

**FORMULACIÓN DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN EL
PARQUE INDUSTRIAL TEQUENDAMA IV, ZONA INDUSTRIAL DEL MUÑA,
SIBATÉ, CUNDINAMARCA, 2019**

AUTOR

CARLOS ANDRES GOMEZ PUENTES

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

GIRARDOT, 2019

**FORMULACIÓN DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN EL
PARQUE INDUSTRIAL TEQUENDAMA IV, ZONA INDUSTRIAL DEL MUÑA,
SIBATÉ, CUNDINAMARCA, 2019.**

PASANTÍA

AUTOR

CARLOS ANDRES GOMEZ PUENTES

DIRECTORA DE PROYECTO: DEISY FORERO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

GIRARDOT, 2019

Tabla de contenido

Figuras.....	6
Tablas	9
Introducción	11
Justificación.....	13
Objetivos	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos.....	15
Marco Referencial.....	15
Marco Teórico	15
Crisis de los ecosistemas colombianos:	15
La restauración ecológica como mecanismo de mejoramiento de la calidad ambiental:	17
Ecología de la restauración y restauración ecológica:	17
Procesos limitantes para la sucesión ecológica	18
Disturbios en Cundinamarca	29
Marco Conceptual	30
Marco Legal	33
Marco Geográfico	36
Metodología	38
Desarrollo De La Metodología.....	46
Definición Del Ecosistema De Referencia.....	46

Vegetación del bosque seco montano bajo (bs-MB):	46
Suelos del bosque seco Montano Bajo (bs-MB)	48
<i>Evolución del suelo:</i>	49
Definición de la Escala Espaciotemporal y Nivel de Organización.....	51
Evaluación de Impacto Ambiental	51
Parámetros de evaluados por la matriz de importancia.....	53
Fases y actividades consideradas	59
Factores ambientales más deteriorados:	62
Teniendo en cuenta lo anterior, encontramos que los factores ambientales más deteriorados para cada una de las fases son:	62
Impacto de las actividades sobre el medio.	69
Análisis de Resultados	70
Propuestas de planes de manejo	80
Conclusiones	84
Línea Base Ambiental	86
Medio natural.	86
Medio Humano.....	98
Establecimiento del Potencial de Regeneración.....	102
Barreras a la Restauración.....	107
Fase de dispersión	107
Fase de establecimiento.....	112
Fase de persistencia.....	126

Estrategias para la superación de las barreras de restauración.....	131
Selección de especies a implementar	142
Estabilización de taludes	146
Protección de márgenes hídricas	147
Zonas de control de pasto.....	148
Programa de educación ambiental	148
Programa de Monitoreo.....	149
Estrategias para la superación de barreras para la restauración	150
Especies vegetales restauradoras.....	150
Conclusiones	150
Recomendaciones.....	151
Referencias	152

Figuras.

FIGURA 1. TASAS DE MORTALIDAD SEGÚN LAS CAUSAS EN EL MUNICIPIO DE SIBATÉ 2005-2014. FUENTE: (ALCALDIA MUNICIPAL DE SIBATE, 2016).....	14
FIGURA 1. ESQUEMA TEÓRICO DE LA RESPUESTA DEL SUELO FRENTE AL PISOTEO DEL GANADO CON RESPECTO AL VOLUMEN DE AGUA ALMACENADA AL MOMENTO DEL DISTURBIO. SE LE DENOMINA “POACHING” AL EFECTO DEL PISOTEO DEL GANADO EN SUELOS EXTREMADAMENTE HÚMEDOS, DEJANDO COMO RESULTADO SUELOS TOTALMENTE AMASADOS. FUENTE: TABOADA, 2007, CITADO POR MEDINA, 2016.....	28
FIGURA 2. FORMACIONES VEGETALES EN EL TERRITORIO CAR. FUENTE: (CAR, 2016).....	37
FIGURA 3. UBICACIÓN PARQUE INDUSTRIAL TEQUENDAMA IV EN EL ÁREA INDUSTRIAL DEL MUÑA. FUENTE: (ALZATE MOLINA, 2012).	38
FIGURA 4. SECUENCIA Y RELACIONES DE LOS 13 PASOS FUNDAMENTALES EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA. FUENTE: (VARGAS RIOS, 2007A)	39
FIGURA 5. METODOLOGÍA DESARROLLADA EN EL PROYECTO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA. FUENTE: ADAPTADO DE (VARGAS RIOS, 2007A).....	40
FIGURA 6. BARRERAS QUE LIMITAN LOS PROCESOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA. FUENTE: (VARGAS RIOS, 2007A).....	44
FIGURA 7. UBICACIÓN DEL PARQUE ECOLÓGICO LA POMA CON RESPECTO AL PARQUE INDUSTRIAL TEQUENDAMA IV. FUENTE: (GOOGLE, 2018).	45
FIGURA 8. FACTORES AMBIENTALES DE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN SEGÚN SU VALORACIÓN ABSOLUTA. FUENTE: PROPIA.	63
FIGURA 9. VALORACIÓN RELATIVA DE LOS FACTORES AMBIENTALES EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN. FUENTE: PROPIA.....	64
FIGURA 10. VALORACIÓN ABSOLUTA POR COMPONENTES EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN. FUENTE: PROPIA.....	64
FIGURA 11. FACTORES AMBIENTALES DE LA FASE DE FUNCIONAMIENTO SEGÚN SU VALORACIÓN ABSOLUTA. FUENTE: PROPIA.	66
FIGURA 12. VALORACIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES PARA LA FASE DE FUNCIONAMIENTO. FUENTE: PROPIA.	67

FIGURA 13. VALORACIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA DE LOS FACTORES MÁS AFECTADOS DURANTE LA FASE DE ABANDONO. FUENTE: PROPIA.....	68
FIGURA 14. VALORACIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES EN LA FASE DE ABANDONO. FUENTE: PROPIA.....	69
FIGURA 15. ACTIVIDADES MÁS PERJUDICIALES. FUENTE: PROPIA.....	70
FIGURA 16. IMPACTOS SOBRE EL FACTOR ECOSISTEMA SUELO EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN. FUENTE: PROPIA.....	71
FIGURA 17. CLASIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL COMPONENTE SUELO EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN. FUENTE: PROPIA.	72
FIGURA 18. DISTRIBUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES CONSIDERADAS CON RESPECTO A LAS FASES. FUENTE: PROPIA.	75
FIGURA 19. CLASIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN LA FASE DE FUNCIONAMIENTO. FUENTE: PROPIA.....	78
FIGURA 20. IMPACTOS AMBIENTALES SOBRE LAS FASES DEL PROYECTO PARQUE INDUSTRIAL TEQUENDAMA IV.....	79
FIGURA 21. CAJUELA NO. 1. FUENTE: PROPIA.....	87
FIGURA 22. PRESENCIA DE MOTEADOS EN EL PRIMER PERFIL DEL PUNTO DE MUESTREO NUMERO 1. FUENTE: PROPIA.....	88
FIGURA 23. SISTEMA RADICULAR DEL PASTO KIKUYO (<i>PENNISETUM CLANDESTINUM</i>) A UNA PROFUNDIDAD DE 60 CM. FUENTE: PROPIA.....	88
FIGURA 24. PUNTO DE MUESTREO NO. 2. FUENTE: PROPIA.....	89
FIGURA 25. PUNTO DE MUESTREO NO. 3. FUENTE: PROPIA.....	89
FIGURA 26. CUNDINAMARCA Y SIBATÉ EN EL MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE COLOMBIA. FUENTE: (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO, 2016).....	91
FIGURA 27. <i>ASIO FLAMMEUS</i> . FUENTE: (LECHE, S.F.).....	95
FIGURA 28. <i>GALLINULA MELANOPS BOGOTENSIS</i> . FUENTE (MANUEL FERNANDO, 2015).....	95
FIGURA 29. <i>COLIBRI CORUSCAN</i> . FUENTE: (EYVER, 2018).....	95
FIGURA 30. <i>PYROCEPHALUS RUBINUS</i> . FUENTE: (VELASQUEZ, 2019).....	95
FIGURA 31. <i>CRYPTOTIS THOMASI</i> . FUENTE: (FEVLANDIA, 2018).....	96
FIGURA 32. <i>DIDELPHIS ALBIVENTRIS</i> . FUENTE: (REID, 1992).....	96

FIGURA 33. <i>ANOURA GEOFFROYI</i> . FUENTE: (TORRES ARBOLEDA, 2013)	96
FIGURA 34. <i>CAROLLIA PERSPICILLATA</i> . FUENTE: (RAMIREZ, 2018)	96
FIGURA 35. <i>ATRACTUS CRASSICAUDATUS</i>	96
FIGURA 36. <i>ANOLIS HETERODERMUS</i>	97
FIGURA 37. DISTANCIA ENTRE LA SUBESTACIÓN NUEVA ESPERANZA Y EL PARQUE INDUSTRIAL TEQUENDAMA IV. (GOOGLE, 2018).	99
FIGURA 38. PIRÁMIDE POBLACIONAL DEL MUNICIPIO DE SIBATÉ. FUENTE: (ALCALDIA MUNICIPAL DE SIBATE, 2016).	101
FIGURA 39. ÁREAS CON RIESGO A HELADAS EN EL CENTRO DE COLOMBIA. FUENTE: IDEAM, 2014.	112
FIGURA 40. UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS TENIDAS EN CUENTA CON RESPECTO AL ÁREA DE ESTUDIO. FUENTE: (GOOGLE, 2018)	113
FIGURA 41. NUMERO DE HELADAS POR MES 1972-2011 EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE BOGOTÁ, AEROPUERTO EL EDÉN. 1971-2011. FUENTE: (IDEAM, 2012A).....	114
FIGURA 42. AÑOS CON MAYOR NÚMERO DE HELADAS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE BOGOTÁ, AEROPUERTO EL EDÉN. 1971-2011. FUENTE: IDEAM, 2012A).....	115
FIGURA 43. NUMERO DE HELADAS POR MES 1972-2011 EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA TIBAITATA. FUENTE: (IDEAM, 2012A).....	115
FIGURA 44. AÑOS CON MAYOR NÚMERO DE HELADAS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA TIBAITATA. 1971- 2011. FUENTE: (IDEAM, 2012A).....	116
FIGURA 45. ZONA INUNDABLE DEL ÁREA DE ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.....	118
FIGURA 46. PARQUE ECOLÓGICO LA POMA (A. PREVIO AL DESARROLLO DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICO, B. PROYECTO ECOLÓGICO EN LOS PRIMEROS AÑOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA). FUENTE: PARQUE ECOLÓGICO LA POMA, S,F.	120
FIGURA 47. PRESENCIA DE MOTEADOS A UNA PROFUNDIDAD DE 40 CM EN LA CAJUELA NÚMERO UNO. FUENTE: PROPIA.....	121
FIGURA 48. PUNTO DE MUESTREO NÚMERO 2 DESDE DIFERENTES PERSPECTIVAS (A. SE APRECIA EL ESPESOR DE LA MATRIZ DE PASTO, B. SE OBSERVA EL AGUA ENCONTRADA BAJO EL PASTO). FUENTE: PROPIA	122
FIGURA 49. CAJUELA DEL PUNTO DE MUESTREO NÚMERO 3. FUENTE: PROPIA	123

FIGURA 50. PENDIENTE EROSIONADA POR LOS RESIDUOS ARROJADOS DESDE LA PARTE SUPERIOR DE LA LADERA (A. EFECTO DEL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN ARROJADO SOBRE LA VEGETACIÓN ESTABLECIDA AL PIE DE LA LADERA POR, B. PENDIENTE SIN COBERTURA VEGETAL). FUENTE: PROPIA.....	124
FIGURA 51. CUERPO DE AGUA ESTANCANDO UNOS METROS DESPUÉS DE SU PASO POR EL ÁREA DE ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.	124
FIGURA 52. PRESENCIA DE PASTO KIKUYO (<i>PENNISETUM CLANDESTINUM</i>) Y EUCALIPTO (<i>EUCALYPTUS SP</i>) Y EN EL PREDIO DISPUESTO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA. FUENTE: PROPIA.	125
FIGURA 53. MAPA DE VULNERABILIDAD AL FUEGO DE COBERTURAS VEGETALES. FUENTE: IDEAM-MINAMBIENTE, 2002.	128
FIGURA 54. IMPLEMENTACIÓN DE PERCHAS PARA AVES COMO ESTRATEGIA PARA LA SUPERACIÓN DE BARRERAS PARA LA RESTAURACIÓN.....	141
FIGURA 55. ZONA DE PENDIENTE, FUENTE: PROPIA.....	146
FIGURA 56. PATRÓN DE SIEMBRA A EMPLEAR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD. FUENTE: TOMADO DE (DAMA, 2004).	147
FIGURA 57. PATRÓN DE SIEMBRA EN LA ZONA DE MÁRGENES HÍDRICAS. FUENTE: TOMADO DE (GRUPO DE RESTAURACION ECOLOGICA GRENUAL, 2013).....	148
FIGURA 58. PATRÓN DE SIEMBRA EN CONTROL DE PASTO. FUENTE: TOMADO DE (GRUPO DE RESTAURACION ECOLOGICA GRENUAL, 2013).....	148

Tablas

TABLA 1.	33
TABLA 2.	46
TABLA 3.	49
TABLA 4.	52
TABLA 5.	55
TABLA 6.	57
TABLA 7.	58
TABLA 8.	61
TABLA 9.	65

TABLA 10	87
TABLA 11	93
TABLA 12	94
TABLA 13	94
TABLA 14	95
TABLA 15	96
TABLA 16	97
TABLA 17	102
TABLA 18	103
TABLA 19	104
TABLA 20	106
TABLA 21	106
TABLA 22	117
TABLA 23	131
TABLA 24	134
TABLA 25	135
TABLA 26	137
TABLA 27	138
TABLA 28	142

Introducción

La protección, conservación y restauración de los ecosistemas del mundo se ha convertido en parte fundamental de las políticas de desarrollo, por lo cual, organizaciones no gubernamentales (ONG) como la Organización de las Naciones Unidas (ONU) o la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), se han encargado de adelantar convenios, tratados, protocolos y conferencias, entre muchos otros, entre los diferentes países, con el objetivo de estandarizar prácticas que procuren el cuidado y la restauración del medio ambiente.

Colombia, ha ratificado gran parte de los tratados internacionales realizados en materia ambiental, siendo incluso, la sede de la Conferencia Internacional Ecobios (1988), referente al deterioro de los recursos naturales renovables y no renovables, y el Protocolo de Cartagena sobre seguridad en Biotecnología (1999).

Por otro lado, en materia de conservación de ecosistemas naturales, Colombia presenta un deterioro considerablemente alto, puesto que, según Etter, Andrade, Amaya y Arévalo (2015), para el año 2014, el 32% de los ecosistemas colombianos perdieron el 50% de su área original, mientras que el 20% había perdido 80%, teniendo que, los ecosistemas más afectados son: los bosques secos tropicales y los ecosistemas andinos.

Considerando lo anterior, es necesario plantear políticas, metodologías y programas de restauración, con el objetivo de detener la degradación ambiental y las consecuencias que esta conlleva. Por lo cual, en las instalaciones del Parque Industrial Tequendama IV, se plantea la formulación de un proyecto de restauración ecológica, en un lote de aproximadamente 3.000 metros cuadrados, caracterizado por una amplia matriz de pasto kikuyo, una pendiente descapotada en gran parte, una quebrada contaminada y la presencia de una comunidad vegetal constituida por aproximadamente 11 especies nativas del bosque seco montano bajo

(bs-MB) y dos especies invasoras, el pasto kikuyo y el Eucalipto, representando este último, la especies vegetal con mayor número de individuos en el área objeto de estudio.

Según la Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER) citada por Vargas (2007a), la restauración ecológica se define como “el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado, o destruido”. En este sentido, se ha propuesto, formular un proyecto de restauración ecológica en el interior del Parque Industrial Tequendama IV, como medida de compensación ambiental por la degradación ambiental generada a partir de las actividades inherentes al emplazamiento del mismo, siendo que, la zona de estudio sea donada al municipio de Sibaté, Cundinamarca, para que las actividades de restauración ecológica propuestas sean ejecutadas por la alcaldía municipal

Justificación

Según World Resources Institute (2019), a nivel mundial los procesos de transformación de los ecosistemas nativos, han ocasionado que entre 2001 y 2017, la cobertura arbórea se haya reducido en un 8.4%, equivalente a 337 millones de hectáreas. En Colombia, en el mismo periodo de tiempo, se ha perdido el 4.5% de la cobertura vegetal, es decir, 3.72 millones de hectáreas (World Resources Institute, 2019) Cundinamarca por su parte, ha presentado un descenso en cuanto a la pérdida de cobertura vegetal natural, en el transcurso del año 2016, pasando de poco más de 400 hectáreas de cobertura vegetal transformadas en el periodo 2015-2016 a aproximadamente 300 hectáreas en el periodo 2016-2017 (IDEAM, 2018), no obstante, entre 2001 y 2017 la pérdida de cobertura arbórea fue de 57.4000 hectáreas, equivalente al 4.1 % (World Resources Institute, 2019). En Sibaté, los terrenos con cobertura vegetal se redujeron en un 7.2%, 422 hectáreas a raíz de procesos como: a) reemplazo extensivo de la vegetación original por expansión de la frontera agrícola, b) fragmentación extensiva, c) introducción extensiva de especies foráneas, d) disturbio de dinámica hidrológica, e) incremento del riesgo de disturbios (Etter, Andrade, Amaya, & Arevalo, 2015). Estos cambios en la distribución y cobertura de especies vegetales nativas, aunados a muchos otros procesos originados por la actividad antrópica (p.e. industria), han ocasionado la pérdida de la biodiversidad, promovido la contaminación de la atmósfera y la contaminación de los cuerpos de agua, lo que a su vez conlleva a la pérdida de valiosos servicios ambientales, siendo un indicador fiable de esto, la salud de los habitantes de las áreas degradadas.

En Sibaté, las principales causas de mortalidad (Figura 1) son enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (18.3%), enfermedades del sistema digestivo (21.4%) y enfermedades del sistema urinario (15.9%) (Alcaldía Municipal de Sibate, 2016).

Es por lo anterior que es necesaria la formulación de un proyecto de que busque restaurar el ecosistema degradado por la acción antropogénica a fin de mejorar las condiciones ambientales y la calidad de vida de los pobladores de las áreas circundantes

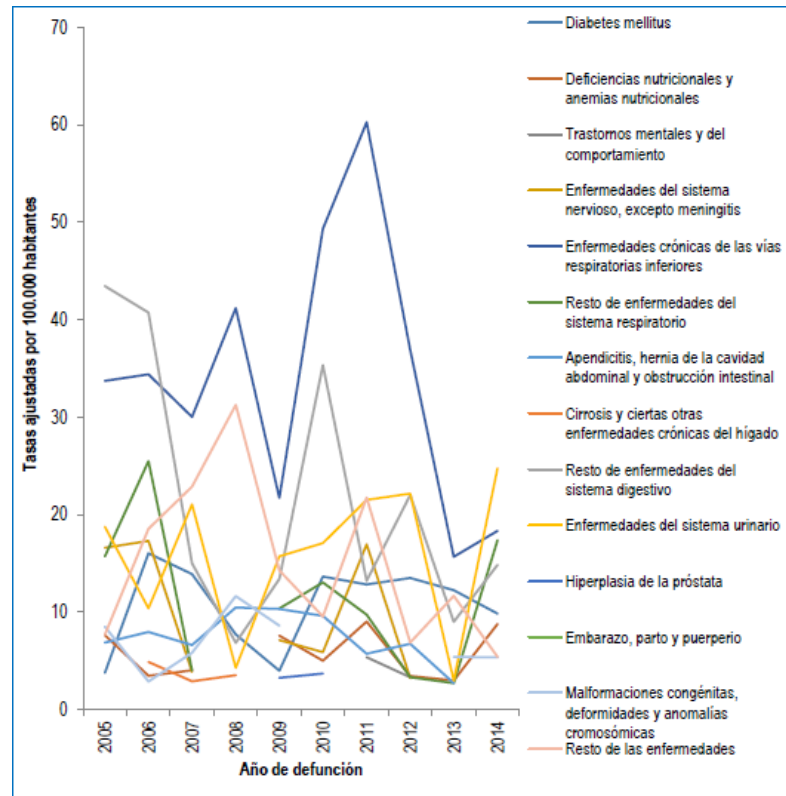


Figura 1. Tasas de Mortalidad Según las Causas en el Municipio de Sibaté 2005-2014. Fuente: (Alcaldía Municipal de Sibate, 2016).

Objetivos

Objetivo General

Formular un proyecto de restauración ecológica en el interior del Parque Industrial Tequendama IV, en zona rural del municipio de Sibaté, Cundinamarca.

Objetivos Específicos

1. Estimar la importancia de los impactos ambientales más relevantes generados el área de influencia del proyecto a causa del emplazamiento del Parque Industrial.
2. Describir la línea base ambiental del área en la cual se pretende desarrollar el proyecto.
3. Identificar las especies de vegetación nativa que faciliten el proceso de sucesión y que contribuyan a remediar la problemática ambiental existente en el área de influencia del Parque Industrial Tequendama IV, causadas por el desarrollo de actividades industriales

Marco Referencial

Marco Teórico

Crisis de los ecosistemas colombianos:

Un ecosistema se define, según el grupo de restauración ecológica, GRENUAL de la Universidad Nacional, como:

Un área de cualquier tamaño, con una estrecha relación o asociación de sus componentes físicos (abióticos) y biológicos (bióticos) y organizado de tal manera que, si cambia un componente, o subsistema, cambian los otros componentes y en consecuencia el funcionamiento de todo el ecosistema (2012).

Colombia se estima, estaba compuesta en un inicio por 80% bosques, 18% sabanas y otras conformaciones abiertas y 2% páramo (Etter, 2010). Para el año 2010 según afirma Etter (2010), Colombia se componía de 52% por bosques, 12,5% por sabanas y 1,1% por páramos,

así como de tierras agrícolas y ganaderas en un 34%. La degradación de los ecosistemas colombianos se debe en gran parte, a las actividades económicas con las cuales se sustenta la nación, siendo las más relevantes, la minería (petróleo, carbón y níquel), cultivos de exportación (café y flores) y algunas otras exportaciones industriales.

Con respecto a la minería, Colombia tiene un subsuelo rico en minerales tanto de naturaleza metálica como no metálica, entre los que destacan el oro, el carbón, las esmeraldas, el cobre, el hierro, el manganeso, el plomo, el zinc y el titanio (Revista Dinero, 2017). En entrevista, el viceministro de minas, Carlos Andrés Cante, dejó en claro la iniciativa minera por parte de grandes multinacionales, esto, debido a que, para agosto del año 2017 el país contaba con el 70% de la información cartográfica geológica del subsuelo, el 46% de la información geofísica y el 12% de la información geoquímica (Revista Dinero, 2017). Asimismo, se presume que solo se ha explorado y explotado el 5% de las áreas que potencialmente contienen oro, el 1% de las áreas en las que se podrían encontrar esmeraldas y el 8% de las explotaciones de níquel. Una de las principales problemáticas generadas a partir de la actividad minera, es la ilegalidad en el desarrollo de la misma, puesto que, gracias al Sistema de Monitoreo Antinarcoóticos de la Policía (SIMA), se han ubicado en todo el país cerca de 6.330 puntos en los cuales se extrae oro de aluvión, lo cual se traduce en 95.000 hectáreas con total degradación ambiental generada por la extracción del mineral sin ninguna clase de control (Torres Martínez, 2015). La extracción minera de aluvión se caracteriza en que, para extraer un gramo de oro, es necesario remover entre cinco y seis metros cúbicos de tierra, en donde, una vez removida, y después de haberse realizado las pruebas que comprueban la presencia del mineral, se emplea mercurio para llevar a cabo una aleación y que el oro se precipite, separándose de la tierra (Borrero Morales, 2014). La Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, (UNODC, 2017) señala que, para el año 2014, en Colombia, 78.939 hectáreas de suelo eran destinadas al desarrollo de actividades minera

de aluvión, de las cuales el 60% se realizaban sin cumplir la normatividad vigente, el 40% se encontraba en zonas que presentan alguna clase de permiso y tan solo el 2% cumplía con los requisitos legales para su desarrollo. Esto anterior, ocasionó que se perdieran 24.450 hectáreas de cobertura vegetal de alto valor ecológico (bosques naturales, vegetación secundaria y otros tipos de vegetación leñosa), siendo el departamento del Chocó el más afectado con el 77% de la pérdida (UNODC, 2017).

La restauración ecológica como mecanismo de mejoramiento de la calidad ambiental:

La degradación de los ecosistemas alrededor del globo conlleva según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011), “la pérdida de capacidad de amortiguación del clima y almacenamiento de carbono de la biomasa forestal, la pérdida de biodiversidad y de los valores recreativos, turísticos y del patrimonio cultural”. Dicha degradación, representa un gran desafío, ya que al mismo tiempo se deben satisfacer las necesidades de los servicios que prestan (MEA, 2005), esto es posible, siempre y cuando se generen cambios en las políticas, instituciones y prácticas, a modo que se fortalezcas dichos servicios ambientales prestados por los ecosistemas, de forma que se reduzcan los impactos negativos, y se fortalezcan las sinergias positivas con otros servicios ambientales (MEA, 2005).

Ecología de la restauración y restauración ecológica:

En este aspecto, cabe resaltar el concepto tanto de ecología de la restauración y restauración ecológica. La ecología de la restauración, según la Escuela de Restauración Ecológica (ERE) de la Pontificia Universidad Javeriana (Barrera Cataño, Contreras Rodriguez, Garzon Yepes, Moreno Cardenas, & Montoya Villareal, 2010), se define como “la ciencia que brinda las bases conceptuales, los modelos (conceptuales, empíricos, matemáticos), los métodos para las mediciones y las herramientas (matemáticas y

estadísticas) para que los técnicos puedan realizar restauración ecológica”. Por su parte la restauración ecológica, de acuerdo con la Sociedad Internacional sobre la Restauración Ecológica (2004), se refiere a la aplicación de los conceptos y técnicas obtenidas mediante la ecología de la restauración, con la finalidad de mejorar la salud, la integridad y la sostenibilidad de las poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes.

Por sí solos, los ecosistemas están en capacidad de restaurarse por sí mismo, mediante un proceso denominado restauración pasiva o sucesión natural. Este proceso se llevado siempre y cuando no existan barreras o tensionantes que lo impidan (Vargas Rios, Los Pasos Fundamentales en la Restauracion Ecologica, 2011). Asimismo, Vargas Ríos (2011) menciona que al estar muy degradado o dañados los ecosistemas, se les debe asistir en los procesos de recuperación (recuperación activa/asistida o sucesión dirigida/asistida), lo que implica garantizar superar los tensionantes que impidan la restauración espontánea, así como el desarrollo de procesos restaurativo.

Procesos limitantes para la sucesión ecológica

La Polinización:

La polinización en principio, consiste en la transferencia de polen de la parte masculina de la flor a la parte femenina, mediante animales denominados polinizadores, de los cuales, el 80% son insectos y el 75% son abejas (Instituto de Investigaciones de Recursos Biologicos Alexander Von Humboldt, 2014). El 25% restantes está constituido por aves y algunos mamíferos como murciélagos. De acuerdo a las estimaciones de Dirzo y Raven (2003) citados por Nates (2016), existen alrededor de 500.000 especies de angiospermas, de las cuales, Ollerton et ál (2011) menciona que “308.006 especies son polinizadas por animales” (Nates, 2016), en donde el promedio de zoo-polinización es mayor, en zonas tropicales (94%), en contraste con las zonas templadas (78%).

Según Imperatriz-Fonseca, copresidente de la Evaluación Global de Polinizadores, a través de un comunicado de prensa emitido por la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES, 2016a), “los polinizadores son importantes contribuyentes a la producción mundial de alimentos y seguridad nutricional”, esto en vista de que, el 90% de las fitoespecies florales dependen parcialmente de la transferencia de polen por animales (IPBES, 2016b).

La importancia de la polinización y los polinizadores, puede definirse según los efectos que tienen tanto, sobre los cultivos y como sobre el ser humano. Garibaldi *et al* (2011) afirma que, “los efectos directos de la acción de los polinizadores, son los servicios ecosistémicos de producción, definidos como aquellos que incrementan la cantidad (tamaño de fruto, forma y peso) y estabilidad de la producción de cultivos (kilogramo por hectárea)” (Moreno Villamil, *et al*, 2018). Entre los servicios ecosistémicos de producción más relevantes prestados por los polinizadores (IPBES, 2016b), se encuentran:

- El mantenimiento de los cultivos que en diferentes grados dependen de la zoopolinización, los cuales, representan el 35% de la producción agrícola mundial.
- El mantenimiento de los cultivos que dependen directamente de los zoopolinizadores, los cuales, representan entre el 5% y el 8% de la producción agrícola mundial, estimada entre 235.000 y 577.000 millones de dólares anualmente.
- El crecimiento de la economía en países en vía de desarrollo, cuyos principales productos de exportación son obtenidos a través de cultivos dependientes de polinizadores (p.e. café y cacao), generando así, ingresos y empleo a millones de personas.
- Los ingresos generados por comunidades rurales, a partir de la gestión de algunas especies polinizadoras como las abejas, de las cuales, mediante la práctica de la

apicultura se extrae y comercializa miel, cuya producción anual se estima en 1.6 millones de toneladas.

Por su parte, los efectos indirectos o los servicios ecosistémicos de regulación, son, de acuerdo a Garibaldi *et al* (2011), citado por Moreno Villamil *et al* (2018), aquellos que se basan en el mantenimiento de la biodiversidad de plantas, animales y sus beneficios al ser humano. Entre los efectos indirectos (IPBES, 2016b) más destacables se encuentran:

- La aportación de micronutrientes, vitaminas y minerales a la dieta humana a través del consumo de frutas, vegetales, semillas, nueces y aceites producidos por especies dependientes de polinizadores.
- La producción de medicamentos, biocombustibles (aceite de palma), materiales de construcción (madera), instrumentos musicales y artesanías, a partir de especies vegetales dependientes de los polinizadores.
- La creación de música, arte, literatura, religión, tradiciones y la tecnología, tomando como fuente de inspiración tanto algunas y fitoespecies dependientes de los polinizadores, como las especies polinizadoras en sí mismas.

La disminución de los polinizadores silvestres en cuanto a presencia y diversidad es un hecho. Stout y Morales (2009), mencionan que “dicho declive se refleja principalmente en abejas de la especie *Apis Mellifera* y abejorros de la especie *Bombus*” (Moreno Villamil, y otros, 2018)

Según afirmaciones de Nates (2016) y IPBES (2016b), las principales causas de la disminución de las poblaciones de los polinizadores son:

- Pérdida y fragmentación de los hábitats naturales.
- Incremento en el uso de pesticidas y herbicidas
- Introducción de especies invasoras
 - Competidoras

- Predadoras
- Especies vegetales alternativas
- Cambio en el uso de la tierra
- Gestión intensiva de la agricultura
- Contaminación ambiental
- Cambio climático

La reducción de la biodiversidad de polinizadores, conlleva a que el rendimiento de los cultivos disminuya, así como la estabilidad de los mismos, debido a que según IPBES (2016b), las especies de polinizadores difieren en cuanto a preferencias alimentarias, comportamientos de búsqueda de comida y pautas de actividad. Según Moreno Villamil *et al*, 2018, “algunas características asociadas con la agricultura moderna hacen de las explotaciones agrícolas o pecuarias hábitats pobres para los polinizadores. Los monocultivos sacrifican diversidad floral y consecuentemente diversidad de polinizadores” (p. 23).

Otro aspecto a mencionar, es el incremento del volumen de producción de los cultivos dependientes de los polinizadores, los cuales según informa el IPBES (2016b), han aumentado un 300% en los últimos cincuenta años, lo cual, no solo supone un desafío respecto a la relación, cantidad de hectáreas de cultivos a polinizar sobre la cantidad de polinizadores disponibles para dicha tarea, sin olvidar, la disminución de las poblaciones de dichos polinizadores.

En Colombia, cultivos como el banano, el cacao, la palma de aceite, el café y gran cantidad de flores, son de exportación dependen de polinizadores silvestres. Por su parte, cultivos de consumo interno como varios cítricos, el mango, el chontaduro, el aguacate, la papaya, el maracuyá, la guayaba y la guanábana (Baptiste, 2016). Con respecto a las principales especies de polinizadores en el país, los más comunes son la Abeja melífera o

abeja común (*A. mellifera*), abejas sin aguijón (Tribu meliponini) y el abejorro de paramo (*Bombus*).

Bancos de Semillas:

Los bancos de semillas según “Leck, Parker y Simpson (1989), son agregaciones de semillas que permanecen viables en el suelo sin germinar, capaces de reemplazar a las plantas adultas, pudiendo ser estas, anuales, por muerte natural, susceptibles por enfermedades, disturbios o consumidas por animales” (Reyes & Vargas, 2011).

Estos bancos de semillas se clasifican según la longevidad de las semillas que lo componen (Reyes & Vargas, 2011; De Souza, Maia, & Pérez, 2006):

- **Bancos de semillas transitorios:** Son aquellos que permanecen viables o germinan durante el primer año de dispersión.
- **Bancos de semillas persistentes:** Son semillas que permanecen viables por más de un año.

Los bancos de semillas hacen parte de los mecanismos empleados por los ecosistemas para el restablecimiento de la cobertura vegetal, siendo, junto a la lluvia de semillas, los procesos ecológicos de mayor relevancia para la regeneración vegetal (Bedoya, Estevez, & Castaño, 2010).

Según afirmaciones de Darwoog (1989) y Darling (2002) citados por Bedoya, Estevez, & Castaño (2010):

El grado y tipo de perturbación del suelo, el patrón de uso de suelo en áreas adyacentes, el estado del desarrollo de la comunidad vegetal, la presencia de agentes dispersores y las estaciones del año, son los principales factores que determinan los atributos del banco de semillas en un terreno en particular.

La dispersión de las semillas, es un proceso que determina la formación de los bancos de semillas, a través de los movimientos horizontales, en mayor proporción, y verticales en una

menor medida (De Souza, Maia, & Perez, 2006); mediante el desarrollo de estrategias morfológicas y fisiológicas, aumentando la capacidad de dispersión de sus propágulos (Vargas, Guia Metodologica para la Restauracion Ecologica del Bosque Alto Andino, 2007a). Aquellos mecanismos de dispersión que requieren el desarrollo de estructuras especializadas para facilitar el transporte de la semilla o el fruto por el agente dispersor (Bedoya, Estevez, & Castaño, 2010; De Souza, Maia, & Perez, 2006), son denominados síndromes de dispersión.

Entre los síndromes más sobresalientes se encuentran:

- **Anemocoria:** Dispersión por el viento
- **Hidrocoria:** Dispersión por el agua
- **Epizocoria:** Dispersión por contacto con animales (En conjunto con la endozocoria se conoce como zoocoria)
- **Endozocoria:** Dispersión al ser ingeridas por animales (En conjunto con la epizocoria se conoce como zoocoria)
- **Barocoria:** Dispersión por gravedad
- **Autocoria:** Dispersión por mecanismos propios de la planta

Los tipos de dispersión son definidos por los factores bióticos y abióticos presentes en el entorno en el cual se desarrolla el individuo. Asimismo, los hábitos o formas de vida de las especies están estrechamente relacionados con los mecanismos de dispersión que empleen, siendo que, una misma especie puede contar con varios de estos mecanismos (Policoria) (Bedoya, Estevez, & Castaño, 2010; Vargas, 2007a).

Con respecto a la finalidad de la dispersión, Howe y Smallwood (1982) mencionan que “la dispersión aumenta la probabilidad de germinación de la plántula al disminuir la competencia de la semilla con el parental” (Moreno, 2010).

Asimismo, permite la colonización de áreas abiertas, el flujo de semillas entre ecosistemas, lo que a su vez evita un futuro aislamiento genético y reduce la probabilidad de

extinción aumentando la capacidad de sostenimiento de poblaciones de diferentes especies (Moreno, 2010).

Algunos de los factores que afectan los bancos de semillas son, la degradación por hongos y la predación post dispersión, la deforestación, los incendios y la ausencia de dispersores (Bedoya, Estevez, & Castaño, 2010; Vargas, 2007a).

Depredación Post Dispersión:

La depredación de una semilla o fruto se clasifica en pre o post dispersión en función del momento en el que un determinado agente activo consume la diáspora. Chambers & MacMahon (1994) mencionan que, la primera (pre dispersión) ocurre cuando la diáspora aún está unida a la planta madre, es decir, previo a su dispersión. Este tipo de depredación es realizada principalmente por coleópteros, dípteros, lepidópteros e himenópteros. Por su parte, la depredación post dispersión ocurre una vez que las diásporas han sido dispersas, impidiendo la germinación de las mismas. Los responsables de dicha depredación son por lo general pequeños mamíferos y aves, además de hormigas (Moraldini & Viena, 2009). Crawley (1992) y Hulme (2002) citados por Vargas (2007a), han demostrado que la tasa de mortalidad de semillas durante las fases de predación pre y post dispersión no solo son distintas, sino que, la predación post dispersión tiende a ser mayor. La incidencia en el consumo de semillas luego de la dispersión por parte de los depredadores, depende de varios factores como lo son:

- La distancia relativa entre las semillas y los árboles, ya que los árboles actúan como perchas para las aves que consumen dichas semillas (Ruano, Del Peso, & Bravo, 2013)
- El microhábitat en el cual sea dispersada la semilla, siendo que, en micrositios más abiertos, las semillas depredadas por roedores tienen mayores posibilidades de germinar, en comparación con micrositios con cobertura vegetal más densa (Perez,

Dominguez, & Marañon, 2004), pero para aquellas semillas depredadas por aves, las coberturas herbáceas comprenden un refugio (Ruano, Del Peso, & Bravo, 2013).

- El tamaño y forma de la diáspora. En algunos estudios, como el de Thompson, Band, y Hodgson (1993), se ha demostrado que las semillas de menor tamaño y casi redondas, tienen más facilidad a la hora de enterrarse, lo que les aleja de los depredadores y les permite ser persistentes en el suelo (Bedoya, Estevez, & Castaño, 2010).

Los efectos de la actividad depredadora sobre las semillas varían de acuerdo al tipo de semillas, el depredador, el hábitat, el microhábitat, la densidad de semillas, el entierro de las semillas y la fase climática del año (Vargas, Guía Metodologica para la Restauracion Ecologica del Bosque Alto Andino, 2007a). Entre dichos efectos destacan, el control de las tasas generales de reclutamiento, la diversidad y la estructura de las comunidades vegetales, el favorecimiento de la dominancia de aquellas especies cuyas semillas no son de mucho atractivo para el determinado depredador, así como la atenuación de recuperación de bosques degradados (Garcia, 2015; Vargas, 2007a).

Fragmentación de los Ecosistemas:

La fragmentación de los ecosistemas, es uno de las causas principales de la pérdida de la biodiversidad que afronta el planeta tierra. Los ecosistemas naturales se caracterizan por sus paisajes heterogéneos, formados por las múltiples interacciones que se llevan a cabo por las especies que lo habitan, lo cual ha servido como base para varios estudios que relacionan la heterogeneidad paisajística con la biodiversidad biológica en diversas zonas (Prieto, Dominguez, Palacio, Lopez, & Geissert, 2003). Las principales causas de la fragmentación de los ecosistemas naturales son la expansión agrícola y la posterior expansión urbana, básicamente el cambio en los usos del suelo (Cagnolo & Valladares, 2011; Santos & Tellera, 2018; Delgado, 2018).

Los principales efectos de la fragmentación de los ecosistemas según Stoke y Toker (1993), Tomimatsu y Ohara (2003), Henríquez (2004), Bustamante y Castor (1998) y Echavarría (2006) citados por Altmarino, Echevarría y Lara (2007) son;

- Reducción de la biodiversidad y aumento del aislamiento de hábitats.
- Modificación de las dinámicas entre especies y por ende alteración de la persistencia de dichas poblaciones a largo plazo
- Efectos negativos sobre la calidad de las semillas, así como la disminución de la cantidad y eficacia de los agentes polinizadores.
- Cambios micro climáticos y reducción de la heterocigocidad, afectando la viabilidad de una población a futuro.
- Afectación sobre la cantidad y calidad de las interacciones biológicas
- Aparición del efecto borde

Invasiones Biológicas:

Según el Informe de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, (MEA, 2005), las invasiones biológicas son, después de la destrucción de los hábitats, las principales causas de la pérdida de la biodiversidad, siendo que, de acuerdo con las afirmaciones de Aguilar (2005) y Baptiste, et al (2010), dichas invasiones, pueden producirse de forma discriminada, apoyada por intereses económicos o sociales, favorecidos especialmente por la gestación de tratados de libre comercio entre países; o de forma involuntaria, mediante el movimiento de especies sin un propósito en particular o sin conocimiento del transporte de dichas especies exóticas.

Las plantas exóticas, son, por lo general, introducidas de manera voluntaria con la intención de ser cultivadas, con fines alimenticios, ornamentales o por sus fibras (Aguilar, 2005), o, según McNeely *et al* (2001), citado por Baptiste *et al* (2010), de forma accidental como contaminantes de semillas en material para la agricultura.

Las especies exóticas, antes de ser consideradas invasoras, pasar por una serie de etapas, durante las cuales, superan las barreras ambientales y reproductivas. Dichas etapas son, según Baptiste *et al* (2010):

- Importación e introducción. Una vez son transportadas, se escapan del cautiverio o son liberadas al ambiente natural.
- Establecimiento. Esta fase es en la cual, las especies exóticas generan poblaciones autosostenibles.
- Invasión. La expansión de las especies exótica es amplia y rápida generando problemas para las especies nativas.

Las especies invasoras, cuentan con una serie de características que les permiten expandirse y dominar sobre o trasladar las especies nativas. Estas características, en plantas exóticas, van desde la tolerancia al estrés en las primeras etapas de sucesión, las altas tasas de reproductividad, la plasticidad ecológica, el potencial de germinación y dispersión, la ausencia de competidores, herbívoros especialistas y agentes patógenos (Beltrán & Barrero, 2014; Aguilar, 2005; Baptiste *et al*, 2010).

Los efectos de la presencia de plantas invasoras, varían según sea el ecosistema terrestre o acuático, pero, en la mayoría de los casos, amenazan la biodiversidad, transmiten enfermedades, transforman y degradan los ecosistemas nativos a nivel de estructura, composición y función, afectando de igual manera actividades económicas, la salud pública y las tradiciones de los usos de los recursos biológicos (Aguilar, 2005).

La Organización de las Naciones Unidas, a través del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), mediante el artículo 8 inciso h, exhorta a los países participantes, a “impedir que se introduzcan, controlar o erradicar las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies” (Congreso de Colombia, 1994). Colombia, ratifica este convenio mediante la ley 165 de 1994.

En Colombia, respecto a las plantas invasoras, algunas de las especies más perjudiciales son: canutillo (*Melinis minutiflora*); retamo espinoso (*Ulex europaeus*); retamo liso (*Teline monspessulana*); susanita de ojos negros (*Thunbergia alata*); buchón (*Eichhornia crassipes*) (Gutierrez, 2006).

Compactación del suelo:

El principal efecto de la ganadería sobre el suelo, es la compactación del mismo. La compactación del suelo se define de acuerdo al trabajo de Medina (2016), como la reducción del espacio entre macroporos por la aplicación de una alta carga en suelos parcialmente saturados, dificultando el transporte y almacenamiento de aire, agua, nutrientes y el anclaje de las raíces de las plantas.

El grado de afectación, está ligado al volumen de agua almacenado en el suelo al momento de la presión (Figura 2). Siendo que, a menor cantidad de agua almacenada, mayor será la capacidad portante del suelo, reduciendo de esta forma, la probabilidad de daño estructural. Mientras que, cuando el suelo tiene mayor índice de humedad, la capacidad portante es mayor favoreciendo la deformación del suelo superficial.

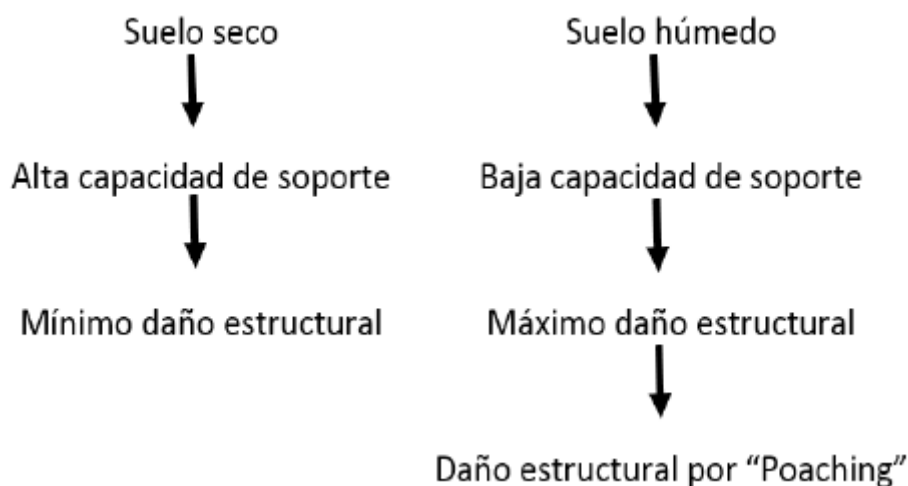


Figura 2. Esquema teórico de la respuesta del suelo frente al pisoteo del ganado con respecto al volumen de agua almacenada al momento del disturbio. Se le denomina “poaching” al efecto del pisoteo del ganado en

suelos extremadamente húmedos, dejando como resultado suelos totalmente amasados. Fuente: Taboada, 2007, citado por Medina, 2016.

Disturbios en Cundinamarca

Heladas:

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales (IDEAM, 2012a), desde el punto de vista agrometeorológico, las heladas se pueden definir como:

La temperatura en la cual las plantas comienzan a sufrir daños, esto dependiendo de aspectos como la susceptibilidad de la planta a las heladas en sus distintas etapas de desarrollo, la temperatura de la planta sobre el nivel de suelo y la temperatura de la hoja.

Asimismo, el IDEAM (2012a), menciona que, en ocasiones y bajo ciertas condiciones, la temperatura de la planta puede ser menor a la temperatura del aire, siendo que, desde el punto de vista agronómico, es más agresiva la helada, que la intensa climática registrada.

En Colombia, el tipo de heladas más común es la helada por radiación, la cual se presenta cuando, a través de un proceso de equilibrio térmico, las plantas y el suelo ceden calor durante la noche a la atmosfera, dando como resultado un balance de energía negativo. Las regiones más propensas a la aparición de heladas, son aquellas que se encuentran entre los 2500 y 3000 m.s.n.m., y que, además, cuentan con características tales como baja humedad del aire, suelos húmedos, compactados y/o con abundante cobertura vegetal, temperaturas promedio entre 9 y 12 °C, y cielos despejados o con poca nubosidad. Los principales departamentos en los cuales se evidencia dicho fenómeno son: Nariño, Cauca, Cundinamarca y Boyacá, especialmente, durante temporadas secas (IDEAM, 2012a).

Como consecuencia de las bajas temperaturas en las plantas, el IDEAM (2012a) afirma que se presentan los siguientes procesos:

- Debilitamiento de la actividad funcional reduciéndose entre otras cosas las acciones enzimáticas, la intensidad respiratoria, la actividad fotosintética y la velocidad de absorción del agua.
- Desplazamiento de los equilibrios biológicos frenándose la respiración, fotosíntesis, transpiración, absorción de agua y circulación ascendente.
- Muerte celular y la destrucción de los tejidos.

Sequias Meteorológicas y Sequias Agrícolas:

Según el Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales (2012b) las sequias pueden ser:

- Sequía meteorológica: Es la escasez de lluvia en un periodo determinado de tiempo.
- Sequía agrícola: Hace referencia a aquellos casos en los cuales la oferta hídrica, ya sea por precipitación o aporte de agua del suelo, no es suficiente para el adecuado desarrollo de los cultivos.
- Sequia contingente: Baja anormal de las precipitaciones en la temporada de lluvias.

Las sequias meteorológica y agrícolas de carácter contingente, es decir, aquellas que tienen lugar en periodos del año en los cuales no se las espera (temporadas de lluvias), representan un gran riesgo para la vegetación natural y los cultivos, debido al carácter intempestivo y, por ende, a la poca preparación para mitigar los efectos perjudiciales que se puedan ocasionar (IDEAM, 2012b). Por lo cual, será la sequía contingente la que se tendrá en cuenta para fines prácticos del documento.

Marco Conceptual

Bosques degradados: Son bosques cuyos componentes composicionales han sido extraídos, quemados o cortados para ser desplazados por otras especies arbustivas, trepadoras y lianas.

Cambio climático: Se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables

Compensación ambiental: El conjunto de medidas “encaminadas a resarcir y retribuir a las comunidades, las regiones, las localidades y el entorno natural por los impactos o efectos negativos que no puedan ser corregidos, mitigados o sustituidos.

Desarrollo sostenible: El equilibrio en el crecimiento económico, garantizando la preservación del medio ambiente y el bienestar social

Disturbio: Alteraciones no planeadas que afectan la estructura, la composición o la magnitud y dirección de procesos ecosistémicos, las cuales ocurren por fuerzas externas (factores de disturbio) y no por la dinámica natural de las comunidades o por procesos naturales del ecosistema.

Diversidad biológica: Se refiere a la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Ecología de la restauración: Ciencia que trata del desenvolvimiento y de la aplicación de teorías y modelos ecológicos, la comprensión de los procesos involucrados en la restauración de ecosistemas degradados, damnificados o destruidos (SER 2004) generando conceptos, probando hipótesis, modelando procesos y tejiendo predicciones mediante los factores atenuantes y las técnicas aplicadas a la restauración

Ecosistema de referencia: Ecosistema natural de una región ecológica, que sirve de modelo u objetivo para la planeación de la restauración ecológica. Puede obtenerse de un conjunto de áreas naturales remanentes, descripciones ecológicas de ecosistemas previamente existentes o presumido a partir de las condiciones del suelo y clima de la región.

Especies clave: Son aquellas especies que pueden cumplir funciones importantes en los ecosistemas, de tal forma que de ellas depende la persistencia de una gran cantidad de organismos.

Especies pioneras: Primeras especies resistentes (con frecuencia microbios, musgos y líquenes) que inician la colonización de un sitio como la primera etapa de una sucesión ecológica. Es decir, son las primeras especies que invaden o colonizan un ambiente desocupado o modificado.

Factor limitante: Condiciones propias de un ecosistema que impiden o dificultan su desarrollo natural, pudiendo generar limitaciones estructurales, composicionales y funcionales.

Factor tensionante: Estímulos externos al sistema que pueden influenciar su desarrollo, trayectoria o estado. Estos factores generan tensiones con diferente intensidad que pueden o no afectarlos de manera negativa.

Perturbación: Manipulación planeada que afecta la estructura y función de los ecosistemas y que es producto de un proceso experimental. Disturbio controlado donde se conoce el efecto y las consecuencias generadas sobre el ecosistema.

Potencial de regeneración: Se refiere a la disponibilidad de especies en la región, su ubicación, su etapa sucesional y abundancia.

Rasgos de Historia de Vida (RHV): Son todas las adaptaciones que las plantas han desarrollado a lo largo de muchos siglos de evolución en su medio, a partir de la interrelación con el suelo y la atmósfera.

Rehabilitación: Su objetivo es restablecer la capacidad de unas tierras forestales degradadas para suministrar productos y servicios forestales.

Restauración ecológica: Proceso y práctica de auxiliar la recuperación de un ecosistema que fue degradado, damnificado o destruido. No debe ser confundida con varias otras

actividades que van dirigidas a la mejoría ambiental, como rehabilitación ecológica, restauración forestal, restauración de hábitat, recuperación ambiental y revegetación.

Marco Legal

Tabla 1.

Marco normativo del proyecto de restauración ecológica en el parque industrial Tequendama IV.

NORMA	DESCRIPCIÓN	ARTICULO	APLICABILIDAD AL PROYECTO
		8	Es obligación del estado y de las personas, en este caso, la organización de proteger las riquezas naturales y culturales en el país, en este caso la vegetación nativa y por ende la fauna y los ecosistemas andinos
Constitución Política de Colombia		58	La propiedad, además de cumplir una función social también cumple una función ecológica
		79	Todos los colombianos tienen derecho a gozar de un ambiente sano
		95.8	Es deber de los ciudadanos proteger los recursos naturales y culturales del país, así como velar por la conservación de un ambiente sano
Ley 23 de 1973	Por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones	2	El medio ambiente es un patrimonio común, por lo cual, es responsabilidad tanto del estado como de los particulares, promover su mejoramiento y conservación.
		16	Las acciones ejecutadas por el estado y los particulares, los hará civilmente responsables en caso de que dichas acciones perjudiquen hombres y al medio ambiente.

			1	El ambiente es patrimonio común y es responsabilidad del estado y los particulares participar en su conservación y manejo, puesto que son de utilidad pública e interés social
Ley 2811 de 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.		182	Los suelos cuyo uso sea inadecuado y ponga en riesgo la estabilidad del ambiente, podrán ser sujetos de restauración
			183	Los proyectos de restauración de suelos deberán basarse en estudios técnicos que aseguren que no habrá deterioro sobre los ecosistemas
			258	Puesto que el predio está propuesto para ser entregado al municipio de Sibaté, es de resaltar que, es responsabilidad de la administración pública conservación, fomento y restauración de la fauna silvestre.
	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones		1.2	Al ser la biodiversidad patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida y/o aprovechada de manera sostenible
Ley 99 de 1993			1.7	Es responsabilidad del estado implementar instrumentos económicos con el fin de prevenir, corregir y restaurar la degradación ambiental
			61	Los sistemas montañosos, aguas y cerros, entre otros, aledaños a la sabana de Bogotá son de declarados de interés ecológico nacional
Ley 152 de 1994	Ley Orgánica del plan de desarrollo		3	Las autoridades nacionales, regionales y territoriales se regirán

Ley 164 de 1994	Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992.	3.3	entre otros por el principio de sustentabilidad Las partes que adoptan el convenio deberían tomar medidas de precaución para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos, siendo la deforestación, la introducción de especies exóticas y la degradación de los ecosistemas algunas actividades que promueven el cambio climático
Decreto 1791 de 1996	Por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.	46	3.a Los bosques son un recurso estratégico para la nación Las obras que no requiera licencia ambiental sino Plan de Manejo Ambiental e impliquen remoción de bosque deberán solicitar el permiso de aprovechamiento correspondiente, así como una reforestación como medida de compensación de acuerdo con los lineamientos de la autoridad ambiental competente Como objetivo específico se establece, incentivar la reforestación, recuperación y conservación de los bosques para rehabilitar las cuencas hidrográficas, restaurar ecosistemas forestales degradados y recuperar suelos
Compes 2834 de 1996	Política de Bosques		El proyecto de restauración ecológica desarrollado promueve la conservación, la protección, la propagación, la
Ley 299 de 1996	Por la cual se protege la flora colombiana, se reglamentan los jardines botánicos	1	

	y se dictan otras disposiciones		investigación, el conocimiento y el uso sostenible de los recursos de la flora nativos, los cuales, son estratégicos para el país y constituyen prioridad dentro de la política ambiental Es prioridad para los municipios al elaborar y adoptar los correspondientes planes de ordenamiento territorial, las normas relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales
Ley 388 de 1997	Ley de Ordenamiento Territorial	10	

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

Marco Geográfico

Sibaté se encuentra a una altura de 2700 msnm, en las coordenadas 4.485011 latitud norte y 74.25933399999997 longitud oeste (Alcaldía Municipal de Sibate, 2016), en el departamento de Cundinamarca, a 27 kilómetros de la capital, Bogotá D.C., haciendo parte del área metropolitana del mismo nombre. La temperatura promedio del municipio es de 14°C con una precipitación media anual de 723 mm. La vegetación nativa corresponde al bosque seco montano bajo [bs-MB] (Correal Urrego & Van der Hammen, 1977), ecosistema el cual, según afirmaciones de Espinal & Montenegro (1963) y la CAR (2016) “es la formación vegetal dominante en la sabana de Bogotá desde donde inicia, recorriendo junto al río Bogotá el altiplano Cundiboyecense, llegando al valle de Duitama y Sogamoso, hasta terminar en los valles de Ubate y Chiquinquirá” (Figura 3).

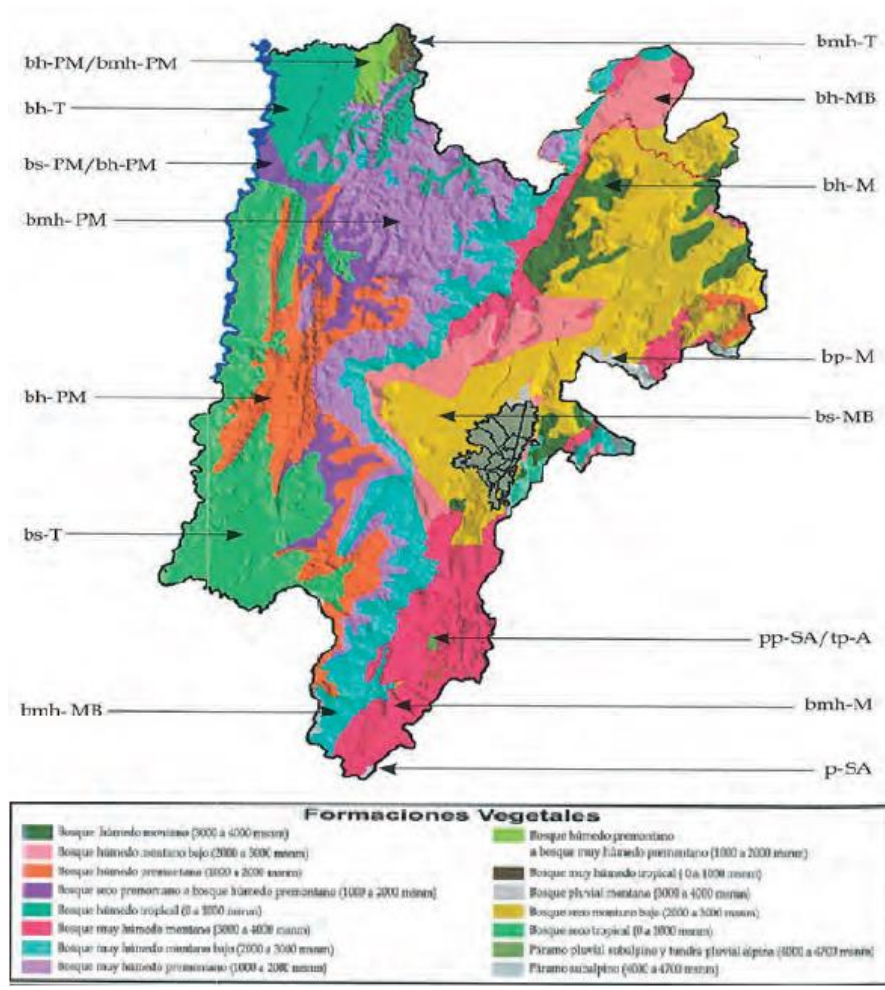


Figura 3. Formaciones Vegetales en el Territorio CAR. Fuente: (CAR, 2016).

Con respecto a los límites del municipio, por el norte Sibaté colinda con el municipio de Soacha, al sur con los municipios de Pasca y Fusagasugá, al oriente con el municipio de Soacha y al occidente con los municipios de Silvania y Granada

Por su parte el Parque Industrial Tequendama IV, se encuentra ubicado sobre la denominada vía “la 40” (Figura 4), sobre el costado izquierdo, orientación Girardot-Bogotá



Figura 4. Ubicación Parque Industrial Tequendama IV en el Área Industrial del Muña. Fuente: (Alzate Molina, 2012).

Metodología

Respecto a la metodología empleada, se tomó como guía la metodología de “los trece pasos fundamentales en la restauración ecológica” (Figura 5), propuesta por Vargas. Debido al alcance de los proyectos estudiados en comparación con el presente, así como por la necesidad de un grupo de trabajo multidisciplinar para el desarrollo de la metodología, y el tiempo estimado para la finalización de la pasantía, las actividades propuestas han sido adaptadas a las necesidades y alcance de este proyecto.

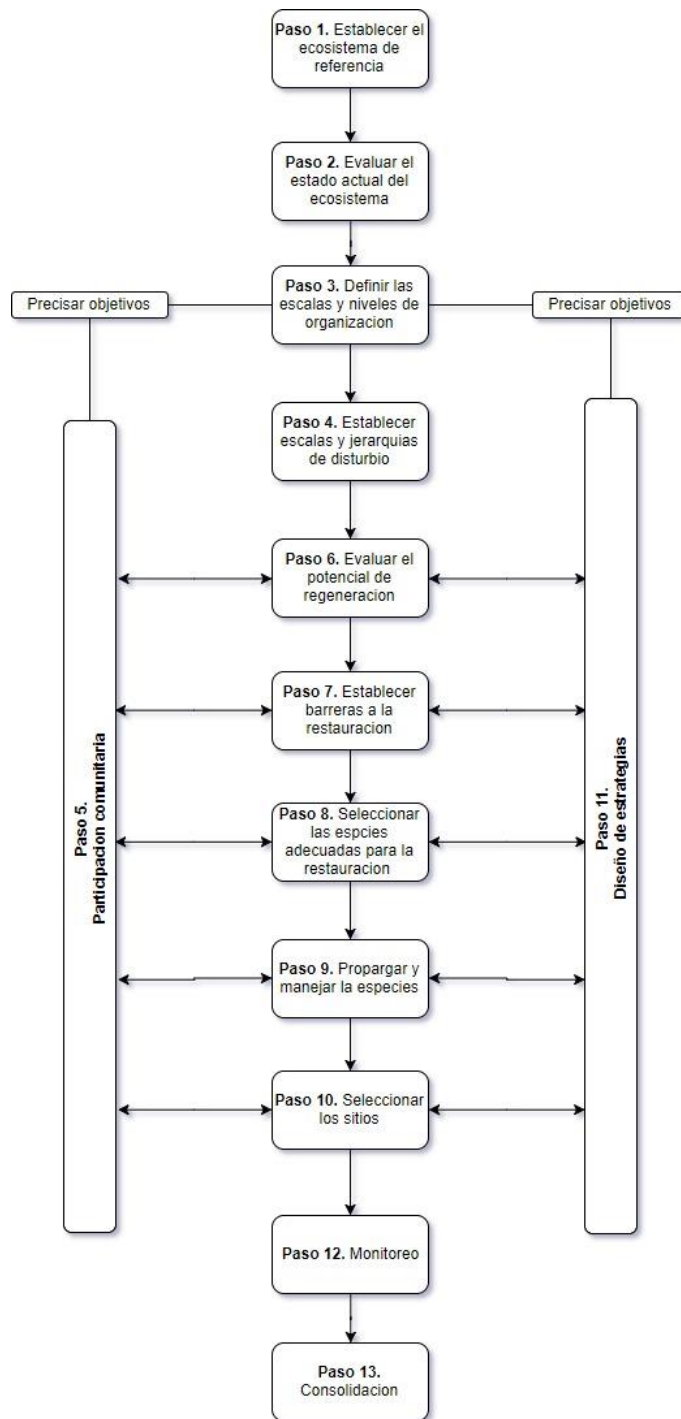


Figura 5. Secuencia y Relaciones de los 13 Pasos Fundamentales en la Restauración Ecológica. Fuente: (Vargas Rios, 2007a)

La estructura básica de la metodología desarrollada en el presente proyecto de restauración ecológica, está la expuesta en la figura 6.

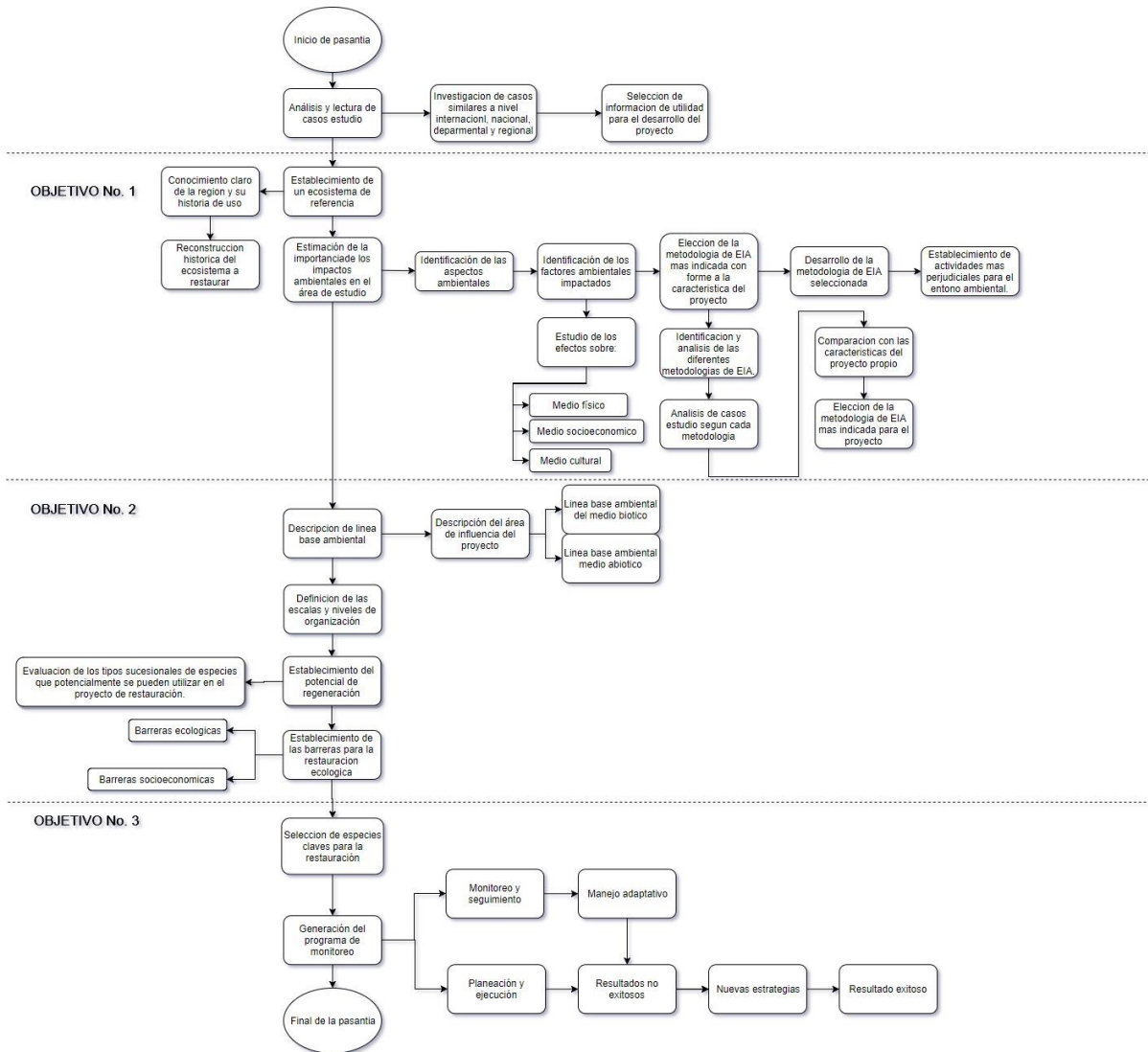


Figura 6. Metodología Desarrollada en el Proyecto de Restauración Ecológica. Fuente: Adaptado de (Vargas Rios, 2007a)

Como paso preliminar, se realizó una revisión bibliográfica sobre los proyectos de restauración ecológica a nivel internacional, nacional, departamental y regional, con el fin de contextualizar los esfuerzos de los entes gubernamentales y las autoridades ambientales en materia de restauración ecológica, así como las principales causas de la degradación ambiental, las estrategias de restauración ecológica más implementadas, las especies vegetales utilizadas, entre otras. Asimismo, se consultaron algunas instituciones públicas y privadas, las cuales, brindaron información sobre las características climatológicas, económicas, geográficas, hídricas, históricas y culturales. Algunas de estas instituciones

fueron el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR, la Alcaldía Municipal de Sibaté, la Asociación de Empresarios de Sibaté, Soacha y el Sur de Bogotá-Asomuña, el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas-DANE, la Constructora Especializada S.A.S. y el Parque Ecológico La Poma, La Universidad Distrital Francisco José de Caldas, entre otras instituciones.

Una vez obtenida la información necesaria se procedió a establecer el ecosistema de referencia, a través de una reconstrucción histórica del área de estudio, puesto que, según afirman Van der Hammen (1977) y Vargas (2007), debido a la presencia y acción del hombre sobre el Valle del Tequendama, desde épocas precolombinas, muchas especies de fauna y flora han desaparecido, por lo que resulta imposible conocer con certeza, las características de los ecosistemas nativos previa a la intervención humana. No obstante, al conocer el historial de transformación de los ecosistemas nativos, las épocas en los que aparecieron los diferentes tipos de uso del suelo, las especies más importantes o clave, el tipo de ecosistema y su extensión, y gracias a la dimensión de los ecosistemas colombianos, se pueden encontrar relictos de bosques nativos con un grado mínimo de intervención, que sirva como referencia a la restauración ecológica de área de estudio.

Una vez establecido el ecosistema de referencia, se realizó la estimación de la importancia de los impactos ambientales en el área de estudio, para lo cual, como paso inicial, se buscaron definir los aspectos ambientales generados a raíz de las actividades llevadas a cabo para el emplazamiento del parque Industrial Tequendama IV. Luego, se identificaron todos aquellos factores ambientales susceptibles a ser impactados por los aspectos ambientales definidos anteriormente. La metodología por la cual se evaluarían la importancia de dichos impactos fue la metodología propuesta por Conesa Fernández. En base a estudios de los diferentes componentes ambientales el área de estudio se realizó la valoración de importancia a través

de los once criterios de evaluación. Una vez obtenida la importancia en cada una de las respectivas casillas de cruce, se analizaron los resultados y se determinaron cuáles son las actividades con mayor degradación, en base a ello se propusieron planes de manejo para mitigar los impactos generados a través del emplazamiento de la obra.

Una vez valorada la importancia de los impactos ambientales en el área de influencia, se procedió a dar cumplimiento al objetivo específico número 2, el cual, busca la descripción de la línea base ambiental del área en la que se planteó ejecutar el proyecto. Primeramente, se analizó la información de utilidad obtenida en la primera fase por parte de las distintas instituciones privadas y públicas, principalmente información sobre geología, climatología, estudios ambientales sobre suelos, calidad atmosférica e hídrica, estudios epidemiológicos de los habitantes del municipio de Sibaté.

Una vez obtenida la mayor cantidad de información, en campo, con ayuda de la guía Rasta (Cock, Alvarez, & Estrada, 2010), se realizó la caracterización el suelo en diferentes puntos, también se realizó un inventario de flora y se identificaron algunos aspectos ambientales, generados por la acción industrial en la zona.

Posteriormente, se definieron la escala espaciotemporal en la cual se desarrollará el proyecto, y los niveles de organización del ecosistema a restaurar. Es necesario definir con claridad las escalas y niveles de organización, puesto que son de vital importancia para precisar los objetivos de restauración, es decir, el estado deseado dentro de las posibles trayectorias sucesionales del ecosistema (Vargas Rios, 2007a).

Seguidamente, se evaluó el potencial de regeneración, el cual tiene como finalidad definir la disponibilidad de especies en la región, su ubicación, etapa sucesional y abundaría, significando una aproximación a las especies nativas que pueden ser implementadas en el proyecto de restauración ecológica (Vargas Rios, 2007a). Para la evaluación del potencial de regeneración, primeramente, se realizó una revisión bibliográfica sobre las especies propias

de la formación vegetal bosque seco montano bajo (bs-MB) en el área de jurisdicción de la CAR (2012), para después comparar la información recolectado con estudios de vegetación de la SDA de Bogotá (SDA-Jardin Botanico Jose Celestino Mutis, 2010), el Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente-DAMA de Bogotá (DAMA, 2000) y el Parque Ecológico la Poma. Se consideraron todas las especies vegetales nativas del bosque seco montano bajo en el territorio CAR, puesto que, debido al desconocimiento de la totalidad de la vegetación nativa en el área rural de Sibaté, algunas especies pueden estar extintas localmente mas no regionalmente.

Las especies nativas tenidas en cuenta, se ordenaron de acuerdo a una serie de atributos o rasgos de historia de vida (RHV), los cuales se consideran importantes para el adecuado establecimiento de estas en el área de estudio (Vargas Rios, 2011).

Luego, de este listado de especies, se identificó la vegetación con funciones de interés para la restauración ecológica del predio sometido a estudio, funciones tales como estabilización de taludes y focos de erosión o deslizamientos, corredores y comederos para aves, protección de nacimientos, inducción de bosques, entre muchas otras funciones. Del bosque seco montano bajo se identificaron 76 especies diferentes entre árboles, arbustos y herbáceas, de las cuales 23 especies tienen potencial para ser implementadas en el proyecto. Estas últimas, se identificaron con base en los resultados obtenidos en los estudios desarrollados en el Parque Ecológico la Poma, facilitando así el proceso de selección de las especies a implementar en el proyecto, así como el proceso de obtención de las especies cuando se ejecute el proyecto, puesto que allí mismo se comercializan estas.

Posteriormente se establecieron las barreras a la restauración ecológica en el área de estudio (Figura 7), en las fases de dispersión de los propágulos, establecimiento de las plántulas y persistencia de individuos y poblaciones de plantas (Vargas Rios, 2011), las

cuales se identificaron de acuerdo a las observaciones realizadas en campo, y a través de la resolución de las siguientes preguntas (Vargas Rios, 2007a):

1. ¿Cuáles son las barreras u obstáculos que impiden el desarrollo de la sucesión natural?
2. ¿Qué origen tienen las barreras de la restauración?
3. ¿Cómo se relacionan entre si estas barreras?
4. ¿Cómo se pueden superar estas barreras?



Figura 7. Barreras que Limitan los Procesos de Restauración Ecológica. Fuente: (Vargas Rios, 2007a)

Cabe mencionar que; las respuestas de estas preguntas no solo están ligadas al desarrollo del presente paso, sino también al de pasos consiguientes.

Para sustentar la manera en la cual pueden estos aspectos afectar el correcto desarrollo de la restauración ecológica en el área de estudio, se amparó en investigaciones del IDEAM sobre ocurrencia de disturbios naturales en la región (sequias, heladas e inundaciones), el Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, sobre el estado de los recursos naturales locales y demás servicios ecosistémicos provenientes de

interacciones ecológicas entre fauna y flora, el Servicio Geológico Colombiano respecto a la zonificación sísmica nacional, departamental y local, revistas de carácter científico como la revista Acta Biológica Colombiana, Revista Biota Colombiana, Revista Logos, Revista de Biología Tropical, Revista de Salud Pública, entre otras, sobre temas como especies invasoras en los bosques andinos, estado de conservación de los bosques andinos, impacto de la contaminación del embalse del muña sobre la salud humana, por mencionar algunos.

Para el cumplimiento del objetivo específico número tres, se inició por seleccionar las especies clave para la restauración ecológica. En este punto, se tomó la lista de especies seleccionadas a partir de las especies vegetales del bosque seco montano bajo identificadas anteriormente y se analizaron sus usos en programas de restauración ecológica con respecto a los impactos ambientales generados en el área de estudio establecidos a través de la línea base ambiental, y el establecimiento de las barreras a la restauración ecológica. Así mismo, en base a las investigaciones realizadas en el Parque Ecológico La Poma, el cual se encuentra ubicado en el área rural de Soacha, en la Vereda “Alto de la Cruz” (Figura 8), en un área muy próxima y por ende con las mismas características climatológicas, formación vegetal del área de estudio

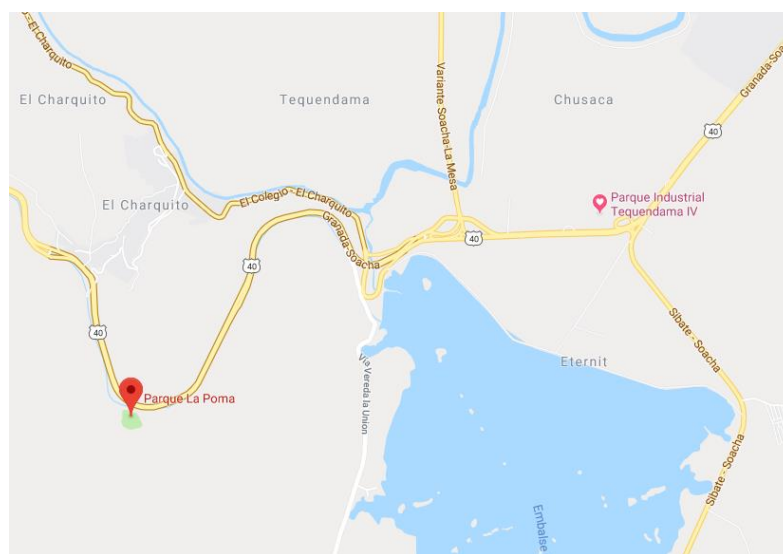


Figura 8. Ubicación del Parque Ecológico la Poma con Respecto al Parque Industrial Tequendama IV. Fuente: (Google, 2018).

Cabe acotar que para este punto se han establecido los rasgos de historia de vida (RHV), propuesto con el fin de expresar las características propias de cada especie que faciliten la identificación de su rol funcional dentro del ecosistema. Posterior a la selección de las especies a implementar, así como las estrategias de manejo y un programa de educación ambiental enfocado en los servicios ecosistémicos prestados por las especies nativas para el hombre y el medio natural.

Por último, se el programa de monitoreo deberá ser implementado a la par de cada una las estrategias, de tal manera que brinde un manejo adaptable de acuerdo a cada uno de los resultados obtenidos.

Desarrollo De La Metodología

Definición Del Ecosistema De Referencia

Vegetación del bosque seco montano bajo (bs-MB):

En cuestión de conservación, este ecosistema ha sido fuertemente impactado desde la época de las comunidades precolombinas, ya que dichas comunidades, se asentaron allí gracias al buen clima, estableciendo sus cultivos y modificando el paisaje. Este hecho, ha provocado que en el presente además de cultivos, se vean muy pocos árboles o arbustos nativos (CAR, 1996). Entre las especies vegetales que se pueden observar se encuentran:

Tabla 2.

Especies vegetales más comunes en la formación de Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB).

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
<i>Baccharis sp.</i>	Compositae	Chilco
<i>Barnadesia espinosa</i>	Compositae	Espino
<i>Croton sp.</i>	Euphorbiaceae	Drago
<i>Cordia acuta</i>	Boraginaceae	Salvio
<i>Duranta mutisii</i>	Verbenácea	Espino
<i>Escallonia sp.</i>	Escaloniácea	Tíbar
<i>Polymnia pyramidalis</i>	Compositae	Arboloco
<i>Oreopanax sp.</i>	Araliácea	Mano de oso
<i>Prunus capuli</i>	Rosácea	Cerezo
<i>Schinus molle</i>	Anacardiácea	Falso pimienta
<i>Tara spinosa</i>	Caesalpiniaceae	Dividivi

Fuente: (CAR, 1996)

Evolución del clima y la vegetación:

Gracias a los estudios palinológicos realizados por el doctor Thomas Van Der Hammen y sus colaboradores (Van Der Hammen y González, 1960; Van Der Hammen, 1972; Van Der Hammen, 1973; Van Der Hammen, 1974; Van Geel y Van Der Hammen, 1973; citado por Correal y Van Der Hammen, 1977) a lo largo de 25 años de trabajo, se obtuvieron grandes avances respecto a los organismos vegetales y los ecosistemas antiguos. En este documento se realizará un breve resumen de lo que fue el clima y la vegetación de la sabana de Bogotá durante parte de la era cuaternaria, más específicamente, durante los últimos milenios del pleistoceno y parte del holoceno.

90.000 años A.P. (A.P.= Antes del presente), inicio la última glaciación del pleistoceno, en donde el clima varía entre periodos más y menos cálidos, provocando que la vegetación oscilara entre bosques de encenillo y paramo. Durante gran parte del pleistoceno, la sabana de Bogotá era una laguna, que fluctuaba constantemente su nivel debido a los cambios climáticos y a los cambios en la precipitación efectiva (Van der Hammen, 1986). En épocas en las que el nivel de la laguna disminuía, como lo fue el pleniglacial inferior (70kaPB) Van Der Hammen (1986) menciona que “en los bordes y las partes bajas de los valles que desembocaban en la sabana de Bogotá, se encontraba vegetación pantanosa como *Alnus acuminata* (Aliso), *Weinmannia* sp y *Vallea stipularis*”.

30.000 años A.P., en la sabana predominaban bosques que actualmente se ubican cerca del límite altitudinal del bosque denso alto. La laguna de la sabana empieza un proceso de disecación. Con el transcurso de los siguientes milenios, el clima se vuelve más frío, permitiendo que la vegetación de paramo abierto dominara en la sabana.

Durante los milenios intermedios entre 28kaBP y 21 kaBP, existe un periodo de transición entre la vegetación propia del límite altitudinal del bosque y el páramo seco. Después de

21.000 años A.P. dichos paramos se transforman en paramos abiertos de Gramínea, por el descenso de la humedad, ocasionando así mismo, que la laguna de Fúquene se disecara en parte. Entre 26.000 y 14.000 años A.P., los glaciares se expandieron de forma que llegaron a encontrarse en alturas cercanas a los 3.000 y 3.200 msnm, para luego ceder terreno paulatinamente cuando el clima nuevamente empezó a tornarse cálido. Estudios palinológicos de la Ciudad Universitaria de Tragona indican que, aunque la planicie misma pasara al paramo propio, en términos generales, se encuentra en la franja alta del bosque andino. Asimismo, los diagramas de polen indican que los elementos arbóreos más frecuentes en la sabana de Bogotá eran: Quercus (coberturas entre 3 y 13%), Weinmannia sp (cobertura entre 0 y 5%), Rapannea (coberturas entre 0 y 5%), Miconia (cobertura entre 0 y 3%), Podocarpus y Hedyosmum, los últimos dos representan porcentajes muy bajos. (Van Der Hammen, 1986, p. 177).

9.500 años A.P., el clima tiende a parecerse al clima actual, puesto que la sabana es dominada por bosques de aliso en las zonas más húmedas mientras que en las zonas secas dominan los bosques de Eugenia, Ilex y Vallea. Mientras tanto los cerros se cubrieron de bosques de encenillo y en las laderas de roble.

Aproximadamente por el 1250 d. C., existió otro periodo seco, recrudescido por la degradación de los ecosistemas producto de la acción antropogénica, trayendo consigo la erosión de zonas secas, como Mosquera. Esta situación se agravó con la conquista en donde la destrucción de bosque y tierras aumentó significativamente.

Suelos del bosque seco Montano Bajo (bs-MB)

Teniendo en cuenta las afirmaciones de la CAR (2016), el bosque seco montano bajo se extiende “en el altiplano cundiboyacense, la sabana de Bogotá y los valles de Ubaté y Chiquinquirá”, se tomó en cuenta la caracterización de los suelos de la Sabana de Bogotá realizada por Espinal y Montenegro (1963):

Tabla 3.

Caracterización de los suelos de la sabana de Bogotá con posible presencia de la formación vegetal bs-MB.

PROFUNDIDAD	TEXTURA	COLOR	ESTRUCTURA	PERMEABILIDAD	HUMEDAD	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA	pH
		Húmedo					
0 - 0.20 m	Franco arenoso fino	Pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2)	Granular consistente friable	Buena	Baja	Bajo	Muy fuertemente ácido (4.9)
0.20 - 0.45 m	Arcilloso	Negro (10 YR 2/1)	Prismática pequeña - blocosa angular	Muy lenta - nula	Baja	Bajo	Medianamente ácido
0.45 - 0.55 m	Arcillosa	Gris pardusco (10 YR 6/2)	Prismática pequeña - blocosa angular	Muy lenta - nula	Baja	Bajo	Medianamente ácido
0.55 - 1.10 m	Arcilloso	Amarillo pardusco (10 YR 6/2)	No muestra estructura definida	Muy lenta - nula	Baja	Bajo	Medianamente ácido

Fuente: (Espinal & Montenegro, 1963)

Evolución del suelo:

Los estudios realizados sobre la historia de los suelos y su estratificación en la sabana de Bogotá por Carrera, Pichoff y Alexander (1968), citado por Van Der Hammen y Corrales (1977), fueron realizados en los suelos de la parte plana no inundable del altiplano, nombrados como la asociación Tibaitatá- Zipaquirá-Cerro.

Con respecto a la serie Tibaitatá, se encuentra ubicada sobre la grada lacustre gris de la antigua sabana de Bogotá. Encima del sedimento de la laguna se encuentra un complejo suelos: un suelo obscuro interior, una intercalación de color amarillo, gris o verdoso y un suelo oscuro superior. Este complejo tiene un espesor aproximado de entre 1,5 a 2 metros. En la base del suelo inferior se puede encontrar carbón vegetal, fechado por radio carbono de hace 30kaBP, fecha en la cual aparentemente se diseca la laguna, proceso que, se presume, fue paulatino, ya que al oriente de la sabana se encuentra carbón vegetal de hace aproximadamente 38kaBP. Asimismo, gracias al análisis del polen del suelo inferior, se

descubrió que entre 30 y 20kaBP, en la sabana existían bosques más o menos abiertos. En la parte baja del suelo también suele encontrarse una capa de ceniza volcánica.

El suelo inferior se encuentra la intercalación, la cual, contiene menos humus y más material minerogeno. Estudios palinológicos sugieren que esta capa tuvo origen en la época donde la sabana era un páramo seco, es decir, entre 20 y 13kaBP. El suelo oscuro superior se generó durante el tardiglacial y el holoceno, en donde la parte más alta del mismo presenta muestras de la influencia del hombre puesto que se evidencia el aumento de las gramíneas (maíz, trigo, cebada, etc.), mientras los bosques desaparecen.

Van Der Hammen y Correal (1977), concluyen que “existe una íntima relación entre clima vegetación y las secuencias del suelo”. Esto evidenciado en que, en las épocas en las cuales el clima fue menos frío y más húmedo, aumento la producción de humus, generando suelo más oscuros y por lo tanto más fértiles, mientras que, cuando los climas fueron más fríos y secos, la producción de humus disminuyó y el transporte de minerales aumento, formando estratos más claros, pero con menor capacidad de crecimiento vegetal.

En conclusión, los estudios palinológicos realizados en la sabana de Bogotá por Van Der Hammen y colaboradores, han permitido describir a grandes rasgos la evolución, tanto del clima, como de la vegetación durante parte del pleistoceno y todo el holoceno. Asimismo, a través de su trabajo, se logra evidenciar la influencia del hombre precolombino sobre el equilibrio natural y la capacidad del mismo para transformar su entorno a través del desarrollo de su sociedad.

En este mismo aspecto, el trabajo de Espinal y Montenegro (1963) al describir las formaciones vegetales presentes en Colombia, en complemento con las ya mencionadas investigaciones de Van Der Hammen, sientan las bases conceptuales para el análisis de los impactos del ser humano sobre el desarrollo y evolución de su entorno natural, siendo que, como se demostró, la influencia del ser humano sobre los ecosistemas data de tiempos muy

remotos dificulta la labor de describir con exactitud las condiciones iniciales de un ecosistema.

El bosque seco montano bajo, ha sido una formación vegetal especialmente afectada por el hombre, pues según menciona Espinal (1977) citado por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (1996), “el equilibrio entre evapotranspiración y el agua lluvia favorecen la conservación de la fertilidad de los terrenos al no permitir un fuerte lavado de los mismos”, dando como resultado muchos de los suelos más productivos del país, lo cual ha favorecido una elevada concentración poblacional, desde la época precolombina hasta la actualidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha tomado como ecosistema de referencia los sectores montañosos de alta pendiente de Soacha, Chipaque, La Calera y Guasca, áreas en las cuales los bosques naturales están restringidos.

Definición de la Escala Espaciotemporal y Nivel de Organización

Para fines de la restauración ecológica en el parque industrial Tequendama IV, la escala en la cual se trabajó fue la escala local a nivel de comunidad. Debido a el área propuesta para la formulación del proyecto no es muy extensa, limitándose a 3.869,83 m². Según Vargas (2007a) el enfoque a escala local, enfatiza la restauración de la comunidad original del ecosistema, que, para este caso en particular, se limitó a la comunidad vegetal, siendo, las especies invasoras, una de las barreras a la restauración ecológica más relevantes en el área de estudio.

Evaluación de Impacto Ambiental

Para la evaluación de impacto ambiental lo primero que se llevó a cabo fue la selección de la metodología a emplear, siendo que, ya existía un precedente en el cual, a través de la metodología Conesa Fernández se había evaluado la importancia.

Para efectos del presente proyecto también se opta por la metodología de Conesa Fernández en su versión del 2010; ya que, al tomar características relevantes de otras

		Total, flora	I _i											
			I _{Ri}											
		Total, Medio biótico	I _i											
			I _{Ri}											
		Total, Medio físico	I _i											
			I _{Ri}											
M. socio-económico	M. Socio-cultural	Cultural	F _i											
			Total, cultural	I _i										
		Humanos	I _{Ri}											
			F _i											
		Total, humanos	I _i											
			I _{Ri}											
		Total, Medio socio-cultural	I _i											
			I _{Ri}											

Fuente: (Conesa Fernandez-Vitora, 2010)

En dicha matriz de doble entrada, denominada, matriz de importancia (Tabla 1), han de ubicarse en las filas superiores, las actividades llevadas a cabo por el proyecto a evaluar, en cada una de sus fases (fase de construcción, fase de funcionamiento y fase de abandono). Una vez ubicadas dichas actividades, de la misma manera, se ubicarán en las columnas de la izquierda, los factores ambientales susceptibles a ser impactados por dichas actividades, así como el componente al cual pertenecen, el subsistema y sistema ambiental.

Los once parámetros valorados en la matriz de importancia serán:

Parámetros de evaluados por la matriz de importancia

Naturaleza o signo: Se refiere al carácter de los efectos de las diferentes actividades sobre los distintos factores ambientales.

Un impacto es considerado positivo o beneficioso, cuando produce una mejora de la calidad ambiental sobre el determinado factor.

Por otro lado, un impacto es considerado perjudicial o negativo, cuando el efecto de la actividad genera una disminución de la calidad ambiental del factor considerado.

Intensidad (IN): Hace alusión al grado de destrucción (si se trata de un efecto perjudicial) del impacto de una actividad sobre un determinado factor ambiental, sin tener en cuenta la extensión afectada, es decir, puede producirse una destrucción muy alta en una extensión muy pequeña.

En caso de tratarse de una actividad cuyo efecto se considere benéfico para el medio, este parámetro reflejara el grado de reconstrucción o restauración del factor.

Extensión (EX): Se refiere a la fracción del medio afectada por la acción del proyecto, en otras palabras, este atributo refleja “el área de influencia teórica del impacto, en relación con el medio en que se sitúa el proyecto” (Conesa Fernandez-Vitora, 2010).

Momento (MO): Este término se refiere al lapso de tiempo (t_m) que transcurre entre, el inicio de la actividad (t_o) y el comienzo del efecto (t_j) sobre el factor ambiental considerado (Tabla 5).

$$t_m = t_j - t_o$$

$$\text{Momento} = (\text{Comienzo del efecto}) - (\text{Inicio de la actividad})$$

Persistencia o duración (PE): Se refiere al tiempo de permanencia del efecto (t_p), desde la aparición del mismo (t_j), hasta el punto en el cual el factor considerado retorne a sus condiciones previas a la ejecución de la actividad impactante (t_r).

$$t_p = t_r - t_j$$

$$\text{Tiempo de permanencia del efecto} = (\text{Momento de retorno}) - (\text{Comienzo del efecto})$$

Reversibilidad (RV): Hace alusión a la posibilidad del factor, de reconstruirse por medios naturales (t_{Rev}) una vez se deja de actuar sobre el medio (t_f).

$$t_{Rev} = t_r - t_f$$

$$\text{Tiempo de reversión} = (\text{Momento de retorno}) - (\text{Momento de finalización de la acción})$$

El efecto reversible puede ser asimilado por procesos naturales del medio, mientras que los procesos irreversibles no pueden ser asimilados por dichos procesos o serlo, pero al cabo de un largo periodo de tiempo (Tabla 5).

Cuando la naturaleza del impacto es considerada beneficiosa, este parámetro no se tendrá en cuenta a la hora de la valoración.

Recuperabilidad (MC): Se refiere a la probabilidad de reconstrucción del factor afectado total o parcialmente (tRe) mediante la introducción de medidas correctoras y restauradoras, es decir, la probabilidad de retomar las condiciones previas a la actuación mediante la intervención humana.

$$tR = trMC - toMC$$

Tiempo de reconstrucción mediante la intervención humana = (Momento de retorno mediante la introducción de medida correctoras) – (Momento de introducción de medidas correctoras)

Si el tiempo de reconstrucción mediante la intervención humana, es mayor a quince años, el impacto ambiental se cataloga como irrecuperable (Tabla 5).

Cuando la naturaleza del impacto es considerada beneficiosa, este parámetro no se tendrá en cuenta a la hora de la valoración

Tabla 5.
Manifestación temporal de los efectos.

Manifestación de los efectos	Atributos								
	Momento		Persistencia		Reversibilidad		Recuperabilidad		C
	tm = tj - to	v	tp = tr - tj	v	tRev = tr - tf	v	tp = tr - tj	v	
t = 0	Inmediato	4	Efímera o fugaz	1	Inmediato	1	Inmediato	1	Temporales, reversibles y/o recuperables
t < 1 año	Corto plazo	3	Momentáneo o de corto plazo	1	Corto plazo	1	Corto plazo	2	
1 < t < 10 años	Medio plazo	2	Temporal, transitorio o de medio plazo	2	Medio plazo	2	Medio plazo	3	

10 < t < 15 años	Largo plazo	1	Pertinaz, persistente o duradero	3	Largo plazo	3	Largo plazo	4	Perm anent es
t > 15 años	Largo plazo	(+1)	Estable o permanente	4	Quiasiirreversible / irreversible	3	Recuperable / Irrecuperable	4	
t >> 15 años		(+4)	Constante	4	Irreversible	4	Irrecuperable	4	
Indistinta	Critico						Mitigable/ Compensable / Sustitutorio / Contraprestación	4	Otros

Fuente: (Conesa Fernandez-Vitora, 2010).

Sinergia (SI): Este término se refiere a “la acción de dos o más acciones cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales” (Conesa, 2010, p. 249).

Acumulación (AC): Este atributo se refiere a el incremento progresivo de la manifestación de un efecto cuando la actividad ha persistido de forma continuada y reiterada.

Efecto (EF): El efecto se refiere a la forma de manifestación del efecto de la actividad sobre el factor.

El efecto puede ser directo o primario cuando es una consecuencia directa de la acción, dicho de otra manera, no existen impactos intermediarios entre la actividad y la manifestación del efecto considerado. Un ejemplo de ello es la contaminación sonora producida por la maquinaria de percusión.

De la misma forma, el efecto es secundario, cuando el impacto considerado hace parte de una cadena de acciones, generando así un impacto indirecto. Ejemplificando lo anterior, al descapotar una pendiente, el efecto directo recaerá sobre la población de fauna y flora, y la composición, estructura y función del suelo, entre otras. Uno de los posibles efectos secundario es que, a raíz de la eliminación de la cobertura vegetal, la pendiente perderá estabilidad, habiendo más posibilidades de que se generen deslizamientos de tierra.

Periodicidad (PR): La periodicidad alude al tiempo existente entre cada manifestación del efecto, pudiendo tener carácter continuo, discontinuo o irregular.

Importancia del impacto (I): La importancia es aquella manifestación cualitativa que describe la estimación del impacto del efecto de una actividad sobre un factor ambiental determinado.

La importancia se deduce a partir del siguiente modelo propuesto por Conesa:

$$I = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Tabla 6.
Parámetros Evaluados en la Matriz de Importancia

PARÁMETRO	EVALUACIÓN	
Naturaleza	Impacto beneficioso	+
	Impacto perjudicial	-
Intensidad (IN) (Grado de destrucción)	Baja o mínima	1
	Media	2
	Alta	4
	Muy alta	8
	Total	12
Extensión (EX) (Área de influencia)	Puntual	1
	Parcial	2
	Amplio o extenso	4
	Total	8
Momento (MO) (Plazo de manifestación)	Critico	(+4)
	Largo plazo	1
	Medio plazo	2
	Corto plazo	3
	Inmediato	4
Persistencia (PE) (Permanencia del efecto)	Critico	(+4)
	Fugaz o efímero	1
	Momentáneo	1
	Temporal o transitorio	2
Reversibilidad (RV) (Reconstrucción por medios naturales)	Pertinaz o persistente	3
	Permanente y constante	4
	Corto plazo	1
	Medio plazo	2
Sinergia (SI) (Potencial de manifestación)	Largo plazo	3
	Irreversible	4
	Sin sinergia o simple	1
Acumulación (AC) (Incremento progresivo)	Sinergismo moderado	2
	Muy sinérgico	4
Efecto (EF) (Relación causa-efecto)	Simple	1
	Acumulativo	4
Periodicidad (PR)	Indirecto o secundario	1
	Directo o primario	4
	Irregularidad (aperiódico y esporádico)	1

(Regularidad de la manifestación)	Periódico o de regularidad intermitente	2
	Continuo	4
	Recuperabilidad de manera inmediata	1
Recuperabilidad (MC)	Recuperabilidad a corto plazo	2
(Reconstrucción por medio humanos)	Recuperabilidad a medio plazo	3
	Recuperabilidad a largo plazo	4
	Mitigable, sustituible y compensable	4
	Irrecuperable	8
Importancia (I) (Grado de manifestación cualitativa del efecto)	$I = +/- (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$	

Fuente: (Conesa Fernandez-Vitora, 2010).

La importancia toma valores entre 13 y 100, en donde, con respecto a su grado de impactación se ubicará en un determinado rango (Tabla 7).

Tabla 7.

Clasificación Según el Rango de Importancia.

RANGO DE IMPORTANCIA	CLASIFICACIÓN
>25	Compatible
26-50	Moderado
51-75	Severo
76<	Critico

Fuente: (Conesa Fernandez-Vitora, 2010).

Importancia absoluta: Una vez determinada y clasificada la importancia de cada impacto, se procedió a ponderar la importancia absoluta (I_j) de los factores, componentes, subsistemas y sistemas

Dicha importancia absoluta se refiere, a la suma algebraica de la importancia del impacto de cada elemento tipo por fila.

La valoración absoluta indica el deterioro o mejora intrínseca de un factor determinado, en otras palabras, la valoración absoluta, representa el grado de destrucción o reconstrucción del factor ambiental con respecto al impacto ambiental generado por la actividad.

Importancia relativa: Posterior a lo anterior, se procedió a realizar la ponderación relativa de la importancia, el cual, es el mecanismo empleado con el fin de analizar la importancia del impacto sobre los factores en conjunto, ofreciendo así, una imagen coherente y más sujeta a la realidad de la condición del medio estudiado. Para llevar a cabo dicha ponderación relativa, se tendrá en cuenta el peso o índice ponderal asignado a cada factor ambiental, expresado en Unidades de Importancia (UIP), las cuales, resultan de la distribución relativa de mil unidades asignadas al total de los factores ambientales y que representan la calidad ambiental óptima del medio (*Conesa Fernandez-Vitora, 2010*).

Fases y actividades consideradas

- Fase de construcción
 - Desbroce y tala
 - Movimiento de tierras
 - Instalación del campamento (almacenes, baños y oficinas)
 - Acopio de materiales
 - Utilización de maquinaria pesada y utillaje de percusión
 - Tráfico de vehículos
 - Excavaciones
 - Demanda de mano de obra
 - Pavimentación y recubrimiento de superficies
 - Construcción propiamente dicha
 - Aumento del riesgo de accidentes laborales
 - Generación y manejo de residuos de construcción
- Fase de funcionamiento
 - Nivel de ocupación poblacional
 - Infraestructura

- Tráfico de vehículos
- Actividades de oficina
- Mantenimiento de la infraestructura
- Utilización de maquinaria propia de la industria
- Almacenamiento de productos
- Transporte de mercancías
- Actividades de revegetalización y embellecimiento paisajístico
- Fase de abandono
 - Abandono de elementos y estructuras
 - Depósito de materiales de derribo
 - Transporte o vertedero de residuos
 - Explosiones y voladuras

Respecto a las fases, se tomaron en cuenta, la fase de construcción, referente al emplazamiento del Parque Industrial, la fase de funcionamiento, con relación al uso y disposición de las instalaciones del parque industrial para sus ya determinados fines, y la fase de abandono, en la cual la infraestructura ya ha cumplido su ciclo y se lleva a cabo la debida disposición de las instalaciones

Una vez se establecieron las fases y cada una de las actividades llevadas a cabo durante dichas fases, se procedió a definir aquellos factores, componentes, subsistemas y sistemas ambientales, sobre los cuales las actividades ya mencionadas podrían ejercer presión (Tabla 8), es decir, aquellos factores susceptibles a ser impactados, tanto positiva, como negativamente por aquellas actividades. Asimismo, se estableció el peso relativo, representado por las unidades de importancia (UIP), para cada una de las escalas ambientales, teniendo en cuenta su nivel de incidencia dentro del medio.

Tabla 8.
Medio Ambiental Considerado

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	UIP
MEDIO FISICO	M. ABIOTICO	Aire	Calidad del aire	25
			Nivel del polvo	25
			Nivel de olores	15
			Nivel de ruidos	20
			Microclima y confort climático	20
			Ecosistema aire	25
			Total, aire	Ab. 130
		Agua	Calidad del agua	25
			Ecosistema agua	25
			Total, agua	Ab. 50
		Suelo	Calidad/Capacidad	30
			Geo-edafología	20
			Relieve y formas	20
			Ecosistema suelo	30
			Total, suelo	Ab. 100
	Contaminación secundaria aire		25	
	Procesos	Estabilidad de los suelos	20	
		Erosión del suelo	25	
		Total, procesos	Ab. 70	
	TOTAL M. ABIOTICO			Ab. 350
	M. BIOTICO	Flora	Interés	30
			Densidad	30
			Total, flora	Ab. 60
		Fauna	Calidad de la fauna	20
			Abundancia	20
			Ecosistema	30
			Total, fauna	Ab. 70
Procesos		Repoblación vegetal	20	
		Corredores, pastos, rutas	20	
		Perturbaciones	30	
Total, procesos			Ab. 70	
TOTAL M. BIOTICO			Ab. 200	
M. PERCEPTUAL	Paisaje	Calidad intrínseca y extrínseca	30	
		Total, paisaje	Ab. 30	
TOTAL M. PERCEPTUAL			Ab. 30	
TOTAL, MEDIO FISICO			Ab. 580	
SOCIOECONOMICO M.	MEDIO RURAL	Procesos de pérdida de suelo	Urbano	20
			Industrial	20

		Total, procesos de perdida de suelo	Ab.	100
		TOTAL M. RURAL	Ab.	100
		Factores educativos		25
	Cultural	Estilo de vida		25
		Total, cultural	Ab.	100
M. SOCIO CULTURAL		Calidad de vida		30
	Humanos	Salud		30
		Total, humanos	Ab.	120
		TOTAL M. SOCIO CULTURAL	Ab.	220
		Demografía		25
M. ECONOMICO	Población	Estructura ocupacional		25
		Total, población	Ab.	100
		TOTAL M. ECONOMICO	Ab.	100
		TOTAL, MEDIO SOCIO-ECONOMICO	Ab.	420
		IMPACTO AMBIENTAL TOTAL	Ab.	1000

Fuentes: Adaptado Conesa Fernandez-Vitora (2010).

Factores ambientales más deteriorados:

Teniendo en cuenta lo anterior, encontramos que los factores ambientales más deteriorados para cada una de las fases son:

Fase de construcción

Impacto sobre los factores ambientales:

Para la fase de construcción (Figura 9), se evidencio que los factores ambientales mayormente impactados en base a la valoración absoluta, es decir, los más degradados en sí mismos, son aquellos relativos al componente suelo, siendo, los mayores afectados: el ecosistema suelo (-608), los procesos de erosión del suelo (-546) y la calidad/capacidad del suelo (-538), cada uno de ellos, con por lo menos, un elemento tipo o casilla cruce, clasificado como severo, en donde, el factor calidad/capacidad es el impactado de manera critica, contando con tres impactos críticos en total, producto de la acción de las actividades: utilización de maquinaria pesada y utillaje de percusión (-79), pavimentación y recubrimiento de superficies (-83) y construcción propiamente dicha (-83), presentando esta última, los efectos más perjudiciales para el entorno ambiental en esta fase del proyecto.

Asimismo, los factores ambientales pertenecientes al subsistema biótico, tales como perturbaciones (-496), ecosistema (-492) y densidad de la flora (-461); presentan niveles de importancia preocupantemente altos, en donde, solo el elemento tipo generado a partir del efecto de la actividad construcción propiamente dicha sobre el factor ecosistema, se clasifica como crítico con una importancia de -78.

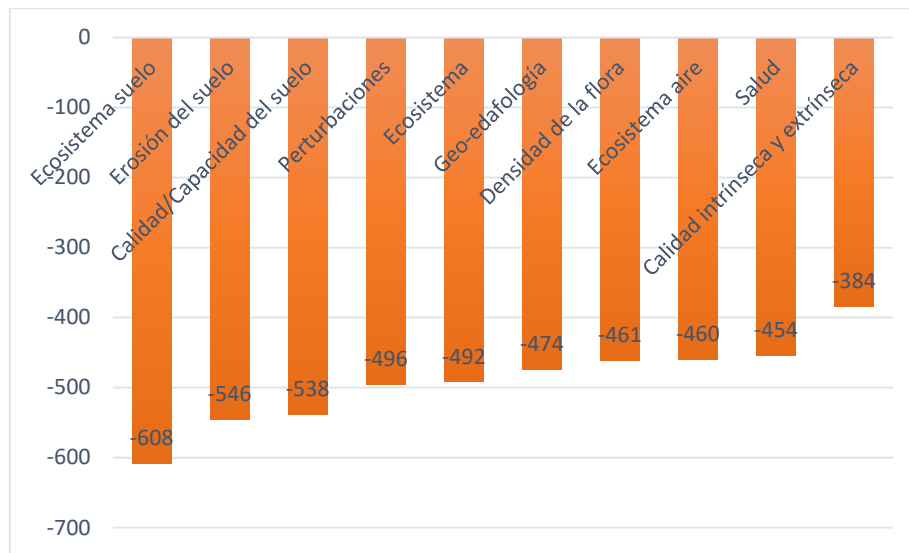


Figura 9. Factores Ambientales de la Fase de Construcción Según su Valoración Absoluta. Fuente: Propia.

De acuerdo al cálculo de los valores relativos (Figura 10), se evidenció que el factor ambiental que más aporta a la degradación del medio, es el ecosistema suelo (-18.24), seguido por la calidad y capacidad del suelo (-16.14) y los procesos de perturbaciones (-14.88).

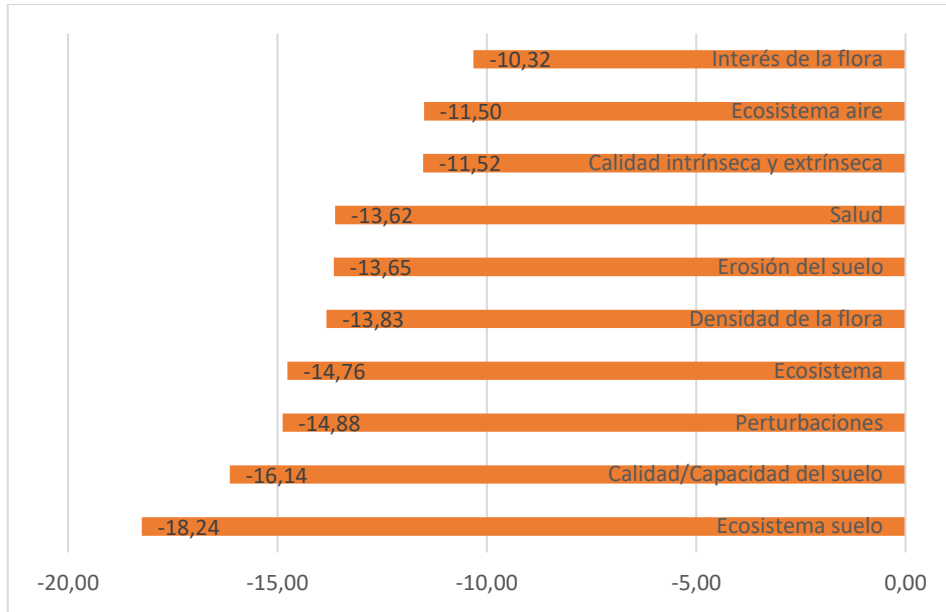


Figura 10. Valoración Relativa de los Factores Ambientales en la Fase de Construcción. Fuente: Propia.

Impacto sobre los componentes ambientales:

Los componentes ambientales más perjudicados por la ejecución del proyecto en la fase de construcción (Figura 11), concordantemente con los resultados expuesto anteriormente, evidencian que, el componente suelo presenta los valores absoluto y relativo más altos, siendo -1960 y -50.66, respectivamente.

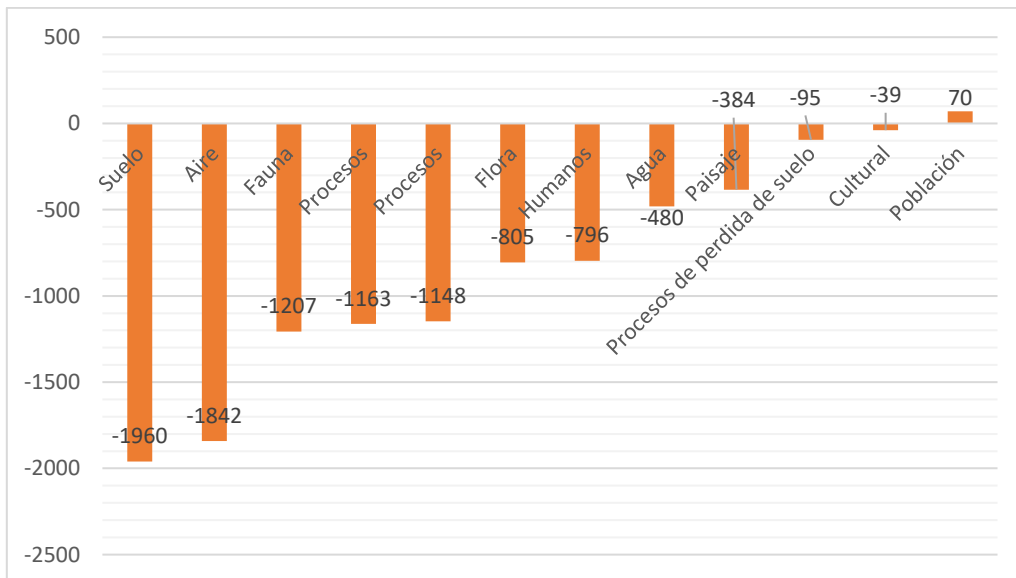


Figura 11. Valoración Absoluta por Componentes en la Fase de Construcción. Fuente: Propia.

Lo anterior da a entender, que el componente suelo no solo es el componente que ha sufrido una degradación ambiental más intensa, sino que también es el componente que más aporta a la degradación total del medio.

Relativo a las actividades llevadas a cabo durante la fase, las tres actividades que más perjudican al medio son: el desbroce y tala (-35.98), la utilización de maquinaria pesada y de percusión (-31.87) y la construcción propiamente dicha (-31.47).

Fase de funcionamiento

Impacto sobre los factores ambientales:

Los resultados obtenidos a partir de la matriz de importancia, demuestran que la fase de funcionamiento, pese a ser la fase con mayor proyección en función del tiempo con respecto a las demás fases, no es la fase más potencialmente perjudicial para el medio, ocupando el segundo lugar en importancia de impacto, precedida por la fase de construcción.

El factor ambiental más degradado por la ejecución de la obra parque industrial (Tabla 9), es el factor ecosistema del componente fauna, tanto en la valoración absoluta (-309), como en la ponderación relativa (-9.27), seguido por una diferencia muy estrecha, por los procesos de perturbaciones (Ab: -304; Rel: -9.12) y la calidad intrínseca y extrínseca del componente paisaje (Ab: -299; Rel: -8.97). La clasificación subsecuente generada a partir de la valoración absoluta y la ponderación relativa difiere medianamente la una de la otra, debido al peso relativo de muchos de los factores ambientales considerados.

Tabla 9.

Parte de la jerarquía de impacto entre la valoración absoluta y la valoración relativa en la fase de funcionamiento.

NO.	VALORACIÓN ABSOLUTA	VALORACIÓN RELATIVA
1	Ecosistema (-309)	Ecosistema (-9.27)
2	Perturbaciones (-304)	Perturbaciones (-9.12)
3	Calidad Intrínseca (-299)	Calidad intrínseca (-8.97)
4	Abundancia de la fauna (-225)	Interés de la flora (-5.52)
5	Calidad de la fauna (-216)	Salud (-5.40)
6	Ecosistema aire (-208)	Ecosistema aire (-5.20)
7	Interés de la flora (-184)	Ecosistema suelo (-5.07)
8	Salud (-180)	Abundancia fauna (-4.32)

9	Ecosistema suelo (-169)	Calidad/Capacidad del suelo (-4.47)
10	Microclima y confort climático (-166)	Calidad de la fauna (-4.32)

Fuente: Propia

Es preciso señalar que, aunque el factor ecosistema es el factor más perjudicado y el que más aporta a la degradación total del medio en esta fase, ninguna actividad causa sobre él impacto crítico. Las actividades con mayor importancia para el anterior factor son, el transporte de mercancía (-70) y la utilización de maquinaria propia de la industria (-70), siendo esta última, la actividad con mayor impacto negativo sobre los factores ambientales con los cuales tiene interacción (Ab: -2093; Rel: -34.42), impactando al 81% de dichos factores, en donde, son negativos el 96% y tan solo el 4% restante presenta algún beneficio para el medio. De la misma manera, el 12% de dichos impactos son críticos (Calidad del aire, contaminación secundaria del aire y calidad intrínseca y extrínseca del componente paisaje).

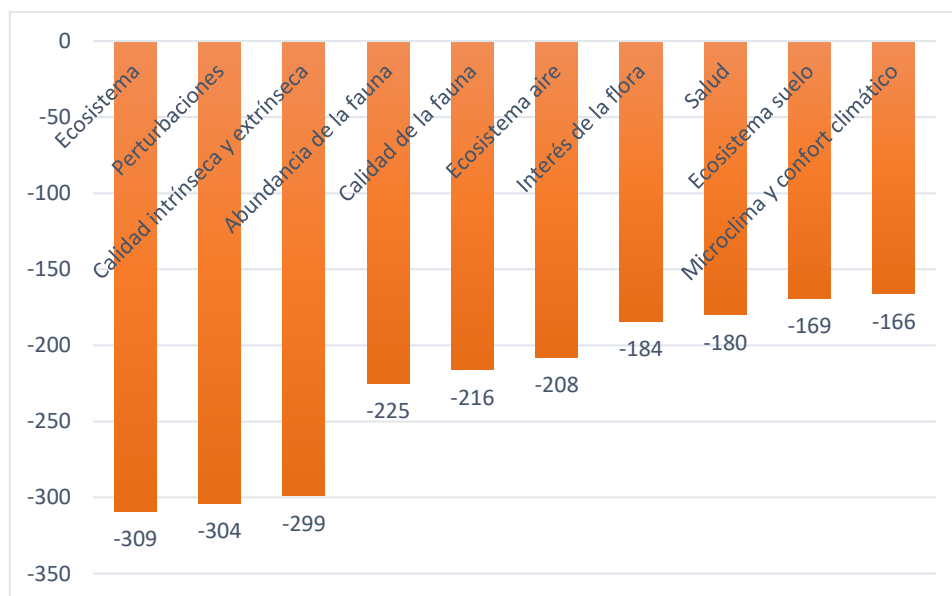


Figura 12. Factores Ambientales de la Fase de Funcionamiento Según su Valoración Absoluta. Fuente: Propia.

Por otro lado, en la fase de funcionamiento se lleva a cabo la actividad de revegetalización y embellecimiento paisajístico, la cual, es la más beneficiosa para el medio, impactando el 91% de los factores considerados y con una importancia relativa sobre el medio de 40.71.

Impacto sobre los componentes ambientales:

Referente a los componentes ambientales y su nivel de impactación durante la fase de funcionamiento (Figura 13), el componente que recibió mayor presión fue el aire (-791), pero, el componente a través del cual el medio se degrado en mayor manera, fue el componente fauna. De los 167 impactos ambientales estimados de las actividades de la fase de funcionamiento sobre los factores ambientales, el 2% representan impactos críticos, siendo ocasionados por la actividad utilización de maquinaria propia de la industria sobre los factores: calidad del aire, contaminación secundaria del aire y calidad intrínseca y extrínseca del componente paisaje.

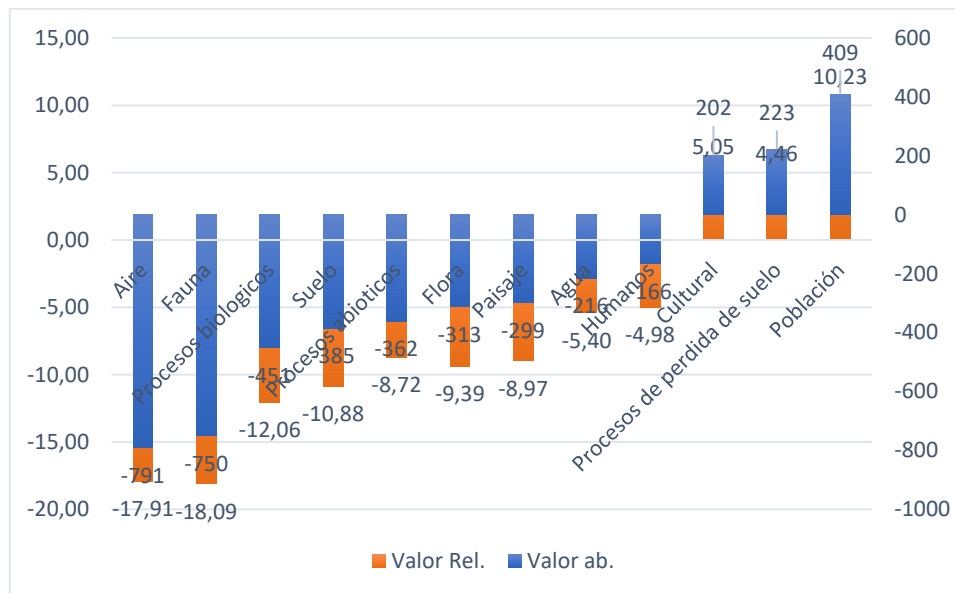


Figura 13. Valoración Absoluta Y Relativa De Los Componentes Ambientales Para La Fase De Funcionamiento. Fuente: Propia.

Fase de abandono

Impacto sobre los factores ambientales:

Esta fase se caracteriza por tan solo considerar cuatro actividades, asimismo, es la fase en la cual el medio recibe menos presión por parte de las actividades (Ab: -2128; Rel: -54.28).

Se observa que el factor erosión del suelo es, tanto el factor ambiental más perjudicado en sí mismo (-215), como el factor que más perjudica al medio en general (-5.38), seguido por el

ecosistema suelo (Ab: -179; Rel: -5.37) y la calidad intrínseca y extrínseca del componente paisaje (Ab: -166; Rel: -4.98).

Con forme a la valoración de importancia, el 46% se puede considerar severa, el 52% moderada y el 2% tiene naturaleza benéfica.

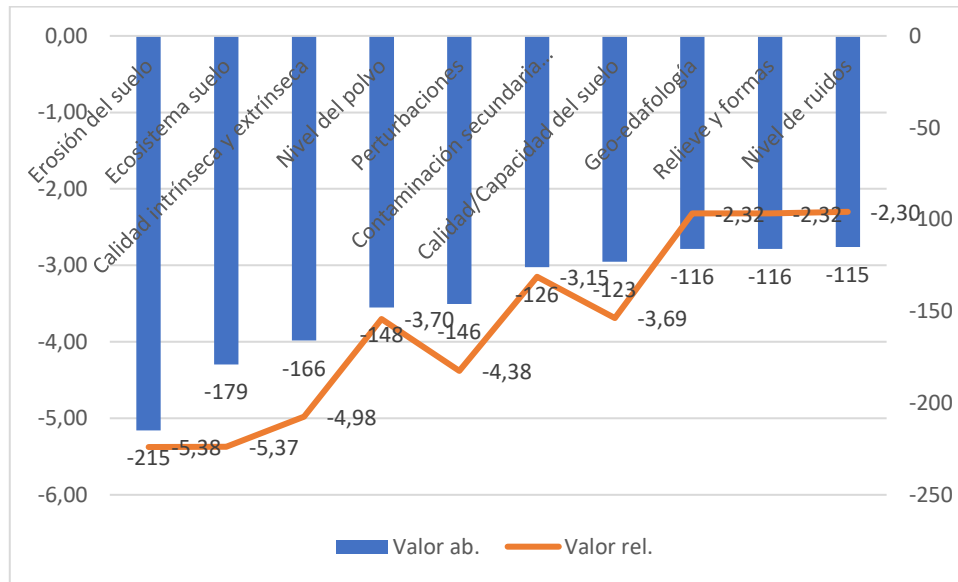


Figura 14. Valoración Absoluta y Relativa de los Factores Más Afectados Durante la Fase de Abandono.
Fuente: Propia.

Los componentes ambientales, tanto para la valoración absoluta, como para la ponderación relativa, siguen el mismo patrón de degradación, donde, el componente más degradado es el componente suelo (Ab: -534; Rel: -13.7), seguido por el componente aire (Ab: -512; Rel: -12), procesos abióticos (Ab: -426; Rel -10.23).

Por otra parte, con respecto a las actividades desarrolladas durante la fase de abandono, la actividad más perjudicial es la de explosiones y voladuras, afectando el 41% de los factores ambientales. De esta presión, el 77% son impactos severos y el 23% restante son moderados.

De los 44 posibles efectos de las actividades consideradas sobre el medio, el 45% es severo, el 52% es moderado y el 3% es beneficioso.

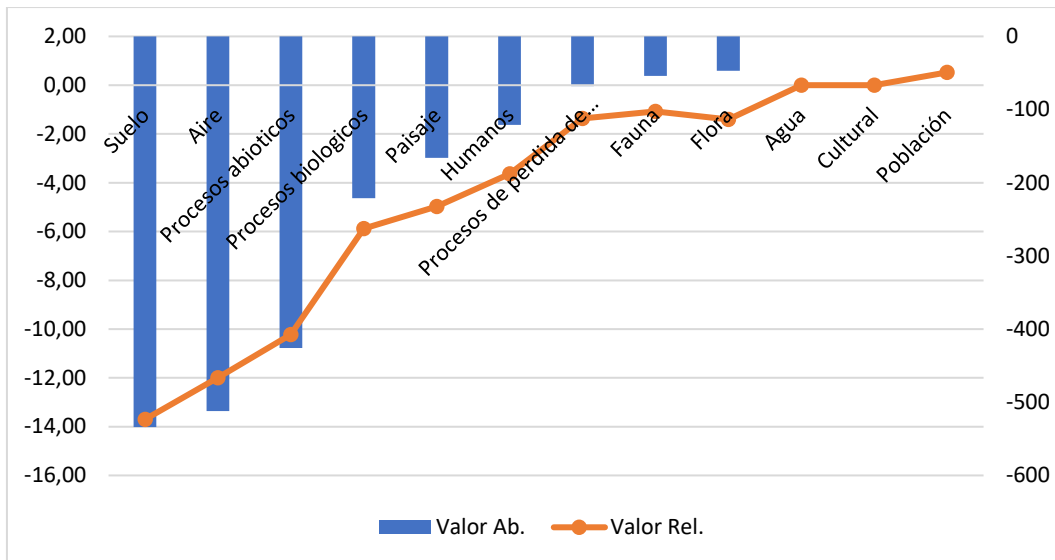


Figura 15. Valoración Absoluta y Relativa de los Componentes Ambientales en la Fase de Abandono.
Fuente: Propia.

Impacto de las actividades sobre el medio.

Con respecto a las actividades consideradas para el desarrollo del proyecto, la actividad que más podría degradar el medio sería el desbroce y tala realizado durante la fase de construcción (-35.98), seguida por la utilización de maquinaria propia de la industria (-34.42), durante la fase de funcionamiento y la utilización de maquinaria pesada y utillaje de percusión en la fase de construcción igualmente.

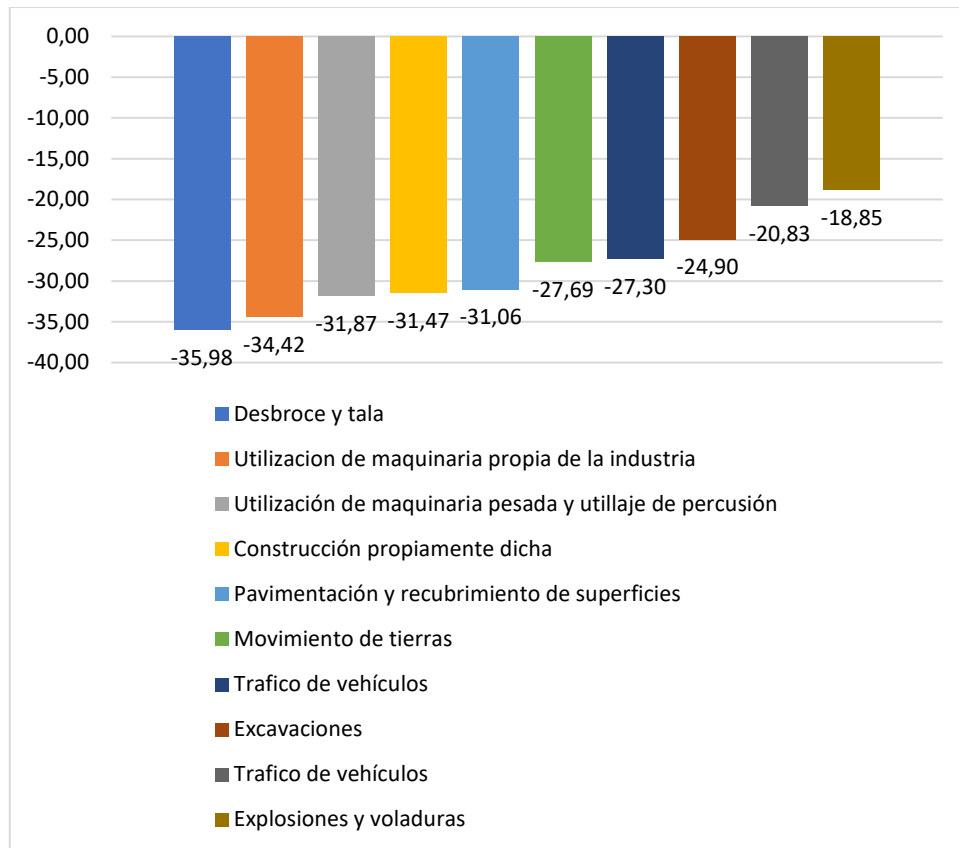


Figura 16. Actividades más Perjudiciales. Fuente: Propia.

Análisis de Resultados

Fase de construcción

Factores ambientales: Conforme a los resultados expuestos en el apartado anterior, es necesario mencionar nuevamente que la valoración relativa es aquel mecanismo mediante el cual todos los factores ambientales se puedan contemplar en conjunto. Mientras que la valoración absoluta da a conocer la degradación o reconstrucción propia del factor.

En ese orden de ideas, observamos que, de acuerdo a la clasificación por fases del proyecto, en la fase de construcción, el factor ambiental más perjudicado en sí mismo y por medio del cual, el medio se ve mayormente afectado, fue el ecosistema suelo (Figuras 9 y 10), siendo que, el 83% de las actividades de la fase, ejercen presión sobre él, de las cuales, el 30% son impactos moderados, el 50% son impactos severos y el 20% representa impactos críticos.

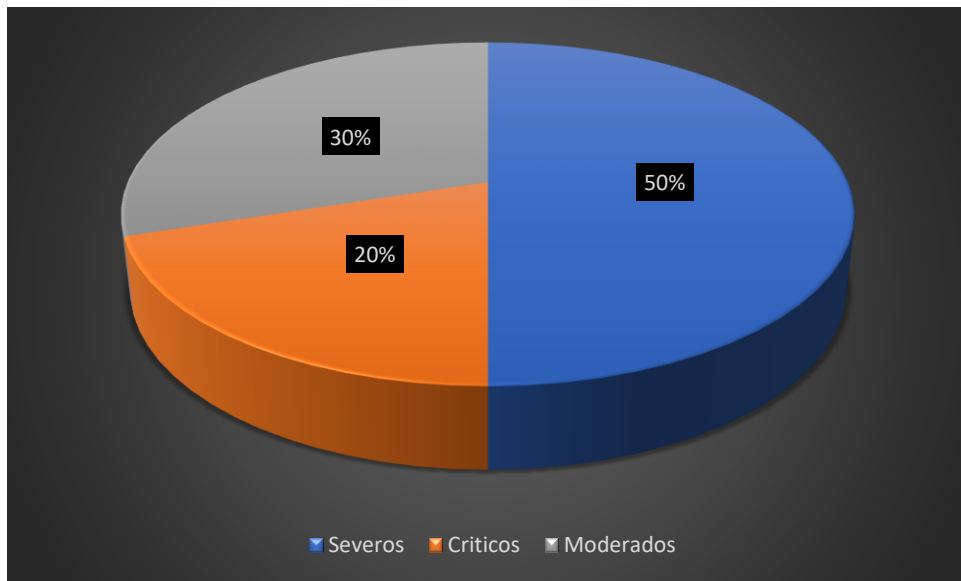


Figura 17. Impactos Sobre el Factor Ecosistema Suelo en la Fase de Construcción. Fuente: Propia

Este resultado se debe a que, en la fase de construcción se transforma muy abruptamente el medio, iniciando por la desaparición de la cobertura vegetal, pasando por el movimiento de tierras y la utilización de maquinaria pesada y utillaje de percusión, hasta la pavimentación y recubrimiento de superficies.

El suelo al ser el soporte físico del hombre y de todo ser viviente en general, se convierte a su vez, en un sistema tanto frágil como fundamental, puesto que, al perder la cobertura vegetal queda expuesto a procesos erosivos, a la radiación solar y a la pérdida de su calidad intrínseca entre otros muchos efectos, tendiendo así a la desertificación y, en zonas de pendientes remarcadas, a desprendimientos de tierra. De la misma manera, las estrechas relaciones ecológicas dispuestas entre fauna, flora y medio abiótico, en donde, entre otras se cabe mencionar los ciclos biogeoquímicos, se irán degradando, ocasionando que procesos que son fundamentales para la supervivencia de la vida en la tierra, pierdan su calidad tanto en magnitud como en efecto.

Es por lo anterior que, los en las posiciones subsecuentes a estas, tanto en valoración absoluta como en ponderación relativa, los factores ambientales más afectados son aquellos que pertenecen al componente suelo

Componentes ambientales: Respecto a los componentes ambientales, como se mencionó anteriormente, el componente suelo fue el mayor afectado, en cuanto, al daño intrínseco del componente (-1960), como en la degradación general del aportada al medio (-50.66). En este componente, se presenta el 15% de las interacciones de la fase y el 8% de las interacciones a nivel general.

De estas interacciones, todas presentan naturaleza perjudicial, de las cuales, el 35% son moderadas, el 47% son severas y el 18% son críticas

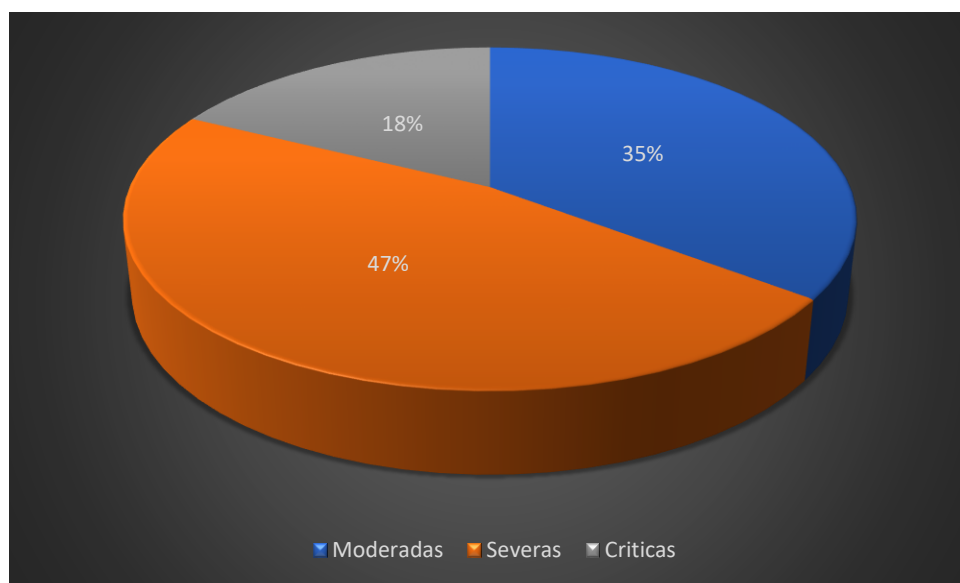


Figura 18. Clasificación de los Impactos del Componente Suelo en la Fase de Construcción. Fuente: Propia.

Las actividades que causan mayor degradación al componente suelo y por consiguiente adoptan una importancia crítica, son: movimientos de tierras sobre el factor ecosistema suelo, utilización de maquinaria pesada y de percusión sobre los factores calidad/capacidad y geodafología, pavimentación y recubrimiento de superficies sobre el factor calidad/capacidad y la construcción propiamente dicha sobre los factores ecosistema suelo y la calidad/capacidad, siendo este último, el factor ambiental más perjudicado por los impactos críticos, ya que el 50% de estos ejerce presión sobre dicho factor.

Por otra parte, el segundo componente ambiental más perjudicando en la fase de construcción, fue el componente aire, tanto en la adición absoluta (-1842), como en la valoración relativa (-41.67).

Sobre dicho componente, se presenta el 19% de las interacciones en la fase de construcción y el 10% de las interacciones del proyecto con el medio en general. De estas interacciones, a nivel de fase, 2% tiene naturaleza positiva, mientras que el 98% restantes presenta algún perjuicio para varios factores, en donde, el 69% de los impactos es moderado y el 31% restante son severos, sin presencia de impactos críticos.

Las actividades que más degradan la calidad ambiental en el componente aire son: el desbroce y la tala, el tráfico de vehículos y la construcción propiamente dicha. Teniendo en cuenta lo anterior, es comprensible la degradación del componente debido a que, con la eliminación de la cobertura vegetal, la capacidad de asimilar dióxido de carbono y mediante la fotosíntesis, transformarlo en oxígeno y glucosa, se pierde, hecho que, aunado al vertimiento de gases generados a partir de fuentes móviles, como lo son los vehículos y a la utilización de maquinaria y a la emisión de diversos materiales particulados utilizados para la construcción de la infraestructura del parque industrial, conllevan a una profunda degradación del aire, eso sin tener en cuenta los procesos posteriores de dichos contaminantes al tener contacto con la radiación solar y los componentes presentes en la atmosfera (contaminación secundaria).

Por consiguiente, las actividades que más degradan el medio durante la fase de construcción son: el desbroce y tala, que ejerce presión sobre el 75% de los factores, en donde, el 4% son impactos benéficos, el 16% son moderados, el 76% son severos y el 4% son críticos (procesos de perturbaciones); utilización de maquinaria pesada y utillaje de percusión, el cual, impacta al 75% de los factores, de los cuales, el 54% son moderados, el 33% son severos y el 13% son críticos (ecosistema suelo, estabilidad de los suelos y erosión del suelo);

y construcción propiamente dicha, afectando así al 81% de los factores, resultando que, el 8% de los impactos son positivos, el 4% son mínimos, el 31% son moderados, el 38% son severos y el 19% son críticos (calidad/capacidad del suelo, ecosistema suelo, erosión del suelo, ecosistema de la fauna y procesos de perturbaciones).

Tanto la vegetación, como el suelo, hacen parte de una simbiosis perfecta en la cual, el primero depende directamente del segundo para conservarse saludable haciendo de esta una interacción recíproca. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2015) “la vegetación, la cobertura vegetal y los bosques previenen la degradación del suelo y la desertificación al estabilizarlos, mantener el agua, el ciclo de nutrientes y reducir la erosión hídrica y eólica”. Por su parte, el suelo provee de sustrato para las plantas, nutrientes y agua, entre otras valiosas contribuciones. La compactación de los suelos, las emisiones de gases contaminantes y material particulado y la producción de ruido y vibraciones generados a partir de la actividad de la maquinaria pesada y el utillaje de percusión, impactan principalmente al componente aire y suelo principalmente, además de la flora y directamente la fauna.

Fase de funcionamiento

Esta fase, se caracteriza principalmente por ser la fase más duradera, debido a que, una vez iniciadas las operaciones, la estimación del tiempo de vida útil, se define por el uso, la conservación y el mantenimiento de la infraestructura. Por otra parte, es la segunda fase en cuenta al número de actividades consideradas, con el 36% de las mismas.

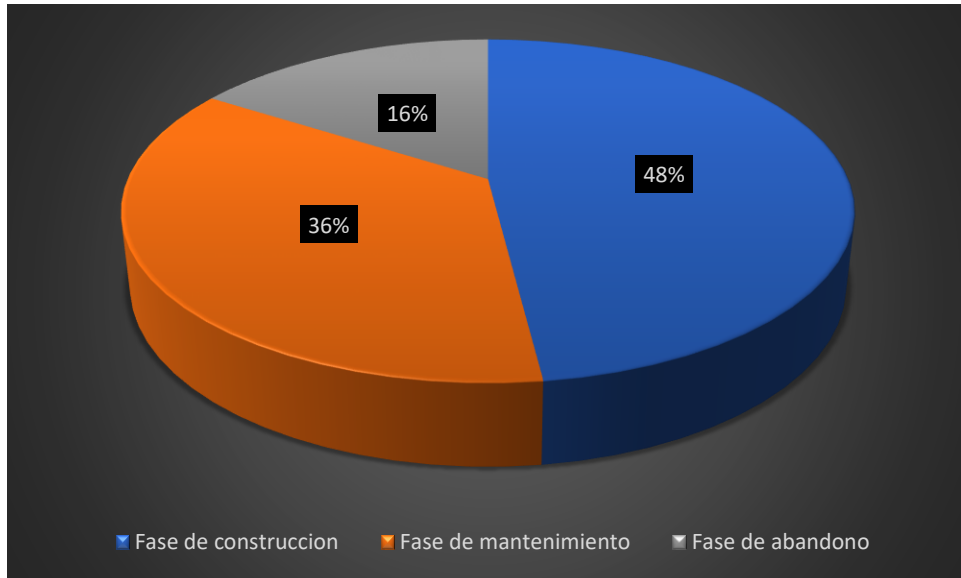


Figura 19. Distribución de las Actividades Consideradas con Respecto a las Fases. Fuente: Propia.

Por otra parte, también es la segunda fase con respecto a la valoración tanto absoluta (-4653) como relativa (-76.66).

como relativa (-76.66).

Factores ambientales: Los factores ambientales más perjudicados por la ejecución del proyecto parque Industrial (Figura 12 y Tabla 9), son los ecosistemas del componente fauna siendo que, sobre él, ejercen presión el 89% de las actividades consideradas para esta fase, de las cuales, el 11% de los impactos sobre el factor son de naturaleza benéfica, mientras el 44% son impactos moderados y el 33% son severos. Estos impactos severos son producidos a partir de la utilización de maquinaria propia de la industria y el transporte de mercancías, esto se debe a la fragilidad de los ecosistemas naturales, generada luego de la intervención humana por el emplazamiento de la obra. La destrucción de la vegetación, es un elemento fundamental para la desaparición de la fauna nativa, conllevando así, la desaparición de las relaciones ecológicas existentes entre fauna, flora y entorno, sumado a la acción continua de las actividades ya mencionadas, que se convierten en barreras ecológicas para la puesta en marcha de los procesos de sucesión natural.

El segundo factor ambiental más afectado en la fase de funcionamiento, son los procesos de perturbaciones, definidos como aquellos procesos pertenecientes a la dinámica de los ecosistemas, siendo parte fundamental para la puesta en marcha de los procesos de sucesión ecológica y, por ende, de la evolución continua de los mismos. Similar a lo sucedido con el factor ecosistema del componente fauna, la acción de actividades con persistencia continua de los efectos sobre el medio, hace imposible la ejecución de aquellos procesos que hacen parte de la dinámica natural de los ecosistemas y que permiten su constante evolución. Sobre este factor ambiental ejercen presión el 89% de las actividades consideradas para esta fase, y similar al factor ecosistema, el 11% de estos impactos, tiene naturaleza positiva, 56% son impactos moderados y el 22% son impactos severos, correspondiendo a las actividades utilización de maquinaria propia de la industria y transporte de mercancías.

A través de estas actividades se emiten gases y material partícula a la atmosfera, lo que a su vez interviene en el microclima, sensación y confort climático, aspecto que, aunque subjetivo, limita la actividad de algunas especies vegetales y animales, degradando los procesos ecológicos llevados a cabo en el interior de los ecosistemas y alterando la periodicidad de los disturbios.

Componentes ambientales: El componente ambiental en la fase de funcionamiento más afectado intrínsecamente fue el componente aire (-791), pero a través de la ponderación relativa se evidencio que la mayor afectación con respecto al medio en general, la recibió el componente fauna (-18.09).

El componente aire es afectado por el 19% de los impactos respecto a la fase, y el 7% con respecto al proyecto en general. De estos impactos, el 19% genera beneficios para el medio, mientras el 58% son impactos moderados, el 19% son impactos severos y el 4% son impactos críticos, estos últimos, son ocasionados por la actividad, utilización de la maquinaria propia de la industria sobre la calidad del aire. Lo anterior, se debe a que los subproductos de dichas

actividades son por lo general, gases efecto invernadero, como dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre; y sustancias agotadoras de la capa de ozono, es decir, derivados orgánicos cloro-fluorados.

Por su parte en el componente fauna, se llevan a cabo el 13% de los impactos sobre la fase y el 5% de los impactos del proyecto. De estos impactos el 14% representan beneficios en algún nivel, el 59% son moderados y el 27% de los impactos son severos. Las actividades más perjudiciales para los factores pertenecientes al componente fauna son la utilización de maquinaria propia de la industria y el transporte de mercancías. En el caso de la primera actividad, todos los impactos sobre el componente fauna son severos, mientras que, para el transporte de mercancías, el 67% de los factores ambientales son impactos severos y el 33% restante son impactos moderados.

Las perturbaciones ocasionadas por la utilización de maquinaria propia de la industria y el transporte de mercancías, van desde: la alteración del comportamiento de la fauna a causa del ruido, las vibraciones y la contaminación inherente, lo cual, a su vez resulta en desequilibrios ecosistémicos, pérdida de los valores estético-culturales, la pérdida de la productividad de los ecosistemas y la alteración de los procesos biológicos.

Respecto a las actividades que ejercen presión sobre los factores ambientales sobre la fase de funcionamiento (Figura 20), se presentaron el 38% de los impactos totales considerados a través de la ejecución del proyecto, de los cuales el 52% resultaron ser de naturaleza positiva, 73% de los impactos fueron moderados. 39% severos y el 3% críticos, cabe resaltar que, todos los impactos críticos generados por la acción del proyecto en esta fase de la obra son ocasionados por la actividad utilización de maquinaria propia de la industria.

Dicha actividad, fue la acción más perjudicial para el medio, impactando al 81% de los factores ambientales. El 4% de los impactos ocasionados por esta actividad son benéficos, el 27% son moderados, el 58% son severos y el 11% son críticos. Estos impactos son sobre los

factores calidad del aire, contaminación secundaria del aire y calidad intrínseca y extrínseca del componente paisaje.

Por otra parte, las actividad que más beneficio ocasionaron mediante su desarrollo, fueron aquellas relacionadas a revegetalización y diseño paisajístico las cuales afectaron el 91% de los factores ambientales, en donde, sobre todos causaron impactos positivos, que van desde la re-estabilización de los productores primarios de energía en los ecosistemas, la absorción del dióxido de carbono y la fijación de oxígeno, la atenuación del ruido y las vibraciones, así como la disminución de los olores ofensivos, la estabilización de taludes, la recuperación de los valores estéticos y posiblemente culturales.

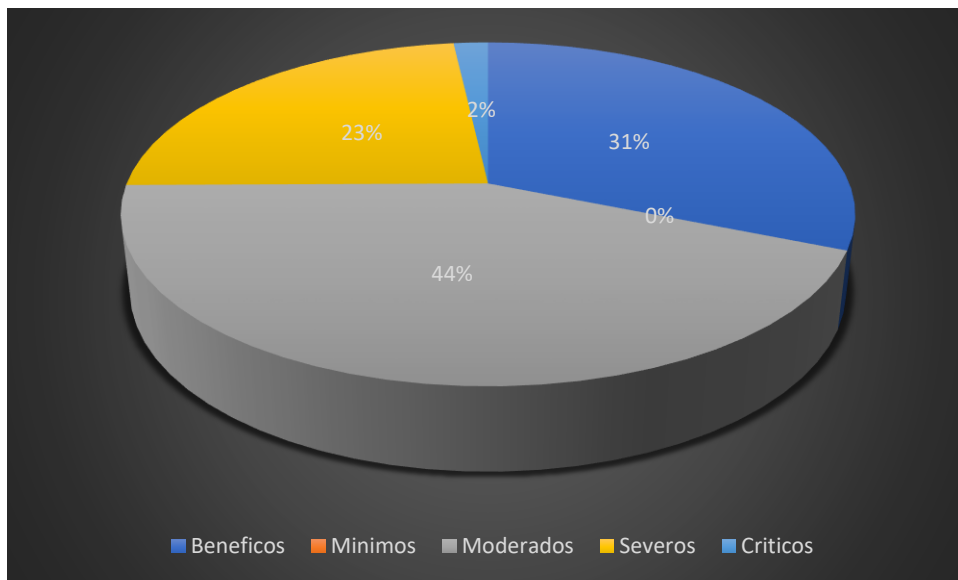


Figura 20. Clasificación de los Impactos Ambientales en la Fase de Funcionamiento. Fuente: Propia.

Fase de abandono

Factores ambientales

La fase de abandono es la fase que considera menos actividades, siendo tan solo el 16% actividades, sobre las cuales se presenta se ejercen el 10% de los impactos totales.

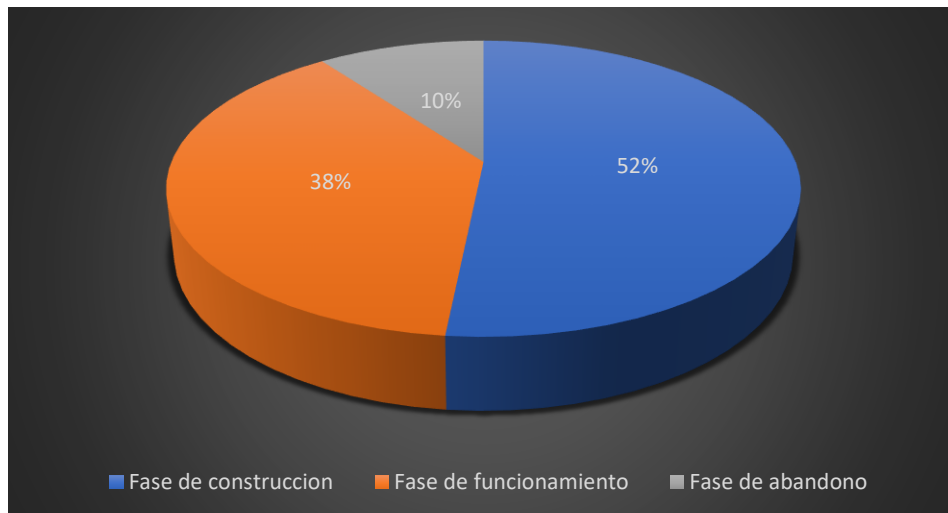


Figura 21. Impactos Ambientales Sobre las Fases del Proyecto Parque Industrial Tequendama IV

Los factores ambientales más perjudicados durante el desarrollo del proyecto durante la fase de abandono (Figura 15), fueron la erosión del suelo (Ab: -215; Rel: -5.38), ecosistema suelo (Ab: -179; Rel: -5.37) y la calidad intrínseca y extrínseca del componente paisaje (Ab: -166; Rel: -4.98).

La erosión del suelo es afectada por todas las actividades consideradas de las cuales el 50% son de carácter severo y el 50% de carácter moderado. Las actividades con un impacto severo son el abandono de elementos y estructuras y el transporte o vertedero de residuos.

Por su parte, el ecosistema suelo es afectado por el 75% de las actividades consideradas, de las cuales, todos son impactos severos, siendo el mismo caso del factor calidad intrínseca y extrínseca.

La infraestructura abandonada afecta directamente a la biodiversidad, promueve los procesos erosivos y el deterioro de la calidad paisajística de la zona afectada (Diario de la Universidad Pablo Olavide, 2009). Similarmente, la demolición de la infraestructura afecta fuertemente los factores ruido, el relieve y las formas del terreno y la calidad paisajística en general.

Por otra parte, la actividad más dañina, durante la fase de abandono fue la de explosiones y voladuras, afectando al 40% de los factores, siendo que el 77% de estos impactos serian severos y el 23% restante moderado.

Propuestas de planes de manejo

Titulo propuesta	
Manejo Integrado de Residuos Solidos	
Objetivo	
Diseñar un sistema integrado de manejo de residuos sólidos de la obra, durante las fases de construcción y operación	
Meta	Indicadores de Cumplimiento
<ul style="list-style-type: none"> Ejecución del 100% de las actividades provistas en el programa. No registrar episodios de contaminación por residuos sólidos 	$\left(\frac{\text{Actividades ejecutadas}}{\text{Numero de actividades programadas}} \right) * 100$
Actividades que lo Producen	Impactos a manejar
<ul style="list-style-type: none"> Desbroce y tala Movimiento de tierras Instalación del campamento (almacenes, baños y oficinas) Acopio de materiales Excavaciones Demanda de mano de obra Pavimentación y recubrimiento de superficies Construcción propiamente dicha Aumento del riesgo de accidentes laborales Generación y manejo de residuos de construcción Nivel de ocupación poblacional Infraestructura Actividades de oficina Mantenimiento de la infraestructura Utilización de maquinaria propia de la industria Almacenamiento de productos Actividades de revegetalización y embellecimiento paisajístico 	<ul style="list-style-type: none"> Contaminación del agua. Alteración de la morfología. Contaminación de los suelos

<ul style="list-style-type: none"> • Abandono de elementos y estructuras • Depósito de materiales de derribo • Transporte o vertedero de residuos • Explosiones y voladuras 	
Tipo de medida a ejecutar	
Control: X	Prevención: X Mitigación: X Corrección: X
Descripción de las acciones a ejecutar	
<p>Las actividades propuestas permitirán racionalizar la generación, manejo y disposición de residuos sólidos mediante técnicas de reciclaje y la minimización de la generación.</p> <p>Reciclaje y minimización de los residuos sólidos.</p> <p>Esta actividad está encaminada a racionalizar y minimizar la generación de los residuos sólidos en los frentes de obra, durante la fase de construcción. El proyecto de reciclaje permitirá la reutilización de desechos, evitando la contaminación y reduciendo la utilización de recursos naturales.</p> <p>Se deberá suscribir un convenio con la empresa prestadora del Servicio de Aseo de la zona para la recolección de los residuos por lo menos una (1) vez por semana, aprovechando las rutas de recolección establecidas.</p> <p>Definición de los residuos que se producirán y sitios de acopio:</p> <p>Tipo 1, Residuos reciclables y/o reutilizables. Corresponden a este grupo materiales papeles, metales, plásticos que deben ser recolectados y almacenados en el campamento, protegida de los cambios climáticos, hasta que sean recolectados por la empresa de recolección de basura.</p> <p>Tipo 2. Residuos peligrosos o contaminados. Material de bajo volumen de generación, este tipo de residuo no puede ser mezclado con ningún otro dada sus características, en su mayoría recipientes de aceites y combustible para los equipos que no pueden ser transportados hasta el sitio adecuado, por tanto, desde el momento de su producción, serán recolectados y devueltos al proveedor de dichos productos como son las Estaciones de servicios los cuales cuentan con programas diseñados para la disposición de estos residuos.</p> <p>Los residuos peligrosos generados en el proyecto, tales como aserrín, telas o estopas impregnadas de hidrocarburos, serán gestionados (incinerados) a través de la empresa prestadora del Servicio de Aseo de la zona.</p> <p>Tipo 3. Residuos orgánicos. Sobrantes de comida, estos son transportados por cada trabajador en recipientes plásticos que luego son retornados a su lugar de origen.</p> <p>Tipo 4. Residuos no aprovechables: Conocidos más comúnmente como basuras, son almacenadas en obra y recolectados una vez por semana al vehículo de recolección de basura de la zona.</p>	
Registro de Cumplimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Registro fotográfico. • Constancia de recibo de residuos por parte de la Empresa gestora. • Canecas o infraestructura para el almacenamiento temporal. 	

Titulo propuesta

Control contaminación del suelo			
Objetivo			
Reducir los impactos negativos sobre el suelo generados a partir de las actividades de emplazamiento del parque industrial			
Meta		Indicadores de Cumplimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento de las actividades propuestas para la obtención del objetivo del plan de manejo • Conservar las propiedades del suelo a fin que a futuro siga siendo la base para el sostenimiento de los ecosistemas 		$\left(\frac{\text{Actividades ejecutadas}}{\text{Numero de actividades programadas}} \right) * 100$	
Actividades que lo Producen		Impactos a manejar	
<ul style="list-style-type: none"> • Desbroce y tala • Movimiento de tierras • Instalación del campamento (almacenes, baños y oficinas) • Acopio de materiales • Utilización de maquinaria pesada y utillaje de percusión • Tráfico de vehículos • Excavaciones • Pavimentación y recubrimiento de superficies • Construcción propiamente dicha • Generación y manejo de residuos de construcción • Nivel de ocupación poblacional • Infraestructura • Tráfico de vehículos • Transporte o vertedero de residuos <ul style="list-style-type: none"> • Explosiones y voladuras 		<ul style="list-style-type: none"> • Degradación del suelo 	
Tipo de medida a ejecutar			
Control: X	Prevención: X	Mitigación: X	Corrección: X
Descripción de las acciones a ejecutar			
<p>Áreas verdes y de conservación Con el objetivo encaminar los procesos de desarrollo industrial en vías del desarrollo sostenible, es necesario que se delimiten de manera visible las áreas de conservación y área verdes que se encuentren ya sea en el área de influencia de la obra, como en las cercanías de las mismas. Así mismo, en las áreas verdes propuestas en el diseño paisajístico del parque industrial deberán estar presentes especies nativas del bosc seco montano bajo, que no solo representen un valor ecológico de peso, sino que en lo posible cultural. Las especies implementadas deberán tener funciones afines a los requerimientos edáficos. Así mismo se deberán aplicar todas las estrategias necesarias con el fin de que se asegure la capacidad de llevar cabo espontáneamente los procesos de sucesión ecológica de las áreas naturales circundantes de la obra.</p> <p>Tránsito de vehículos Por otro, todas las clases de vehículos, sean pasados o particulares solo deberán transitar por los sitios en los cuales por medio del plano de la obra se haya estipulado.</p>			

Áreas de acopio de residuos

Así mismo, la disposición de residuos de cualquier índole deberá llevarse a cabo solo en el área dispuesta con anterioridad en lo posible no sobre el suelo descubierto, sino sobre alguna estructura que cumpla la función, en la medida de lo posible no de cemento, concreto o similares

Eliminación de cobertura vegetal

Puesto que, la cobertura vegetal es una de las principales medidas de protección del suelo para impedir la erosión, la eliminación de la mismas representa un grave riesgo para la calidad del sustrato. La cobertura vegetal del área dispuesta para el emplazamiento debe ser eliminada solo bajo dos circunstancias

1. Si el correcto desarrollo del proyecto así lo concibe
2. Si la vegetación corresponde a especies invasoras cuyos efectos sobre el ecosistema en general son mayormente negativos.

De lo contrario la vegetación nativa debe ser protegida, conservada y objeto de restauración si así se requiere.

Registro de Cumplimiento

- Estudios de suelo
- Registro fotográfico
- Inventario de especies a establecer en las áreas verdes del parque industrial
- Ubicación de áreas de conservación más cercanas

Titulo propuesta	
Control de contaminación atmosférica	
Objetivo	
Establecer medidas de control de contaminación atmosférica con el fin de dar cumplimiento a la normatividad nacional en este aspecto	
Meta	Indicadores de Cumplimiento
<ul style="list-style-type: none">• Cumplimiento de las actividades propuestas para la obtención del objetivo del plan de manejo• Mantener los niveles de contaminación atmosférica en los límites permisibles según la normatividad nacional vigente	$\left(\frac{\text{Actividades ejecutadas}}{\text{Numero de actividades programadas}} \right) * 100$
Actividades que lo Producen	Impactos a manejar
<ul style="list-style-type: none">• Desbroce y tala• Movimiento de tierras• Acopio de materiales• Utilización de maquinaria pesada y utillaje de percusión• Tráfico de vehículos• Pavimentación y recubrimiento de superficies• Construcción propiamente dicha• Generación y manejo de residuos de construcción	<ul style="list-style-type: none">• Aumento de los niveles de contaminación atmosférica

<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de mercancías • Transporte o vertedero de residuos • Explosiones y voladuras 			
Tipo de medida a ejecutar			
Control: X	Prevención: X	Mitigación: X	Corrección:
Descripción de las acciones a ejecutar			
<p>Fuentes Móviles Se deberá tener un inventario de los vehículos, compactadores volquetas, buldócer, y toda herramienta que para su funcionamiento requiera de combustibles fósiles, sus respectivos documentos al día en cumplimiento de la normativa colombiana según corresponda. Cuando alguno de estos equipos presente alguna falla ya sea de fuga de combustible, aceite o emisiones de gases fuera de lo norma, será alejado de las actividades que este desarrollando y se someterá a revisión y reparación lo más pronto posible</p> <p>Fuentes Fijas Las principales fuentes fijas de emisión de material particulado en el área de trabajo, son aquellas que cumplen funciones de acopiamentos ya sea de materiales de construcción como cemento o residuos de demolición, por lo cual, para prevenir el levantamiento de material particulado se recurrirá a humectación de las áreas según corresponda</p>			
Registro de Cumplimiento			
<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de los certificados tecno mecánicos de los vehículos 			

Conclusiones

La ejecución de del proyecto parque industrial Tequendama IV ejerce una presión crítica durante la fase de construcción, fase que fue la más perjudicada sobre los factores ecosistema suelo, capacidad/calidad del suelo, los procesos de perturbaciones, los ecosistemas de la fauna y la densidad de la flora y en general sobre el componente suelo debido a las múltiples alteraciones que conllevaron el deterioro de su estructura, composición y funcionamiento.

De la misma manera, fue durante el desarrollo de la fase de construcción, que se ejecutó la actividad más perjudicial para el medio, siendo esta el desbroce y tala de la cobertura vegetal, actividad que fue especialmente agresiva sobre los factores procesos de perturbaciones, erosión del suelo, ecosistema suelo, calidad/capacidad del suelo e interés y densidad de la flora.

En contraste a lo anterior, las actividades que representaron más beneficios para el medio fueron aquellas relacionadas con actividades de revegetalización y diseño paisajístico, llevadas a cabo durante la fase de funcionamiento.

Durante la fase de construcción se produjeron el 81% de los impactos críticos generados por la acción de la obra sobre el medio. De estos impactos críticos, el 38% se desarrollaron en el componente suelo, principalmente en el factor capacidad/calidad del suelo.

En la fase de construcción los factores ambientales más degradados son: el ecosistema del componente fauna, los procesos de perturbaciones, la calidad intrínseca y extrínseca del componente paisaje el interés de la flora y el factor salud. Es de resaltar el hecho de que, teniendo en cuenta la ponderación relativa de los factores ambientales, el factor con la valoración más alta durante la fase de funcionamiento, es levemente mayor que el décimo factor mayormente valorado durante la fase de construcción; y de acuerdo a la valoración absoluta, el factor con mayor degradación, se ubicaría en la posición número 21 con respecto a la importancia del impacto de los factores durante la fase de construcción. Lo anterior evidencia, el grado de agresividad de las actividades ejecutadas durante esta última fase en comparación con las del resto de fases.

Durante la fase de funcionamiento, se generaron el 19% de los impactos críticos, todo producto de la actividad, utilización de maquinaria propia de la industria sobre los componentes paisaje, procesos y aire. A pesar de la anterior, fue el componente fauna sobre el cual, dicha actividad demostró mayor agresividad y por lo que, en parte, fue el componente más perjudicado durante la fase.

Por último, la fase de abandono fue la fase que se consideró menos dañina para el medio, siendo que los factores ambientales más perjudicado fueron la erosión del suelo, y el ecosistema suelo, pero, a pesar de ello, en relación a la afectación que sufrieron todos los

factores ambientales durante la fase de construcción, la importancia obtenida por los factores erosión de suelo y ecosistema suelo, ocuparía el lugar 25 y 26 respectivamente.

La actividad más agresiva durante la fase de abandono fue la explosión y voladura de la infraestructura abandonada, ejerciendo importante presión sobre el componente aire, pero a pesar de ello, el componente suelo fue el ms degradado.

Línea Base Ambiental

Medio natural.

Medio físico.

Suelos.

El proyecto se caracteriza por ubicarse en el fondo de una depresión con altas pasturas (Aproximadamente 1 m de espesor), en donde, al pie de la pendiente, se encuentran varias plantas distribuidas entre 12 especies. Al tomarse tres muestras de suelo para su estudio (Tabla 10), se evidenció que la muestra número 1 (Figura 22), ubicada en un punto intermedio entre la quebrada y el pie de la elevación, presenta suelos oscuros y con textura franco-arcillosa, las cuales brindan al suelo una buena estructura y lo hacen uno de los más equilibrados al presentar porcentajes similares entre limos, arenas y arcillas, pero, por la particularidad de ser arcilloso, puede llegar a escasear la aireación y el movimiento del agua puede ser muy lento, afectando la permeabilidad y la cantidad de oxígeno en el suelo.



Figura 22. Cajuela No. 1. Fuente: Propia.

Tabla 10.

Características del suelo en el área de estudio en los diferentes puntos de muestreo.

MUESTRA NO.	UBICACIÓN	NO. DE PERFILES	ESPESOR	COLOR		PRESENCIA DE MOTEADOS		TEXTURA	PEDREGOSIDAD	RESISTENCIA AL ROMPIMIENTO	
				SECO	HÚMEDO	SI	NO			SECO	HÚMEDO
1	Punto intermedio entre quebrada y ladera	1	40 cm	Gris 7.5 YR35/1	Pardo oscuro 7.5 YR3/2	X		Franco arcillosa	Pedregoso	Plástico	Plástico
		2	20 cm	Amarillo pálido 2'5Y8/2	Amarillo pálido 2.5 Y7/3	X					
2	Pastizal	Pasto	1 m				X				
		Raíces	30 cm				X				
3	Pie de ladera	1	20 cm	Gris pardo claro 2.5 Y6/2	Pardo olivo claro 2.5 Y/3	X		Franco arenosa	Pedregoso	Duro	Firma
		2	40 cm	Amarillo pálido 2'5Y8/2	Amarillo pálido 2.5 Y7/3	X					

Fuente: (Cock, Alvarez, & Estrada, 2010); Propia.

Así mismo, a una profundidad de 40 cm (Limite del perfil no. 1) se observó la aparición de parches irregulares de color amarillo oscuro (Figura 23), es decir, moteados, lo cual se traduce en baja cantidad de materia orgánica disponible. Asimismo, la pedregosidad representa un impedimento para el sistema radicular de la vegetación, pero, a pesar de ello, las raíces tanto del pasto como del resto de la vegetación presente, no parece ser afectada (Figura 24), ya que cuentan con una profundidad de más de 60 cm.



Figura 23. Presencia de Moteados en el Primer Perfil del Punto de Muestreo Numero 1. Fuente: Propia.



Figura 24. Sistema Radicular del Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) a una profundidad de 60 cm. Fuente: Propia.

La muestra numero 2 (Figura 25) se tomó más cerca de la quebrada, en un punto en el que el pasto se torna de un color verde más intenso que en el resto del terreno. Allí, la densidad de las pasturas fue mucho mayor que en el punto anterior, debido a que por debajo de esta, hay agua de la quebrada, la cual está contaminada tanto, por aguas residuales domésticas, como por aguas residuales de naturaleza industrial, por lo cual, el terreno propuesto para la siembra de árboles se reduce sustancialmente hasta el punto de no saber, cuáles son las zonas con presencia de agua de la quebrada, debido a que el pasto no permite realizar dicha observación



Figura 25. Punto de Muestreo No. 2. Fuente: Propia

En el punto de muestreo número tres (Figura 26), se observó un cambio relevante en cuanto a la humedad del suelo, ya que, en esta ocasión, el punto seleccionado fue el pie de la pendiente, siendo de los tres puntos de muestreo, el más alejado de la quebrada. La textura de este suelo fue franco-arenosa, textura que, aunque equilibrada, posee mayor porcentaje de arena, partícula que por ser distante la una de la otra, permite que el suelo sea permeable y no tan moldeables en comparación con el punto de muestreo número 1.



Figura 26. Punto de Muestreo No. 3. Fuente: Propia.

En contraste, de acuerdo al estudio de suelos de Cundinamarca del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2000), el suelo del área de estudio es denominado como “la asociación Typic Haplustepts – Lithic Ustorthents”, descrito como una unidad cartográfica, originada

por rocas clásticas, limos arcillosos y depósitos de espesor variable de ceniza volcánica.

Asimismo, debido a las características geográficas del terreno, los suelos del área de estudio son Typic Haplustepts (AC-40), son suelos poco evolucionados con perfiles de tipo A-Bw1-Bw2-R. Asimismo, dichos suelos son de reacción fuerte a ligeramente acida y los niveles de fósforo y magnesio son bajos a través del todo el perfil mientras que el calcio y el potasio presentan niveles medios a altos.

Por su otra parte, la saturación de bases es media en el horizonte superficial y alta en el resto del perfil, la capacidad de intercambio catiónico es media y la fertilidad moderada. Los limitantes para esta clase de suelo son la susceptibilidad a la erosión y el déficit de humedad (IGAC, 2000).

Geología.

El proyecto se encuentra ubicado sobre la cuenca mayor del río Bogotá, en la subcuenca del Muña, la cual, se organiza estructuralmente a partir de las formas de plegamiento, fallamiento y en la depresión tectónica sedimentaria del altiplano (Colmenares Rodríguez & Torres Guerrero, 2012). Asimismo, las divisorias se marcan en el paisaje por escarpes rocosos correspondientes a fallas inversas. El sinclinal de Sibaté es atenuado, en este caso sedimentado con material detrítico lacustre del antiguo lago del altiplano y a su vez, forma el valle aluvial del río Muña, actualmente cubierta por el embalse y parte de la terraza lacustre (Colmenares Rodríguez & Torres Guerrero, 2012).

Con respecto a la actividad sísmica en el área de estudio, según el mapa de zonificación de amenaza sísmica en Colombia (Figura 27), Sibaté se encuentra en una zona de amenaza intermedia, limitando con la zona de amenaza alta

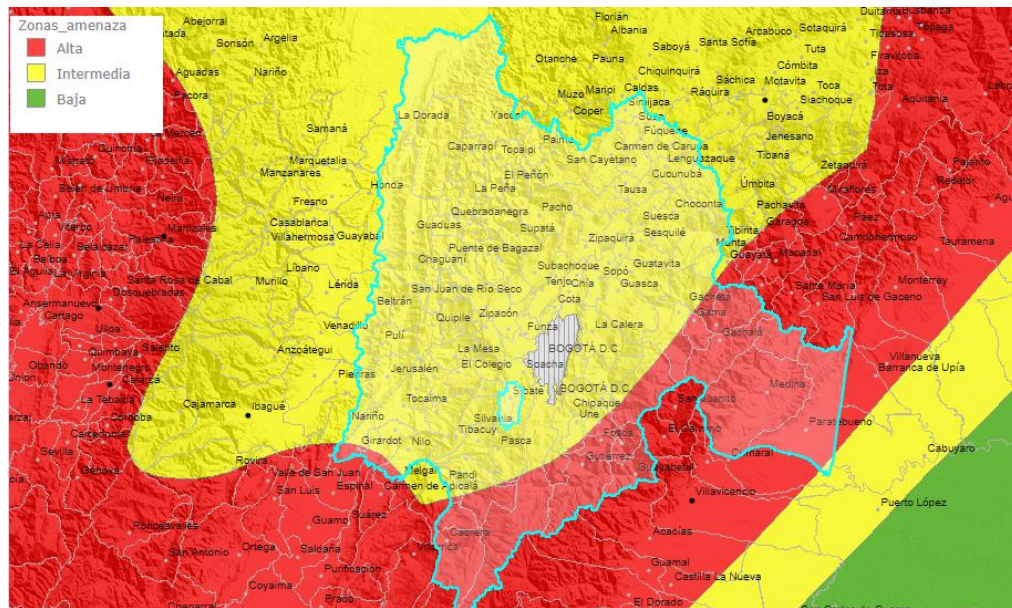


Figura 27. Cundinamarca y Sibaté en el Mapa de Zonificación Sísmica de Colombia. Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2016)

Esta amenaza sísmica se asocia principalmente al Sistema de Fallas del Borde llanero y en menor proporción a con las fallas del Valle Medio del Magdalena

Topografía.

El proyecto se encuentra ubicado en una extensión de la sabana de Bogotá, en un relieve casi plano. Con respecto a Sibaté, Al Sur oriente, se encuentran las cuchillas de San Luís, y Curubital, los altos de los Armadillos y del Zarzo los que se distinguen por tener la cota de mayor elevación, 3.330 metros sobre el nivel del mar (Alcaldía Municipal de Sibate, 2008).

Recursos hídricos superficiales y subterráneos:

Fuentes superficiales. En lo relacionado a fuentes hídricas superficiales, el proyecto se encuentra ubicado sobre la cuenca del río Magdalena, en la subcuenca del río Bogotá, en la mesocuenca del embalse del Muña, el cual, según la IGAC, 2000 “presenta un patrón dendrítico con mediana densidad de drenajes que dirigen sus aguas hacia el embalse del Muña y cuyo eje central mide aproximadamente 20,8 km”.

El municipio de Sibaté es soportado por los ríos: Aguas Claras y Muña, los cuales desembocan en el Embalse del Muña, el cual, a su vez, cumple la función de regular las aguas

de dichos ríos, además de ser una gran fuente de energía eléctrica. En el río Aguas Claras 25 causas drenan sus aguas, entre los que destacan:

- Hato Viejo
- Hungría
- Las Mirlas
- Dos quebradas
- Usaba

Por su parte el río Muña, recibe al río Aguas Claras en las Juntas y desemboca en el río Bogotá en el sector de El Charquito. Así como el río Aguas Claras, el río Muña recibe 16 causas de los cuales los principales son:

- La chorrera
- El oso
- El zarzo
- San Fortunato
- La vieja

Dichos cuerpos de agua (Ríos Aguas Claras y Muña) recorren el municipio desde el sur oriente al noroccidente del municipio.

Fuentes subterráneas. En el caso de las aguas subterráneas, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), mediante el acuerdo 04 de 2006, declaro como zona crítica para el aprovechamiento de aguas subterráneas el municipio de Soacha y parte del municipio de Sibaté (Polígono No. 2), el cual, junto al Polígono No. 1 (Tenjo, el Rosal, Madrid, Funza, Facatativá, Mosquera y parte de los municipios de Cota, Tenjo y Subachoque), presentan la misma problemática, que según la CAR (2008) “es debido a la explotación hídrica en los principales acuíferos de la sabana de Bogotá, el acuífero cuaternario y el acuífero Guadalupe”.

Calidad del agua.

Los cuerpos de agua encontrados en el área de influencia del proyecto, presentan niveles de contaminación preocupantes, debido a la descarga de aguas residuales resultantes de actividades industriales y agrícolas. Como consecuencia de ello, el embalse del Muña, que cubre un área aproximada de 8'930.000 m² (Sarmiento, Idrovo, Restrepo, Diaz M., & González, 1999), y en el que además se descargan aguas del río Bogotá, se ha convertido en problema sanitario para los residentes del municipio de Sibaté, quienes han presentado tendencia padecer enfermedades respiratorias y cutáneas (Alcaldía Municipal de Sibate, 2016), tanto por la presencia de contaminantes en la atmosfera a raíz del embalse como por el consumo de frutas y verduras regadas con aguas del embalse (Tabla 11). Una de las soluciones propuestas para remediar dicha problemática fue El buchón de agua, pero se convirtió en un inconveniente que termino por agudizar la ya degradada esfera ambiental de la zona. Un caso similar es el de la quebrada Chagua, que junto al río Bogotá, recibe las aguas vertidas por algunas de las industriales ubicadas en la zona Industrial del Muña.

Tabla 11.

Concentración de Arsénico, plomo, cromo, cadmio y mercurio en el agua del embalse del Muña, el río Bogotá y algunos vegetales de interés económico en la región.

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS					
MEDIO CONTAMINADO	Arsénico	Plomo	Cromo	Cadmio	Mercurio
Agua (µg/L)					
Embalse del Muña	32-52	0.9-3.4	5.3-16.5	0.16-1.3	0-0.61
Río Bogotá	20-53	0-9	-	8.13	0
Vegetales (µg/Kg)					
Fresa	360.0	448.7	221.4	61.6	<50
Papa	610.0	192.3	214.2	118.9	<50
Cilantro	693.3	179.5	228.5	127.1	<50
Lechuga	5387.8	397.4	2421.4	569.8	<50
Espinaca	4804.4	525.6	2121.4	528.8	<50

Fuente: (Sarmiento, Idrovo, Restrepo, Diaz M., & González, 1999); (Corpoica, 1997).

Climatología.

Las características climáticas en el Parque Industrial Tequendama IV son la expuestas en la a continuación.

Tabla 12.*Características del entorno del Parque Industrial Tequendama IV.*

CARACTERÍSTICA		DESCRIPCIÓN
Altura		2574-3300 msnm
Ubicación		Macizo de Sumapaz
Formación Vegetal		Bosque Seco Montano Bajo (vs-MB)
	CLIMA	
Temperatura	Mínima	12°C
	Máxima	22°C
	Promedio	14°C
Humedad Relativa		70%
Precipitación		843 mm/año
Periodos Lluvioso	Primero	Finales de Marzo, abril, mayo y comienzo de junio.
	Segundo	Finales de Septiembre, octubre, noviembre y Comienzos de Diciembre.
Periodos Secos	Primero	Finales de diciembre, enero, febrero y comienzos de marzo.
	Segundo	Finales de junio, julio, agosto y comienzos de septiembre.

Fuente: (Alzate Molina, 2012)

Medio biológico.*Fauna:*

Algunas de las aves, mamíferos y reptiles, más comúnmente avistadas en la zona de influencia del proyecto parque Industrial Tequendama IV, son las expuestas en las tablas 13, 14 y 15, respectivamente:

Tabla 13.*Avifauna más común en zona rural de Sibaté, Cundinamarca.*

IMAGEN	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA IUCN	FACTORES DE AMENAZA
--------	--------------	-------------------	----------------	---------------------



Figura 28. *Asio flammeus*.
Fuente: (Leche, s.f.).

Búho
orejicorto
bogotano

*Asio
flammeus
bogotensis*

Amenazado

Transformación y
degradación
de su hábitat



Figura 29. *Gallinula melanops bogotensis*. Fuente (Manuel Fernando, 2015)

Tingua
moteada

*Gallinula
melanops
bogotensis*

En peligro
crítico (CR)

Desaparición
del 85% de
su población
por la
desaparición
de su hábitat



Figura 30. *Colibri coruscans*.
Fuente: (Eyver, 2018).

Colibrí
vientre azul

*Colibri
coruscans*

Preocupación
menor (LC)

Comercio de
aves
silvestres



Figura 31. *Pyrocephalus rubinus*. Fuente: (Velasquez, 2019)

Cardenalito

*Pyrocephalus
rubinus*

Preocupación
menor (LC)

Fuente: (SIB, 2018).

Tabla 14.

Mamíferos más comunes en el área de influencia del Parque Industrial Tequendama IV.

IMAGEN	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA IUCN
	Ratón de monte	<i>Cryptotis thomasi</i>	Preocupación menor (LC)

Figura 32. *Cryptotis thomasi*.
Fuente: (Fevlandia, 2018).



Figura 33. *Didelphis albiventris*.
Fuente: (Reid, 1992).

Chucha o fara *Didelphis albiventris* Preocupación menor (LC)



Figura 34. *Anoura geoffroyi*. Fuente: (Torres Arboleda, 2013)

Murciélago lengüilargo sin cola *Anoura geoffroyi* Preocupación menor (LC)



Figura 35. *Carollia perspicillata*.
Fuente: (Ramirez, 2018)

Murciélago frugívoro de cola corta *Carollia perspicillata* Preocupación menor (LC)

Fuente: (SIB, 2018)

Tabla 15.

Algunos de los reptiles más comunes en el área de influencia del Parque Industrial Tequendama IV

IMAGEN	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA IUCN
	Serpiente sabanera	<i>Atractus crassicaudatus</i>	Preocupación menor (LC)

Figura 36. *Atractus crassicaudatus*.
Fuente: (Castro Gomez, 2019)



Camaleón Bogotano *Anolis heterodermus* Preocupación menor (LC)

Figura 37. *Anolis heterodermus*
Fuente: (Robayo Carvajal, 2019)

Fuente: (SIB, 2018)

Flora:

En el área de estudio se encuentran 14 especies vegetales repartidas en 122 individuos aproximadamente, de las cuales, cuatro especies no pudieron ser determinadas (cuatro individuos). De las 10 especies restantes tan solo tres son especies nativas (ocho individuos), mientras que el restante son especies foráneas. Gran parte del área de estudio está poblada principalmente pasto kikuyo, el cual se extiende alrededor de la quebrada que cruza el predio hasta el pie de la pendiente, impidiendo la visualización de todos los brazos de dicha quebrada.

Tabla 16.

Especies vegetales presentes en el área de estudio.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Origen	Habito	Cantidad
Acacia negra o acacia gris Morfotipo 2	<i>Acacia decurrens</i>	Fabácea	Australia	Árbol (10 m)	3
Sauco Morfotipo 4	<i>Sambucus nigra</i>	Caprifoliácea	Nativo	Árbol pequeño (5-10 m de altura)	4
Capuchina	<i>Tropaeolum majus L.</i>	Tropaeolaceae	Perú	Herbácea bejucoso	1 Área indeterminada

Estoraque Colorado	<i>Styrax trichocalyx Perkins</i>	Styracaceae	Nativo	Árbol (20 m)	2
Retamo liso	<i>Genista monspessulana</i>	Leguminosa	Mediterráneo	Arbusto (9 m)	9
Morfotipo 8					1
Morfotipo 9					2
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>	Euforbiácea	África	Arbolito (10 m)	63
Curubo	<i>Passiflora mixta L. f.</i>	Pasiflorácea	Nativo	Bejuco	2
Uchuva	<i>Physalis peruviana L.</i>	Solanácea	Ecuador y Perú	Subarbusto (1.5 m de altura)	1
Eucalipto	<i>Eucaliptus sp.</i>	Mirtácea	Australia y Tasmania	Árbol	34
Pasto kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poacea	África	Herbácea	Área indeterminada

Fuente: (CAR, 2012); (SDA-Jardin Botanico Jose Celestino Mutis, 2010).

Medio Humano

Medio cultural

Lugares arqueológicos e históricos. En este aspecto, en la meseta del Tequendama, se ubicada aproximadamente a 5 km del área de estudio (Figura 38), a finales del año 2012, mientras se realizaban los estudios preliminares para el emplazamiento de la subestación eléctrica Nueva Esperanza, por parte de la empresa prestadora de servicio eléctrico Codensa S.A. ESP., se descubrieron evidencias arqueológicas de asentamientos humanos de los periodos Herrera y Muisca. En dicho rescate arqueológico se excavaron cerca de 15.500 m³ de suelo, se hallaron 15 toneladas de material cerámico y lítico, 800 piezas de cerámica completas y más 600 restos óseos humanos (Enel-Codensa, 2018).

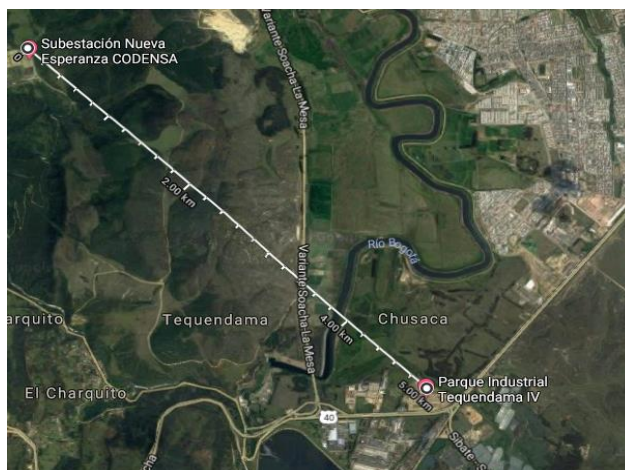


Figura 38. Distancia entre la Subestación Nueva Esperanza y el Parque Industrial Tequendama IV. (Google, 2018).

Por otra parte, según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Sibaté (2010), se establecen como áreas de conservación del patrimonio histórico, cultural y arquitectónico:

- Rocas con pintura rupestre Vereda La Unión y San Benito
- El Camino Arango
- Instituto Campestre
- Refugio La Colonia
- Hospital Julio Manrique
- Casa Hogar Preventorio
- Escuela Suboficiales
- Casa Quinta la Floresta
- Capilla del Divino Niño
- El Túnel
- Estación del Ferrocarril

Medio socioeconómico

Tendencia demográfica. Según el Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud del municipio de Sibaté (*Alcaldía Municipal de Sibate, 2016*), el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), había previsto para el año 2016, 39.117 habitantes en el municipio, de las cuales, el 67% habitan en el área urbana, mientras el 33% restante vive en el área rural.

En este mismo aspecto, también se evidencia una alta dispersión de personas en el área rural y una alta concentración de habitantes en el área urbana, ya que por cada km² se cuenta con una densidad poblacional de 117,06 habitantes en contraste con el área urbana, en donde, por cada km² se presenta una densidad poblacional de 1561 habitantes.

Asimismo, referente a las familias, en Sibaté actualmente existen 8.452 núcleos familiares, de los cuales, el 67,7% tienen 4 o menos integrantes y más del 50% de estos hogares pertenecen a los niveles 1 y 2 del Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (Sisbén). De igual forma, el 3,4% de dichos hogares, desarrollan actividades económicas en sus viviendas, de las cuales, para el año 2016, existían 6.979 en el municipio, siendo que, 123 tenían piso en tierra y 49 no contaban con sistema sanitario.

Por otra parte, según el ASIS (*Alcaldía Municipal de Sibate, 2016*), tan solo el 0,1% de la población residente en Sibaté se autor reconoce como raizal, palenquero, negro, mulato, afrocolombiano o afrodescendiente, no se encuentran otras minorías étnicas.

En relación con la distribución de la población sibateña en función de su edad, según las proyecciones del DANE (2005), la población del municipio para el año 2020 habrá de reducir la tasa de fecundidad y la de natalidad con respecto al año 2005, esto se evidencia en la pirámide poblacional del municipio (Figura 39).

Según lo observado en la pirámide, los grupos con mayor disminución son los jóvenes de entre 15 y 24 y los menores de entre 1 y 4 años mientras que aquellos grupos

correspondientes a los adultos mayores de 60 a 79 años, este comportamiento se debe como se mencionó anteriormente, principalmente a la disminución de la fecundidad, debido al desarrollo social y educativo.

Por otro lado, con el paso del tiempo, se observa una de las consecuencias más evidentes de un proceso de transición demográfica, puesto que la población femenina tiende a aumentar, a pesar de que normalmente por cada 100 mujeres nacidas nacen entre 103 y 104 hombres, las mujeres tienden a tener mayor esperanza de vida con respecto a los hombres (Alcaldía Municipal de Sibate, 2016).

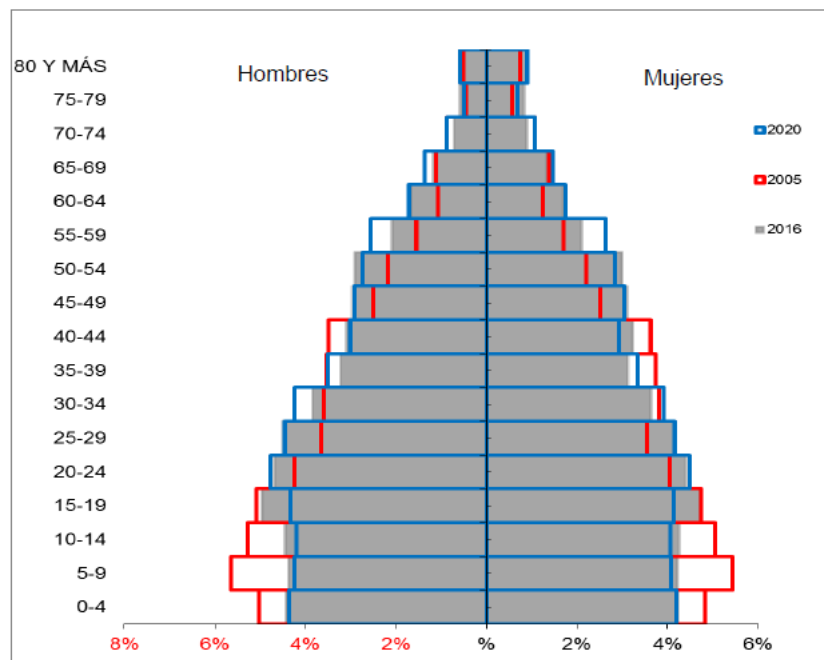


Figura 39. Pirámide Poblacional del Municipio de Sibaté. Fuente: (Alcaldía Municipal de Sibate, 2016).

La tasa de fecundidad tiende a ser mayor en mujeres de entre 15 y 19 años (Tabla 17), a pesar de que, las niñas y adolescentes tienen mayores riesgos a nivel de morbilidad perinatal y maternal. A pesar de que entre los años 2005 y 2008 la tasa de fecundidad en mujeres de este rango de edad, tiende a ser ascendente, a partir del 2010 se observa un descenso paulatino, atribuido a los programas de salud sexual y reproductiva a nivel municipal. En los años 2014 y 2015, se presentan las tasas de fecundidad más bajas (47,17 y 53,01

respectivamente) que comparadas con las tasas a nivel departamental son sumamente bajas (66,68 y 63,43 respectivamente).

Tabla 17.

Comportamiento de la tasa específica de fecundidad en mujeres de entre 10 y 14 años y 15 y 19 años.

TASAS DE FECUNDIDAD	MUJERES 10-14 AÑOS	MUJERES 15-19 AÑOS
2005	0.00	63.96
2006	3.05	67.01
2007	1.78	74.81
2008	1.16	79.35
2009	0.57	63.86
2010	2.24	78.88
2011	1.11	71.13
2012	2.23	56.78
2013	2.81	61.16
2014	0.57	47.2
2015	0.29	53.0
Total, General	1.7	0.00

Fuente: Bodega de Datos SISPRO-SGD citado por (Alcaldía Municipal de Sibate, 2016).

Establecimiento del Potencial de Regeneración

Con el objeto de definir las especies vegetales propias del bosque seco montano bajo con potencial para ser empleadas en el proyecto de restauración ecológica del parque industrial Tequendama IV, como primer paso, se realizó una revisión bibliográfica de los proyectos de índole similar cercanos al área de influencia.

Entre los casos estudio identificados, el más relevante fue el Parque Ecológico la Poma, ubicado en área rural del municipio de Soacha, Cundinamarca, más exactamente, en la vereda Alto de la Cruz, a 1500 metros del peaje de Chusaca. En dicho parque ecológico, se ha desarrollado desde 1996, el proyecto de restauración ecológica del bosque andino, en donde, a través de la investigación y la enseñanza, se han sembrado alrededor de 130.963 árboles nativos, rehabilitando así aproximadamente 117 hectáreas de bosque andino. De la misma manera, se han reincorporado 35 especies vegetales nativas, desarrollándose más de 30 estudios de diversidad para el bosque andino (Morera Cardenas, 2017).

Una vez determinado un precedente de proyectos de restauración ecológica en el área de influencia, se procedió a identificar la mayor cantidad posible de vegetación nativa del bosque andino, más específicamente del bosque seco montano bajo a nivel regional. Esto último, en vista de la falta de estudios de vegetación local, siendo, los únicos estudios encontrados al respecto, aquellos concernientes a vegetación inductora de procesos de restauración ecológica, obviando la mayor parte de la vegetación con funciones dentro del ecosistema distintas a la mencionada, o perteneciente a etapas sucesionales avanzadas.

La identificación de la vegetación nativa del Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB) se realizó en base a documentos de la Corporación Autónoma Regional (CAR, 2012) y la Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá y el Jardín Botánico José Celestino Mutis (SDA-Jardin Botanico Jose Celestino Mutis, 2010), la Cámara de Comercio de Bogotá (CCB, 2010) y el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA, 2000), entre otros; empleando para la identificación, una serie de Rasgos de Historia de Vida o RHV por su abreviatura (Vargas Rios, 2007b)

Tabla 18.

Rasgos de Historia de Vida Seleccionados para la Identificación de las Especies Vegetales del Bosque Seco Montano Bajo en el Área de Jurisdicción de la CAR.

RASGOS DE HISTORIA DE VIDA	CLASIFICACIÓN
Morfología	Hábitos, altura, área foliar promedio, tipo de hoja
Tipo de Reproducción	Reproducción sexual y/o asexual
Tipo de Fruto/Semilla	Descripción del fruto o semilla
Tipo de Flor	Descripción de la flor
Usos	Restauración ecológica, alimenticio, industrial, económico, según aplique.

Fuente: Adaptado de Vargas Rios, 2007b

Cabe señalar que, muchas de las especies descritas en el presente documento, no han sido lo suficientemente estudiadas, razón por la cual, algunos RHV considerados a continuación fueron obviados de las fichas.

Las especies identificadas como nativas del bosque seco montano bajo (Tabla 19) fueron en total 76, clasificadas según su hábito o forma de vida, siendo 49 árboles, 17 arbustos, 5 herbáceas, 3 bejucos, 1 cacto y 1 palma enana.

Tabla 19.

Especies vegetales identificadas como nativas del Bosque Seco Montano Bajo en el área de jurisdicción de la CAR.

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	HABITO
Ajillo de paramo	<i>Drimys granadensis</i> L. f.	Árbol
Alcaparro	<i>Senna viarum</i> (Little) H.S. Irwin & Barneby	Árbol
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	Árbol
Amarrabollo	<i>Meriania nobilis</i> Triana	Árbol
Arboloco	<i>Smallanthus pyramidalis</i> (Triana) H. Rob	Árbol
Arrayan	<i>Myrcia cucullata</i> O. Berg	Árbol
Arrayan común	<i>Myrcianthes leucoxylla</i> (Ortega) Mc. Vaugh	Árbol
Arrayan negro	<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) DC.	Árbol
Borrachero blanco	<i>Brugmansia candida</i> Persoon	Árbol
Borrachero rojo	<i>Brugmansia sanguinea</i> (R & P.) D. Don.	Árbol
Cajeto	<i>Citharexylum subflavescens</i> Blake	Árbol
Caucho sabanero	<i>Ficus andicola</i> Standl	Árbol
Cedrito de tierra fría	<i>Phyllanthus salviifolius</i> Kunth	Árbol
Cedro cebollo	<i>Cedrela montana</i> Moritz, ex Turcz	Árbol
Ciro	<i>Baccharis macrantha</i> Kunth	Árbol
Cordoncillo	<i>Piper bogotense</i> C. DC.	Árbol
Corono	<i>Xylosma spiculifera</i> (Tul.) Tr. & Pl.	Árbol
Cucharo	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.; subespecie 1	Árbol
Curapin	<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	Árbol
Chirlobirlo	<i>Tecoma stans</i> Juss. ex Kunth	Árbol
Chuque	<i>Viburnum triphyllum</i> Bentham	Árbol
Dividi de tierra fría	<i>Tara spinosa</i> (Molina) Br. & Rose	Árbol
Duraznillo	<i>Abatia Parviflora</i>	Árbol
Encenillo	<i>Weinmannia tomentosa</i> L. f.	Árbol
Espadero	<i>Myrsine coriacea</i>	Árbol
Gaque	<i>Clusia multiflora</i> Kunth	Árbol
Guasquin	<i>Pentucalia pulchella</i> (Kunth) Cuatrec	Árbol
Guayacán de Manizales	<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Árbol
Hayuelo	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Árbol
Laurel de cera hojiancho	<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Wilbur	Árbol
Laurel de cera hojimenudo	<i>Myrica parvifolia</i>	Árbol
Macle de tierra fría	<i>Escallonia péndula</i> Pers	Árbol
Mano de oso	<i>Oreopanax floribundum</i> Decne & Planch	Árbol

Mano de oso	<i>Oreopanax bogotensis</i> Cuatrec	Árbol
Manzano colorado	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	Árbol
Mortiño	<i>Hesperomeles goudotiana</i>	Árbol
Nogal	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Árbol
Palma de cera	<i>Ceroxylum quindiuense</i> (Karsten) Wendland	Árbol
Raque	<i>Vallea stipularis</i> L. f.	Árbol
Roble	<i>Quercus humboldtii</i>	Árbol
Romero de paramo	<i>Diplostegium rosmarinifolius</i> (Benth.) Wedd	Árbol
Salvio negro	<i>Cordia lanata</i>	Árbol
Sangregao	<i>Croton bogotanus</i> Cuatrec.	Árbol
Sangregao	<i>Croton funkianus</i> Muell. Arg.	Árbol
Tagua	<i>Gaiadendron tagua</i> (Kunth) G. Don	Árbol
Te de Bogotá	<i>Symplocos theifornis</i> (L. f.) Gürke	Árbol
Tomatillo	<i>Solanum ovalifolium</i> Dunal	Árbol
Trompeto	<i>Bocconia frutescens</i>	Árbol
Uva camarona	<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A. C. Smith	Árbol
Alcaparro pequeño	<i>Senna multiglandulosa</i> (Jacq.) H.S. Irwin & Barneby	Arbusto
Almanegra, Salvio blanco	<i>Buddleja americana</i>	Arbusto
Angelito	<i>Melastomataceae myrtoideum</i> Bonpland & Naudin	Arbusto
Corazón de pollo	<i>Iochroma fuchsoides</i> (Bonpl.) Miers	Arbusto
Charne	<i>Bucquetia glutinosa</i> (L. f.) De Candolle	Arbusto
Chilco	<i>Baccharis latifolia</i>	Arbusto
Chiripique	<i>Dalea coerulea</i> (L.f.) Schinz. & Thell	Arbusto
Chocho	<i>Lupinus bogotensis</i> Benth.	Arbusto
Espino	<i>Barnadesia spinosa</i> L.f.	Arbusto
Gurrubo	<i>Solanum lycioides</i> Ruiz & Pav.	Arbusto
Gurrumay	<i>Condalia thomasiana</i> Fernández; Alonso, 1997	Arbusto
Matapalo	<i>Aetanthus cf. mutisii</i> Engl. in Engl. et Prantl	Arbusto
Tabaquillo	<i>Macrocarpaea glabra</i> (L. f.) Gilg	Arbusto
Tinto	<i>Cestrum parvifolium</i> Willd. ex Roem & Schult.	Arbusto
Tuno esmeraldo	<i>Miconia squamulosa</i>	Arbusto
Uñegato	<i>Berberis rigidifolia</i> Kunth	Arbusto
Uva de anís	<i>Cavendishia cordifolia</i> (Kunth) Hoerold	Arbusto
Aguajida	<i>Odontoglossum platydon</i> Rchb. f.	Herbácea
Chusque	<i>Chusquea scandens</i> Kunth	Herbácea
Esterilla	<i>Eccremis coarctata</i> (Ruiz & Pav.) Baker	Herbácea
Guayaba morada	<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	Herbácea
Oreja de oso	<i>Rhexia piloselloides</i> Bonpl.	Herbácea
Bejuco coronillo	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn	Bejuco
Clavellino	<i>Mutisia clematis</i> L. f.	Bejuco
Zarzaparrilla	<i>Similax floribunda</i> Desv. ex Ham	Bejuco
Tuna	<i>Opuntia schumannii</i> Speg.	Cacto

Fique

Furcraea cf. cabuya Trelease

Similar a
una palma
enana

Fuente: (CAR, 2012); (DAMA, 2000); (SDA-Jardin Botanico Jose Celestino Mutis, 2010); (CCB, 2010).

Con respecto a los RHV empleados para la identificación de las especies clave que pudieran ser implementadas en el proyecto, se tuvieron los mismos además de unos cuantos más (Tabla 20), que faciliten la identificación del “comportamiento o rol funcional de cada uno” (Vargas Rios, 2007b).

Tabla 20.

RHV empleados para la selección de especies vegetales a implementar en el proyecto de restauración ecológica

RASGOS DE HISTORIA DE VIDA	CLASIFICACIÓN
Morfología	Hábitos, altura, área foliar promedio, tipo de hoja
Tipo de Reproducción	Reproducción sexual y/o asexual
Estrategia de dispersión	Descripción del fruto o semilla; anemócora, barocoria y/o zoocoria.
Estrategia de polinización	Descripción de la flor. Ornitofilia, entomofilia o anemofilia
Tipo de asociación con otras especies	Nativas o exóticas
Presencia de micorrizas	Si/No
Tolerancia a la luz	Heliófilo, umbrófilo
Resistencia a las heladas	Baja, media, alta
Plagas o enfermedades	Descripción de las plagas o enfermedades
Caída de follaje	Caducifolio, semi caducifolio, perennifolio.
Fijadora de nitrógeno	Si/No
Usos	Restauración ecológica, alimenticio, industrial, económico, según aplique.

Fuente: (Vargas Rios, 2007b) ; (Vargas Rios, 2011)

La información presente en cada ficha varia con respecto a la obtención de los datos de cada especie. Las especies en esta fase fueron 24 en total (Tabla 21), siendo 20 árboles y 4 arbustos.

Tabla 21.

Especies vegetales con potencial a ser implementadas en el proyecto de restauración ecológica

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	HABITO
----------------------	--------------------------	---------------

Duraznillo	<i>Abatia Parviflora</i>	Árbol
Trompeto	<i>Bocconia frutescens</i>	Árbol
Almanegra, Salvia blanco	<i>Buddleja americana</i>	Arbusto
Uva de anís	<i>Cavendishia cordiflora</i>	Arbusto
Hayuelo	<i>Dodonaea viscosa</i>	Árbol
Salvia negro	<i>Cordia lanata</i>	Árbol
Mortino	<i>Hesperomeles goudotiana</i>	Árbol
Tuno esmeraldo	<i>Miconia squamulosa</i>	Arbusto
Arrayan	<i>Myrcianthes leucoxylo</i>	Árbol
Laurel de cera hojimenudo	<i>Myrica parvifolia</i>	Árbol
Espadero	<i>Myrsine coriacea</i>	Árbol
Mano de oso	<i>Oreopanax floribundum</i>	Árbol
Cordoncillo	<i>Piper bogotense</i>	Árbol
Raque	<i>Vallea stipularis</i>	Árbol
Encenillo	<i>Weinmannia tomentosa</i>	Árbol
Corono	<i>Xylosma spiculiferum</i>	Árbol
Chilco	<i>Baccharis latifolia</i>	Arbusto
Cedro	<i>Cedrela montana</i>	Árbol
Caucho sabanero	<i>Ficus soatensis var. Bogotensis</i>	Árbol
Nogal	<i>Juglans neotropica</i>	Árbol
Guayacán de Manizales	<i>Lafoensia speciosa</i>	Árbol
Roble	<i>Quercus humboldtii</i>	Árbol
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	Árbol

Fuente: (CCB, 2010).

Las especies vegetales previstas para la restauración ecológica expuestas anteriormente se ubican en el Parque Ecológico La Poma (Figura 8) y su precio puede variar con respecto a la especie y etapa de desarrollo de la plántula, siendo que, una plántula en una bolsa pequeña con una altura de entre 10-15 cm cuesta \$3.000, mientras un individuo de 2 m puede llegar a costar \$40.000

Barreras a la Restauración

Fase de dispersión

Ausencia de polinizadores:

La presencia de polinizadores en el área industrial del Muña, se ve limitada por factores como: la contaminación ambiental, la pérdida y fragmentación de los hábitats naturales, así como el cambio climático generado en parte, a partir de los factores anteriores.

El estudio de la contaminación ambiental en el área industrial del Muña, y su relación con la salud de los pobladores, ha sido un tema de gran interés por parte tanto de entes público, como de privados, entre los que destacan algunas universidades del distrito capital. Dichos estudios, han tomado como eje central, el efecto de la contaminación del agua del embalse sobre la salud de los habitantes de los municipios de Soacha y de Sibaté, así como la degradación de los suelos por acumulación de metales pesados entre otros contaminantes, dejando de lado, y tal vez obviando, las consecuencias de la actividad industrial sobre la calidad atmosférica, tanto, en cuestiones de material particulado, como de olores ofensivos y ruido. En este sentido, los estudios sobre la calidad de aire en el área industrial del Muña son muy reducidos y de difícil acceso, ya que hacen parte de los repositorios de universidades privadas. Mas escasos son aún, los estudios sobre las poblaciones de polinizadores en la zona a pesar de que una de las principales actividades económicas sea la agricultura. Cabe resaltar que, en Colombia, no existen cifras oficiales sobre la situación actual de los polinizadores.

Pese a lo anterior, en el área de influencia del proyecto de restauración ecológica, se tiene registro de estudios centrados las comunidades de polinizadores, como es el caso de Vásquez, Ballesteros, Ortigón, & Castro (2006), quienes, a través de su trabajo, resaltan los beneficios ecológicos y económicos de la implementación de la polinización asistida en cultivos de fresa; el proyecto Corredor tecnológico agroindustrial de Bogotá y Cundinamarca, en donde se emplean abejas impregnadas *Trichoderma*, como entomovector, para el tratamiento biológico del hongo *Botrytis* en cultivos de fresa (Universidad Nacional de Colombia, 2016). Por su parte el Instituto Colombiano Agropecuario, ha adelantado jornadas de sensibilización

en manejo y protección a los polinizadores para los agricultores del municipio de Sibaté (ICA, 2016).

Aun teniendo en cuenta lo anterior, y como ya se ha mencionado, globalmente las poblaciones de polinizadores han ido decreciendo y, teniendo en cuenta la actividad industrial que se desarrolla alrededores del área dispuesta para el proyecto de restauración ecológica, así como los altos niveles de destrucción y fragmentación de los hábitats y la introducción de especies invasoras como es el caso del Eucalipto, se estima que las comunidades de polinizadores locales estén gravemente afectadas, a falta de estudios que demuestren o contradigan dicha afirmación.

Ausencia del banco de semillas del ecosistema original. Según Vargas (2007a), “el tamaño y diversidad del banco de semillas es inversamente proporcional al grado de alteración, siendo que, los disturbios disminuyen la fuente de propágulos de la vegetación original y con ella la capacidad de auto regenerarse”. Esto, aunado a la modificación de las condiciones del suelo tanto por la remoción de la capa vegetal nativa, como por la introducción de plantas invasoras del género *Eucalyptus*, y el establecimiento de una densa matriz de pastos, así como la presencia de aguas contaminadas de carácter industrial, provocan la degradación de los bancos de semillas del ecosistema original, lo que, a su vez, limita los procesos de sucesión natural.

Matriz continua de pastos que impiden la regeneración. Los procesos de potrerización, son una de las principales consecuencias de la deforestación, siendo que, dichos procesos se llevan a cabo por el reemplazo del bosque nativos por especies herbáceas exóticas (Vargas, 2007b). Las matrices continuas de pastos, impiden el paso hacia el suelo tanto de, las semillas de especies nativas, así como la luz solar, sirviendo como barrera física para el establecimiento de propágulos, los cuales que, a su vez, permitirían el reclutamiento de nuevas plántulas, afectando por consiguiente la dinámica de los bancos de semillas nativos, al

alterar tanto las condiciones ideales para la germinación de los propágulo, como la composición del mismo banco, introduciendo semillas de pasto con mayor valor de dormancia. La matriz de pasto está compuesta presumiblemente por pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), ya que, el costo del estudio para la determinación exacta de las especies presente en el predio resulta ser elevado. Por otra parte, la densidad de la matriz de pastos no permite delimitar la corriente de agua contaminada con residuos industriales que atraviesa el predio, impidiendo conocer a ciencia cierta la extensión exacta de terreno apto para el establecimiento de especies sucesionales.

Según Baptiste *et al* (2010), el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) se encuentra entre las especies vegetales invasoras con más alto riesgo de invasión en base a la Herramienta de análisis de riesgo de establecimiento e invasión de I3N, otorgándosele una calificación de 6.71.

Presencia de especies invasoras o colonizadoras agresivas. La presencia de especies invasoras es uno de los principales factores limitantes para los procesos de sucesión ecológica en el predio a restaurar. Según (*Gutierrez, 2011*), la presencia de Eucalipto (*Eucalyptus sp*) genera, entre otros, los siguientes impactos en los ecosistemas andinos:

- Deterioro de la capa edáfica, que nutre, tanto a los suelos como a las plantas, producto de acículas de eucalipto y pino, que impiden la respiración de la misma, inmovilizan los nutrientes e impiden su reciclaje.
- Alteración del ciclo hídrico, debido a las elevadas tasas de transpiración del *Eucalyptus sp.*, conduciendo a la pérdida de la capacidad hídrica, y por ende a la reducción de la escorrentía superficial y la capacidad de almacenamiento de precipitaciones, provocando la desaparición de los nacederos de agua.
- Desaparición del sotobosque como producto de la alelopatía del eucalipto

- Amenaza a la biodiversidad a través de la merma de las comunidades nativas de flora, fauna y avifauna.
- Alto riesgo de erosión por el viento y las lluvias, pues no existe capa vegetal de sustentación del suelo.
- Alto riesgo de incendio forestal por la capa de “mull” (capa de acículas y hojas de eucalipto), por la calidad resinosa.

Las plantaciones forestales llegaron a Colombia a mediados del siglo XX como parte de una política económica que tenía como objetivo convertir el país en una potencia forestal.

Como criterios para la selección de las especies forestales, Camargo y Salamanca (1997), mencionan que “se consideraron criterios como: altas tasas de crecimiento, fácil propagación, gran adaptabilidad a diferentes hábitats y su éxito en las plantaciones de otros países” (Vargas, 2007b). Asimismo, según el mismo autor, algunas de las especies más utilizadas fueron: cuatro especies de *Pinus* (*P. patula*, *P. radiata*, *P. oocarpa*, y *P. caribaea*), *Acacia spp.*, (acacias) *Cupressus lusitanica* (ciprés), *Fraxinus chinensis* (urapán) y *Eucalyptus spp.* (eucaliptos).

Por su parte, las áreas invadidas con amplias matrices de pastos exóticos, según menciona Vargas (2007b) ocasionan:

- Aumento en la frecuencia de fuegos y la reducción en la mineralización de nutrientes y del agua disponible en el suelo por aumento de escorrentía superficial.
- La formación de una barrera física que impide la llegada de las semillas dispersadas al suelo, favoreciendo la predación de semillas.
- La desaparición del banco de semillas del bosque nativo
- Afectación a las micorrizas del suelo esenciales para la germinación y crecimiento de la mayoría de las plantas vasculares.

Los pastos exóticos como el pasto kikuyo, fueron introducidos al país, en la década del 30 con el fin de mejorar las pasturas para la ganadería. Actualmente el pasto kikuyo representa el 80% del consumo alimenticio forrajero de la lechería especializada del país y se ha convertido en una de las plantas invasoras más agresivas presentes en el territorio colombiano (Arango, Cardona, Lopez, Correa, & Echeverri, 2017); (Posada, 2018).

Fase de establecimiento

Factores abióticos

Restricción climática (Sequias, heladas e inundaciones)

Heladas.

El parque industrial Tequendama IV se encuentra ubicado en el corredor industrial de la muña, sobre las coordenadas 4.542652, -74.249043 (Figura 3), al costado izquierdo de la autopista la 40, en sentido sur-norte. Según la información obtenida por el Grupo de Climatología y Agrometeorología Subdirección de Meteorología del IDEAM en conjunto con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014), la ubicación del parque industrial, colinda con las áreas de alto riesgo a heladas (Figura 40).

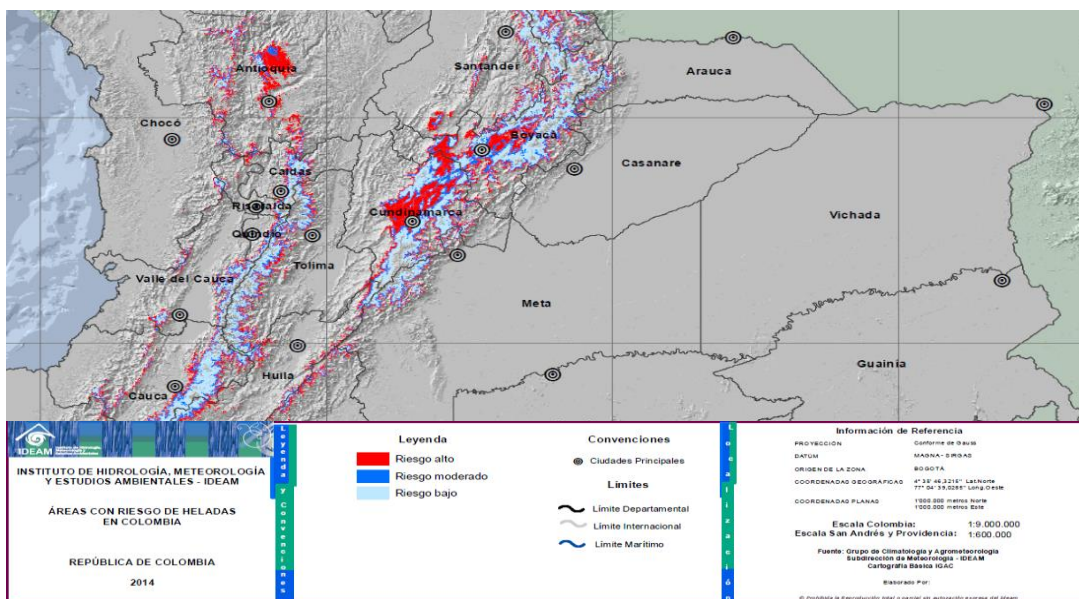


Figura 40. Áreas con Riesgo a Heladas en el Centro De Colombia. Fuente: IDEAM, 2014.

Para fines prácticos, del presente documento, se tendrán en cuenta la información obtenida por las estaciones meteorológicas de Tibaitata, ubicada en Mosquera, Cundinamarca (Longitud -74,2090, latitud 4,691) y de Bogotá, en el aeropuerto el Edén (Longitud -74,1424, latitud 4,696), tenidas como estaciones representativas en el documento técnico sobre las heladas en Colombia, publicado por el (IDEAM, 2012a), puesto que, a pesar de que, objetivamente las ubicaciones de dichas estaciones meteorológicas presentan características climáticas sumamente diferentes, son las estaciones meteorológicas tenidas en cuenta por el estudio más cercanas al área dispuesta para el desarrollo del proyecto de restauración ecológica (Figura 41), y su referencia se realiza con la intención de contextualizar las características de los ecosistemas circundantes al proyecto, pudiendo que estas afecten los ecosistemas vecinos.

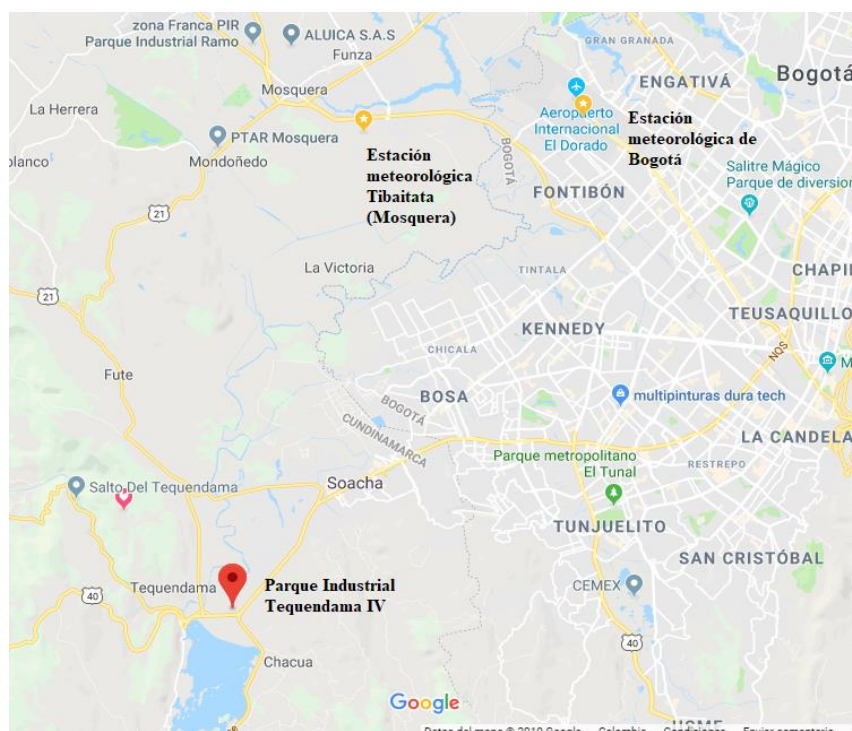


Figura 41. Ubicación de las Estaciones Meteorológicas Tenidas en Cuenta Con Respecto al Área de Estudio. Fuente: (Google, 2018)

En este orden de ideas, la estación meteorológica más cercana al área de estudio es la Tibaitata, ubicada a 17 km de distancia aproximadamente, en comparación con la estación

meteorológica de Bogotá, ubicada en el aeropuerto el Edén, a una distancia aproximada de 21 km del parque ecológico.

Según la información obtenida de la estación meteorológica de Bogotá, entre 1972 y 2011, se presentaron 128 heladas, un promedio de 3.28 por año, principalmente en los meses de:

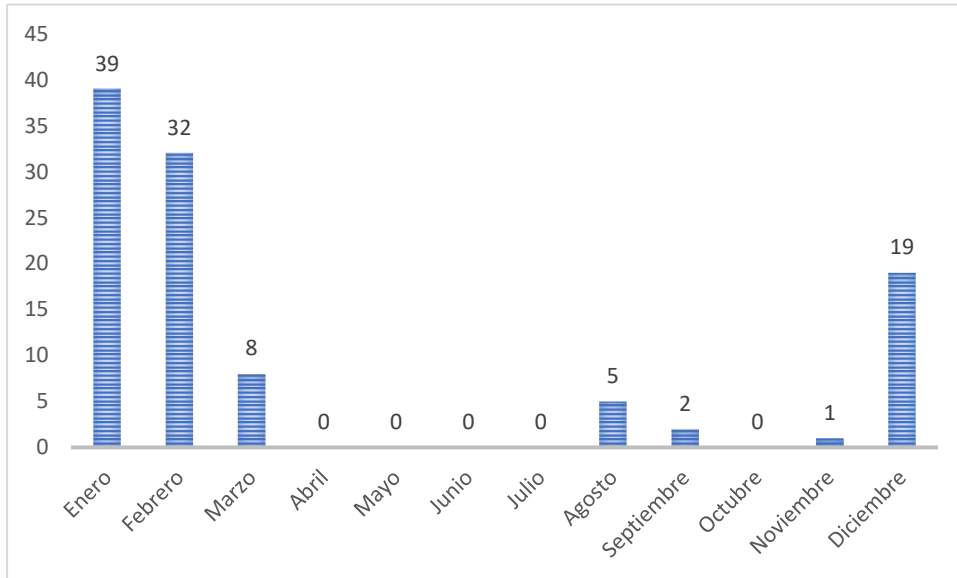


Figura 42. Numero de Heladas por Mes 1972-2011 en la Estación Meteorológica de Bogotá, Aeropuerto el Edén. 1971-2011. Fuente: (IDEAM, 2012a)

El porcentaje de ocurrencia de heladas decadal promedio fue de 0.95%. Los años con un mayor número de heladas fueron:

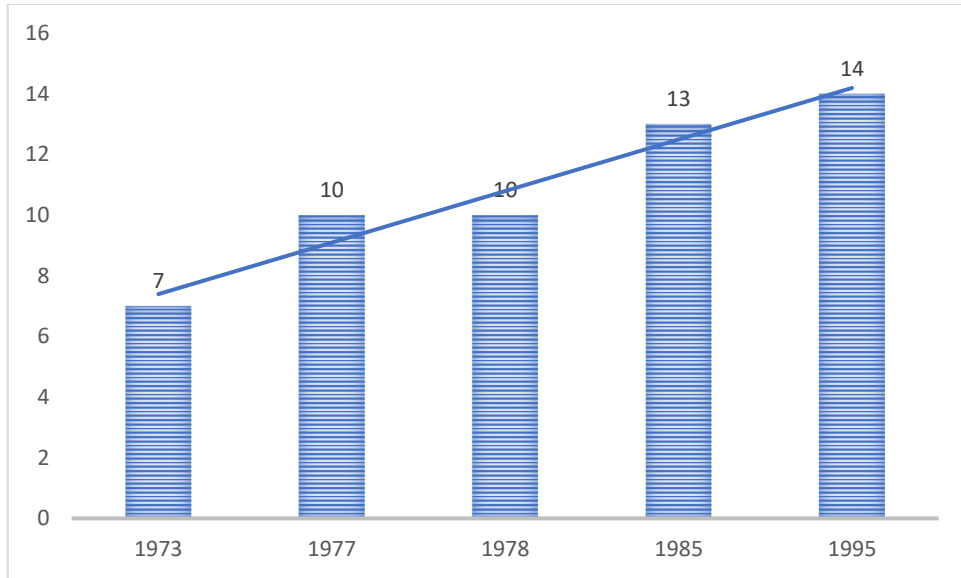


Figura 43. Años con Mayor Número de Heladas en la Estación Meteorológica de Bogotá, Aeropuerto El Edén. 1971-2011. Fuente: IDEAM, 2012a).

Por otro lado, la estación meteorológica de Tibaitata en el municipio de Mosquera, entre los años 1971 y 2011 se presentaron 275 heladas, resultando en un promedio de 6.87 heladas por año, presentándose principalmente en los meses de

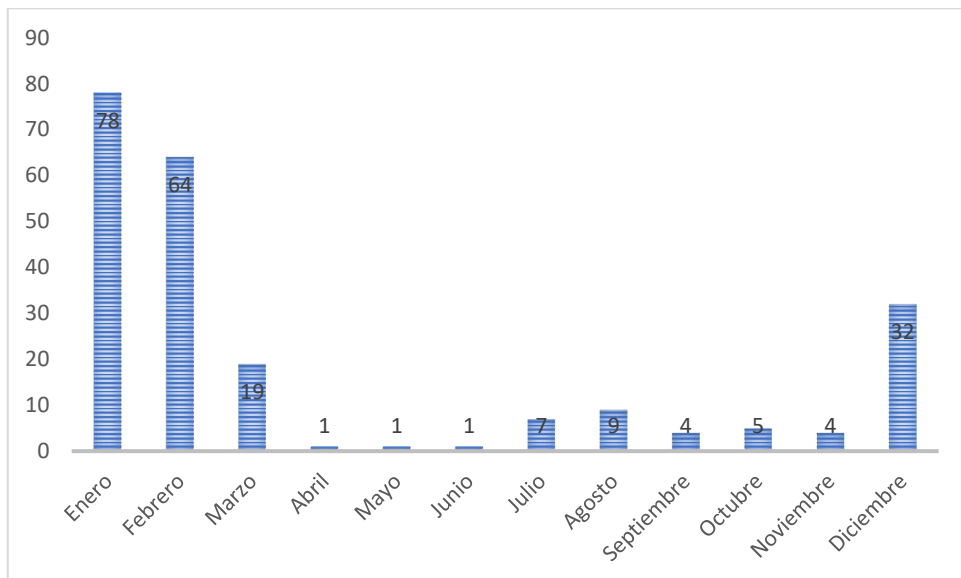


Figura 44. Numero de Heladas por Mes 1972-2011 en la Estación Meteorológica Tibaitata. Fuente: (IDEAM, 2012a)

El porcentaje de ocurrencia de heladas decadal fue en promedio 2.07%, siendo los años con mayor número de heladas:

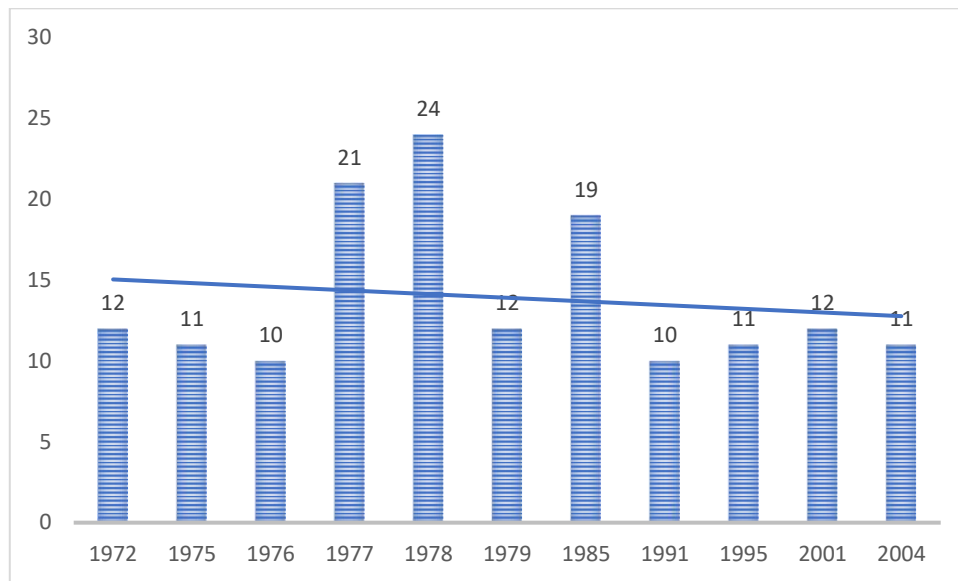


Figura 45. Años con Mayor Número de Heladas en la Estación Meteorológica Tibaitata. 1971-2011. Fuente: (IDEAM, 2012a).

Asimismo, de entre los 23 municipios tenidos en cuenta como los más propensos a la aparición de heladas, en el periodo comprendido entre 1977 y 2011, Mosquera ocupó el séptimo lugar con un poco más de 200 heladas y Bogotá el puesto 13 con 100 heladas aproximadamente.

Resulta importante resaltar, que la espesa matriz de pastos establecidas en el predio dispuesto para el desarrollo del proyecto, así como la humedad del suelo a causa del cuerpo de agua que atraviesa dicha área y la baja humedad del aire al tratarse de un ecosistema seco, son factores que favorecen, como ya sea mencionado anteriormente, la aparición de heladas en la región, siendo vital para la obtención de resultados positivos, la implementación de vegetación que aparte de promover el adecuado desarrollo de la sucesión secundaria, sea resistente a las heladas.

Sequias.

La estación meteorológica más cercana al área de estudio tomada en cuenta por el IDEAM (2012b) en el estudio sobre las sequias meteorológicas y agrícolas, fue la estación meteorológica de la sabana de Bogotá, ubicada en el aeropuerto el Edén sobre la longitud -74,1424 y latitud 4,696 (Figura 27) e identificada con el código 2120579.

Las sequias meteorológicas presentadas entre los años 1971 y 2010, en base a los registros de la ya mencionada estación meteorológica de la sabana de Bogotá, fueron en promedio, 1.75 tanto para el primer (marzo-abril-mayo) periodo lluvioso del año como para el segundo (septiembre-octubre-noviembre) con un tiempo de retorno aproximado de 5.8 años y 5.5 años respectivamente. Asimismo, se afirma que, de acuerdo a los resultados arrojados mediante el análisis del indicador de sequía meteorológica (porcentaje de sitios monitoreados en los cuales el índice estandarizado de precipitaciones [SPI] fue menor a -1), tanto la ocurrencia, como la intensidad de las sequias meteorológicas presentan tendencia a la disminución a lo largo de la región andina, siendo que, el volumen de agua proveniente de las precipitaciones, tiende a aumentar.

Por otra parte, las sequias agrícolas, para las cuales se adoptó como indicador el déficit de los balances hídricos realizados periódicamente a través del método de Palmer, el promedio de déficit hídrico por década entre los años 1971 y 2010 (Tabla 22), muestra una incidencia media y con tendencia a la disminución

Tabla 22.

Promedio de déficit hídrico por década entre los años 1971-2010 según mediciones de la estación meteorológica de la sabana de Bogotá.

		DECADAS ESTUDIADAS			
		1972-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Promedio	Primer periodo lluvioso del año	1.9	2.0	1.6	1.6
Déficit Hídrico	Segundo periodo lluvioso del año	1.7	1.6	1.7	2.3

Fuente: (IDEAM, 2012b)

Inundaciones.

Pese a que la distancia aproximada, tanto, entre el parque industrial y el río Bogotá, así como entre el parque industrial y el embalse del Muña, es poco más de un kilómetro de distancia para ambos casos, no se ha encontrado evidencia histórica en la cual, la creciente y posterior desbordamiento de cualquiera de estos cuerpos de agua, causen repercusiones sobre el predio sometido a estudio.

Por otra parte, la quebrada que cruza el predio, puede llegar a afectar las plantaciones establecidas en la zona más baja del predio (Figura 46), ya sea por exceso de humedad, o por la contaminación presente en dicho cuerpo de agua, siendo necesario que este sea objeto de estudio para la posterior implementación de medidas correctivas por parte de los responsables de la perturbación. Asimismo, los perjudicados deben ejercer presión sobre los responsables y las autoridades ambientales, puesto que, han sido vulnerados sus derechos a un ambiente sano, a la salud y a la integridad física, entre muchos otros (Constitucion Política de Colombia [Const.], 1991).



Figura 46. Zona Inundable del Área de Estudio. Fuente: Propia.

En conclusión, en el área de estudio, la sequía meteorológica, presenta una tendencia a la disminución, debido al aumento del volumen de las precipitaciones a lo largo de las últimas

cuatro décadas, estimando un riesgo de ocurrencia medio. Por su parte, la sequía agrícola, presenta características similares a la sequía meteorológica, en cuanto a incidencia (media) tendencia (disminución), pero con la difiriendo en que, para el segundo semestre del año, a pesar de que la incidencia del fenómeno continúe siendo media, la tendencia va en aumento, presentando periodos de retorno de 5-10 años tanto para el primer semestre del año, así como para el segundo.

En relación con las heladas, factores como la espesa matriz de pastos, la baja humedad del aire, y la abundante presencia de humedad en el suelo, promueven la aparición de este fenómeno, siendo vital la adopción de especies vegetales que presenten rasgos de historia de vida que les permitan resistir dicho fenómeno.

Por su parte, las inundaciones, representan un riesgo latente en gran parte del área de estudio, en especial durante los meses de marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre, en los cuales tienen lugar las temporadas de lluvias del primer y segundo semestre del año. Debido a la falta de estudios y a la espesa matriz de pasto presente en gran parte del terreno que dificulta la delimitación de la quebrada, no se ha podido definir la extensión y magnitud de la contaminación.

Suelo inadecuado (Erosión).

Según los pobladores de la región, muchos de los terrenos que hoy forman parte del corredor industrial del Muña, en su momento, fueron empleados para el desarrollo de actividades ganaderas, siendo evidentes los efectos de dicha actividad sobre gran parte de los suelos presentes en dicha área. Un ejemplo de lo anterior, es el caso del terreno en el cual se ejecutó el proyecto “Parque Ecológico La Poma” (Figura 47), en donde, la principal barrera para la restauración ecológica fue la degradación de los suelos a causa de la compactación producto de la ganadería.



Figura 47. Parque Ecológico la Poma (A. Previo al Desarrollo de la Restauración Ecológica, B. Proyecto Ecológico en los Primeros Años de Restauración Ecológica). Fuente: Parque Ecológico la Poma, s.f.

Como ya se ha mencionado, el principal efecto de la ganadería, es la compactación del suelo, lo que a su vez se traduce en la reducción del espacio de los macroporos, significando dificultad para el transporte de aire, agua, nutrientes, y el anclaje de las raíces de las plantas.

En el área de estudio, no se encontró evidencia de que alguna vez se hayan llevado a cabo actividades ganaderas y de ser haberlas habido, debieron ser muy leves.

Con la finalidad de identificar las características más relevantes del suelo, se cavaron tres cajuelas en diferentes puntos del predio. La primera cajuela se cavo en un punto intermedio entre la quebrada y la ladera, siendo, las características más sobresalientes de este punto de muestreo:

- El espesor de la matriz de pasto kikuyo, que resultó ser de aproximadamente un metro, resultando ser un factor común en gran parte del terreno
- Una textura franco – arcillosa en los perfiles superiores, presentando tonalidades oscuras, indicador de buenos niveles de materia orgánica; asimismo, según esta textura, es un suelo con buena estructura, ya que presenta porcentajes similares de limos, arenas y arcillas, pero, por la particularidad de ser arcilloso, podría presentar

tendencia a escasear la aireación y a tener un movimiento agua lento, afectando la permeabilidad y la cantidad de oxígeno en el suelo.

- La presencia de moteados a una profundidad de 40 cm (Figura 48), indicando una baja cantidad de materia orgánica disponible, en contraste con los perfiles superiores, que presentan tonalidades oscuras, indicador de buena cantidad de materia orgánica.



Figura 48. Presencia de moteados a una profundidad de 40 cm en la cajuela número uno. Fuente: Propia

La segunda cajuela, se realizó en medio del pastizal, en una zona caracterizada por la tonalidad verde más intensa en comparación con el resto de la vegetación. En este punto, no se pudo realizar el muestreo del suelo ya que, luego de retirar el pasto kikuyo, se encontró agua de la quebrada (Figura 49), con una capa de suelo muy delgada y en extremo húmeda. La profundidad del agua que se encontró debajo del pastizal, era de aproximadamente 40 cm. El agua presenta un leve olor a materia orgánica en descomposición, así como una coloración turbia.



Figura 49. Punto de muestreo número 2 desde diferentes perspectivas (A. Se aprecia el espesor de la matriz de pasto, B. Se observa el agua encontrada bajo el pasto). Fuente: Propia

El tercer y último punto de muestreo, se hizo al pie de la pendiente, siendo este, el punto más alejado del cuerpo de agua y por ende el menos húmedo con respecto a los dos anteriores (Figura 50).

La textura de los perfiles superiores fue franco-arenosa, textura que, aunque equilibrada, posee mayor porcentaje de arena, partícula que por ser distante la una de la otra, permite que el suelo sea permeable y no tan moldeable como el suelo del primer punto de muestreo.



Figura 50. Cajuela del punto de muestreo número 3. Fuente: Propia

Un hecho a resaltar del área de estudio, es la erosión presente en gran parte de la ladera, ocasionada por el material de construcción arrojado desde la parte superior, lo cual, a su vez, genero la pérdida de cobertura vegetal, importante para conservación de la estabilidad del talud.

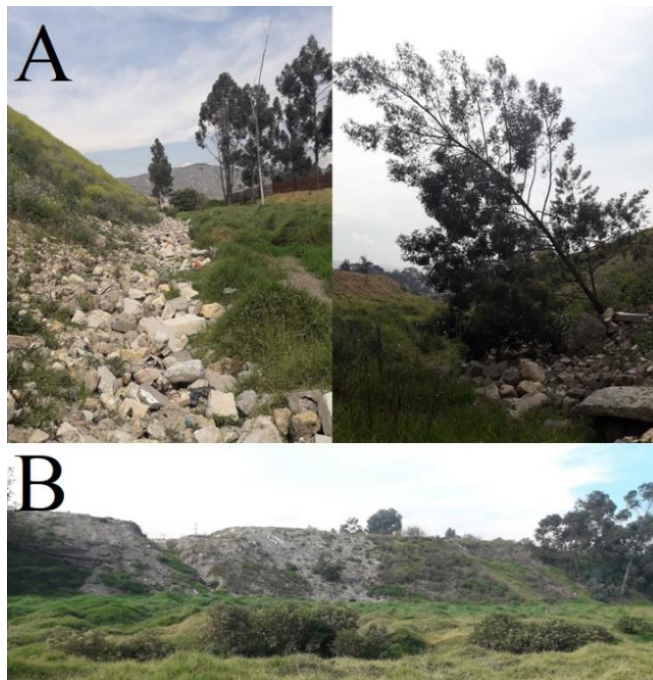


Figura 51. Pendiente erosionada por los residuos arrojados desde la parte superior de la ladera (A. Efecto del material de construcción arrojado sobre la vegetación establecida al pie de la ladera por, B. Pendiente sin cobertura vegetal). Fuente: Propia.

La contaminación presente en el cuerpo de agua es un aspecto preocupante para el proyecto, ya que es evidente simple vista, el elevado nivel de eutrofización (Figura 52), siendo que, según trabajadores de la obra y algunos habitantes de la zona, las principales fuentes contaminantes son algunas la fabricas del corredor industrial.



Figura 52. Cuerpo de agua estancando fuera del área de estudio. Fuente: Propia.

Dicha contaminación, puede ser fácilmente asimilada por el suelo, por lo cual, es necesario que los responsables de la contaminación del cuerpo de agua, se hagan responsables de los estudios correspondientes para así, determinar los tipos de contaminantes presentes, así como la magnitud de la contaminación del cuerpo de agua, facilitando la formulación y aplicación de medidas correctivas.

Factores bióticos

Presencia de especies invasoras:

Unos de los factores más relevantes que facilitan las invasiones biológicas de carácter vegetal, es entre muchos otros, la tolerancia al estrés en las primeras etapas de sucesión, las altas tasas de reproductividad, la plasticidad ecológica, el potencial de germinación y dispersión, la ausencia de competidores, herbívoros especialistas y agentes patógenos. Los factores mencionados son cumplidos, en su mayoría, por el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) (Figura 53).

Algunos de los factores que posiblemente sean un obstáculo para el proceso restaurativo durante la fase de establecimiento, son los efectos de la presencia del Eucalipto (*Eucalyptus sp*) sobre el suelo, debido a la alteración y degradación de las propiedades de sustrato.



Figura 53. Presencia de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Eucalipto (*Eucalyptus sp*) y en el predio dispuesto para el desarrollo del proyecto de Restauración Ecológica. Fuente: Propia.

Es necesario que, para el adecuado desarrollo del proyecto de restauración ecológica, las especies invasoras sean removidas, obviamente con previa autorización de la autoridad ambiental, puesto que representan un tensionante relevante a la hora de agilizar o reanudar la ejecución de los procesos sucesivos en la zona de estudio.

Competencia:

Se conoce como competencia, a la interacción ecológica determinada por la necesidad de un mismo recurso por individuos de una misma especie, o de diferentes especies, siendo que, en el marco de la competencia inter específica (diferentes especies), cuando un competidor ocasiona la desaparición otro dentro de un mismo hábitat, se denomina “exclusión competitiva” (Osorno, 2014).

Debido a las características del paso kikuyu, como especie invasora, entre las cuales destacan: su rápido crecimiento, su plasticidad ecológica y el funcionar como barrera física impidiendo la entrada de semillas de otras especies y luz solar al suelo (Barrera & Beltrán, 2014; Prieto & Sánchez, 2004; Williams, 2014), es evidente que la competencia por espacio ejercida por la herbácea, afectaría negativamente las especies nativas, deteriorando el desarrollo y limitando abruptamente el reclutamiento de nuevas plántulas.

Por su parte, en el caso de los eucaliptos, los principales motivos de competencia pueden llegar a ser el agua y los nutrientes, ocasionando cambios en las propiedades del suelo y efectos alelopáticos sobre las plantas nativas (FAO, 1987).

Fase de persistencia

Factores abióticos

Restricción climática (Sequias, heladas, inundaciones)

Una vez superada la fase de establecimiento, en la cual, las plántulas son más susceptibles a las restricciones climáticas, estas últimas tienden a representar una amenaza un poco menos

agresiva para la integridad de la vegetación establecida, pero igualmente merecedora de atención.

Las plantas seleccionadas para la restauración ecológica se deben caracterizar por ser resistentes a los cambios climáticos, dadas las ya mencionadas condiciones meteorológicas propias del área de estudio, siendo que, la resistencia a las condiciones climáticas adversas presentes en las zonas a restaurar, deben ser rasgos primordiales de las especies propuestas para reanudar o agilizar procesos de sucesión ecológica.

No obstante, la resistencia de la planta está limitada por la intensidad y duración del disturbio, siendo que, como medida de supervivencia tanto a periodos secos como a periodos muy fríos, las respuestas de las plantas son similares siendo estas: cierre estomático, producción de compuestos osmoreguladores para restablecer el potencial hídrico, funciones protectoras del citoplasma y membrana, control de la acumulación de iones tóxicos, al igual que la expresión de genes asociados a la tolerancia (Vargas, 2007a).

Fuegos naturales

Los incendios forestales por causas naturales están altamente influenciados por el fenómeno del “Niño”, siendo que la humedad de la vegetación disminuye hasta presentar déficit hídrico, lo cual, aunado a las altas temperaturas, promueve la generación de incendios forestales de carácter natural. Evidencia de ello fue la situación presentada en el año 1997 en Colombia, año en el que se presentó dicho fenómeno, resultando en 10.289 eventos de incendios forestales, afectando un área de 164.736 ha y representando el 70.9% total de los reportes de incendios forestales existentes entre los años 1986 y 2002 (Comisión Nacional Asesora para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales, 2002).

Asimismo, según la mencionada Comisión (2002):

Existen ecosistemas como los páramos y bosques secos que presentan altos niveles de vulnerabilidad asociados a sus condiciones naturales y a la presión antrópica que se ejerce sobre ellos, los cuales en las temporadas de verano requieren especial atención.

De acuerdo a lo anterior, por la alta vulnerabilidad al fuego de la vegetación propia del Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB) en el cual se encuentra ubicado el predio a trabajar (Figura 54), durante el fenómeno del Niño y las temporadas secas en general, dicha vegetación ser objeto de vigilancia, con el fin de prevenir y controlar oportunamente cualquier evento.

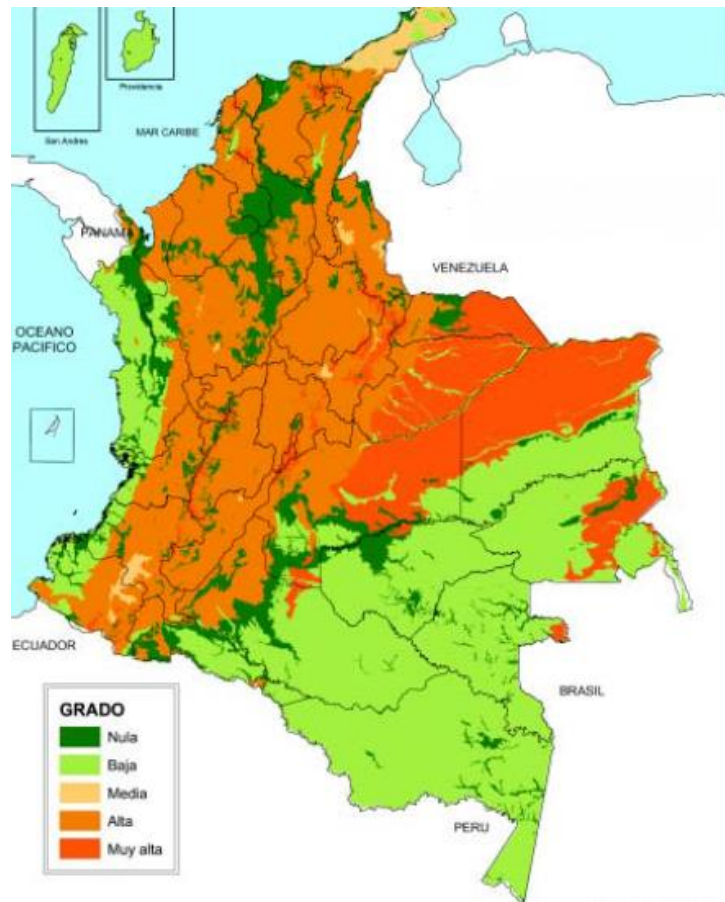


Figura 54. Mapa de Vulnerabilidad al Fuego de Coberturas Vegetales. Fuente: IDEAM- MINAMBIENTE, 2002.

La vegetación invasora también factor preocupante con respecto a la aparición y diseminación del fuego, ya que, en los países donde se siembra el Eucalipto, han resaltado la vulnerabilidad al fuego de algunas especies de dicho género (FAO, 1981).

Factores bióticos

Competencia

En este aspecto la especie más preocupante es el pasto kikuyo, puesto que es un pasto cuyo manejo y control se dificulta debido a su agresividad y a la facilidad de esta gramínea para reproducirse (Camacho Ballesteros, 2018). La afectación en este punto va desde la el impedimento de las semillas de las especies establecidas para llegar al suelo, pasando por el estrés producido en la vegetación nativa el acaparamiento de nutrientes, agua y luz, así como el llegando al ahogamiento de las especies nativas por la alta producción de biomasa del kikuyo (Ávila Rodríguez, 2014; CAR, 2016)

Asi mismo, la competencia entre la especies vegetales introducidas empleadas en la restauracion ecologica puede darse por según el tamaño de los individuos por simetria, asimetria, o por la parte de los individuos involucrados en la competencia epigia o hipogea (Vargas Rios, 2007a). En este aspecto, debido a que las plantas a utilizar en el proyecto que estaran mas cerca una a la otra variaran de tamaño, siendo las mayores aquellas que cumplan la funcion de niñeras o nodriza, las cuales se presume generaran efectos positivos sobre las especies pioneras, la competencia por simetria o asimetria se descarta parcialmente los inicios del proyecto. Por su parte, la competencia epigea o hipogea sera un factor a tener en cuenta conforme se desarrollen las especies mas jovenes y de acuerdo a factores tales como la distancia de siembre entre especies, aporte de recursos por parte del suelo e incidencia de radiacion solar, por mencionar la mas relevantes.

Factores sociales:

Según el DAMA (2000) la restauración ecológica es la asistencia a la recuperación total o parcial de los componentes funcionales y estructurales de ecosistemas deteriorados, implicando manejos físicos, biológicos y sociales. En este orden de ideas, las comunidades como principal agente transformador de su territorio, debe participar y apropiarse activamente del proyecto, partiendo del entendimiento e identificación de “los problemas ambientales, sus causas y las consecuencias que estos generan para su bienestar como individuos y comunidad” (Barrera Cataño, Contreras Rodríguez, Garzón Yepes, Moreno Cardenas, & Montoya Villareal, 2010).

Partiendo de lo anterior, se considera la participación social, a través del entendimiento de los perjuicios de la decadencia de los servicios ecosistémicos prestados por la fauna y la flora nativa mediante interacciones ecológicas entre ellas y el entorno, vital para la obtención de resultados satisfactorios, puesto que, conforme a Muiños (2008) citado por Barrera Cataño *et al* (2010) de acuerdo al interés individual y comunal se generaran dudas, soluciones y propuestas que enriquezcan el proyecto y promuevan la calidad de vida de las comunidades.

Es por lo anterior que factores tales como la falta de interés por parte de las comunidades implicadas y entidades territoriales son piezas clave en el fracaso de muchos proyectos de esta índole.

Fuegos antrópicos

Según Mondragón, Melo y Gelvez (2013), la región andina, al ser uno de los principales motores económicos del país, al poseer la mayoría de los recursos hídricos y las tierras más aptas para la ejecución de actividades agrícolas, es, en conjunto con las regiones Caribe y Orinoquia, las más susceptibles a incendios forestales en el territorio nacional.

Cundinamarca, en el periodo de estudio 2002-2012 fue el departamento con el mayor número de hectáreas afectadas por fuegos de fuente antrópica, seguido por Boyacá y Tolima,

pero debido a la presencia del Santuario de Flora y Fauna Iguaque en Tunja, Boyacá y al Parque Nacional Natural Los Nevados en el departamento de Ibagué, considerados áreas estratégicas de importancia a proteger, los últimos departamentos fueron priorizados por contener áreas críticas.

Las principales fuentes de incendios forestales de origen antrópico, son: las quemas para la preparación del pasto para la ganadería, las quemas para la preparación del suelo a ser cultivado, las fogatas, las quemas de basuras y los fumadores (Mondragon, Melo, & Gelvez, 2013).

No obstante, debido a las actividades económicas desarrolladas en el área de influencia del proyecto y a las medidas de prevención y control ejecutadas por las fabricas presentes en el corredor industrial del Muña, la probabilidad de aparición de fuegos de origen antrópico es reducida y en caso de presentarse, los mecanismos de control mitigarían el alcance y magnitud del disturbio.

Estrategias para la superación de las barreras de restauración

Especie invasoras:

Como es evidente en la identificación de las barreras a la restauración ecológica, una de las principales barreras en cada una de las fases son las repercusiones de la presencia de especies exóticas en el área de estudio (Tabla 23)

Es por lo anterior de se deben implementar medidas de manejo para cada una de las especies exóticas identificadas en el predio, con el objetivo de evitar cada uno de los prejuicios de la acción de estas sobre los ecosistemas identificados anteriormente

Tabla 23.

Especies Exóticas Identificadas en el Área de Estudio y sus Posibles Impactos en el Mismo.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ORIGEN	NIVEL DE INVASIÓN	IMPACTOS
---------------------	--------------------------	---------------	--------------------------	-----------------

Acacia negra o acacia gris	<i>Acacia decurrens Willd.</i>	Australia	Alto riesgo	<p>Detiene e impide la dinámica de los bancos de semillas nativos, obstruyendo el adecuado desarrollo de los procesos sucesionales propios de los ecosistemas en los que se encuentran, mediante la formación de capas de hojarasca, lo que, a su vez, promueve la exclusión de la flora y fauna nativa, además de alteraciones edáficas e hidrológicas.</p> <p>Debido a la gran cantidad de biomasa que produce, obstruye la dinámica de los bancos de semillas y la entrada de luz al suelo, lo que, aunado a la generación de sustancias alelopáticas, promueve el desplazamiento de las especies nativas.</p> <p>Produce sustancias alelopáticas que inhiben el crecimiento de otras especies a su alrededor, así mismo, debido al alto requerimiento hídrico y de nutrientes, altera las condiciones del suelo, impidiendo el establecimiento de especies nativas. Además de la toxicidad de sus semillas y hojas tanto para humanos como para animales, compite por espacio con otras plantas, dificultando la regeneración y establecimiento de especies nativas, deteriorando los</p>
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum Hochst. ex Chiov</i>	África	Alto riesgo	<p>Produce sustancias alelopáticas que inhiben el crecimiento de otras especies a su alrededor, así mismo, debido al alto requerimiento hídrico y de nutrientes, altera las condiciones del suelo, impidiendo el establecimiento de especies nativas. Además de la toxicidad de sus semillas y hojas tanto para humanos como para animales, compite por espacio con otras plantas, dificultando la regeneración y establecimiento de especies nativas, deteriorando los</p>
Eucalipto sp	<i>Eucalyptus sp.,</i>	Australia	Alto riesgo	<p>Produce sustancias alelopáticas que inhiben el crecimiento de otras especies a su alrededor, así mismo, debido al alto requerimiento hídrico y de nutrientes, altera las condiciones del suelo, impidiendo el establecimiento de especies nativas. Además de la toxicidad de sus semillas y hojas tanto para humanos como para animales, compite por espacio con otras plantas, dificultando la regeneración y establecimiento de especies nativas, deteriorando los</p>
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>	África	Alto riesgo	<p>Produce sustancias alelopáticas que inhiben el crecimiento de otras especies a su alrededor, así mismo, debido al alto requerimiento hídrico y de nutrientes, altera las condiciones del suelo, impidiendo el establecimiento de especies nativas. Además de la toxicidad de sus semillas y hojas tanto para humanos como para animales, compite por espacio con otras plantas, dificultando la regeneración y establecimiento de especies nativas, deteriorando los</p>

procesos de sucesión natural.

Retamo Liso	<i>Genista monspessulana</i>	Mediterráneo	Alto riesgo	Es una especie muy adaptable, pudiéndose establecer y reproducir muy fácilmente en ecosistemas andinos, desplazando especies nativas, pudiendo incluso, dominar una comunidad de plantas y formar densos y monoespecíficos rodales. Estas características le permiten desplazar las comunidades nativas, así como aumentar la frecuencia e intensidad de los incendios, alterar el ciclo del agua e incrementa los niveles de nitrógeno del suelo.
-------------	------------------------------	--------------	-------------	--

Fuente: (CAR, 2016); (CAR, 2012).

Teniendo en cuenta lo anterior, y de acuerdo con investigaciones como las de Vargas Ríos (2007a, 2007b, 2011a, 2011b) y la CAR (2012, 2016), las estrategias de manejo se formularon para cada una de las especies exóticas expuestas anteriormente.

Acacia negra (Acacia decurrens Willd):

En Sibaté, se estima que existen aproximadamente 41.466956 hectáreas con presencia de *A. decurrens* (CAR, 2018). En el área de estudio, existen tres individuos de esta especie, cada uno de ellos en estado de madurez, siendo las características tomadas en cuenta de esta especie para el presente proyecto las expuestas a continuación:

Tabla 24.*Características consideradas de la Acacia decurrens.*

Nombre vulgar: Nombre científico:	Acacia negra <i>Acacia decurrens Willd</i>	
Morfológicos	Reproductivos	Otros
Planta completa: *Hábitos: Árbol *Altura: 15 m	*Reproducción sexual: Semillas *Reproducción vegetal: Retoños desde la raíz.	Asociación: *Tipo de asociación con otras especies Exóticas: En bordes de carretera se puede observar cómo cultivo forestal, acompañada de otras especies forestales exóticas como <i>A. melanoxylon</i> , <i>Pinus patula</i> , <i>Cupressus lusitanica</i> , <i>Eucalyptus globulus</i> . En pradera se establece en praderas de <i>Pennisetum clandestinum</i> . *Tasa de crecimiento: Rápida. *Tolerancia a la luz: Heliófila. *Resistencia a las heladas: Tolera temperaturas de hasta -7°C. *Fijadora de nitrógeno: Si *Persistencia del follaje: Perenne
Copa: *Forma de la copa: No determinado *Densidad del follaje: Media	Estrategia de dispersión de semillas: * Barocoria principalmente, zoocoria, anemocoria y hidrocoria	Heliófila. *Resistencia a las heladas: Tolera temperaturas de hasta -7°C. *Fijadora de nitrógeno: Si *Persistencia del follaje: Perenne
Hoja: *Área foliar promedio: Las hojas tienen de 5 a 15 pares de pinnas de 2,5 a 9 cm de largo *Tipo de hoja: Bipinnadas	*Usos tradicionales y/o industriales potenciales: Económico: Fuente de madera y pulpa para papel. Agropecuaria: Alimentación de ganado en sistemas silvopastoriles. Restauración ecológica: Recuperación de suelos y control de erosión, fijación de nitrógeno (250 kg/ha/año).	

Fuente: (Universidad EIA, 2014); (CAR, 2018); (Pineda Hernandez, 2017); (CAR, 2016).

Como medidas de manejo, inicialmente se recomienda realizar revisiones periódicas con el fin de retirar las plántulas de *A. decurrens*, puesto que, una de las características que hacen

de esta planta una especie con alto potencial de invasión en Colombia (Baptiste Espinosa, y otros, 2010), es su alta generación de semillas y alta tasa de germinación (CAR, 2016). Las actividades de eliminación deben ir de la mano con actividades de recolección de frutos antes de la madurez reproductiva, puesto que las semillas dispersadas, al entrar a los bancos de semillas, pueden permanecer en estado latente durante décadas, siendo los disturbios como incendios los catalizadores para su germinación. Por su parte los individuos maduros se pueden eliminar, ya sea por el retiro de la corteza terrestre o por corte manual.

Pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

Esta especie es una de las más problemáticas en el área de estudio, así como una especie limitante dentro de los procesos de recuperación o restauración ecológica (Camacho Ballesteros, 2018), esto debido a características tales como su fácil adaptación y reproducción a través de rizomas y estolones, así como por la dispersión de su semilla por las heces fecales del ganado cuando se implementa en prácticas agrícolas.

Tabla 25.

*Principales características de *Pennisetum clandestinum**

Nombre vulgar:	Pasto kikuyo	
Nombre científico:	<i>Pennisetum clandestinum</i>	
Morfológicos	Reproductivos	Otros
Planta completa: * Hábitos: Herbácea * Altura: 30-40 cm	* Reproducción sexual: Semillas * Reproducción vegetal: Rizomas y espolones Estrategia de dispersión de semillas: *Zoocoria anemocoria e hidrocoria.	Asociación: * Tipo de asociación con otras especies Exóticas: <i>Desmodio sericophylli-Borrerietum</i> , <i>anthospermoidis nova</i> , <i>Ass. Aristidetum laxae nova</i> , <i>Dichondra repens</i> , <i>sambucus nigra</i> * Tolerancia a la luz: Tolera sombra moderada. * Resistencia a las heladas: No * Persistencia del follaje: Perenne. * Estado fitopatológico: Chinche de los pastos (<i>Collaria</i> spp.).

***Usos tradicionales y/o industriales potenciales:**

Agropecuario: Pastores, heno y ensilaje.

Restauración ecológica:
Se ha utilizado para la estabilización de suelos con pendientes pronunciadas, así como para la conservación de suelo y eliminación de contaminantes.

Fuente: (Camacho Ballesteros, 2018); (CAR, 2016); (Corpoica, 2013).

Con respecto a las medidas de manejo la CAR (2016) a implementar para esta especie, de recomienda hacer remoción con herramientas manuales con el fin de no solo remover la vegetación superficial, sino también el sistema radicular, a fin de impedir la regeneración vegetativa de la gramínea. La limpieza se puede realizar siguiendo la metodología empleada por Avila Rodriguez (2014), en la cual se realizando parcelas de 3x3, en las cuales se remueva los primeros 20 cm de la cobertura superficial del suelo eliminando la biomasa epigea e hipogea. Luego de esto, se deberán hacer revisiones periódicas, como mínimo cada cuatro meses, con el fin de remover cualquier rebrote de la gramínea, teniendo en cuenta que la lluvia incide fuertemente en el crecimiento de esta.

No se recomienda emplear el control biológico ni químico, pues, estos métodos pueden llegar a modificar de manera negativa las condiciones físicas y químicas tanto del suelo como del entorno en general, aumentando los impactos ambientales sobre el área de estudio.

Eucalipto sp.

En el área de estudio es una de las especies cuya presencia es más evidente, después de la Higuerilla y el pasto kikuyo con alrededor de 30 individuos. Es una de las especies exóticas con mayor cantidad de hectáreas sembradas en el país por el alto valor comercial de su madera.

Tabla 26.
Principales características de Eucalyptus sp.

Nombre vulgar:		Eucalipto	
Nombre científico:		<i>Eucalyptus sp.</i>	
Morfológicos	Reproductivos	Otros	
Planta completa: *Hábitos: Árbol *Altura: 50 m	*Reproducción vegetal: Rebrotos.	Asociación: *Tipo de asociación con otras especies (nativas o exóticas) *Tasa de crecimiento: Rápida *Presencia de micorrizas: Si. *Tolerancia a la luz: Heliófila *Resistencia a las heladas: Si *Persistencia del follaje: Perenne *Usos tradicionales y/o industriales potenciales: Económico: La madera se emplea en la construcción y en objetos torneados. De las hojas se extrae un aceite rico en citronela.	
Copa: *Forma de la copa: *Densidad del follaje: Alta.	Estrategia de dispersión de semillas: *Anemocoria e hidrocoria	*Usos tradicionales y/o industriales potenciales: Económico: La madera se emplea en la construcción y en objetos torneados. De las hojas se extrae un aceite rico en citronela.	
Hoja: *Área foliar promedio: 16 cm de largo por 8.5 cm de ancho. *Tipo de hoja:	Estrategia de polinización: *Entomofilia	Ornamental	

Fuente: (Universidad EIA, 2014); (CAR, 2016)

Teniendo en cuenta las recomendaciones de la CAR (2016) sobre el método de control más efectivo para esta especie, se deberá cortar la parte baja del tallo para luego cubrirla con un plástico negro.

Higuerilla (*Ricinus communis*)

Esta especie está distribuida ampliamente en el departamento de Cundinamarca y resalta de entre las demás especies exóticas porque también cumple con varias funciones positivas sobre los ecosistemas, en especies en cuestiones de conservación de suelos y restauración ecológica, entre las cuales destacan ser una especie ideal para la revitalización de cuencas hídricas, al disminuir el fenómeno de evaporación del agua, evitar el arrastre de partículas del suelo y el impidiendo de fuertes crecientes al retener casi todo el agua lluvia (Herrera Peña,

2006). Así mismo, según Herrera Peña (2006), su efecto alelopático, previene la aparición de bacterias, hongos y virus, no obstante, también inhibe la germinación de semillas, el crecimiento de nuevas plantas y da refugio a ácaros e insectos.

Tabla 27.

Principales características de Ricinus communis

Nombre vulgar: Nombre científico:	Higuerilla <i>Ricinus communis</i>	
Morfológicos	Reproductivos	Otros
Planta completa: *Hábitos: Arbusto *Altura: 3 m	*Reproducción vegetal: Por rebrotes.	*Tasa de crecimiento: Rápida.
Copa: *Forma de la copa: Forma de copa irregular, algunas veces aparasolada. *Densidad del follaje: Baja.	Estrategia de dispersión de semillas: *Barocoria	*Tolerancia a la luz: Heliófila *Resistencia a las heladas: Poco resistente. *Persistencia del follaje: Semi caducifolio *Defensas antihervívoros: Sus semillas crudas son tóxicas. *Estado fitopatológico: Hospeda al ácaro <i>Tetranychus urticae</i> Koch y <i>T. lundeny</i> Zarcher, que atacan los cultivos de ajo, cebolla, maíz, guayaba, frijol, papa, papaya, sandía, yuca, algodón, arveja, pepino, soya y fresa. *Usos tradicionales y/o industriales potenciales: Industriales: Producción de aceite de ricino, así como biodiesel. Restauración ecológica: Barreras vivas y corta vientos, inductor de procesos de restauración de bosque secundarios, recuperación de suelos.
Hoja: *Área foliar promedio: 20 cm de diámetro. *Tipo de hoja: Alternas, lobuladas	Estrategia de polinización: *Anemofilia	

Fuente: (Herrera Peña, 2006); (CAR, 2012); (Universidad EIA, 2014).

Para la eliminación de esta planta del área de estudio, se deberá remover la planta manualmente, teniendo en cuenta que el sistema radicular también tendrá que ser removido, que ya es una planta con gran capacidad de rebrote (CAR, 2016).

Retamo Liso (*Genista monspessulana*)

Nombre vulgar: Nombre científico:	Retamo Liso <i>Genista monspessulana</i>	
Morfológicos	Reproductivos	Otros
Planta completa: *Hábitos: Arbusto *Altura: 3 m.	*Reproducción sexual: Semillas.	*Tasa de crecimiento: Rápida.
Copa: *Forma de la copa: Irregular. *Densidad del follaje: Alta.	Estrategia de dispersión de semillas: *Hidrocoria	*Tolerancia a la luz: Requiere sombra en su estado juvenil, pero al madurar el heliófila. *Resistencia a las heladas: Si.
Hoja: *Área foliar promedio: 12 cm ² . *Tipo de hoja: Son compuestas, alternas, trifolioladas.	Estrategia de polinización: *Entomofilia.	

Fuente: (CAR, 2016); (CAR, 2012).

En este punto debido a la complejidad en cuanto a la eliminación de esta especie, se deberá seguir la metodología empleada por Ríos (2005) citada por la CAR (2016), en la cual, como primer paso se deberá llevar a cabo el corte manual de las plantas, los residuos de esta eliminación, deberán ser manipulados y dispuestos con cuidado de no dispersar semillas de acuerdo a la metodología del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018), sobre un plástico grueso no menor a calibre seis, evitando así posibles invasiones. Las ramas y los troncos deberán ser separados, siendo que deberán ser pasados a través de una máquina trituradora. Los residuos deberán ser destruidos ya sea por bioextrucción o en horno de alta temperatura, siendo que, no podrá quemarse a cielo abierto, ni sobre suelos que no sean de un sustrato o material inerte.

Así mismo, las herramientas y el área de manipulación de los residuos deberán ser limpiados con el objetivo de no dispersar semillas. Posteriormente, se deberán eliminar los

bancos de semillas del retamo liso, iniciando por la remoción de los primeros 12 cm del suelo con azadón o rastrillo, el cual solo se utilizará en la primera remoción. Haciendo esto, las semillas de retamo que hacen parte del banco de semillas, quedaran expuestas, obligando a su germinación para la posterior eliminación de los rebrotes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). La eliminación de rebrotes deberá hacerse cada cuatro meses durante el primer año, cada seis meses durante el segundo año y una vez en los años subsecuentes con el fin de asegurar la eliminación de las semillas de retamo del banco (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). Consecuentemente, se realizarán eliminación manual de las plántulas de retamo liso, con el fin de eliminar la competencia hacia las especies nativas. Por último, se deberán establecer coberturas nativas estables, con el fin de no dar lugar a nuevas invasiones (CAR, 2016).

Perchas para Aves:

Con el fin de favorecer la dispersión de semillas especies vegetales ornitocoras, la aceleración de los procesos de sucesión en pastizales, se plantea como estrategia para la superación de la barrera de ausencia de dispersores de semillas, la instalación de perchas para aves. Debido a que en paisajes formados por pastizales, las tasas de dispersión de semillas son muy bajas “debido a la ausencia de árboles remanentes que atraigan animales dispersores” y por ende los procesos de sucesión ecológica se estancan (Vargas Rios, 2007a), así mismo, es necesario para las especies establecidas el fortalecimiento de un mecanismo para la dispersión de sus semillas que acelere los procesos de sucesión

Estas perchas se ubican en la zona dominada por *Pennisetum clandestinum*, en los cuales no existen árboles que atraigan a la avifauna (Figura 55), facilitando el desplazamiento de las aves entre los fragmentos de bosque y la lluvia de semillas de plantas ornitocoras sobre estos fragmentos y los pastizales.

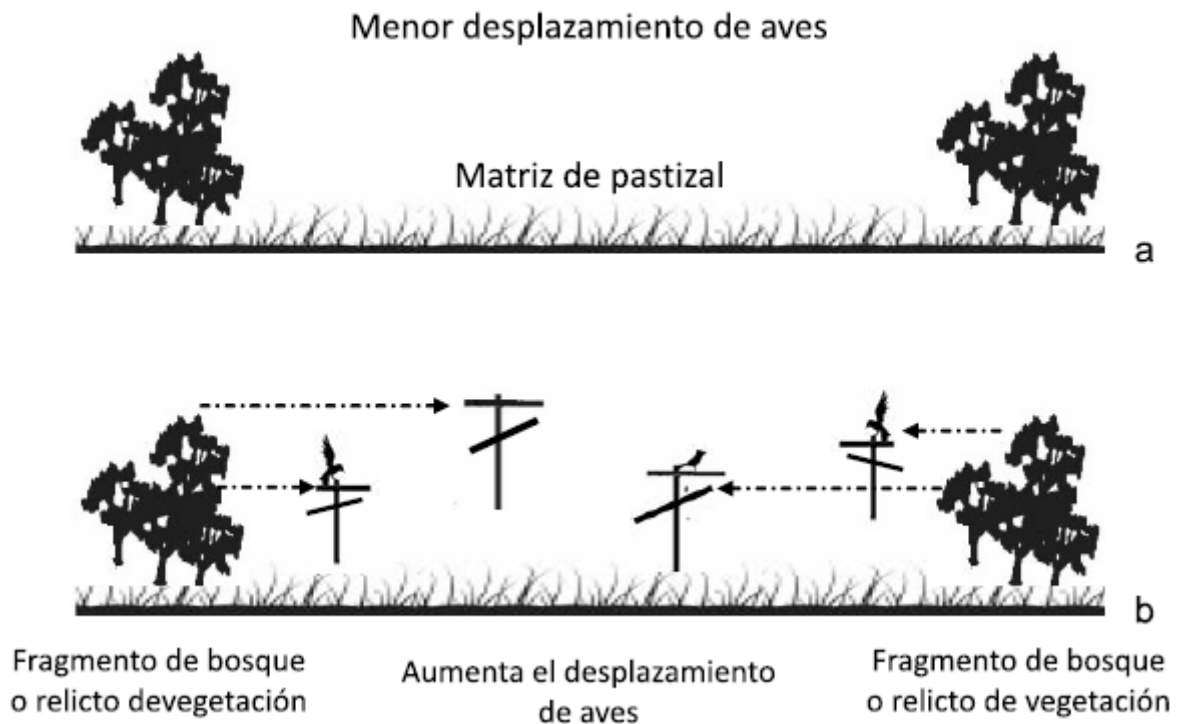


Figura 55. Implementación de perchas para aves como estrategia para la superación de barreras para la restauración. Fuente: Tomado de Vargas Ríos, 2007.

Las perchas son fabricadas de madera ya sea en forma de arco o de barra cruzada, con una altura entre 2 – 2.5 m, siendo necesario para el reclutamiento de plántulas la eliminación de una capa de suelo de alrededor de 36 cm, en una parcela de alrededor 1 m² debajo de la percha, eliminando de esta forma capa de pastizal y dejando el suelo descubierto y descompactado (Villate Suarez & Cortes Perez, 2018). De la misma forma, para evitar las invasiones de *Pennisetum clandestinum*, se deberán hacer zanjas alrededor de la parcela de 30 cm de ancho por 30 cm de profundidad. Según las investigaciones de Villate Suarez & Cortes Perez (2018), la implementación de esta estrategia en áreas de cobertura vegetal correspondiente a bs-MB, dominadas *Pennisetum clandestinum* y en menor proporción, por *Holcus lanatus*, *Anthoxanthum odoratum*, entre otras especies, resulta mas eficiente en comparación con dos tratamientos , sin perchas y con perchas naturales, por dos razones principalmente: en el tratamiento sin perchas, de acuerdo a Wunderle (1997) las aves tienen a

defecar mas cuando se posan que durante el vuelo (Villate Suarez & Cortes Perez, 2018). Por su parte, en el tratamiento con perchas naturales, se emplearon arboles de dispersion anemocoria, por lo cual, “los frutos no brindaban atractivo para las aves” (Villate Suarez & Cortes Perez, 2018).

Como en el estudio de Villate Suarez & Cortes Perez (2018), esta estrategia puede ser implementada para la restauracion de la margen de la quebrada, pudiendose ubicar las perchas a una distancia aproximada de 9 m a partir del curso de agua.

Eliminacion de los bancos de semillas invasores:

Para la eliminacion de los bancos de semillas de las especies invasoras se implementara la metodologia propuesta por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018), en donde, se realizaran inspercciones en busca de rebrotes como maximo cada cuatro meses durante el primer año. Durante el segundo año, cada seis y en los años siguientes una vez por año hasta agotar el banco de semillas.

Selección de especies a implementar

Cuando se estableció el potencial de regeneración se obtuvo un acercamiento a las especies vegetales que podrían dar implementadas en el proyecto (Tabla 21) así como sus funciones en procesos de restauración ecológica y usos en dichos programas (Tabla 28). Cabe acotar, que cada una de las especies acá mencionadas se pueden obtener en el parque Ecológico la Poma y su precio varía según la especie y su estado de madurez.

Tabla 28.
Especies vegetales consideradas para ser implementadas en el proyecto de restauración ecológica.

FUNCIÓN	ESPECIE	HABITO DE CRECIMIENTO	USOS
Inductor preclimácico tardiseral	Salvio negro (<i>Cordia lanata</i>)	Arbolito (6 m)	Inductor de rastrojos y pastizales
	Mano de oso (<i>Oreopanax floribundum</i>)	Árbol (20 m)	Inductor de bosques sobre subpáramos secundarios

			<p>Corredores y comederos para aves</p> <p>Barreras corta fuegos</p> <p>Protección contra las heladas</p> <p>Protección de márgenes hídricas</p> <p>Control de erosión, recuperación de los suelos</p> <p>Estabilización de taludes</p> <p>Enriquecimiento de rastrojos bajos</p> <p>Protección de rondas hídricas</p> <p>Recreación del monte de colina y pie de cerro</p> <p>Protección de márgenes de quebrada y nacimientos</p>
Inductor de procesos mesomeseral	Cedro (<i>Cedrela montana</i>)	Árbol (25 m)	<p>Corredores y comederos para aves</p> <p>Protección de márgenes hídricas</p> <p>Recreación del monte de colina y pie de cerro</p> <p>Protección de márgenes de quebrada y nacimientos</p>
	Raque (<i>Vallea stipularis</i>)	Arbolito (6 m)	<p>Corredores y comederos para aves</p>
Inductor preclimacico priseral	Duraznillo (<i>Abatia Parviflora</i>)	Árbol (16 m)	<p>Protección de márgenes hídricas</p> <p>Recuperación y estabilización de taludes</p>
	Uva de anís (<i>Cavendishia cordiflora</i>)	Arbusto (5-16 m)	<p>Restauración de taludes y focos de erosión</p> <p>deslizamientos</p> <p>Corredores y comederos para aves</p>
	Mortiño (<i>Hesperomeles goudotiana</i>)	Arbusto (6 m)	<p>Introducción de bosque alto andinos sobre subpáramos y potreros,</p> <p>Corredores y comederos para aves</p> <p>Protección antigano</p>

Precursor preclimacico diaseral	Aliso (<i>Alnus acuminata</i>)	Árbol (15 m)	Barrera en nacimientos y márgenes hídricas Barreras contra heladas Restaurador de suelo degradados por actividades mineras Control de desplome en márgenes de quebrada y ríos Control de degradación paisajística en humedales Control de degradación de suelo por agricultura y ganadería semiextensiva de ladera
	Salvio (<i>Buddleja americana</i>)	Árbol (15 m)	Inductor de rastrojos de pie de ladera Inductor de matorrales y bosque enanos
	Cucharo (<i>Myrsine coriaceae</i>)	Arbolito (6-21 m)	Corredor y comedero de aves Inductor de rastrojos
	Encenillo (<i>Weinmannia tomentosa</i>)	Árbol (15 m)	Recuperación de bosques de ladera Restauración de nacedores y rondas Barreras antigando Corredores y estribones ornitócoros.
Inductor preclimacico	Corono (<i>Xylosma spiculiferum</i>)	Arbolito (4-8 m)	Recuperación de focos de erosión en suelos pesados, en puntos y franjas húmedos.
Precursor leñoso priserial		Arbusto (3 m)	Recuperación de suelo

Precursor leñoso	Chilco (<i>Baccharis latifolia</i>)		Control de taludes y surcos Protección de rondas Restauración de nacederos y márgenes hídricas
	Uña de gato (<i>Berberis rigidifolia</i>)	Arbusto (2 m)	Barreras antigánado
	Hayuelo (<i>Bocconia frutescens</i>)	Arbusto (3 m)	Restauración de focos de erosión severa y afloramientos rocosos Protección de nacimientos y márgenes hídricas Inducción de bosques sobre potreros de kikuyo
	Tuno esmeraldo (<i>Miconia squamulosa</i>)	Arbusto (5-8 m)	Corredores y comederos para aves Restauración de focos de erosión superficial
	Arrayan (<i>Myrcianthes leucoxylla</i>)	Arbolito (6 m)	Control de focos de erosión severa Corredores y estribones ornitocoras Restauración de nacederos y rondas de cañadas
	Laurel de cera hojimenudo (<i>Myrica parvifolia</i>)	Arbolito (6 m)	Corredores y comederos para aves Restauración de focos de erosión severos en sustratos pesado y puntos húmedos
	Trompeto (<i>Bocconia frutescens</i>)	Árbol (10 m)	Es una especie pionera y de rápido crecimiento

Fuente: (DAMA, 2004); (DAMA, 2000); (CAR, 2012).

En el área de estudio se identificaron tres subáreas caracterizadas siendo estas, sub área 1. Zona de control de pasto kikuyo, siendo la más extensa debido a la dispersión de esta especie en todo el predio; sub área 2 área de estabilización de taludes, la cual se caracteriza por ser una marcada pendiente sin cobertura vegetal, presentado un severo grado de erosión; y por último el área de margen de la quebrada.

Estabilización de taludes

Para la estabilización de taludes se deberán emplear las especies arbustivas *B. latifolia*, *B. frutescens*, *M. squamulosa*, y *M. leucoxylla*, *C. cordiflora* así como especies arbóreas tales como *V. stipularis*, *A. acuminata* *O. floribundum*, con el fin no solo de estabilizar el talud y sino también de restaurar la erosión presente permitiendo el ingreso de otras especies nativas (Figura 56).



Figura 56. Zona de pendiente, Fuente: Propia.

Así mismo, al pie de la ladera, se recomienda sembrar arboles tales como *C. montana* y *B. americana*, y especies arbustivas como *B. frutescens*, *M. squamulosa*, *M. leucoxylla* las cuales

además de restaurar la erosión presente en esta área, también son inductores de bosque a potreros de pasto kikuyo en especial *M. squamulosa*.

La siembra se realizará intercalando entre especies arbóreas y arbustiva empelando el patrón de plantación al tresbolsillos (Figura 57), siendo que, entre cada individuo habrá una distancia de siembra de 2.5 m y 3 m entre líneas (DAMA, 2004).

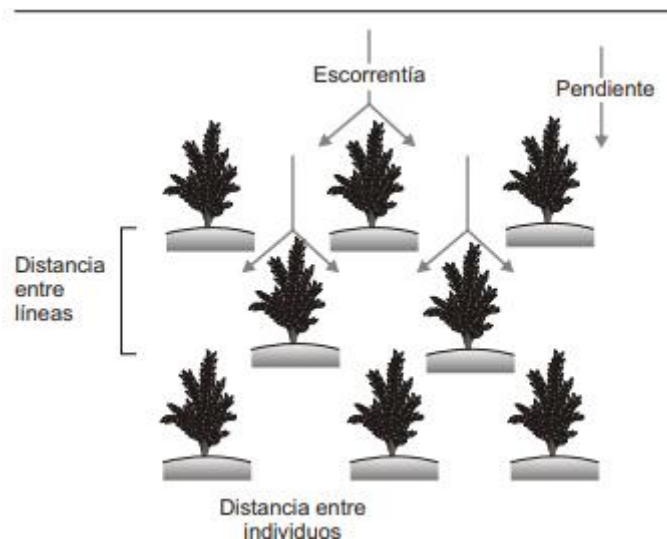


Figura 57. Patrón de siembra a emplear en la estabilización del talud. Fuente: Tomado de (DAMA, 2004).

Protección de márgenes hídricas

Para la protección y de márgenes hídricas se emplearán como corredores riparios las especies arbóreas *C. montana*, *A. acuminata*, *A. Parviflora*, *M. leucoxylo X. spiculiferum*, *B. americana* y las especies arbustivas *M. squamulosa*, *B. rigidifolia*, *B. frutescens*, *B. latifolia*. *H. goudotiana*.

Las especies empleadas en esta área cumplen funciones de proteger, restaurar las márgenes hídricas, sino que también son corredores y comederos para aves, especies pioneras además que promueven la inducción del bosque en la matriz de pasto kikuyo.

La siembra se realizará respetando una distancia entre individuos de 2 m entre individuos y 2 m entre líneas (Figura 58).

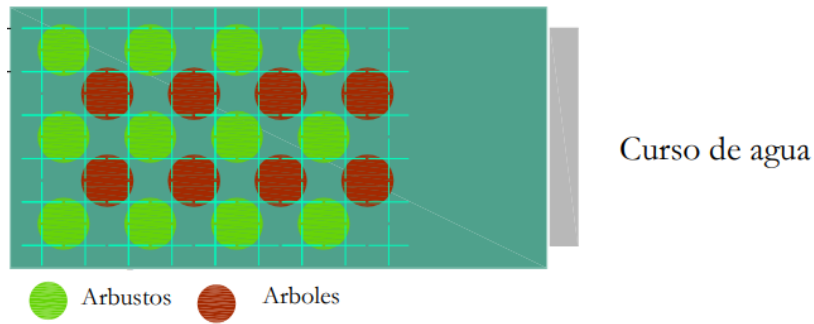


Figura 58. Patrón de siembra en la zona de márgenes hídricas. Fuente: Tomado de (Grupo de Restauracion Ecologica GRENUAL, 2013)

Zonas de control de pasto

En las zonas dominadas por pasto kikuyo, una vez se plantea la utilización de especies arbustivas como *B. frutescens*, *M. squamulosa*, *B. rigidifolia*, *B. latifolia*, *B. Jrutescens* y especies arbóreas tales como *X. spiculiferum*, *O. floribundum*, *V. stipularis*, *A. acuminata*, *C. montana*, *M. leucoxylla*, *B. americana*

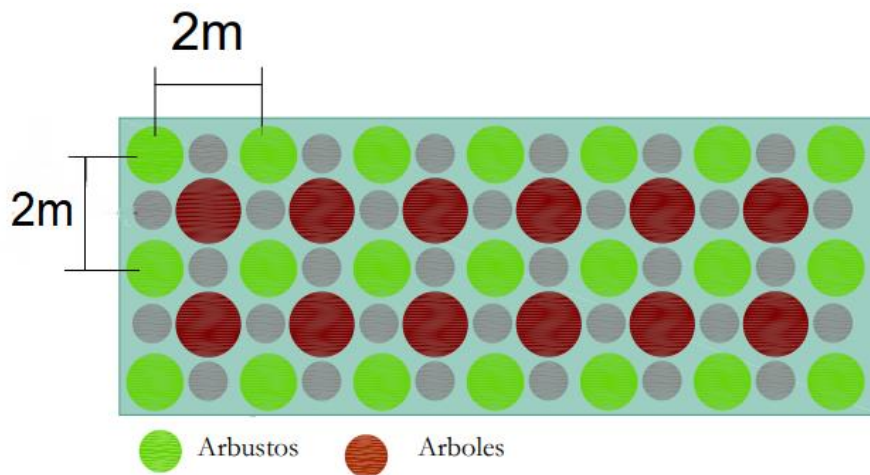


Figura 59. Patrón de siembra en control de pasto. Fuente: Tomado de (Grupo de Restauracion Ecologica GRENUAL, 2013)

Se recomienda que la especies se siembre a 2 m de distancia entre cada individuo y a 2 m entre las líneas (Figura 59).

Programa de educación ambiental

PROPÓSITO

El propósito de este programa de educación ambiental es dar a conocer los servicios ecosistémicos prestados por las especies vegetales nativas y su importancia tanto para el hombre como para el medio ambiente
ALCANCE
Este programa va destina a todos los habitantes tanto de las comunidades, como de los municipios aledaños al parque industrial Tequendama IV, así como todos los visitantes del mismo.
RESPONSABILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Es responsabilidad del instructor brindar la capacitación de manera concisa y de manera entendible. • Es responsabilidad de la organización encargada del proyecto de restauración brindar los espacios para llevar a cabo la el programa de educación ambiental • Es responsabilidad del personal al cual va encaminada la actividad tener disposición para recibir la capacitación
RECURSOS
Físicos: <ul style="list-style-type: none"> • Volantes informativos Humanos: <ul style="list-style-type: none"> • Instructor • Personal a capacitar Tecnológicos: <ul style="list-style-type: none"> • Celular Smartphone • Cámara fotográfica
CONTENIDO
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué es una especie vegetal nativa? • ¿Qué es una especies exótica, introducida e invasora? • ¿Qué es ecología? • ¿Qué es un servicio ecosistémico? • ¿Especies invasoras en Colombia? • ¿Estado actual de los ecosistemas nativos colombianos? • ¿Restauración ecológica en Colombia?

Programa de Monitoreo

Con el fin de evaluar los cambios generados con la aplicación de los tratamientos el monitoreo es una herramienta indispensable, para la obtención de resultados deseados.

En este aspecto el monitoreo es un proceso continuo y adaptativo, que permite modificar o eliminar los tratamientos aplicados, una vez sean visibles los resultados, generando nuevos tratamientos que permitan la obtención de resultados propuestos.

Estrategias para la superación de barreras para la restauración

Para el monitoreo de las estrategias propuestas para la superación de las barreras a la restauración, en el caso de las especies invasoras, se deberán realizar inspecciones en busca de rebrotes cada tres meses durante el primer año (cuatro inspecciones al año), cada seis meses durante el segundo año y una vez en los años subsecuentes con el fin de asegurar la eliminación de las semillas invasoras del banco de semillas.

Para el monitoreo de los resultados obtenidos por la implementación de las perchas para aves se deberá realizar una inspección de las zonas en las cuales se han puesto las perchas cada tres meses, durante un año (tres inspecciones anuales), clasificando semillas encontradas y los rebrotes según la especie a la que pertenece y la forma de dispersión.

Especies vegetales restauradoras

Para el monitoreo de las especies restauradoras se deberá evaluar en cuestiones de crecimiento y mortalidad (tasas de crecimiento, sobrevivencia, cobertura), crecimiento de las especies en los núcleos, llegada de nuevas especies nativas, aumento de la presión de propágulos.

Conclusiones

Toda actividad llevada a cabo por el hombre tiene un efecto sobre los ecosistemas que lo rodean y de los cuales toma los recursos para satisfacer sus necesidades. No obstante, es deber del ser humano que el desarrollo de su sociedad tenga un carácter sostenible a fin que las necesidades de generación futuras puedan ser satisfechas (Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987).

Las actividades asociadas al emplazamiento de obras industriales, así como de cualquier otra obra, afectan principalmente los componentes suelo y aire, siendo que actividades tales como el desbroce y tala de la cobertura vegetal, el empleo de maquinaria pesada y la construcción propiamente dicha, ejercen presión directa sobre propiedades del suelo y las

interacciones entre los distintos participantes de los diferentes ciclos biogeoquímicos (p.e. oxígeno, dióxido de carbono).

En este orden de ideas, la condición ambiental, ecológica y social, por mencionar algunas, del área industrial de Muña, es un claro ejemplo de la falta de planificación y gestión respecto a las actividades desarrolladas así como los respectivos aspectos ambientales generados por las mismas, siendo esto evidente en la salud de los habitantes de los municipios aledaños (principalmente Soacha y Sibaté), la contaminación atmosférica, ya sea por la ejecución de las actividades industriales, o por la presencia del embalse del Muña, y la presencia de especies exóticas y sus correspondientes efectos sobre los ecosistemas.

La restauración ecológica, por ser un proceso de asistencia a la sucesión ecológica, adquiere un carácter tan complejo y dinámico como la misma sucesión, por lo cual, dichos programas deben ser supervisados de manera exhaustiva, con el fin de que cada cambio generado a partir de los tratamientos implementados, sea evaluado dando paso a la prolongación y mejora de estos o a la culminación y generación de nuevas estrategias.

Es por lo anterior que, la sola introducción de especies nativas con funciones ecológicas que reanuden y/o agilicen los procesos de sucesión, no es suficiente para la restauración del área en cuestión, dando paso a la necesidad de complementar estas actividades con la aplicación de estrategias que tengan como finalidad eliminar los tensionantes y facilitar la acción de las especies restauradoras sobre el ecosistema.

Recomendaciones

Con el fin de ampliar el conocimiento sobre el estado real del medio físico del área de estudio, es necesario actualizar y realizar nuevas mediciones tales como presencia de material particulado en la atmosfera (PM_{10} , $PM_{2.5}$) contaminantes criterio que se consideren necesarios (SO_2 , NO_2 , CO , O_3), presencia de micro y macro nutrientes en el suelo y estudios de agua con el fin de determinar con exactitud el grado de contaminación del cuerpo de agua que delimita

el predio, comparando los resultados obtenidos de cada análisis con la respectiva norma vigente en Colombia.

Dado que el Parque Ecológico La Poma es un referente local en cuanto a la investigación de procesos de restauración ecológica, es vital desarrollar el proyecto de la mano de las personas encargadas de dicho parque, con fin de obtener beneficio de las investigaciones que estos han venido realizando en los últimos 25 años.

Asimismo, es fundamental para la obtención de los resultados deseados, hacer partícipe a las poblaciones aledañas al área de estudio, dando a conocer de la forma más clara y explícita las problemáticas ambientales, sociales y económicas que conlleva la degradación de los ecosistemas y por ende de sus componentes por la intervención humana, generando espacios de conversación que además de retroalimentar el proceso de restauración a partir de la perspectiva local, inculquen en la comunidad un sentido de pertenencia y una conciencia ambiental orientada al desarrollo sostenible de la sociedad.

Referencias

Aguilar, V. (2005). Especies invasoras: Una amenaza para la biodiversidad y el hombre.

Biodiversitas, 7-10.

Alcaldía Municipal de Sibate. (15 de Mayo de 2008). *Plan de Desarrollo Municipal 2008-*

2011: Sibate Social. Obtenido de Asociación de Empresarios de Sibate, Soacha y el Sur de Bogotá:

<http://asomuna.org/index.php/documentos/Municipio%20de%20Sibate/Plan%20de%20Desarrollo%20Municipal%20Sibate.pdf/download>

Alcaldía Municipal de Sibate. (2010). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. Sibate, Cundinamarca: Alcaldía Municipal de Sibate.

Alcaldía Municipal de Sibate. (11 de Agosto de 2016). *Alcaldía Municipal de Sibate,*

Cundinamarca. Obtenido de Mi municipio: información del municipio.:

<http://www.sibate-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

Alzate Molina, A. F. (2012). *Evaluacion y plan de manejo ambiental para la construccion del complejo ambiental Sibate-Puerto Seco*. Sibate, Cundinamarca.

Arango, J., Cardona, F., Lopez, A., Correa, G., & Echeverri, J. (2017). Variación de caracteres morfológicos del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el trópico alto de Antioquia. *Revista. CES Med. Zotec.*, 12(1), 44-52.

Avila Rodriguez, L. A. (2014). *Control de Gramineas Exoticas en Areas de Paramo Alterado a traves de las Matrices de Leguminosa Arbustiva y Herbaceas para la Conformacion de Nucleos de Regeneracion*. Bogota D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Baptiste Espinosa, M. P., Castaño Arboleda, N., Cardenas Lopez, D., Gutierrez, F. D., Gil, D. L., & Lasso, C. A. (2010). *Análisis de Riesgo y Propuesta de Categorización de Especies Introducidas para Colombia*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

Baptiste, B. (26 de Febrero de 2016). *Agonia de los Polinizadores, una Amenaza para Colombia*. Obtenido de Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt: <http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/842-agonia-polinizadores>

Barrera Cataño, J. I., Contreras Rodriguez, S. M., Garzon Yepes, N. V., Moreno Cardenas, A. C., & Montoya Villareal, S. P. (2010). *Manual para la Restauracion Ecologica de los Ecosistemas Disturbados del Distrito Capital*. Bogota D.C.: Secretaria Distrital de Ambiente, SDA; Pontificia Universidad Javeriana, PUJ.

- Bedoya, J., Estevez, J., & Castaño, G. (2010). Banco de Semillas del Suelo y su Papel en la Recuperación de los Bosques Tropicales. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 14(2), 77-91.
- Borrero Morales, N. (1 de Diciembre de 2014). *Aluvion: A Cielo Abierto*. Obtenido de Semana Sostenible: <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/multimedia/mineria-aluvion-cielo-abierto/32234>
- Camacho Ballesteros, S. E. (2018). La especie *Pennisetum clandestinum* en la restauración ecológica. *Amazonia Investiga*, 7(14), 265-273.
- CAR. (1996). *Zonas de vida o formaciones vegetales área jurisdiccional CAR*. Bogotá D.C.: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- CAR. (2008). *Plan de Manejo Ambiental de Agua Subterránea en la Sabana de Bogotá y Zona Crítica*. Bogotá D.C.: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- CAR. (2012). *Vegetación del territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas* (Segunda Edición ed.). Bogotá D.C.: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- CAR. (2016). *Catálogo de Especies Invasoras del Territorio CAR*. Bogotá D.C.: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- CAR. (2018). *Plan de Prevención, Manejo y Control de las Poblaciones de *Acacia decurrens* Willd en la Jurisdicción CAR*. Bogotá D.C.: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca .
- Castro Gomez, A. (28 de Abril de 2019). *Serpiente Sabanera (*Atractus crassicaudatus*)*. Obtenido de Naturalista: <https://colombia.inaturalist.org/photos/37289550>
- CCB. (2010). *Parque Ecológico la Poma: Un Universo para Descubrir*. Bogotá D.C.: Cámara de Comercio de Bogotá.

- Cock, J. H., Alvarez, D. M., & Estrada, M. (2010). *RASTA Rapid Soil and Terrain Assessment: Guia Practica para la Caracterizacion del Suelo y del Terreno*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Corporacion BIOTEC.
- Colmenares Rodriguez, H. J., & Torres Guerrero, V. (Enero de 2012). *Evaluacion de Contaminacion en Agua, Suelo y Sedimentos, asociada a Plomo y Cadmio en la Subcuenca del Embalse de Muña, Rio Bogota*. Obtenido de Repositorio Universidad de La Salle:
<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17165/T41.12%20C711e.pdf?sequence=1>
- Colombia, C. P. (1991). *Constitucion Politica de Colombia [Const.]*. Bogotá D.C.: Legis.
- Comision Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). *Nuestro Futuro Comun*. Nueva York: Organizacion de las Naciones Unidas.
- Comisión Nacional Asesora para la Prevención y Mitigacion de Incendios Forestales. (2002). *Plan Nacional de Prevencion, Control de Incendios Forestales y Restauracion de Areas Afectadas*. Bogota D.C.: Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial: Direccion de Ecosistemas.
- Conesa Fernandez-Vitora, V. (2010). *Guia Metodologica para la Evaluacion del Impacto Ambiental*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Congreso de Colombia. (9 de Noviembre de 1994). Por medio de la cual se aprueba "El Convenio de Diversidad Biologica" hecho en Rio de Janeiro el 5 de Junio de 1992. *Ley 165*. Bogota D.C., Cundinamarca, Colombia: Congreso de Colombia.
- Corpoica. (1997). *Determinacion de niveles de contaminacion pometales pesados toxicos en las principales sub-sistemas de produccion de la planicie aluvial baja del rios Bogota*. Bogota D.C.: Corporacion Colombiana de Investigacion Agropecuaria.

- Corpoica. (2013). *Pennisetum clandestinum*. Obtenido de Sistema de Toma de Decisiones para la Selección de Especies Forrajeras: https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fertilisation-des-Terres-et-des-Sols/eaux-et-sols-salins/plantes-pour-sols-salins/Pennisetum%20clandestinum/Pennisetum%20clandestinum_Kikuyo_Colombia.pdf
- Correal Urrego, G., & Van der Hammen, T. (1977). *Investigaciones arqueológicas en los abrigos rocosos del Tequendama: 12.000 años de historia del hombre y su medio ambiente en la altiplanicie de Bogotá*. Bogotá D.C.: Fondo de promoción de la cultura del Banco Popular.
- DAMA. (2000). *Protocolo Distrital de Restauración Ecológica: Guía para la Restauración de Ecosistemas Nativos en las Áreas Rurales de Santa Fe de Bogotá*. Bogotá D.C.: Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente.
- DAMA. (2004). *Guías Técnicas para la Restauración Ecológica en Áreas con Plantaciones Forestales Exóticas en el Distrito Capital*. Bogotá D.C.: Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente.
- De Souza, M., Maia, F., & Perez, M. (2006). Bancos de Semillas en el Suelo. *Agriscientia*, 23(1), 33-44.
- Enel-Codensa. (2018). *Nueva Esperanza 2000 años de Historia Prehispánica de una Comunidad en el Altiplano Cundiboyacense*. Tunja, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Obtenido de Enel S.A.: <https://www.enel.com.co/es/subestaciones-electricas/subestacion-electrica-soacha.html>
- Espinal, L. S., & Montenegro, E. (1963). *Formaciones vegetales de Colombia*. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Etter, A. (19-20 de Mayo de 2010). Patrones de Cambio de Uso de la Tierra en Colombia y sus Determinantes: Un contexto para el estudio de los cambios globales. *Simposio Internacional Ecosistemas y Cambio Climatico en el Contexto del Cambio Global en el Neotropico*. Medellin, Antioquia, Colombia: Universidad Javeriana.

Etter, A., Andrade, A., Amaya, P., & Arevalo, P. (2015). *Estado de los ecosistemas Colombianos-2014: Una aplicacion de la metodologia Lista Roja de Ecosistemas-UICN*. Bogota D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.

Eyver. (9 de Junio de 2018). *Colibrí Rutilante (Colibri coruscan)*. Obtenido de Naturalista: <https://colombia.inaturalist.org/photos/37653769>

FAO. (1981). *El eucalipto en la repoblacion Vegetal*. Roma: Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion.

FAO. (1987). *Efectos Ecologicos de los Eucaliptos*. Roma, Italia: Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion.

FAO. (2011). *Estado de Conservacion de los Recursos de Tierras y Aguas del Mundo para la Alimentacion y la Agricultura: Como gestionar los sistemas en peligro*. Roma: Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura .

Fevlandia. (24 de Marzo de 2018). *Musaraña de Thomas (Cryptotis thomasi)*. Obtenido de Naturalista: <https://colombia.inaturalist.org/photos/14428897>

Google. (2018). *Google Maps*. Obtenido de Cundinamarca, Colombia: <https://www.google.com/maps/place/Subestaci%C3%B3n+Nueva+Esperanza+CODENSA/@4.5552,-74.2742241,14z/data=!4m5!3m4!1s0x8e3f74e9f328996d:0x6aeea44e844cded2!8m2!3d4.5728664!4d-74.2819522>

Grupo de Restauracion Ecologica GRENUAL. (2012). *Guias Tecnicas para la Restauracion Ecologica de los Ecosistemas de Colombia*. Nogota D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Grupo de Restauracion Ecologica GRENUAL. (2013). *Plan de Restauracion Ecologica Participativa en la Microcuenca del Rio Chisaca*. Bogota D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Gutierrez, F. (2006). *Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos*. Bogota D.C.: Instituto de Investigaciones Biologicas Alexander Von Humboldt.

Gutierrez, F. (2011). Efectos negativos de las plantas exóticas maderables sobre el bosque nativo andino. *Revista Logos: Ciencia y Tecnologia*, 12(1), 78-90.

Herrera Peña, D. M. (2006). *Guia Ambiental para el Cultivo de Higuerilla en el Corredor Central del Departamento de Boyaca*. Bogota D.C.: Universidad de La Salle.

ICA. (25 de Abril de 2016). *El ICA realizó jornada de sensibilización en manejo y protección a los polinizadores*. Obtenido de Instituto Colombiano Agropecuario:
<https://www.ica.gov.co/noticias/ica-sensibilizacion-proteccion-polinizadores.aspx>

IDEAM. (1 de Enero de 2012a). *Actualizacion Notas Tecnicas: Heladas 2012*. Obtenido de Instituto de Meteorologia, Hidrologia y Estudios Ambientales:
<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21147/Documento+FINAL+actualizacion+nota+tecnica+heladas.pdf/e10a0183-62e6-410a-8e96-7e0739f6f06b>

IDEAM. (1 de Enero de 2012b). *Sequia Meteorologica y Sequia Agricola en Colombia: Incidencia y Tendencia*. Obtenido de Insituto de Meteorologica, Hidrologia y Estudios Ambientales:
<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Sequias+Incidencias+y+Tendencias.pdf/3e72c86c-cf4a-42f9-95f1-07e7cf88861a>

IDEAM. (29 de 04 de 2018). *Sistema de Monitoreo de Bosque y Carbono*. Obtenido de SMBYC: <http://smbyc.ideam.gov.co/MonitoreoBC-WEB/reg/indexLogOn.jsp>

IGAC. (2000). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Cundinamarca*. Bogota D.C.: Instituto Geografico Agustin Codazzi.

Instituto de Investigaciones de Recursos Biologicos Alexander Von Humboldt. (15 de Febrero de 2014). *La polinizacion: Un universo fascinante*. Obtenido de Instituto de Investigaciones de Recursos Biologicos Alexander Von Humboldt: <http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/808-biodivers-171215>

IPBES. (26 de Febrero de 2016a). *Science and Policy for People and Nature*. Obtenido de Press Release: Pollinators Vital to Our Food Supply Under Threat: <https://www.ipbes.net/article/press-release-pollinators-vital-our-food-supply-under-threat>

IPBES. (21 de Enero de 2016b). *Resumen para los responsables de formular políticas del informe de Evaluacion de la Plataforma Intergubernamental Cientifico-Normativa sobre Diversidad Biologica y Servicios de los Ecosistemas sobre Polinizadores, Polinizacion y Produccion de Elimentos*. Obtenido de Plataforma Intergubernamental Cientifico-Normativa sobre Diversidad Biologica y Servicios de los Ecosistemas: https://www.ipbes.net/system/tdf/downloads/pdf/ipbes_4_19_annex_ii_spm_pollinati_on_es.pdf?file=1&type=node&id=28364

Leche, R. (s.f. de s.f. de s.f.). *Buho Sabanero (Asio flammeus)*. Obtenido de Naturalista: <https://colombia.inaturalist.org/taxa/20315-Asio-flammeus>

Manuel Fernando. (5 de Mayo de 2015). *Tingua Moteada (Porphyriops melanops)*. Obtenido de Naturalista: <https://colombia.inaturalist.org/photos/17843398>

- MEA. (30 de Marzo de 2005). *Informe de la evaluación de los ecosistemas del milenio*.
Obtenido de Evaluación de los ecosistemas del milenio:
<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (25 de Abril de 2018). *Resolucion 0684 de 2018*. Obtenido de
<http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/5b-res%20684%20de%202018.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Plan Nacional de Restauracion. Restauracion Ecologica, Rehabilitacion y Recuperacion de Areas Disturbadas*.
Bogota D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Mondragon, M., Melo, A., & Gelvez, K. (2013). *Causas de los Incendios Forestales en la Region Caribe, Andina y Orinoquia de Colombia*. Bogota D.C.: Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible.
- Moraldini, M., & Viena, M. (2009). Predacion pre dispersiva de semillas en tres poblaciones de árbol *Enterolobium contortisiliquum*. *Revista Biologica Tropical*, 57(3), 781-788.
- Moreno Villamil, R., Velez Velandia, D., Gomez Hoyos, A., Higuera Diaz, D., Carvajal Gonzalez, J., Lopez Vargas, G., & Melo, D. (2018). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores*. (R. Moreno Villamil, D. Velez Velandia, A. Gomez Hoyos, D. Higuera Diaz, J. Carvajal Gonzalez, G. Lopez Vargas, & D. Melo, Edits.) Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Moreno, J. (2010). *Aves Dispersoras de Semillas en un Remanente de Bosque Tropical en la Finca Betanci-Guacamayas (Cordoba) (Trabajo de Grado)*. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Morera Cardenas, A. (2017). *Parque Ecológico el Poma. Soacha, Cundinamarca*. Soacha, Cundinamarca: Equipo de aprendizaje interactivo Ltda.

- Nates, G. (2016). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores. Abejas*. (G. Nates, Ed.) Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Osorno, V. (2014). Revisión sobre los impactos generados por la competencia ente plantas nativas e introducidas como base para el control de *Ulex Europeus* en la ciudad de Bogota D.C. *Revista de Tecnologia*, 13(1), 108-113.
- Perez, I., Dominguez, M., & Marañon, T. (2004). Depredación de semillas de alcornoque (*Quercus suber*) y quejigo (*Q. canariensis*): una aproximación experimental. *Revista de la Sociedad Gaidiata de Historia Natural*, 4(1), 175-180.
- Pineda Hernandez , G. J. (2017). *La Acacia Negra como Alternativa Forrajera en el Tropico Altoandino Colombiano (Trabajo de grado presentado para optar por el título de Especialista en Nutrición Animal Sostenible)*. Chiquinquirá, Boyaca.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Posada, W. (2018). *Evaluación de praderas de pasto kikuyo a través de imágenes multiespectrales. (Tesis de maestria, Universidad de Antioquia)*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Prieto, I., Dominguez, M., Palacio, J., Lopez, J., & Geissert, D. (2003). Relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies de flora en cuencas costeras del estado de Veracruz, México. *Investigaciones Geograficas*, 50(1), 31-52.
- Ramirez, M. (4 de Agosto de 2018). *Murciélagos Cola Corta de Sebas (Carollia perspicillata)*. Obtenido de Naturalista:
<https://colombia.inaturalist.org/photos/22644333>
- Reid, F. (1992). Comafreja común o overa (Opossum). En K. Redford, & J. Eisenberg, *Mammals of the Neotropics. The southern cone*. Chicago: Univ. of Chicago Press.

Revista Dinero. (31 de Agosto de 2017). *Riqueza Minera de Colombia en Otros Materiales*.

Obtenido de Revista Dinero: <http://www.dinero.com/edicion-impresa/informe-especial/articulo/riqueza-minera-de-colombia/249256>

Reyes, S., & Vargas, O. (2011). *La Restauracion en la practica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauracion Ecologica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauracion Ecologica*. Bogota D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Robayo Carvajal, A. S. (29 de Abril de 2019). *Camaleón de Páramo (Anolis heterodermus)*.

Obtenido de Naturalista: <https://colombia.inaturalist.org/photos/37276330>

Ruano, I., Del Peso, D., & Bravo, F. (2013). Análisis de la depredación post-dispersión de las semillas de *Pinus Pinaster Ait* en la meseta Castellana. En G. Montero Gonzales, M. Guijarro Guzman, E. al, G. Montero Gonzales, M. Guijarro Guzman, & E. al (Edits.), *Actas 6º Congreso Forestal Español*. Pontevedra: Sociedad Española de ciencias Forestales.

Sarmiento, M. I., Idrovo, A. J., Restrepo, M., Diaz M., M., & González, A. (1999).

Evaluacion del Impacto de la Contaminacion del Embalse del Muña Sobre la Salud Humana. *Revista de Salud Publica*, 1(2), 159-171.

SDA-Jardin Botanico Jose Celestino Mutis. (2010). *Arbolado Urbano de Bogota*. Nogota D.C.: Secretaria Distrital de Ambiente, SDA.

Servicio Geologico Colombiano. (6 de Juliiio de 2016). *Amenaza Sismica*. Obtenido de Zonas de Amenaza NSR-10: https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/

SIB. (9 de Febrero de 2018). *Sistema de Informacion sobre Biodiversidad de Colombia*.

Obtenido de Catalogo de Biodiversidad de Colombia:

<http://catalogo.biodiversidad.co/>

Torres Arboleda, D. (10 de Abril de 2013). *Murciélago Rabón de Geoffroy (Anoura*

geoffroyi). Obtenido de Naturalista: <https://colombia.inaturalist.org/photos/567750>

- Torres Martinez, J. (16 de Diciembre de 2015). *Nuevos desiertos avanzan detrás de la fiebre del oro*. Obtenido de El Tiempo:
<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16460299>
- Universidad EIA. (2014). *Catálogo Virtual de Flora del Valle de Aburra*. Obtenido de Acacia decurrens: <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/250>
- Universidad EIA. (2014). *Catálogo Virtual de Flora del Valle de Aburra*. Obtenido de Ricinus communis: <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/261>
- Universidad EIA. (2014). *Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá*. Obtenido de Eucalipto sp.: <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/75>
- Universidad Nacional de Colombia. (12 de Octubre de 2016). *Abejas ayudan a controlar plagas en cultivos de fresa*. Obtenido de Agencia de Noticias Universidad Nacional: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/abejas-ayudan-a-controlar-plagas-en-cultivos-de-fresa.html>
- UNODC. (2017). *Monitoreo de territorios afectados por Cultivos Ilícitos 2016*. Bogotá D.C.: Oficina de las Naciones Unidas contra a Droga y el Delito.
- Van der Hammen, T. (1986). La sabana de Bogotá y su lago en el pleniglacial medio. En T. Van der Hammen, *Historia, Ecología y Vegetación* (págs. 175-190). Bogotá D.C.: Corporación Araracuara.
- Vargas Rios, O. (2007a). *Guía Metodológica para la Restauración Ecológica del Bosque Alto Andino*. (O. Vargas, Ed.) Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas Rios, O. (2007b). *Restauración Ecológica del Bosque Altoandino: Estudios Diagnósticos y Experimentales en los Alrededores del Embalse Chisaca, Localidad de Usme, Bogotá D.C.* Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas Rios, O. (2011). Los Pasos Fundamentales en la Restauración Ecológica. En O. Vargas Rios, & S. P. Reyes B., *La Restauración Ecológica en la Práctica: Memorias*

del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica (págs. 19-40). Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Vargas Rios, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y Restauración. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221-246.

Vargas, O. (2007a). *Guía Metodológica para la Restauración Ecológica del Bosque Alto Andino*. (O. Vargas, Ed.) Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Vargas, O. (2007b). *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino: El caso de la reserva forestal municipal de Cogua, Cundinamarca*. (O. Vargas, Ed.) Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Velasquez, J. (24 de Marzo de 2019). *Titiribí Pechirrojo (Pyrocephalus rubinus)*. Obtenido de Naturalista: <https://colombia.inaturalist.org/photos/37644387>

Villate Suarez, C., & Cortes Perez, F. (2018). Las Perchas para Aves como Estrategia de Restauración en Cuenca del Río la Vega, Tunja, Boyaca. *Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42(164), 202-211.

World Resources Institute. (Mayo de 2019). *Global Forest Watch*. Obtenido de Global Forest Watch: <https://www.globalforestwatch.org/>