junco, la playa y en la zona de las lajas y los gigantes (Madriñan, 2012). La especie *Plantago rigida* fue reportada por (Rivera, 1992) cerca del río de la playa y por (Madriñan, 2012) ver figura 5.10.

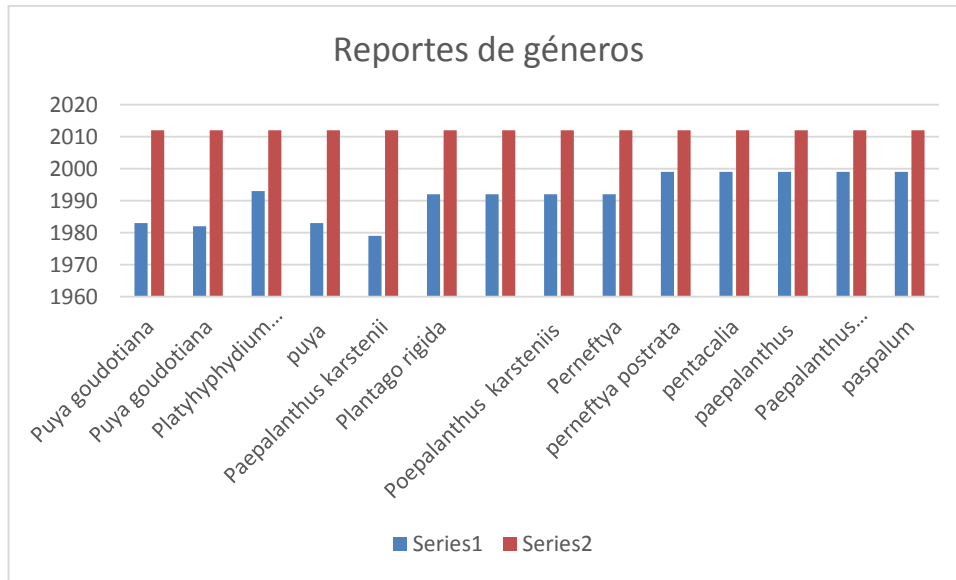


Gráfico 5.10: Reportes de géneros en la zona del páramo Chingaza más no para la zona de la Mina Palacio

Mientras que la *Helenia sp* fue reportado por (Aristizábal, 1983) en el embalse de chuza, Vargas reporta en 1999 las especies *Bartsia*, *Baccharis tricuneata*, *Gentiana sp*, *Geranium sp*, *Cladonia*, *Castilleja integrifolia* en los ríos junco, la playa y en la zona de las lajas y los gigantes (Vargas O. , 1999). Valeriana, reportada por (Vargas O. , 1999) en los ríos junco y la playa y en la zona de las lajas y los gigantes.

5.3 Especies de plantas que no han sido reportadas

En los estudios desarrollados, en el parque Chingaza, ni para la zona de la Mina Palacio, en los años 1979, 1983, 1987, 1992 1999, 2011 y 2012 ver figura 5.11.



Grafico 5.11: Géneros y especies de plantas que habitaron el páramo de Chingaza pero que no se reportan en la actualidad

Azorella multifida, reportada por (Rivera, 1992) en las cercanías del río de la playa pero no existe reporte para los años de 2011 y 2012. *Las especies: Anthoxantum odoratum, Greigia collina, Carex jamesonii* fueron reportadas por (Infante, 1987) en el páramo de Chingaza pero no existe reporte para los años de 2011 y 2012. *Gynoxys, Geranium santanderiense, fueron* reportadas por (Vargas O. , 1999) en los ríos junco y la playa y en la zona de las lajas y los gigantes, pero estas especies no fue reportada en los años de 2011 y 2012 por (Madriñan, 2012). La especie *Blechnum loxense* ha sido reportada por (Torres, 1982), (Aristizábal, 1983) y por (Vargas O. , 1999) para las zonas de laguna de Chingaza, para el páramo de Palacio y chamizales, la laguna seca, la cuchilla de chuza, la batea, el alto gallinas, el retén Chingaza, embalse chuza y ríos juncos la playa, la zona de las lajas y

los gigantes, pero estas especies tampoco fueron reportada en los años de 2011 y 2012 por (Madrñan, 2012). Ortiz en 1979, reporto las especies; *Distichia sp*, *Campylopus ssp*, *Brartschias sp*, en el páramo de Chingaza, pero no existen reportes para los años de 2011 y 2012 ver figura 4.12.



Grafico 5.12: Especies no reportadas, que habitaron el páramo de Chingaza pero que no se reportan en la actualidad

Oreobulus obtusangulus, *Pentacalia abietinus*, fueron reportadas por (Vargas, 1999) en los ríos junco y la playa y en la zona de las lajas y los gigantes. *Puya nítida* por (Vargas, 1999) en la laguna de Chingaza y seca, el Páramo de Palacio y chamizales, la cuchilla de chuza, la batea, alto gallinas, reten Chingaza, y río la playa, pero estas especies no fue reportada en los años de 2011 y 2012 por (Madrñan, 2012). *Holcus lanatus*, *Hydrocotyle bunplandii*, fueron reportadas por (Infante, 1987) en el páramo de Chingaza pero no existe reporte para los años de 2011 y 2012. Ortiz en 1979, reporto las especies; *Luzula racemosa*, *Pantago rigida*, en el páramo de Chingaza, pero no existen reportes para los años de 2011 y 2012.

Puya goudotiana y *P aristegnietae*, fueron reportadas por (Torres, 1982). *Puya sp* fue reportada por (Aristizábal, 1983) en la laguna de Chingaza y seca, el Páramo de Palacio y chamizales, la cuchilla de chuza, la batea, alto gallinas, reten Chingaza, y río la playa, pero estas especies no fue reportada en los años de 2011 y 2012 por (Madriñan, 2012) ver figura 5.13.



Grafico 5.13 Especies no reportadas, que habitaron el páramo de Chingaza pero que no se reportan en la actualidad

Usnea barbata, fue reportadas por (Vargas, 1999) en los ríos junco y la playa y en la zona de las lajas y los gigantes. *Rumex tolimensis*, reportada por (Rivera, 1992) en las cercanías del rio de la playa pero no existe reporte para los años de 2011 y 2012. *Las especies: Sibthorpia repens, Trinichloa stipioides*, fueron reportadas por (Infante, 1987) en el páramo de Chingaza pero no existe reporte para los años de 2011 y 2012. Ortiz en 1979, reporto las especies; *Stephaniella ssp*, en el páramo de Chingaza, pero no existen reportes para los años de 2011 y 2012 y *Xyris sp* fueron reportadas por (Torres, 1982) ver figura 5.14.

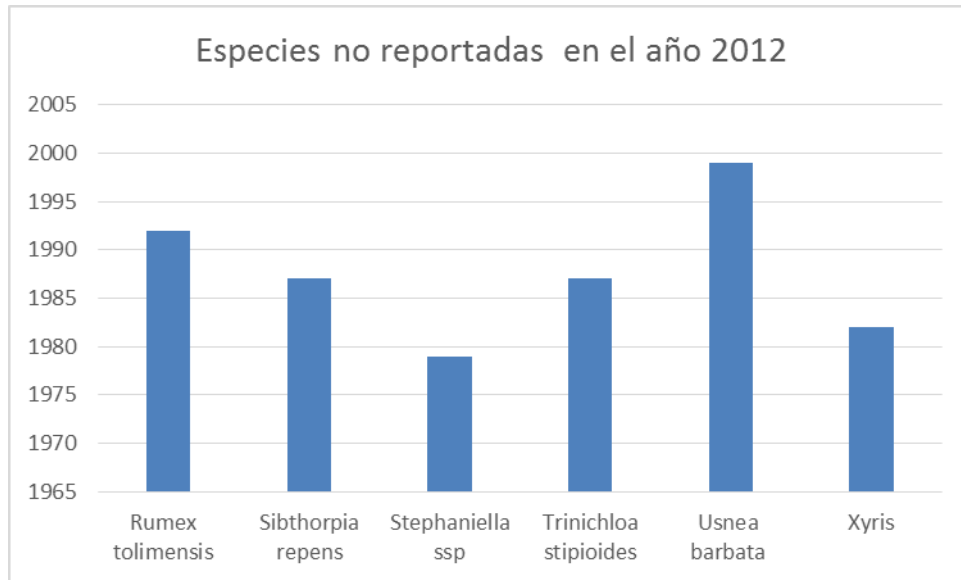


Grafico 5.14 Especies no reportadas, que habitaron el páramo de Chingaza pero que no se reportan en la actualidad

De las 88 especies a las que se les hizo el seguimiento bibliográfico, 62 especies, es decir, el 70,45% han sido reportadas en el tiempo en diferentes trabajos investigativos tesis o artículos científicos para los años 2011 y 2012 mientras que 26 especies, que representan el 29,55% no cuentan con reportes en la literatura desde el años 1979 y en diferentes periodos dependiendo de la especie, hasta el año 2012.

5.4 Especies animales reportados para el páramo de Chingaza

Diferentes estudios han reportado especies que habitaron la zona de la Mina Palacio y que al poder migrar, se desplazaron a zonas circunvecinas más protegidas del ecosistema como son los terrenos del parque Chingaza o el parque Carpanta (Gaviria, 1993), la zona que fue objeto de extracción minera es utilizada por los animales como corredor de comunicación

entre las áreas del parque Chingaza, el caso de los reptiles ver tabla 5.1, anfibios ver tabla 5.2, mamíferos, peces ver tabla 5.3 y aves ver tabla 5.4.

Tabla 5.1: Especies de reptiles reportados para el páramo de Chingaza y que migraron de la zona Mina Palacio

Reptiles			
Orden o Familia	Especies	Reportado por	zona del parque Chingaza
Sub Orden Sauria; Familia Teiidae	<i>Anadia bogotensis</i>	Hoyos, J. (1991)	Piedras gordas y río la playa
Sub Orden Sauria; Familia Teiidae	<i>Proctoporus stratus</i>	Hoyos, J. (1991)	Piedras gordas y río la playa
Familia Iguanidad	<i>Phenacosaurus heterodermus</i>	Hoyos, J. (1991)	Piedras gordas y río la playa
Familia Iguanidad	<i>Stenocercus trachycephalus</i>	Hoyos, J. (1991)	Piedras gordas y río la playa

Tabla 5.2 Especies de Anfibios reportados para el páramo de Chingaza y que migraron de la zona Mina Palacio

Anfibios			
Familia	Genero y Especie	Años de reporte	Lugar
Bufo	<i>Atelopus chinazae</i>	Navas, C. (1994)	Laguna de buitrago
Bufo	<i>Atelopus sp de vientre rojo</i>	Hoyos, J. (1991)	Piedras gordas y río la playa
Bufo	<i>Atelopus sp de vientre verde</i>	Hoyos, J. (1991)	Piedras gordas y río la playa
Leptodactylidae	<i>Eleutherodactylus bogotensis</i>	Navas, C. (1994)	Laguna de buitrago
Hylidae	<i>Hyla labialis</i>	Navas, C. (1994)	Laguna de buitrago
Dendrobatidae	<i>Collosthetus subpunctatus</i>	Navas, C. (1994)	Laguna de buitrago
Hylidae	<i>Hyla labialis</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna seca, verde
Dendrobatidae	<i>Collosthetus subpunctatus</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna seca, verde
Dendrobatidae	<i>Collosthetus subpunctatus</i>	Hoyos, J. (1991)	Piedras gordas y río la playa
Bufo	<i>Atelopus spp</i>	Gaviria, S. (1993)	Quebrada de piedras gordas y río la playa
Bufo	<i>Atelopus muisca</i>	Gaviria, S. (1993)	Río la playa
Leptodactylidae	<i>Eleutherodactylus bogotensis</i>	Hoyos, J. (1991)	Piedras gordas y río la playa
Leptodactylidae	<i>Eleutherodactylus elegans</i>	Hoyos, J. (1991)	Piedras gordas y río la playa
Leptodactylidae	<i>Eleutherodactylus sp</i>	Hoyos, J. (1991)	Piedras gordas y río la playa
Hylidae	<i>Hyla labialis</i>	Hoyos, J. (1991)	Piedras gordas y río la playa
Hylidae	<i>Hyla bogotensis</i>	Hoyos, J. (1991)	Piedras gordas y río la playa
Urodela	<i>Bolitoglossa adspersa</i>	Hoyos, J. (1991)	Piedras gordas y río la playa

Tabla 5. 3 Especies de mamíferos y peces reportados para el páramo de Chingaza y que migraron de la zona Mina Palacio

Mamíferos y Peces			
Tipo	Genero y Especies	Registrado por y año	Lugar de Chingaza donde se avisto
Borugo	<i>Agouti taczanowskii</i>	Nuñez, C. (1996)	Río chuza, laguna de chingaza, San Juanito, Mina palacios
Comadreja	<i>Nasua olivacea</i>	Nuñez, C. (1996)	Río chuza, laguna de chingaza, San Juanito, Mina palacios
conejo	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
curi	<i>Cavia porcellus</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Cusumbos	<i>Nasua nasua</i>	Repizzo, A. (1993)	Páramo
Danta de páramo	<i>Tapirus pinchaque</i>	Repizzo, A. (1993)	Páramo Extinta
Danta de páramo	<i>Tapirus pinchaque</i>	Hernandez & Camacho (1986)	sin registro desde 1936
Guaches	<i>Nasua olivacea</i>	Repizzo, A. (1993)	Páramo
Guagua	<i>Styctomis tackzanowski</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Mono choyo	<i>Lagothrix lagothricha</i>	Nuñez, C. (1996)	Río chuza, laguna de chingaza, San Juanito, Mina palacios
musaraña	<i>Cryptotis thomasi thomasi</i>	Nuñez, C. (1996)	Río chuza, laguna de chingaza, San Juanito, Mina palacios
Oso de anteojos	<i>Tremarctos ornatus</i>	Repizzo, A. (1993)	Páramo
Rata arboricola	<i>Ripidomys latimanus</i>	Repizzo, A. (1993)	Ecotono páramo-bosque
Runchos	<i>Didelphis albiventris andina</i>	Nuñez, C. (1996)	Río chuza, laguna de chingaza, San Juanito, Mina palacios
Runchos	<i>Didelphis marsupialis</i>	Nuñez, C. (1996)	Río chuza, laguna de chingaza, San Juanito, Mina palacios
Tinajo	<i>Agouti taczanowskii</i>	Repizzo, A. (1993)	Páramo
Trucha Arcoiris	<i>Salmo gairdneri</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de chungasa y embalse de chuza
Truchas pardas	<i>Salmo trutta</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de chungasa y embalse de chuza
Ulama	<i>Eira barbara</i>	Repizzo, A. (1993)	Páramo
Venado de páramo	<i>Odocoileus virginianus goudotii</i>	Repizzo, A. (1993)	Páramo
Venado de páramo	<i>Odocoileus virginianus goudotii</i>	Nuñez, C. (1996)	Río chuza, laguna de chingaza, San Juanito, Mina palacios
Zorro gris de monte	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Repizzo, A. (1993)	Páramo
zorro perruno	<i>Cercdocyon thous</i>	Nuñez, C. (1996)	Río chuza, laguna de chingaza, San Juanito, Mina palacios

Se concluye que no se encuentra registro, ni se observaron durante visitas de campo cuatro (4) especies de reptiles, diecisiete (17) especies de anfibios, dieciocho (18) especies de mamíferos y dos (2) especies de peces. Es de resaltar que la danta de paramo fue declarada extinta ya que no cuenta con registro de avistamientos desde el año de 1936.

Tabla 5. 4 Especies de aves reportados para el páramo de Chingaza y que migraron de la zona Mina Palacio

Aves			
Tipo	Especie	Año de reporte	Lugar de Avistamiento
Chorlo del Ártico	<i>Actitis macularia</i>	Gaviria, S. (1993)	Chingaza
El águila pescadora	<i>Pandion haliaetus</i>	Gaviria, S. (1993)	Embalse de chuza
La polla de juncos	<i>Rallus semiplumbeus</i>	Gaviria, S. (1993)	Chingaza
Patos	<i>Anas flavirostris</i>	Gaviria, S. (1993)	Chingaza
Patos	<i>Anas niceforoi</i>	Gaviria, S. (1993)	Chingaza, Extinto
Patos	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Gaviria, S. (1993)	Chingaza
Patos	<i>Anas flavirostris</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Polla de agua	<i>Fulica americana</i>	Gaviria, S. (1993)	Chingaza
Zambullidores de los Andes	<i>Podiceps andinus</i>	Gaviria, S. (1993)	Embalse de chuza, Extinto
Garza	<i>Egretta sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde

En el caso de las aves el pato *Anas niceforoi* y el zambullidor de los andes *Podiceps andinus* fueron declarados extintos.

En cuanto a Macro y micro organismos que han habitado las lagunas del parque Chingaza. A continuación se relacionan las especies de fanerógamas y vegetación anfibia ver tabla 5.5, de algas ver tabla 5.6, de organismos bentónicos ver tabal 5.7 y de plancton ver tabla 5.8 reseñados para las lagunas más representativas del parque Chingaza y que en la actualidad no se encuentran en la zona de la mina Palacio ya que las lagunas que existían en la zona fueron desecadas durante los procesos de remoción de tierra en la extracción de la piedra caliza.

Tabla 5.5: Fanerógamas y Vegetación Anfibia para las lagunas más representativas del parque Chingaza y que en la actualidad no se encuentran en la zona de la mina Palacio

Fanerógamas y Vegetación Anfibia			
Familia	Especies	Año de Registro	Lugar
Apiaceae	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Callitrichaceae	<i>Callitriche nubigena</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Crassulaceae	<i>Crassula venezuelansis</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Cyperaceae	<i>Eleocharis stenocarpa</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de chingaza
Cyperaceae	<i>Eleocharis stenocarpa</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Cyperaceae	<i>Scirpus californicus</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Elatinaceae	<i>Elatine sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Patamogetonaceae	<i>Patamogeton paramoanus</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Patamogetonaceae	<i>Potamogeton illinoensis</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de chingaza
Patamogetonaceae	<i>Potamogeton paramoanus</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de chingaza
Ranunculaceae	<i>Ranunculus flagelliformis</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de chingaza
Ranunculaceae	<i>Ranunculus limoselloides</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Holoragaceae	<i>Myriophyllum elatinoides</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de chingaza
Holoragaceae	<i>Myriophyllum guitense</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde

Tabla 5.6: Algas reportadas en las lagunas más representativas del parque Chingaza y que en la actualidad no se encuentran en la zona de la mina Palacio

Algas			
Familia	Especie	año	sitio
Charácida	<i>Nitella sp</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de chingaza
Charácida	<i>Chara acutata</i>	Gaviria, S. (1993)	Desembocadura del río frío en la laguna de chingaza
Charácida	<i>Pleurococcus sp</i>	Gaviria, S. (1993)	Embalse de Chuza
Charácida	<i>Fragillaria crotonensis</i>	Gaviria, S. (1993)	Embalse de Chuza
Charácida	<i>Tabellaria flocculosa</i>	Gaviria, S. (1993)	Embalse de Chuza
Charácida	<i>Navicula radiosa</i>	Gaviria, S. (1993)	Embalse de Chuza
Cyanophyceae		Rondón, D. (1996)	Embalse de Chuza
Chlorophyceae		Rondón, D. (1996)	Embalse de Chuza
Desmidiaceae	<i>Staurastrum tohopekaligense</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Desmidiaceae	<i>Staurastrum brachiatum</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Desmidiaceae	<i>Staurodesmus convergens</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Desmidiaceae	<i>Hyalotheca islandia</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Desmidiaceae	<i>Spondylosium planum</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Desmidiaceae	<i>Gonatozygom aculeatum</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Desmidiaceae	<i>Xanthidium antilopaeum</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Euglenophyceae		Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Dinophyceae	<i>Peridinium cinctum</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Dinophyceae	<i>Peridinium limbatum</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Dinophyceae	<i>Peridinium gatunense</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Dinophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Dinophyceae	<i>Tabellaria fenestrata</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Dinophyceae	<i>Surirella plana</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Bacillariophyceae		Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Chrysophyceae		Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza
Familia: Oscillatoriaceae	<i>oscillatoria sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Familia: Nostocaceae	<i>Anabaena sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Volvocaceae	<i>Eudorina sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Botryococcaceae	<i>Botyococcus sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Oedegoniaceae	<i>Oedegonium sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Oedegoniaceae	<i>Bulbochaete sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Oocystaceae	<i>Oocystis sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Oocystaceae	<i>Ankistrodermus sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Oocystaceae	<i>Pediastrum sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Zygnemataceae	<i>Spirgyra sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Zygnemataceae	<i>Mougeotia sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Zygnemataceae	<i>Zygnema sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Desmidiaceae	<i>Closterium sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Desmidiaceae	<i>Euastrum sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Desmidiaceae	<i>Staurodesmus sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Desmidiaceae	<i>Cosmarium sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Desmidiaceae	<i>Sphaerosozoma sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Desmidiaceae	<i>Staurastrum sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Desmidiaceae	<i>Penium sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Desmidiaceae	<i>Micrasteria sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Desmidiaceae	<i>Desmidium sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Mesotaeniaceae	<i>Gonatozygom sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Dynobryaceae	<i>Dynobryon sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Naviculaceae	<i>Navicula sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Naviculaceae	<i>Frustulia sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Naviculaceae	<i>Stauroneis sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Naviculaceae	<i>Pinnularia sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Fragilariaceae	<i>Tabellaria sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Fragilariaceae	<i>Fragillaria sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Eunotaceae	<i>Eunotia sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Cymbellaceae	<i>Cymbella sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Cymbellaceae	<i>Gomphonema sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Epithemiaceae	<i>Epithemia sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Epithemiaceae	<i>Rhopalodia sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Surirellaceae	<i>Surirella sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Achnantheaceae	<i>cocconeis sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Euglenaceae	<i>Euglena sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde

Tabla 5.7: Organismos bentónicos reportados para las lagunas más representativas del parque Chingaza y que en la actualidad no se encuentran en la zona de la mina Palacio

Organismos Bentónicos			
	Especies	año	lugar de la toma de la muestra
Tubificidae	<i>Limnodrilus neotropicus</i>	Rondon, D. (1996)	Laguna de Siecha, Laguna de chingaza y embalse de chuza
Tubificidae	<i>Limnodrilus udekemianus</i>	Aristizabal, H (1983) 1983	Embalse de chuza
Tubificidae	<i>Limnodrilus boffmeisteri</i>	Rondón, D. (1996)	Embalse de chuza, laguna de chingaza
Tubificidae	<i>Tubifex tubifex</i>	Aristizabal, H (1983) 1983	Embalse de chuza
Tubificidae	<i>Tubifex tubifex</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Chironimida	<i>Pentancura</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Chironimidae		Rondon, D. (1996)	Laguna de chingaza y embalse de chuza
Nematoda		Rondon, D. (1996)	Laguna de chingaza y embalse de chuza
Mollusca	<i>Sphaerium lauricochea</i>	Rondon, D. (1996)	Laguna de chingaza y embalse de chuza, Efluentes de la laguna verde y en la cabecera del río chuza
Oligochaeta	<i>Nais andina</i>	Rondon, D. (1996)	Laguna seca, Laguna de chingaza y embalse de chuza
Oligochaeta	<i>Nais communis</i>	Rondon, D. (1996)	Laguna seca, Laguna de chingaza y embalse de chuza
Oligochaeta	<i>Cheatogaster diastrophus</i>	Rondon, D. (1996)	Laguna seca, Laguna de chingaza y embalse de chuza
Oligochaeta	<i>Slavina appendiculata</i>	Rondon, D. (1996)	Laguna seca, Laguna de chingaza y embalse de chuza
Oligochaeta	<i>Pristina probocidea</i>	Rondon, D. (1996)	Laguna seca, Laguna de chingaza y embalse de chuza
Oligochaeta	<i>Pristina longiseta bidentata</i>	Rondon, D. (1996)	Laguna seca, Laguna de chingaza y embalse de chuza
Coleóptera	<i>Heterelmis</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguan de chingaza
Coleóptera	<i>Dytiscidae</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguan de chingaza
Hemíptera	<i>Centrocorisa</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguan de chingaza
Notonectida	<i>Notonecta</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguan de chingaza
Culicidae		Gaviria, S. (1993)	Laguan de chingaza
Planariidae	<i>Dugesia</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Glosiiphonii	<i>Helobdella</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Aeshnidae	<i>Anax</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Corixidae	<i>Centrocorisa</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Notonectida	<i>Notonecta</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Gyrinidae	<i>Andogyrus</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Hidrophillida	<i>Berosus</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
leptoceridae	<i>nectopsyche</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Dixidae	<i>dixella</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Muscidae	<i>limnophora</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Hydrachnida	<i>wandesia</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Talitridae	<i>hyalella</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Ancylidae	<i>ferrissia</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Planorbidae	<i>gyraulus</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Hyriidae	<i>sphaerium</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde

Tabla 5.8: Plancton reportado para las lagunas más representativas del parque Chingaza y que en la actualidad no se encuentran en la zona de la mina Palacio

Plancton			
Familia	Especies	Año	Lugar
ploimida	<i>keratella cochlearis</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de Chingaza
ploimida	<i>keratella ticinensis</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de Chingaza
ploimida	<i>keratella sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
ploimida	<i>Platyas cf. mayor</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de Chingaza
ploimida	<i>Cephalodella cf. Sterea</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de Chingaza
ploimida	<i>Brachionus sp</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de Chingaza
Rotatoria	<i>Filinia sp</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de Chingaza
Copépoda	<i>Colombodiptomus brandorffi</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de Chingaza
Copépoda	<i>Colombodiptomus sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Copépoda	<i>Metacyclops leptocus totensis</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de Chingaza
Copépoda	<i>Metacyclops sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Copépoda	<i>attheyella sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Cladóceras	<i>Ceriodaphnia cuadrangula</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de Chingaza
Cladóceras	<i>Daphnia laevis</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de Chingaza
Cladóceras	<i>Bosmina sp.</i>	Gaviria, S. (1993)	Laguna de Chingaza
Daphnnidae	<i>Simocephalus serrulatus</i>	Gaviria, S. (1993)	Embalse de Chuza
Trichocercidae	<i>Trichocerca sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Philodinidae	<i>philodina sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Daphnnidae	<i>Daphnia sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Chirodinae	<i>chydorus sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Chirodinae	<i>alona sp</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde
Bosminidae	<i>Bosmina sp.</i>	Quitiaquez, G. (1993)	Laguna verde

Uno de los instrumentos utilizados para desarrollar el análisis de los impactos de las fases del proyecto frente a los factores ambientales, fue la Matriz de Leopold, ver tabla 5.9.

La matriz se diligenció fraccionando cada celda de tal manera que la parte superior izquierda simboliza la magnitud del impacto, el grado de extensión o escala del impacto puntuando de 1 a 10 (tomando como 1 si la alteración es mínima y 10 si es máxima), este número se precede del signo positivo (+) o negativo (-) según sea un impacto positivo o negativo. Por otro lado la parte inferior derecha simboliza la importancia del impacto; el grado de incidencia o de intensidad de la acción impactante sobre el factor y se puntúa de 1 a 10.

De acuerdo a la matriz de Leopold desarrollada con los aportes de profesionales, se concluyó con respecto al factor suelo que este fue impactado negativamente por el manejo de los residuos, la contaminación por residuos de tipo especial, la lixiviación de sustancias en el suelo, la constante remoción de las capas superficiales del suelo, generaron cambios en la composición físico química del suelo que hacia parte de la Mina Palacio, ya que en la época no existían regulaciones ambientales que definieran el manejo adecuado de los residuos, es deducible que el manejo de los residuos sólidos y líquidos, durante el transporte, almacenamiento y producción de la caliza especialmente en los momentos de las explosiones y remoción de las capas vegetales del suelo generaran un gran impacto.

Con la ayuda de la matriz se evidencia que las características fisicoquímicas del agua fueron afectadas por las descargas de agua negras y grises en los cuerpos de agua, además

de los cambios del uso del suelo y la contaminación atmosférica, cambiaron la composición fisicoquímica del agua lo que afectó las poblaciones de microorganismos; perifitos y macroorganismos; organismos bentónicos de los cuerpos de agua de la zona de la Mina Palacio, es así como se evidencia en la matriz como el factor aguas es alterado respecto a los organismos que la habitan, al caudal y al nivel freático, siendo la contaminación por residuos el proceso más impactante.

Por otro lado, el régimen hidrobiológico de la zona en donde se desarrolló la extracción de la caliza, fue afectado por los cambios en el uso del suelo, la extracción de flora y fauna, la alteración de la cobertura vegetal, la alteración de los caudales de agua y el desecho de sustancias contaminantes, acciones estas que además de impactar el ecosistema de páramo contribuyeron en la generación de los problemas mundiales como son; el efecto de invernadero, la lluvia ácida y el hueco en la capa de ozono.

El caudal de las fuentes de agua fue afectado por la acumulación de residuos, por la extracción de agua para los procesos de enfriamiento; en las plantas eléctricas y procesamiento de los hornos de cocción de la caliza y la calidad de las aguas fue afectada por el polvo y los gases de la combustión que se mezclaron con los gases atmosféricos y poco a poco fueron precipitados y por escorrentía llegaron a los cuerpos de agua, además los residuos principalmente los de carácter especial que se generaron durante el funcionamiento de la Mina y las lixiviaciones de sustancias químicas o derivados de hidrocarburos contaminaron las aguas superficiales que eran el hábitat de organismos macro y microscópicos, ver gráfica 5.15

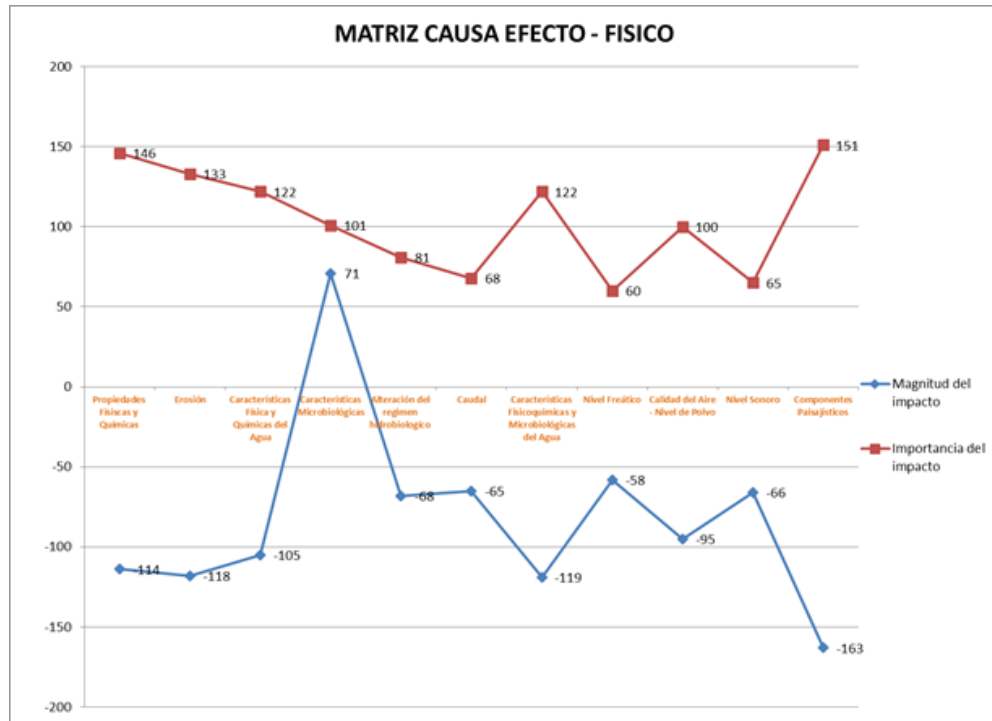


Gráfico 5.15: Análisis de la magnitud e importancia de los impactos en los factores físicos del ecosistema

El ecosistema fue afectado por el ruido producido durante las explosiones generadas en la remoción del terreno, en el triturado de la caliza y en el transporte tanto de la caliza como de materiales y personal, en la Matriz se evidencia que el proceso más impactante fueron las explosiones estas obtuvieron un valor de -10 lo que significa que el impacto es negativo y que la alteración es máxima por otro lado la importancia del impacto es de 10 el máximo de puntuación en este sentido.

El paisaje fue completamente alterado por la infraestructura de almacenamiento de materiales, por la planta de procesamiento de la caliza, por las vías de comunicación y por la acumulación de los residuos y escombros ver fotografía 5.1



Fotografía 5.1: Afectaciones del paisaje, mina Palacio después de 20 años de no extracción de la caliza (fuente los autores)

Al área que se utilizó en la extracción de la caliza hoy en día esta fragmentó el ecosistema del páramo, está área ya no cuenta con las características propias del ecosistema inicial ver fotografía 5.2.



Fotografía 5.2: Estado de los suelos, mina Palacio después de 20 años de no extracción de la caliza (fuente los autores)

La cubierta vegetal fue retirada y el suelo quedo descubierto y expuesto a procesos de erosión, el uso del suelo no fue ni es el apropiado, en el pasado, fue reservorio de basuras y desprovisto de su capa protectora humus, se detuvo el proceso de sucesión y se desarrolló la regresión de la evolutiva del suelo, hoy día el área es utilizada en la ganadería, ver

fotografía 5.3, a pesar de que, los procesos de remoción del suelo fueron 20 años atrás, el suelo hoy día solo cuenta con una pequeña cubierta de musgos y líquenes que evidencian el primer momento en la evolución de los suelos.



Fotografía 5.3: Uso actual del suelo, mina Palacio después de 20 años de no extracción de la caliza (fuente los autores)

La cubierta vegetal también fue afectada por la acumulación de polvo y subproductos de la combustión, los cuales en la atmósfera se combinan con el aire y al llover son precipitados sobre la capa vegetal y el suelo agregando elementos que no hacen parte de la composición natural del suelo.

Perifitos y Macrófitas fueron de los grupos de organismos afectados, la contaminación de las aguas y la lixiviación que se generó en la descomposición de la materia de los residuos que contaminaron los suelos, los contaminantes y el producto de su descomposición fueron arrastrados por las lluvias y las escorrentías ver grafica 5.16.

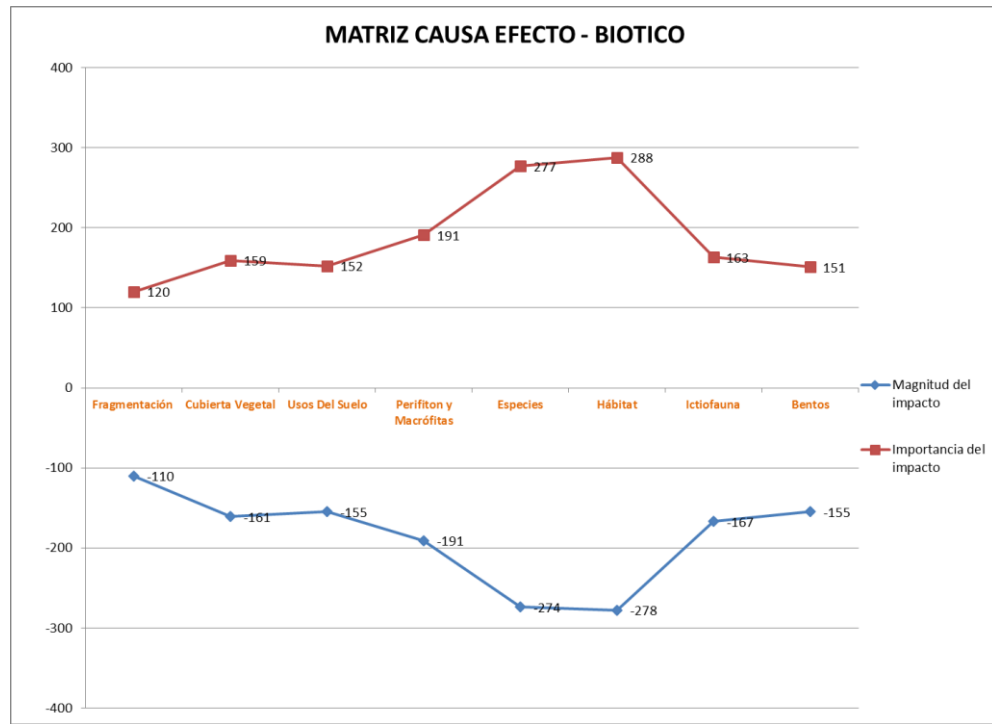


Grafico 5.16: Análisis de la magnitud e importancia de los impactos en los factores bióticos del ecosistema

En general todas las especies fueron afectadas por los procesos de la minería, en un grado de importancia del impacto; muy significativo 10, en la mayoría de las fases del proyecto de minería. El hábitat fue uno de los factores más fuertemente impactado, especialmente por las explosiones, remoción del terreno y contaminación de todo tipo ver fotografías 5.4. Los peces fueron afectados y en general los ecosistemas tanto acuáticos como terrestres; fueron impactados negativamente por la generación de residuos ordinarios y especiales que produjeron un deterioro constante en el ecosistema.



Fotografías 5.4: Comparación del estado del hábitat; foto en la margen izquierda imagen del hábitat conservado, foto en la margen derecha, estado del área que fue objeto de explotación, mina Palacio después de 20 años de no extracción de la caliza (*frente los autores*)

Las poblaciones bentónicas se vieron afectadas, por los procesos energéticos que necesitaban de agua en su funcionamiento, el agua fue tomada de las lagunas hasta ser desecadas, la contaminación del ecosistema generó que los cuerpos de agua se contaminaran y en la dinámica del ecosistemas se alteró, ya que estos contaminantes fueron integrados en las cadenas tróficas y en los ciclos biogeoquímicos, lo que afectó en un grado de importancia significativo las especies ver fotografías 5.5.



Fotografías 5.5: Comparación del nivel freático del agua en el páramo; foto en la margen izquierda, nivel del agua en condiciones normales, foto en la margen derecha, cantidad de agua del área que fue objeto de explotación, mina Palacio después de 20 años de no extracción de la caliza (*frente los autores*)

Las expectativas de la población fueron alteradas principalmente por la contaminación de los ecosistemas, la contaminación atmosférica por gases producto de la combustión, el polvo y ruido producidos en el proceso de transformación de la materia prima y en las explosiones. Los factores socioculturales mayoritariamente impactados fueron: el patrimonio arquitectónico y arqueológico: por las explosiones, las lixiviaciones de aguas negras, grises y las producidas en áreas de almacenamiento de mariales, el desarrollo de infraestructura o de vías de acceso es otro de los factores impactantes, ya que si bien las vías de comunicación permitieron el intercambio económico y cultural, en este ecosistema lo único que generó fue pérdida de biodiversidad y patrimonio ecológico, fragmentación de ecosistemas y cambios en el uso del suelo ver figura 5.17.

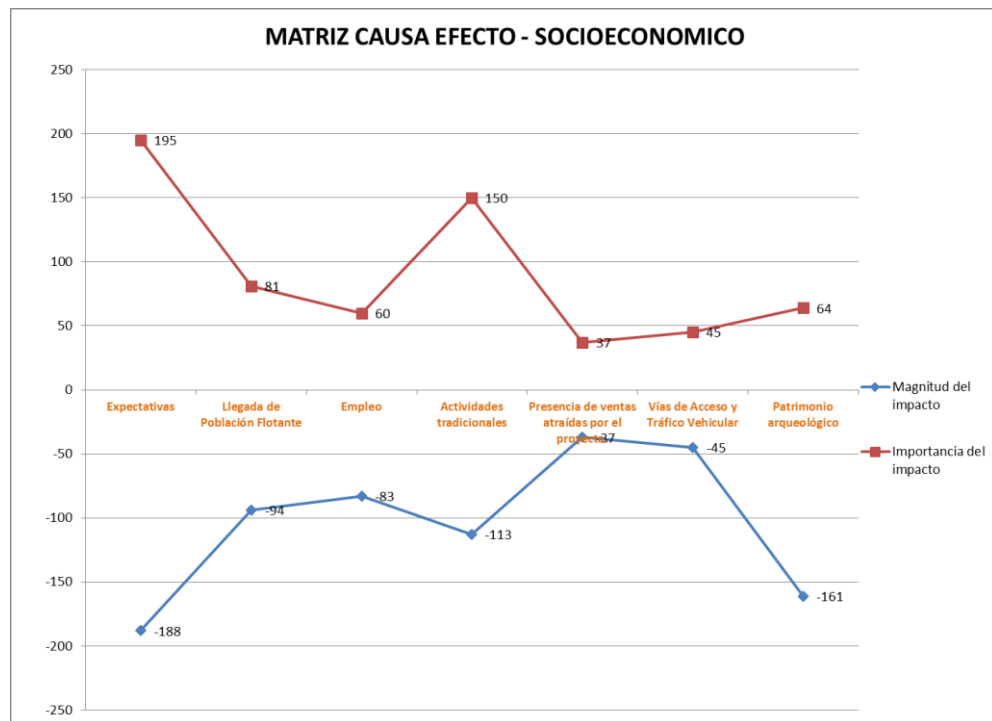


Gráfico 5. 17 Análisis de la magnitud e importancia de los impactos en los factores socioeconómicos

En la época en que se decide cuidar el ecosistema del páramo, gracias a las leyes impuestas se declaró el área de extracción minera zona de reserva natural y gracias a esto se detuvo el desarrollo de la actividad minera, lo que posibilitó cambios en el uso del suelo y generó procesos de impacto positivo en las zonas circunvecinas al área de la explotación, pero en el área directa de extracción minera, el uso del suelo sigue siendo inadecuado.

5.6 Impactos y afectaciones generados sobre el ecosistema de páramo, en la época de funcionamiento de la mina Palacio

Los impactos generados durante la explotación de la caliza en la zona de la mina Palacio páramo de Chingaza se pueden clasificar como:

Impactos Negativos: Ya que su efecto se traduce en una pérdida del valor ecológico y de la biodiversidad del área, que aumentó los perjuicios de erosión, además el impacto es inmediato pues los efectos fueron inmediatos en el equilibrio del ecosistema.

Por otro lado fueron Impactos permanentes por su característica de alteraciones indefinidas en el tiempo, es decir se alteró el ecosistema y esta alteración permanece en el tiempo, además, los impactos también fueron de tipo Sinérgico pues los efectos de los eventos de la explotación minera se sumaron en el ecosistema generando un efecto dominó, especialmente en pérdida de diversidad ecológica y ecosistémica.

Los impactos también fueron directos porque la incidencia de las fases de extracción minera fueron inmediatas en los factores ambientales como el suelo, fauna y flora, sin

embargo en el caso de los cuerpos de agua los efectos también fueron indirectos ya que estos se afectaron por las escorrentías que se generaron en las áreas de extracción de la caliza.

En este caso el impacto también fue de tipo irreversible ya que es casi imposible de retornar a las condiciones iniciales del ecosistema, las especies vegetales y animales que se extinguieron no se pueden recuperar.

El suelo y el aire, durante la explotación minera fueron impactados de manera continua, por esto el impacto de estos factores fueron de tipo continuo. El impacto en las aguas fue de tipo discontinuo, cuando la contaminación se generó por residuos tóxicos y peligrosos, hidrocarburos y químicos.

En general el impacto producido en el ecosistema fue de tipo crítico ya que la magnitud del impacto fue superior al umbral de aceptación, puesto que por los impactos producidos provocaron la pérdida permanentemente de las características del ecosistema en la zona.

5.7 Recomendaciones, Procesos de prevención, restauración y remediación que se deben realizar para recuperar el área afectada

Control de Actividades Económicas. Si bien la zona se encuentra dentro de una área protegida, las actividades económicas que se desarrollan en la periferia del parque Chingaza, la ganadería, la agricultura o el uso de los recursos como el agua, minerales, animales y vegetales generan presión en los procesos de recuperación del ecosistema.

El adelanto de las actividades económicas en la periferia del área protegida debe ser mediado por el desarrollo sostenible para evitar los impactos directos o indirectos de estas en el equilibrio ecológico de la zona. El desarrollo sostenible se caracteriza por integrar en él, aspectos Ecológicos, Económicos y Sociales, ver figura 5.18, (Gallopín, 2003).

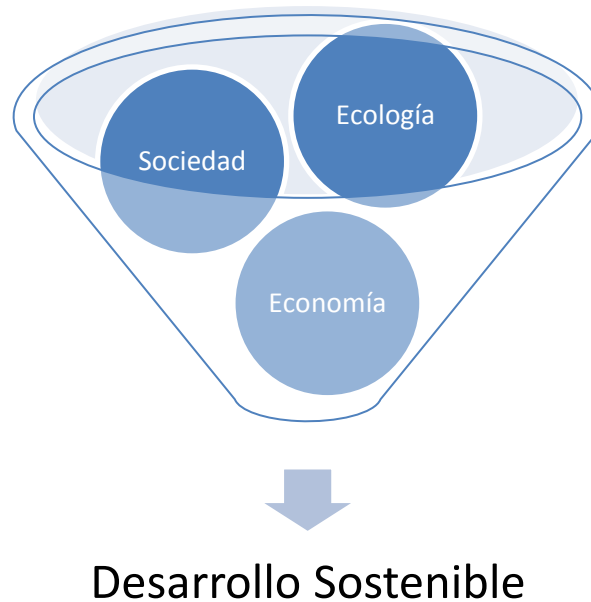


Grafico 5.18 Diagrama del concepto de desarrollo sostenible

Este busca un desarrollo económico equilibrado, que no deprede los recursos naturales y las riquezas biológicas y culturales. En este sentido el desarrollo debe nacer de las comunidades quienes deben contar con una serie de conocimientos básicos de su entorno; ciclos naturales, interacciones entre los factores biótico y abiótico, características de la fauna y flora, efectos de la contaminación y pérdida de la biodiversidad entre otros, por lo tanto se deben desarrollar procesos de educación ambiental y de ecoturismo.

Educación Ambiental. El conocimiento y entendimiento de los procesos ecológicos del ecosistema, por parte de la comunidad y de los visitantes es fundamental en la recuperación de este y para frenar los impactos negativos generados en las actividades económicas tradicionales de la comunidad, en este sentido es necesario desplegar procesos de educación ambiental que involucren a la comunidad que habita en la región. Donde los principales actores deben ser los educadores de colegios y escuelas que mediante los proyectos ambientales educativos generen sentido de pertenecía con el ecosistema, buscando el entendimiento de los equilibrios ecológicos en los sistemas naturales y que de esta manera se generen actuaciones respetuosas con el ambiente.

Cuando en 1972 en la conferencia de Estocolmo se empieza a tratar el tema de las relaciones de la sociedad con el medio ambiente; en Colombia las posiciones al respecto del tema iban desde la ecologista, tecnológica, economista hasta la posición política (Angel, 1992) la búsqueda de una posición más equilibrada es mediada por las Educación Ambiental, herramienta esta, que se ha desarrollado en los acuerdos internacionales desde Estocolmo, pasando por Río 1992; con la agenda 21, hasta Copenhague 1995.

La Educación Ambiental busca el equilibrio entre sociedad y medio ambiente y se define: como una estrategia interdisciplinaria que debe estar orientada a la resolución de problemas y ser acorde con las realidades locales, en todos los niveles de escolaridad y en todas las actividades extraescolares, logrando las siguientes actuaciones, según (Ministerio de Educación Nacional , 1996).

- La toma de conciencia: Sensibilización con respecto al medio ambiente
- Conocimiento: Adquisición de experiencia variada y de conocimiento para la comprensión del ambiente global y de sus problemas inherentes.
- Actitudes: Construcción de valores sociales, que permitan cimentar sentimientos de interés por el ambiente y la motivación necesaria para participar en la protección y mejoramiento del medio ambiente.
- Competencias: Permite la identificación y solución de los problemas ambientales.
- Participación: Desarrollo de sentimientos de responsabilidad para contribuir activamente en todos los niveles de solución de la problemática ambiental.

Siendo la educación ambiental el proceso que le permite al individuo comprender las relaciones de interdependencia con su entorno, a partir del conocimiento reflexivo y crítico de su realidad biofísica, social, política, económica y cultural, para que a partir de la apropiación de la realidad concreta, pueda generar en él y en su comunidad actitudes de valoración y respeto por su ambiente, buscando el mejoramiento de la calidad de vida desde la concepción del desarrollo sostenible (Ministerio de Educación Nacional , 1996).

El análisis de la problemática ambiental debe hacerse local, regional y nacionalmente, de acuerdo con el nivel de complejidad del problema que se está abordando y teniendo en cuenta la dinámica cultural propia de las diversas comunidades, para que las alternativas de solución tengan validez y se hagan viables, utilizando la investigación como herramienta en la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales (Ministerio de Educación Nacional , 1996).

Además en este análisis de los problemas ambientales, se debe tener en cuenta, el carácter sistemático del ambiente, que obliga a trabajar los problemas con carácter interdisciplinario, científico y tecnológico, social, estético y ético, buscando la complementariedad e interdependencia que aporta cada una de estas ciencias en el entendimiento de los problemas ambientales (Giolitto, 1992).

La educación ambiental debe formar individuos autónomos seguros de sus razonamientos, participativos y autogestionarios capaces de intervenir activa y conscientemente en el desarrollo de su comunidad, que sean tolerantes y solidarios con gran sentido de responsabilidad en el manejo de sus recursos naturales (Ministerio de Educación Nacional , 1996).

Desarrollo de Procesos Ecoturísticos. El ecoturismo puede ser una de las alternativas de desarrollo económico sostenible para el área, ya que el fundamento de este es generar un equilibrio entre el aspecto social, económico y ambiental, así la comunidad generaría

procesos económicos desde su propia cosmovisión, estos procesos permiten la conservación de la diversidad biológica y cultural propiciando desarrollo económico.

Este desarrollo sería respetuoso y conocedor de las dinámicas del ecosistema, involucrando a la comunidad, rescatando y preservando los recursos culturales, cultivados en los procesos de educación ambiental e involucrada en los procesos educativos de la región.

La política para el desarrollo del ecoturismo, cita la definición del turismo, dada por La Organización Mundial del Turismo (OMT) como: *“aquel que pretende satisfacer las necesidades de los turistas así como de los destinos turísticos, protegiendo e incrementando las oportunidades de futuro”*, es decir pretende la utilización racional del potencial turístico de un área sin poner en riesgo los recursos, para que en un futuro pueda seguir siendo disfrutado, conservando su productividad, ambiental, social y económica, estos aspectos son precisamente los que fundamentan el desarrollo sostenible (Pérez, 2008).

Los cambios actitudinales, a todo nivel, permitirán que el turismo sostenible se integre como modelo económico, en el proceso “calidad, continuidad y equilibrio” (Pérez, 2008), para mejorar la calidad de vida de la población local, proveer mayor calidad de la experiencia para el visitante, mantener la calidad del medio ambiente, del que dependen tanto la actividad económica que involucra a la población local como los visitantes, conservar niveles de rentabilidad económica, asegurar la obtención de beneficios por parte de los involucrados en la actividad turística y de esta manera se asegura, según (Pérez, 2008), el cumplimiento de las condiciones del turismo sostenible que son:

- Moderación en el uso de los recursos.
- Reducción en el exceso del consumo y la producción de residuos.
- Mantenimiento de la diversidad biológica.
- Planificación cuidadosa del turismo, para minimizar las consecuencias negativas de este.
- Apoyo de la economía local para que la gente esté satisfecha con la llegada del turismo.
- Involucrar a la población local: La comunidad debe participar de las decisiones turísticas que se tomen en su área.
- Formación específica del personal, pues es él, quien debe llevar a cabo la sostenibilidad.
- Marketing responsable: dirigido a promocionar el lugar mostrando realmente lo que el turista se va a encontrar.
- Estímulo de la investigación: para poner en práctica nuevas ideas que ayuden a hacer el sector más sostenible.

Las áreas prioritarias en las que el sector turístico debe hacer un mayor hincapié, para empezar a luchar por la sostenibilidad y que deben hacer parte de los temas de formación de la población involucrada son según (Pérez, 2008):

- Implementación de las tres R; reducción, reutilización y reciclado de residuos
- Eficiencia energética, conservación y gestión
- Gestión adecuada de los recursos de agua potable

- Gestión adecuada de las aguas residuales
- Gestión adecuada de las sustancias peligrosas
- Transporte más sostenible

La implementación de procesos formativos, garantizará que los involucrados tomen decisiones acordes a la gestión y planificación adecuada del turismo, ya que la sensibilización de la sociedad es uno de los beneficios del turismo (Pérez, 2008), pues éste, bien planificado, puede mostrar al visitante aspectos de la naturaleza, por él desconocidos, que sirven para concienciarle sobre la importancia de proteger el medio ambiente. Convirtiéndose el Ecoturismo en una excelente herramienta de educación ambiental, que aporte en la solución de problemas ambientales a nivel mundial.

El ecoturismo se ha convertido en una de las alternativas de uso sostenible de los recursos naturales, siendo una de las actividades en las cuales se hace más viable la implantación de modelos de desarrollo sostenible. A través del ecoturismo, se ofrece al visitante la posibilidad de disfrutar de la oferta ambiental de un área geográfica, representada ya sea en su diversidad biológica (número total de especies) o ecosistémica (características geológicas o geomorfológicas) o en sus paisajes y acervo cultural, a cambio de una retribución (manifiesta en términos de ingresos) que benefician, en primera instancia, a las comunidades que viven en las zonas de influencia de las áreas protegidas o de cualquier otra área natural con atractivos para los visitantes. (Centro de estudios Agropecuarios , 2001)

Las comunidades, al ser beneficiadas por el turismo, se convierten en agentes de conservación. El ecoturista, debidamente preparado para esta actividad, se interesa igualmente en la conservación y recuperación de los ecosistemas y de las especies que en ellos se encuentran. La Organización Mundial del Turismo y el PNUMA elaboraron unos lineamientos conceptuales, partiendo del hecho de que aún falta mucha claridad con respecto al ecoturismo, se destacan las siguientes características de ecoturismo (Galafassi, 2000)

- Ética ambiental positiva
- No debe degradar el entorno ambiental
- Orientado hacia el ambiente y no hacia los humanos
- Beneficia a la flora y fauna
- Proporciona un encuentro de primera mano con el ambiente
- Involucra a la comunidad local en la operación turística
- Está organizado para pequeños grupos, por empresas especializadas de propiedad local.
- Su nivel de gratificación se mide en términos de apreciación sensibilización y educación.
- Lleva consigo una preparación y conocimiento en profundidad por parte de los guías y de los participantes, incluyendo elementos educativos y de interpretación.
- Contribuye a la protección de zonas naturales: Generando beneficios económicos para las comunidades, organizaciones y administraciones anfitrionas que gestionan zonas naturales con objetivos conservacionistas, ofrece oportunidades alternativas

de empleo y renta a las comunidades locales, incrementa la concienciación sobre conservación de los activos naturales y culturales, tanto en los habitantes de la zona como en los turistas.

La Unión Mundial para la Naturaleza –UICN- define el ecoturismo como “aquella modalidad turística ambientalmente responsable, consistente en viajar o visitar áreas naturales relativamente sin disturbar con el fin de disfrutar, apreciar y estudiar los atractivos naturales (paisaje, flora y fauna silvestres) de dichas áreas, así como cualquier manifestación cultural (del presente y del pasado) que puedan encontrarse ahí, a través de un proceso que promueve la conservación, tiene bajo impacto ambiental y cultural y propicia un involucramiento activo y socioeconómico benéfico de las poblaciones locales” (Jiménez, 2009).

Reconociendo la gran potencialidad que nuestra biodiversidad ofrece, la legislación colombiana acoge el ecoturismo, como una extraordinaria alternativa para impulsar el desarrollo regional (Pedro, 1996). La ley 300 de 1996, ley General de Turismo, la cual precisa que: El ecoturismo es aquella forma de turismo especializado y dirigido que se desarrolla en áreas con un atractivo natural especial y se enmarca dentro de los parámetros del desarrollo humano sostenible. El ecoturismo busca la recreación, el esparcimiento y la educación del visitante a través de la observación, el estudio de los valores naturales y de los aspectos culturales relacionados con ellos. Por lo tanto, el ecoturismo es una actividad controlada y dirigida que produce un mínimo impacto sobre los ecosistemas naturales, respeta el patrimonio cultural, educa y sensibiliza a los actores involucrados acerca de la importancia de conservar la naturaleza. El desarrollo del ecoturismo debe generar ingresos

destinados al apoyo y fomento de la conservación de las áreas naturales en las que se realiza y a las comunidades aledañas (Pedro, 1996)

Los principios en los que se basa el ecoturismo son: conservación, minimización de impactos negativos, aporte al desarrollo regional y local, participación y concertación, formación, especialización, integración de esfuerzos público-privados, responsabilidad de los empresarios, de los promotores e impulsores de los servicios, investigación y monitoreo permanentes y sostenibilidad del procesos (Perez, La Guía del ecoturismo o como conservar la naturaleza a través del ecoturismo, 2003).

Estrategias de Aplicación de la Política Ambiental. En este proceso de conservación de los recursos es importante garantizar la aplicación y cumplimiento de las políticas y convenios ambientales del país, sin que estas sean permeadas por intereses económicos de unos pocos. La aplicación rigurosa de la ley debe ser la característica en la estrategia de recuperación y conservación de los ecosistemas.

Merece ser destacada de la *Ley 99 de 1993*, en la que se especifica que “la biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible. Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial” (Ministerio del Medio Ambiente, 1993). Sin embargo, el área que fue objeto de extracción de la caliza y que hace parte del ecosistema del páramo, hoy en día se encuentra

en posesión de particulares quienes por diferentes motivos hacen uso inadecuado de la zona, lo que ha imposibilitado la recuperación natural del ecosistema ver fotografías 4.6.

Por otro lado, las áreas que han sido objeto de explotación deben ser sometidas a procesos de recuperación ya sea por actividades de revegetalización o protección lo que evidentemente en la zona no se hace, sin importar que este ecosistema haga parte de los humedales de importancia mundial como fue ratificado al incluirlos en el listado de humedales de importancia internacional RAMSAR.



Fotografías 5.6: Zona Mina Palacio; foto en la margen izquierda uso actual del suelo, foto en la margen derecha, valla que indica que es una zona de recuperación, mina Palacio después de 20 años de no extracción de la caliza (fuente los autores)

Además, la misma ley cita que: “El estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables.

El paisaje por ser patrimonio común deberá ser protegido” (Min Ambiente, 1993). La acción para la protección y recuperación ambientales del país es una tarea conjunta y coordinada entre el estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado” (Min Ambiente, 1993) sin embargo, en la zona se nota un completo abandono por parte de las entidades encargadas y el área se encuentra sometida al abuso de quienes cuentan hoy día con los títulos de propiedad del predio.

Asimismo, la Resolución 769 de 2002 (Min Ambiente, 2002), específicamente en la Parte VIII, Título I del Decreto ley 2811 de 1974, el numeral 4 del artículo 1 y el artículo 5 de la Ley 99 de 1993, define que la Constitución Política de Colombia establece en su artículo 8 que es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación, lo que en este caso, no se está cumpliendo por ninguno de los dos actores, principalmente el estado permitiendo que áreas de interés ecológico pasaran hacer propiedad de particulares y los particulares quienes desconocen la ley ya que como lo dice el inciso segundo del artículo 58, la propiedad es una función social que implica obligaciones, a la cual le es inherente una función ecológica.

Conjuntamente se desconoce la vocación del uso del suelo como lo dicta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y Protección al Medio Ambiente (Decreto ley 2811 de 1974), en su Parte VIII, Título I, Capítulos del I al III.

De igual manera se violan los principios generales ambientales establecidos en el numeral 4 del artículo 1 de la Ley 99 de 1993 referente a las zona de páramo y subpáramo, los

nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos, los cuales deben ser objeto de protección especial.

La misma ley especifica en el artículo 16, el programa para el uso eficiente del agua, en el cual se precisa, que las zonas de páramos, bosques de niebla y áreas de influencia de nacimientos de acuíferos y de estrellas fluviales, deberán ser adquiridas con carácter prioritario por las entidades ambientales de la jurisdicción correspondiente, las cuales realizarán los estudios necesarios para establecer su verdadera capacidad de oferta de bienes y servicios ambientales para iniciar un proceso de recuperación, protección y conservación, estos programas deben estar relacionados con Programa Nacional para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de la alta montaña colombiana desarrollado en febrero de 2002 y tiene por objetivo principal orientar a nivel nacional, regional y local la gestión ambiental en ecosistemas de páramo y adelantar acciones para su manejo sostenible y restauración, mediante la ejecución de los siguientes subprogramas:

1. Generación de conocimiento y socialización de información sobre la ecología, la diversidad biológica y el contexto sociocultural en los ecosistemas de páramo.
2. Planificación ambiental del territorio como factor básico para avanzar hacia el manejo ecosistémico sostenible.
3. Restauración ecológica en ecosistemas de páramo.
4. Identificación, evaluación e implementación de alternativas de manejo y uso sostenible de los ecosistemas de páramo.

Este plan de manejo debe ser aplicado por las autoridades ambientales, que para este caso es el parque natural Chingaza, él con la participación de las comunidades tradicionalmente asentadas en estos ecosistemas.

Por último es importante aclarar que el artículo 8 de la ley ambiental define que las autoridades Ambientales incluirán en sus Planes de Acción Triannual, además de las estrategias, programas, proyectos y acciones enfocadas a la protección, conservación, manejo sostenible y restauración de los páramos del área de su jurisdicción, las actividades a desarrollar con los departamentos y municipios para dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 16 de la Ley 373 de 1997, sobre la adquisición con carácter prioritario de las zonas de páramos, bosques de niebla y áreas de influencia de nacimientos de acuíferos y de estrellas fluviales, por las entidades ambientales de la jurisdicción correspondiente.

6. Conclusiones

Durante el desarrollo de los procesos extractivos de la caliza en el páramo mina Palacio, se generaron fenómenos de explotación de los recursos naturales; flora, fauna, agua. Es así como el personal que trabajaba tanto en la mina como en la represa chuza acostumbraba a talar los bosques de subpáramo, a cazar, a desechar las aguas negras y grises a los cuerpos de agua. Por otro lado, se potencializó el desarrollo de procesos pastoriles así como el cultivo principalmente de papa, con lo cual se incentivó la práctica de quemas de los ecosistemas para despejar el terreno, como fase del cultivo del tubérculos.

De acuerdo a la comparación de los registros bibliográficos hechos desde el año 1979 y a las observaciones de campo en la zona donde se desarrolló la extracción minera y después de 20 años de no haber desarrollado dicha actividad, se evidencia la pérdida total de la cobertura vegetal, el consecuente desplazamiento de especies y pérdida absoluta de especies de fauna y flora que habitaron la zona que fue objeto de explotación minera.

Especies reportadas desde el años de 1979 hasta el años 2012, para la zona del parque Chingaza pero que no habitan hoy día la zona de la Mina Palacio son: *Sphagnum subsecundum*, *Espeletia argéntea*, *Espeletia uribir*, *Espeletia grandiflora* *Swallenochloa sp*, *S tesellata*, El musgo *Breuletia sp*, *Platyhyphydium aguaticum*, *Plantago rigida*, *Helenia sp*, *Calamagrostis effusa*, *Calamagrostis cortaderia*, *Castratella piloselloides*, *Carex pichinchensis*, *Carex bonplandii*, *Carex jamesonii var.* *Chordalis*, *Hypericum goyanesii*, *H brathys*, *H strictum*, *H laricifolium*, *Jamesonia sp*, *Breobolus obfusangulus*, *Rhacocarpus purpurascens*, *Dabra*, *Paepalanthus karstenii*, *P sp* y *P columbiencis*, *Rhynchospora sp* ,

Lycopodium bicornis, *L. sp.*, *Diplostegium sp.*, *D. phylloides*, *Isoetes sp.*, *Azorella crenata*, *A. pendiculata* y *Werneria sp.*, *Lachemilla cf. orbiculata* y *L. orbiculata*, *Nertera granatensis*, *Poepalanthus lodiculoides* y *P. karstenii*, *Perneftya sp.*, *P. postrata*, *Ageratina*, *Arcytophyllum nitidum*, *Aragoa abietina*, *Perneftya*, *P. postrata*, *Bartsia*, *Baccharis tricuneata*, *Gentiana sp.*, *Geranium sp.*, *Acaena cylindristachya*, *Pentacalia*, *Apium*, *Cladonia*, *Paspalum sp.* *Diplostegium*, *Castilleja integrifolia*, *Valeriana*.

Las siguientes son las especies que no cuentan con reportes desde los años de 1999, 1992, 1987, 1979, 1983, para el parque Chingaza ni para la zona de la Mina Palacio: *Usnea barbata*, *Gynoxys*, *Oreobulus obtusangulus*, *Pentacalia abietinus*, *Geranium*, *Azorella multifida*, *Rumex tolimensis*, Las especies: *Sibthorpia repens*, *Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatus*, *Trinichloa stipioides*, *Greigia collina*, *Hydrocotyle bunplandii*, *Carex jamesonii*, *Stephaniella ssp.*, *Distichia sp.*, *Luzula racemosa*, *Pantago rigida*, *Campylopus ssp.*, *Brartschias sp.*, *Puya goudotiana* y *P. aristegnetiae*, *Xyris sp.*, *P. nítida*, *Blechnum loxense*

De las 88 especies a las que se les hizo el seguimiento bibliográfico, 62 especies, es decir el 70,45% han sido reportadas en el tiempo en diferentes trabajos investigativos tesis o artículos científicos para los años 2011 y 2012 mientras que 26 especies, que representan el 29,55% no cuentan con reportes en la literatura desde el año 1979 y en diferentes periodos dependiendo de la especie, hasta el año 2012.

Los factores ambientales impactados por el proyecto fueron: suelo, aire, agua por contaminación con residuos de tipo especial, lixiviación de sustancias en el suelo, remoción de las capas superficiales del suelo y las explosiones, lo que produjo; cambios en la composición físico química tanto del suelo, aire y agua y por ende se afectaron las comunidades de microorganismos y macroorganismos que habitaron estos sustratos, como es el caso de perifitos, organismos bentónicos zooplancton y fitoplancton, peces, animales y plantas.

El régimen hidrobiológico fue afectado por las alteraciones en el uso del suelo, la extracción de flora y fauna, la alteración de la cobertura vegetal, la alteración de los caudales de agua, el desecho de sustancias contaminantes y se aportó a los problema mundiales como; el efecto de invernadero, la lluvia acida y el hueco en la capa de ozonó.

El caudal de las fuentes de agua fue afectado por la acumulación de residuos, por la extracción de agua para los procesos de enfriamiento; en las plantas eléctricas y procesamiento de los hornos de cocción de la caliza, lo que afecto el nivel freático de las aguas.

El ruido producido durante las explosiones generadas en la remoción del terreno, el triturado de la piedra caliza y el transporte tanto de materiales y de personas contaminan auditivamente el ecosistema.

El paisaje fue completamente alterado por la infraestructura para: almacenamiento de materiales, por la planta de procesamiento de la caliza, por las vías de comunicación y por la acumulación de los residuos y escombros de por la remoción del terreno.

El área utilizada en la extracción de la caliza fragmentó el ecosistema, esta área ya no cuenta con las características propias del ecosistema inicial. La cubierta vegetal fue retirada y el suelo quedó descubierto y expuesto a procesos de erosión, el uso del suelo no fue ni es el apropiado. Se generó el fenómeno de la regresión del proceso evolutivo del suelo, hoy día el área es utilizada en la ganadería y a pesar de que, los procesos de remoción del suelo fueron 20 años atrás, el suelo solo cuenta con una pequeña cubierta de musgos y líquenes que evidencian el primer momento en la evolución de los suelos. El suelo en el área donde se desarrolló la extracción de la caliza, se encuentra en un proceso de evolución primario, cubierto por especies de gramíneas líquenes, musgos de la familia *Rhacocarpaceae*, con la aparición esporádica de especies de colonizadoras como: *Lachemilla orbiculata*, helechos dispersos como al especie *Dryopteris sp* entre otras muy pocas, la pérdida de la cobertura vegetal fue absoluta durante el proceso de excavación para la obtención de la piedra caliza y la recuperación del terreno en 20 años ha sido mínima.

La cubierta vegetal también fue afectada por la acumulación de polvo y subproductos de la combustión, los cuales en la atmósfera se combinaron con el aire y al llover fueron precipitados sobre la capa vegetal y en el suelo alterándolo y agregando elementos que no hacen parte de la composición natural de este.

El hábitat fue uno de los factores más fuertemente impactado, especialmente por las explosiones, remociones del terreno, contaminación de todo tipo. Los peces fueron afectados y en general los ecosistemas tanto acuáticos como terrestres; fueron impactados por la generación de residuos ordinarios y especiales que se produjeron un deterioro constante del ecosistema.

La población fue alterada principalmente por la contaminación de los ecosistemas, por ruido producidos en el proceso de transformación de la materia prima y en las explosiones. Los factores socioculturales mayoritariamente impactados fueron: el patrimonio arqueológico. Las vías de comunicación permitieron el intercambio económico y cultural, pero en este ecosistema se profundizó la pérdida de biodiversidad y patrimonio ecológico, se desarrolló la fragmentación del ecosistemas y de propiciaron cambios en el uso del suelo.

Los impactos generados durante la explotación de la caliza en la zona de la mina Palacio, páramo de Chingaza se pueden clasificar como: **Impactos Negativos por la** pérdida del valor ecológico y de la biodiversidad del área. **Impacto Inmediato** pues los efectos fueron inmediatos en el equilibrio del ecosistema. **Impacto Permanente** por la alteración indefinidas en el tiempo. **Impactos Sinérgico** pues los efectos de los eventos de la explotación minera se sumaron en el ecosistema generando un efecto dominó. **Impacto Directos** porque la incidencia de las fases de extracción minera fue inmediata en los factores ambientales como el suelo, fauna y flora, sin embargo en el caso de los cuerpos de agua los efectos también fueron **Indirectos** ya que estos se afectan por las escorrentías que se generaron en las áreas de extracción de la caliza. **Impacto Irreversible** ya que es casi

imposible de retornar a las condiciones iniciales del ecosistema. El suelo y el aire, durante la explotación minera fueron impactados de manera **Continua** y **Discontinua**. Por último y general el impacto producido en el ecosistema es de tipo **Crítico** ya que la magnitud del impacto es superior al umbral de aceptación, pues se perdieron permanentemente las características del ecosistema en la zona.

El desarrollo de actividades económicas en la periferia del área protegida debe ser mediado por el desarrollo sostenible para evitar los impactos directos o indirectos de estas en el equilibrio ecológico de la zona. Dichas actividades económicas deben ser mediadas por el desarrollo sostenible que se caracteriza por integrar, aspectos Ecológicos, Económicos y Sociales, en aras de un desarrollo económico equilibrio que no deprede los recursos naturales y las riquezas biológicas y culturales.

El desarrollo económico sostenible debe nacer de las comunidades quienes deben contar con una serie de conocimientos básicos de su entorno; ciclos naturales, interacciones entre los biótico y abiótico, características de la fauna y flora, efectos de la contaminación y pérdida de la biodiversidad entre otros, por lo tanto se deben desarrollar procesos de educación ambiental y de ecoturismo.

El ecoturismo puede ser una de las alternativas de desarrollo económico sostenible para el área, ya que el fundamento de este es generar un equilibrio entre el aspecto social, económico y ambiental así la comunidad generaría procesos económicos desde su propia cosmovisión, estos procesos permitirá la conservación de la diversidad biológica y cultural

propiciando desarrollo económico. Basándose el ecoturismo en; conservación, minimización de impactos negativos, aporte al desarrollo regional y local, participación y concertación, formación, especialización, integración de esfuerzos público-privados, responsabilidad de los empresarios, de los promotores e impulsores de los servicios, investigación y monitoreo permanentes y sostenibilidad del procesos.

En los proceso de conservación de los recursos es importante garantizar la aplicación y cumplimiento de las políticas y convenios ambientales del país, sin que estas sean permeadas por intereses económicos de unos pocos. La aplicación rigurosa de la ley debe ser la característica en la estrategia de recuperación y conservación de los ecosistemas.

Las áreas que has sido objeto de explotación deben ser sometidas a procesos de recuperación ya sea por actividades de revegetalización o protección, lo que evidentemente en la zona no se hace, sin importar que este ecosistema hace parte de los humedales de importancia mundial como fue ratificado al incluirlo en el listado de humedales de importancia internacional RAMSAR.

Bibliografía

- Agencia Nacional de Minería. (28 de septiembre de 2012). *Resolución 303 de 2012*. (D. O. 48567, Editor) Obtenido de Ambientalex.info: <http://www.ambientalex.info>
- Ambiente., M. d. (1993). *Ambientalex.info*. (e. A. Ley 99 de 1993, & s. r. por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, Productores) Obtenido de Ambientalex.info: <http://Ambientalex.info>
- Ambiente., M. d. (3 de Agosto de 1994). *Ambientalex.info*. (R. 2. disposiciones., Productor) Obtenido de Ambientalex.info: <http://ambientalex.info>
- Ambiente., M. d. (2002). *Minambiente.gov.co*. (P. p. Colombia, Productor) Obtenido de Minambiente.gov.co: <http://www.minambiente.gov.co>
- Angel, A. (1992). Perspectivas pedagógicas en la educación ambiental: Una visión Interdisciplinaria. En . Colombia .
- Aristizábal, H. .. (1983). Estimación de la fitomasa aérea en la cuenca del río Chuza, páramo de Chingaza, Cundinamarca. *Tesis de grado*, 250.
- Ávila, J. (2009). Contaminación atmosférica en las empresas cementeras en el marco de la responsabilidad social ante las comunidades adyacenteS. *Cicag*, 30-47.
- Caballero, V., Parra, M., & Mora, A. R. (2010). Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia durante el eoceno tardío – oligoceno temprano: proveniencia sedimentaria en el sinclinal de nuevo mundo, cuenca Valle medio del Magdalena. *Boletín de Geología*, 32(2).
- Camacho., H. &. (1996). Parque Nacional Natural Chingaza: Inderena. EN Fondo FEN Colombia. Pag 1-14. 1-14.
- Cárdenas, F., Cleef, A. M., & Cortés, A. (1996). *El páramo: Un ecosistema de alta montaña*. Bogotá: Fundación Ecosistemas Andinos.
- Cardenas, G., & Vargas, O. (2008). Rasgos de historia de vida de especies en una comunidad vegetal alterada en un páramo húmeno (Parque Nacional Chingaza). *Caldasia*, 245-264.
- Castaño, O., Hernández, G., & Cardenas, G. (2000). *Reptiles. Colombia Diversidad Biótica III*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- CEGESTI. (2011). *Evaluación del Impacto Ambiental – Matriz de Leopold*. Recuperado el 30 de Marzo de 2012, de <http://www.comprasresponsables.org/adjuntos/Matriz-de-Leopold.pdf>
- Cemex. (2010). *La Mina Palacio: hacia un futuro sostenible*. Recuperado el 7 de Febrero de 2012, de http://www.predominapalacio.com/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=77

- Centro de estudios Agropecuarios . (2001). Turismo rural y ecoturismo . En K. Friedich. México: Iberoamerica.
- Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID). (2002). *Mejorando la Participación Ciudadana en el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental en Minería*. Lima: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental.
- Conesa, V. (2003). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. tercera Edición*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Conesa, V. (2009). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Madrid: Mundi-Prensa Libros, S.A.
- Congreso de la repuplica . (22 de Diciembre de 1993). *Ambientalex.info*.
- Congreso Nacional . (18 de Diciembre de 1974). *ambientalex.info*. Obtenido de <http://www.ambientalex.info>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. (20 de Noviembre de 2006). Obtenido de Ambientalex.info: <http://www.ambientalex.info/>
- Diario Oficial No. 43058. (11 de junio de 1997). *Ambientalex.info*. Obtenido de <http://www.ambientalex.info/>
- Díaz, S., & Cabido, M. (1997). Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. *Journal of Vegetation* , 463-474.
- FAO. (2012). *Evaluación del impacto ambiental. Directrices para los proyectos de campo de la FAO*. Roma: FAO.
- Flora Ilustrada del páramo de Chingaza: Guía de campo de las plantas comunes* . (2012). Bogotá: Universidad de los andes .
- Fundación Ecológica Bacata, Instituto de los seguros sociales. (1996). *La Extracción de Caliza, la salud de los trabajadores*. Santafe de Bogotá: Fundación Ecológica Bacatá.
- Galafassi, G. (2000). *Articulación sociedad naturaleza y la problemática ambiental*. Buenos Aires.
- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Gaviria, S. (1993). Aspectos limnológicos de la laguna de Chingaza. En F. N. Colombia (Ed.). EAAB.
- Gil, G., Manrique, A., & Fernández, J. (2004). *Aspectos del cemento*, . México D.F.: Dermatología Médico Quirúrgica y Venereología, Facultad de Medicina, Universidad de Cáliz.
- Giolitto, P. (1992). *Por una Cultura Ambiental* . Francia .

- Gómez García, M. (2009). Diccionario de uso del medio ambiente Eunsa. Universidad de Navarra, S.A. .
- Gómez García, M. (2009). Diccionario de uso del medio ambiente Eunsa. . Universidad de Navarra, S.A.
- Gómez, N. (1996). Estudio de los Términos de Referencia para el Deslinde Amojamiento y Geoposicionamiento de las Zonas no Enajenables del Sistema de Parques Nacionales Naturales y Reservas Forestales. Ministerio del Medio Ambiente. 150.
- González, P. J., Díaz, H., González, R. M., Hernández, H., & Anceáume, T. (2003). Exposición ocupacional a polvo en una planta productora de cemento con tecnología por vía húmeda. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 24-28.
- Guerrero, A. (Agosto de 1946). Chingaza el agua del siglo XXI. *Nueva Frontera*(447), 12-14.
- Guerrero, E. (2009). *Implicaciones de la minería en los páramos de Colombia, Ecuador y Perú*. Obtenido de En www.slideshare.net: En www.slideshare.net/.../impactos-ambientales-de-la-mineria-en-colombia.
- Gutiérrez, L. S. (2003). *El concreto y otros materiales para construcción*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- Hernandez, S. R. (2010). *Metodología de la investigación* (5 ed.). Mexico: McGraw-Hill.
- Hoyos, J. (1991). *Aspectos taxonómicos y microhábitats preferenciales de la herpetofauna de páramo y subpáramo del parque nacional natural Chingaza. (Tesis de grado....)* . Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Hoyos, J. (1992). *Saurios del páramo y subpáramo del Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca)*. Santafe de Bogota .
- Hoyos, J. (1992). *Claves preliminares de campo para las especies de anfibios y reptiles del Parque Nacional Natural Chingaza*. Santafé de Bogotá, D.C.
- Infante, J. (1987). *Influencia del uso del suelo sobre la mesofauna edáfica en el páramo de Chingaza, Cundinamarca-Colombia. (Tesis de Grado...)* . Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. (2004). *Colecciones en Línea. Recuperado de*. Obtenido de <http://www.biovirtual.unal.edu.co>
- Instituto de Estudios del Ministerio Público. (2008). *Situación de los páramos en Colombia frente a la actividad antrópica y el cambio climático: Informe Preventivo*. Bogotá: Procuraduría General de la Nación.
- Instituto Nacional De Los Recursos Naturales Renovables Y Del Ambiente -Inderena. (24 de Enero de 1978). *Ambientalex.info*. Recuperado el 2013, de <http://www.ambientalex.info>

- Instituto Nacional De Los Recursos Naturales Renovables Y Del Ambiente Inderena. (s.f.). *Ambientalex.info*. (Acuerdo 1 de 1978, Productor) Obtenido de Ambientalex.info: <http://ambientalex.info>
- Jiménez, L. (2009). *Ecoturismo, oferta y desarrollo sistémico*. Bogotá: Ecoediciones .
- Jorba, M., & Vallejo, V. (2010). *Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo*. Cataluña: Departamento de Medio Ambiente y Hábitat.
- Kramer, F. (s.f.). *Educación Ambiental Para El Desarrollo Sostenible*.
- Leff, E. (2005). La Geopolítica de la Biodiversidad y el Desarrollo Sustentable: economización del mundo, racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza. *Seminário Internacional REG GEN: Alternativas Globalização (8 al 13 de Octubre de 2005)*. Rio de Janeiro, Brasil.
- Lopez, M. (2010). Ecoturismo comunitario-étnico. *Crítica de Ciencias sociales y jurídicas*, 2(26), 327-341.
- Ludevid, M. (s.f.). *El Cambio Global En El Medio Ambiente*.
- Madriñan, S. (2012). *Flora Ilustrada del Páramo de paramo de Chingaza: Guia de campo de plantas comunes*. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
- Márquez, G. (2000). *Vegetación, población y huella ecológica como indicadores de sostenibilidad en Colombia*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Martínez-Alier, J. (2004). *El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Barcelona: Icaria-Antrazyt-FLACSO.
- Martínez-Alier, J. (2005). Los conflictos ecológicos distributivos y los indicadores de sustentabilidad. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*(21), 21-30.
- Medina, M. O. (2009). Diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares de una crono-secuencia de suelos aluviales degradados por actividad minera en el bajo cauca antioqueño, Colombia. *Rev. Fac. Nal. Agr.*, 62(1).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (6 de Febrero de 2012). *Ambientalex.info*. Obtenido de <http://www.ambientalex.info/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (27 de Junio de 2013). *Ambientalex.info*. Obtenido de <http://www.ambientalex.info>
- Ministerio de Ambiente, V. y. (2008). *Ambientalex.info*. (p. e. Decreto 233 de 2008, Productor) Obtenido de Ambientalex.info: <http://Ambientalex.info>
- Ministerio de Educación Nacional . (1996). *La dimensión Ambiental un reto para la educación de la nueva sociedad: Proyectos Ambientales PRAE*. En M. Torres. Bogotá.

- Ministerio de Minas y Energía . (2008). *www.simco.gov.co*.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2002). *Paramos: Programa para el Manejo sostenible y restauración de ecosistemas de Alta Montaña Colombia*. Bogotá.
- Ministerio del Medio Ambiente. (15 de Agosto de 2001). *Ambientalex.info*. Obtenido de <http://www.ambientalex.info/>
- Ministerio del Medio Ambiente. (5 de Agosto de 2002). *Ambientalex.info*. Obtenido de <http://www.ambientalex.info/>
- Montiel, K., & Villarreal, L. (2004). Análisis multitemporal de impacto generado por la explotación minera en el medio geomorfológico de la isla de Toas, Estado de Zulia. *Terra Nueva Etapa*, 51-74.
- Moreno, W. U. (2009). *La Calera: Historia de un pueblo*. La cundinamarca Colombia: Andrés Olivos Lombana. -- La Calera : Alcaldía.
- Navarrete, S. (2000). *Historias adaptativas con base en escenarios evolutivos*. 103 p. Bogota.
- Navas, C. (1994). *Implicaciones ecológicas de la fisiología y el comportamiento en anuros del páramo de Chingaza* . Bogotá.
- Núñez, C. (1996). *Uso del habitat natural y distribución de la población de Borugo de páramo, Agouti taczanowskii, en relación con la alteración de los ecosistemas de alta montaña, en el Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia*.
- Odum, E., & Barrett, G. (2005). *Fundamentos de ecología, quinta edición*. México D.F: Cenange Learning.
- Ortiz, A. &. (1979). *Estudio fotogeomorfológico del páramo y parque de Chingaza* . Bogotá: Universidad Jorge Tadeo lozano, Bogotá, Colombia.
- Pedro, L. (1996). Regimen Juridico del turismo en Colombia. *Ley genral del turismo (ley 300 de 1996) decreto y resoluciones*, 488.
- Perez, M. (2003). *La Guia del ecoturismo o como conservar la naturaleza a través del ecoturismo*. Madrit: Mundi-prensa.
- Perez, M. (2008). *Manual de turismo sostenible: Como conseguir un turismo social, económico y ambientalmente responsable* . España: Mundi-prensa.
- Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., Dirzo, R., & Massardo, F. (2001). *Fundamentos de Conservación Biológica*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Procuraduría General de la Nación . (Junio de 2008). *Situación de los páramos en Colombia frente a la actividad antrópica y el cambio climático*. Obtenido de Paramocolombia.info: www.paramocolombia.info

- Quitiáquez, G., & Guarín, M. &. (1993). *Guía ecológica - educativa de un ecosistema altoandino, Laguna Verde, Parque Nacional Natural Chingaza*. . Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Rangel, C., & Ariza, N. (2000). La vegetación del parque Nacional Natural. *La región de vida paramuna. Colombia diversidad Biótica III*, 720-753.
- Rangel, O. (2000). *Colombia. Diversidad biótica III – La región de la paramuna*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Rangel, O. (2001). Biodiversidad en la región del páramo. (págs. 168-192). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Rivera, D. &. (1992). *Notas sobre las formas de vida de las plantas del páramo del Parque Nacional Natural Chingaza. (Tesis de grado...)*. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Ruiz. (2011). *Estudio de Impacto Ambiental de la Actividad Minera en el caserío 28 de Julio, ubicado a la orilla de la cuenca del río Abujao* . Peru.
- Sarmiento, Y. (2008). Restauración en explotaciones de minas caliza. *Luna Azul*, 75-84.
- Sarmiento, Y. (2008). Restauración en explotaciones de minas caliza. *Luna Azul*, 75-84.
- Torres, B. (1982). Contribución al estudio taxonómico y ecológico del género *Sphagnum* en el páramo de Chingaza. 150.
- Vargas, O. (1999). *Regeneración de páramos después de quemas y pastoreo*. . Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Vargas, O. (2004). *El Parque Natural Chingaza*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia: Colciencias: Convenio unidad de parques acueducto de Bogotá.