

**PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN EN EL LABORATORIO DE RESTAURACIÓN
FORESTAL UNIVERSIDAD FEDERAL DE VIÇOSA UFV – BRASIL.**

ANGELA GIOCONDA JAIMES CORONADO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL
MÁLAGA
2017**

**PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN EN EL LABORATORIO DE RESTAURACIÓN
FORESTAL UNIVERSIDAD FEDERAL DE VIÇOSA UFV – BRASIL.**

ANGELA GIOCONDA JAIMES CORONADO

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniera Forestal**

Director

HERWIN RAMIRO ROA CAICEDO

Ingeniero Forestal

Especialista en Planeación para la Educación Ambiental

Codirectores

PhD. SEBASTIÃO VENÂNCIO MARTINS

M. Sc. MARLON JULIÁN CASTAÑEDA SERRANO

Ingenieros Forestales

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL**

MÁLAGA

2017

DEDICATORIA

A Dios por iluminar mi vida para cumplir este sueño sin él nada fuese posible.

A mi Padre en el cielo por cuidar de cada uno de mis pasos.

A mi Madre Socorro Coronado Roa por su lucha constante e inagotable.

A mis hermanos Judy y Jaime por su apoyo incondicional y creer en mí.

A mi amiga y compañera de lucha Nancy Andrea Barajas Jurado por darme la fuerza necesaria para continuar en momentos difíciles y desde donde ella se encuentre sé estará feliz por esta meta cumplida, la cual anhelamos tanto.

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, hermanos, padrastro y a mis amigas, hermanas, confidentes y cómplices de toda la vida Jenny Castellanos y Nancy Barajas por la confianza, las palabras de aliento cuando desfallecía y los días de felicidad. A administrativos y empleados de la Universidad Industrial de Santander Sede Málaga por su entrega, compromiso y las enseñanzas del día a día, de cada uno aprendí lecciones de vida.

A todos los profesores con los que tuve la fortuna de compartir un aula de clase y depositaron en mí su conocimiento, en especial al profesor Herwin Ramiro por ser no solo un docente sino también un ser humano intachable con sus alumnos, por su paciencia con la que orienta y la dedicación para con el programa de Ingeniería Forestal. Al Profesor Sebastião Venâncio Martins e investigadores del Laboratorio de Restauración Forestal (LARF) de la Universidad Federal de Viçosa – Brasil, por la oportunidad de crecimiento personal y profesional. Al Profesor Marlon Julián Castañeda, por sembrar en mí la semilla de la investigación y confiar en mis capacidades.

A todos mis compañeros UIS de este proceso de formación, en especial a Sneydher Rangel por ser ese amigo incondicional y cómplice de los mejores momentos vividos durante esta etapa. A las niñas de la Republica DIVAS en Brasil por su acogida calurosa en su casa. A las (os) Intercambistas 2017-1 de la UFV y a todas las personas que brindaron en este país una mano amiga, por la amistad y compartir conmigo la mejor experiencia de vida. Y a todas y cada una de las personas que confiaron en mí muchas gracias Dios los bendiga.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1 DEFINICION DEL PROBLEMA	19
1.2 JUSTIFICACIÓN	22
2. OBJETIVOS	24
2.1 OBJETIVO GENERAL	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3. MARCO REFERENCIAL	25
3.1 MARCO TEÓRICO	25
3.1.1 Atributos de ecosistemas restaurados y ecosistemas de referencia.	28
3.1.2 Indicadores para evaluación y monitoreo.	30
3.1.3 El Bosque y los servicios ambientales de restauración.	33
3.1.4 Directrices para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas	34
3.1.6 La restauración a escala de Paisaje.	37
3.2 MARCO CONCEPTUAL	37
3.2.1 Métricas de análisis espacial	37
3.2.2 Mediciones directas del ambiente lumínico en el bosque	38

3.2.3 Rescate de Plántulas.	43
3.2.4 Banco de Semillas del Suelo.	43
3.2.5 Área Degradada.	43
3.2.6 Revegetalización de taludes.	44
3.3 MARCO HISTÓRICO	45
3.3.1 Iniciativas globales de restauración	45
3.3.2 Colombia en la restauración.	46
3.3.3 Brasil en la Restauración.	52
3.4 MARCO LEGAL	55
3.5 MARCO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO	59
3.5.1 Bosque del Paraíso, Universidad Federal de Viçosa.	59
3.5.2 Laboratorio de Restauración Forestal en Brasil.	61
4. DISEÑO METODOLÓGICO	63
4.1 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 1	63
4.1.1 “Monitoreo de áreas en restauración después de la minería de bauxita y uso de los SIG como una ayuda para la recuperación de Áreas Degradadas”.	63
4.2 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 2	71
4.2.1 “Rescate de plántulas del banco se semillas del suelo para la producción de individuos”.	71
4.3 PROYECTO MONOGRAFÍA	80
4.3.1 “Levantamiento fitosociológico de la regeneración natural de un talud Vial en Viçosa, Minas Gerais”.	80

4.4 IV SIMPOSIO MINERO DE CIENCIA DE LOS SUELOS.	85
4.5 IV FÓRUM BRASILEIRO DE ÁREAS DEGRADADAS	88
5. DISCUSION	90
6. CONCLUSIONES	92
BIBLIOGRAFIA	94
ANEXOS	103

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estudios Desarrollados por el LARF-UFV, sobre restauración forestal. ..	54
Tabla 2. Principales normativas del Plan Nacional de Restauración.	56
Tabla 3. Técnicas de Restauración ecológica indicadas por el LARF - UFV.	62

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Principales etapas y procesos de la planeación sobre la restauración ecológica.	28
Figura 2. Estructura del Dosel arbóreo, de un área en proceso de Restauración de 15 años.....	39
Figura 3. Toma de fotografías hemisféricas.	41
Figura 4. Fotografías hemisféricas tomadas de un claro de dosel de un área en Restauración.	42
Figura 5. Crecimiento en el número de publicaciones en restauración ecológica y ecología de la restauración desde 1980.	47
Figura 6. Bosque del Paraíso Universidad Federal de Viçosa MG.....	60
Figura 7. Zona de Mata de Minas Gerais, Brasil.	65
Figura 8. Localización Área 1. Municipio de Descoberto-MG, Brasil.	66
Figura 9. Localización Área 2. Municipio de Miraí-MG, Brasil.	67
Figura 10. Área experimental 1, levantamiento florístico.....	68
Figura 11. Muestras de Suelo para la evaluación del banco de semillas.	69
Figura 12. Trado de rosca.....	70
Figura 13. Toma de muestras aleatorias para el análisis.	70
Figura 14. Toma de fotografías hemisféricas Descoberto-MG.	71
Figura 15. Localización Bosque del Paraíso, Universidad Federal de Viçosa – MG, Brasil.	73
Figura 16. Banco de individuos germinados.	74
Figura 17. Corte de raíces secundarias y hojas primarias.....	74
Figura 18. Disposición final de las plántulas en el Vivero.....	75

Figura 19. Toma de diámetro y altura de plántulas rescatadas.....	75
Figura 20. Plántulas rescatadas del banco de semillas inicial.....	76
Figura 21. Herramientas utilizadas para la toma del muestreo.	76
Figura 22. Recolección de las muestras en la parcela de Pino SP.	77
Figura 23. Recolección de las muestras en el Bosque secundario.	77
Figura 24. Recolección de muestras Bosque Primario.....	78
Figura 25. Recolección de muestras parcela de Eucalipto SP.	78
Figura 26. Transporte de muestras Vivero de investigaciones Universidad Federal de Viçosa MG.	79
Figura 27. Disposición de las muestras de suelo en contenedores.....	79
Figura 28. Disposición final de las muestras de suelo.....	80
Figura 29. Localización Talud Vial Viçosa, MG.	82
Figura 30. Talud Vial Viçosa, MG.	83
Figura 31. Instalación de parcelas Talud Viçosa, MG.	84
Figura 32. Levantamiento de las parcelas del talud en Viçosa, MG.	85
Figura 33. IV Simposio Minero de Ciencia del Suelo.	86
Figura 34. IV Fórum Brasileiro de Áreas Degradadas.....	89

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A Certificado de Notas.....	103
ANEXO B Certificado IV Simposio Minero de Ciencia de los Suelos	104
ANEXO C Certificado IV Foro Brasileiro de Áreas Degradadas.....	105

GLOSARIO

ECOSISTEMA DE REFERENCIA: Aquel que se señala como modelo para fijar los objetivos de una restauración ecológica¹.

EVALUACIÓN: Apreciación o análisis puntual de indicadores o variables ambientales de poblaciones en el área restaurada².

OBJETIVOS: Son ideas y abstracciones que delimitan un grupo de resultados aceptables para determinado proyecto³.

METAS: Representan medidas concretas que deben ser tomadas para que los objetivos sean cumplidos³.

INDICADORES: Son los que reflejan la actual situación del área en proceso de restauración, y cuyos valores obtenidos deben ser comparados con las metas establecidas para saber si estas se están cumpliendo o no³.

MONITOREO: Son las acciones realizadas las para evaluar temporalmente, la base de los objetivos establecidos en el planteamiento, sirviendo como base para verificar el funcionamiento y la dinámica del área restaurada⁴.

PEDOLOGÍA: disciplina de la Ciencia de los Suelos que trata del estudio de los suelos en su ambiente natural. Componente fundamental de la Ciencia de la Tierra⁵.

¹ MURCIA, Carolina; GUARIGUATA. La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades. Bogotá: CIF, 2014. p. 11.

² MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. Viçosa: UFV, 2012. vol 1., p. 265.

³ *Ibíd.*, p. 265.

⁴ *Ibíd.*, p. 266.

⁵ JOÃO C, K. Considerações sobre a pedologia no Brasil. Viçosa: Departamento do Solos – UFV, 2017. p. 2.

RESTAURACIÓN ECOLÓGICA: Proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido⁶. Es una actividad intencional que interrumpe los procesos responsables de la degradación, elimina las barreras bióticas y abióticas a la recuperación del ecosistema, e inicia o acelera la sucesión ecológica a través del establecimiento de propágulos de las especies del ecosistema de referencia⁷.

RESILIENCIA: Capacidad de un ecosistema de retornar a su estado inicial luego de una perturbación (también se entiende como elasticidad)⁸.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: Procesos ecológicos de los cuales se benefician los humanos⁹.

RIQUEZA: Se refiere al número total de especies nativas regionales presente en todas las parcelas¹⁰.

⁶ SER. The SER International Primer on Ecological Restoration. [En línea] SER.org. Canadá: SER y Tucson, 2004. p. 9. (Recuperado Febrero 22 de 2017). Disponible en https://www.ctahr.hawaii.edu/littonc/PDFs/682_SERPrimer.pdf

⁷ MURCIA, Carolina; GUARIGUATA, Manuel R. La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades. Documentos Ocasionales vol.107. Bogotá: CIF, 2014. p. 6.

⁸ *Ibíd.*, p. 11.

⁹ *Ibíd.*, p. 11.

¹⁰ MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. Restauração ecológica de ecossistemas. Viçosa: UFV, 2012. p. 262.

RESUMEN

TITULO: PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN EN EL LABORATORIO DE RESTAURACIÓN FORESTAL UNIVERSIDAD FEDERAL DE VIÇOSA – BRASIL.

AUTOR: ANGELA GIOCONDA JAIMES CORONADO**

PALABRAS CLAVE: RESTAURACIÓN FORESTAL, MINERIA, ECOLOGÍA, AREAS DEGRADADAS, LEVANTAMIENTO FITOSOCIOLÓGICO, MONITOREO, PEDOLOGÍA, RESILIENCIA, MEDICIONES FOTOMÉTRICAS, FOTOGRAFÍAS HEMISFÉRICAS.

DESCRIPCIÓN:

Teniendo en cuenta que uno de los intereses del programa de Ingeniería Forestal de la UIS es iniciar y asegurar la continuidad al proceso de Internacionalización académico – científico, en el presente proyecto se aborda la experiencia de la primer pasantía en Investigación Internacional del programa, el cual tiene como objetivo apoyar los proyectos desarrollados por el Laboratorio de Restauración Forestal (LARF–UFV, Brasil) en su grupo de Investigación Ecológica, Restauración de Ecosistemas Forestales y Recuperación de áreas degradadas.

Este documento expone inicialmente un escáner a los conceptos más importantes relacionados con la restauración forestal y ecológica, lo que permitirá al lector la comprensión de la temática a medida que avanza., seguido a esto se presentan tres de las metodologías utilizadas por el laboratorio entorno a las experiencias en Restauración Forestal de áreas degradadas: la primera de ellas el Monitoreo de áreas en restauración después de la minería de bauxita, estudio que se lleva a cabo hace 15 años., la segunda el Rescate de plántulas de un banco de semillas del suelo para la producción de individuos en el Bosque del Paraíso como estudio de la regeneración natural y el tercero el acompañamiento al proyecto Levantamiento fitosociológico de la regeneración natural de un talud Vial en Viçosa, Minas Gerais. El presente fue elaborado con la colaboración y experiencia de los principales investigadores del Laboratorio.

Para finalizar se manifiesta la participación en diferentes espacios académicos mencionando la temática tratada en el IV Simposio Minero de la Ciencia de los Suelos y en el IV Fórum Brasileiro de Áreas degradadas. De esta forma se espera que el lector encuentre herramientas que le permitan desarrollar estudios y proyectos sobre restauración ecológica, lo que amplíara el conocimiento entorno a las oportunidades que se puedan presentar para su expansión en Colombia.

* Trabajo de Grado

** Instituto de Proyección y Educación a Distancia IPRED, Programa de Ingeniería Forestal. Director: Herwin Ramiro Roa Caicedo Ingeniero Forestal.

ABSTRACT

TITLE: INTERNSHIP OF INVESTIGATION IN THE LABORATORY OF FOREST RESTORATION UNIVERSITY FEDERAL DE VIÇOSA – BRAZIL*

AUTHOR: ANGELA GIOCONDA JAIMES CORONADO**

KEYWORDS: FOREST RESTORATION, MINING, ECOLOGY, DEGRADED AREAS, PHYSIOCHOLOGICAL LIFTING, MONITORING, PEDOLOGY, RESILIENCE, PHOTOMETRIC MEASUREMENTS, HEMISPHERIC PHOTOGRAPHS.

DESCRIPTION:

Taking into account that one of the interests of the UIS Forest Engineering program is to initiate and ensure the continuity of the academic - scientific internationalization process, the present project addresses the experience of the first internship in International Research of the program, which Aims to support the projects developed by the Forest Restoration Laboratory (LARF-UFV, Brazil) in its group of Ecological Research, Restoration of Forest Ecosystems and Recovery of degraded areas.

This document initially exposes a scanner to the most important concepts related to forest restoration and ecological that will allow the reader to understand the theme as it progresses., Followed to this are presented three of the methodologies used by the laboratory around the experiences In Forest Restoration of degraded areas: the first of them the Monitoring of areas in restoration after the mining of bauxite, a study that was carried out 15 years ago., The second the Rescue of seedlings of a bank were seeds of the soil for the production of individuals in the Paradise Forest as a study of natural regeneration and the third the accompaniment to the project Phytosociological survey of the natural regeneration of a road slope in Viçosa, Minas Gerais. The present one was elaborated with the collaboration and experience of the main investigators of the Laboratory.

Finally, the participation in different academic spaces is mentioned mentioning the theme discussed at the IV Mining Symposium of Soil Science and the IV Brazilian Forum of Degraded Areas. In this way, the reader is expected to find tools that contribute to the formulation and development of studies and / or projects on ecological restoration, which would expand the knowledge about the opportunities that can be presented for its expansion in Colombia.

* Bachelor Thesis

** Instituto de Proyección y Educación a Distancia IPRED, Programa de Ingeniería Forestal. Director: Herwin Ramiro Roa Caicedo Ingeniero Forestal.

INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica es reconocida globalmente como una herramienta importante en los esfuerzos de conservación de la biodiversidad, para revertir la degradación ambiental y para moderar el cambio climático. A pesar de ser una disciplina relativamente joven, la restauración ecológica ha avanzado muy rápidamente en el desarrollo de sus fundamentos científicos y sus métodos teóricos y prácticos, la acumulación de casos exitosos de restauración ecológica y Colombia ha estado a la par de esta tendencia demostrando esfuerzos visionarios desde hace varias décadas. Pero esta diversidad de experiencias no ha sido explorada, hasta la fecha, de forma analítica¹¹.

Restaurar los ecosistemas es reconocido mundialmente como un componente clave en los programas de conservación y esencial para la búsqueda de la sostenibilidad a largo plazo de nuestro planeta dominado por humanos. Científicos y profesionales de la restauración ya están en la primera línea y serán cada vez más obligados a participar en programas a gran escala frente a las crisis ambientales inmediatas y desafíos¹². En los últimos años ha venido creciendo el interés por la restauración ecológica y forestal es así como muchas Universidades, Instituciones y ONG's, en vista de los nuevos desafíos a escala global para responder al futuro de la humanidad en el planeta tierra.

La necesidad de recuperar los daños causados cada vez toma más fuerza ya que inicialmente se necesita comprender la regeneración natural de los bosques, identificar los factores que limitan la regeneración y los métodos utilizados por los investigadores, teniendo en cuenta esto las estrategias desarrolladas deben ser

¹¹ MURCIA, Carolina; GUARIGUATA, Manuel R.. La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades. Documentos Ocasionales vol.107. Bogotá: CIF, 2014. p. 2.

¹² ARONSON, James; ALEXANDER, Sasha. Ecosystem restoration is now a global priority: time to roll up our sleeves. India: Restoration Ecology, 2013. vol. 21 no 10., p. 294.

económicamente viables y socialmente aceptables. Possingham, H. P., Bode, M., & Klein, C. J. (2015).

“Existen dos estrategias generales para detener y revertir la pérdida de hábitat en la primera de ellas es la de proteger el hábitat que se encuentra actualmente intacta, y en la segunda consiste en restaurar el hábitat que ya ha sido aclarado”¹³.

La evaluación y seguimiento son fundamentales para determinar el nivel de éxito de las técnicas o estrategias implementadas. Solo, de esta forma se puede determinar si se están alcanzando las metas en los tiempos esperados y si los resultados obtenidos son coherentes con los objetivos del proceso de restauración. Adicionalmente, el monitoreo permite conocer el costo y el beneficio de la restauración, advierte sobre umbrales, identifica las técnicas o estrategias más eficientes en cada contexto particular e informa sobre cuáles acciones no están funcionando para tomar medidas oportunas desde el manejo adaptativo¹⁴.

Entre tanto la restauración forestal constituye el proceso de asistencia en terrenos a ser restaurados y que han sufrido de degradación, transformación o destrucción de su masa boscosa como resultado directo o indirecto de las actividades humanas o de fenómenos naturales. Dependiendo del tipo e intensidad se define el objetivo del proyecto (reestablecer funciones, recuperar estructura de los procesos ecológicos) algunos procesos, tales como la biodiversidad de nutrientes, la

¹³ POSSINGHAM, Hugh P.; BODE, Michael; KLEIN, Carissa J. *Optimal Conservation Outcomes Require Both Restoration and Protection*. Londres: PLOS Biology, 2015. vol. 13 no. 1., p.2.

¹⁴ PEÑA GONZÁLEZ, Natalia. Tercer Congreso de Restauración Ecológica-Libro de resúmenes. Oriente de Antioquia: [En línea]. Colecciones. Instituto Alexander von Humboldt. 2016. p. 11. (Recuperado en 12 junio 2017) Disponible en <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/20.500.11761/9656/1/16-088PS-Libro-resumenes-III%20Congreso-REDCRE.pdf>

biomasa, la necesidad de intervención antrópica y el tiempo son los aspectos a tener en cuenta a la hora de decidir sobre rehabilitar o restaurar un ecosistema.

El propósito de este documento primero es realizar un escáner de los conceptos más importantes relacionados con la restauración, segundo dar a conocer los proyectos desarrollados en el Laboratorio de Restauración Forestal de la Universidad Federal de Viçosa, Brasil (LARF-UFV) durante la Pasantía de Investigación, las metodologías utilizadas para la restauración forestal por el laboratorio y mostrar cuál es su estado así como su desarrollo procedimental y los aportes, al sector investigativo, a partir de este abrir una ventana hacia el impulso y fortalecimiento de los esfuerzos de Restauración Forestal y Ecológica que permitirá ampliar el conocimiento en torno a las oportunidades presentes y futuras para su expansión en Colombia.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

Para finales del siglo XX, el 45 % de los ecosistemas naturales terrestres de Colombia habían sido transformados por la ganadería, la agricultura o la expansión urbana¹⁵. A pesar de una recuperación de la cobertura boscosa del 2 % en la primera década del siglo XXI¹⁶, la pérdida neta de ecosistemas naturales sigue siendo una amenaza para el país, unido al cambio climático global y al desarrollo mal planificado¹⁷. Esta amenaza es más grande en la zona Andina (bosque húmedo y muy húmedo) y en la zona Caribe (bosque seco), porque tienen la mayor tasa de deforestación y la mayor probabilidad de conversión de bosques a sistemas productivos¹⁸.

La amenaza sobre la zona Andina es múltiple ya que concentra los mayores niveles de diversidad y endemismo de especies, las fuentes de agua del país y las tres cuartas partes de la población. Otras regiones, sin embargo, están también amenazadas a medida que avanza la frontera agrícola y la extracción de recursos naturales y mineros¹⁷. Aunque el país ha avanzado significativamente en sus metas de conservación, con 57 Parques Nacionales Naturales y más del 12 % del territorio nacional bajo alguna figura de protección legal, esto no es suficiente y se requieren acciones de conservación y restauración en el resto del territorio ¹⁹.

¹⁵ ETTER, Andres, et al. Modelling the conversion of Colombian lowland ecosystems since 1940: Drivers, patterns and rates. *Journal of environmental management*. Australia: ElSilver. 2006. vol.79 no 1., p.74-87.

¹⁶ SÁNCHEZ-CUERVO, Ana María, et al. Land cover change in Colombia: surprising forest recovery trends between 2001 and 2010. Bogotá: PLoS One, 2012. vol. 7 no.8., p. 13.

¹⁷ MURCIA, Carolina; KATTAN, Gustavo H.; ANDRADE-PÉREZ, Germán Ignacio. *Conserving biodiversity in a complex biological and social setting: The case of Colombia*. Conservation biology: voices from the tropics. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013. p.88. ISBN: 9781118679838

¹⁸ ETTER, Andrés, et al. *Agriculture, ecosystems & environment*. Australia: Elsilver, 2006. vol.114 no 2., p.75.

¹⁹ MURCIA, Carolina; GUARIGUATA, Manuel R. *La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades*. Documentos Ocasionales vol.107. Bogotá: CIF, 2014. p.4.

La restauración ecológica es reconocida globalmente como una actividad importante en los esfuerzos de conservación²⁰, revestimiento de la degradación ambiental²¹ y mitigación del cambio climático²². A pesar de ser una disciplina joven²³, la restauración ecológica ha avanzado muy rápidamente en cuanto a sus fundamentos científicos y sus métodos teóricos y prácticos. Esto ha permitido que se disponga de herramientas para afrontar los retos y demandas generados por el alto nivel de degradación de buena parte del planeta²⁴ y se estén acumulando un buen número de casos exitosos de restauración²⁵.

Es importante mencionar para el caso de Brasil el avance científico que ha tenido frente a otros países en torno a la restauración ecológica de ecosistemas degradados, mostrando las diferentes metodologías como las desarrolladas por el Profesor Sebastião Venâncio Martins en su libro *Restauración Ecológica de Ecosistemas Degradados, primera edición (2012)*., Aborda importantes temas que irán mostrándose en el presente documento, tales como: tendencias y perspectivas de restauración, la diversidad en la restauración, sucesión ecológica, producción de semillas y mudas para la restauración, el papel de la fauna en la restauración, la silvicultura de especies nativas, la reforestación heterogénea y los indicadores de evaluación y monitoreo., Toda una amplia obra que busca dar al lector una perspectiva global sobre la función y el manejo actual de recuperación de la biodiversidad.

²⁰ YOUNG, Truman P. Restoration ecology and conservation biology. California: EISilver, 2000. vol. 92 no. 1., p.11.

²¹ WILSON, Edward O. The encyclopedia of life. Trends in Ecology & Evolution. Cambridge: EISilver, 2003. vol. 18 no. 2., p. 2.

²² ALEXANDER, Sasha, et al. Opportunities and challenges for ecological restoration within REDD+. India: Restoration Ecology, 2011. vol. 19 no 6., p. 15.

²³ ABER, John D; WILLIAM R. Jordan. Restoration ecology: an environmental middle ground. Washington: BioScience,1985. vol. 35 no 7. p. 5.

²⁴ SANDERSON, Eric W., et al. The human footprint and the last of the wild: the human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not. Oxford: BioScience, 2002. vol. 52 no. 10., p. 895.

²⁵SER. Restoration project showcase. (En línea) SER.org. Canadá: Revista SER, 2013. (Recuperado Febrero 22 2017). Disponible en <http://ser.org/restorations/restorations-list-view>.

Por otra parte, buena parte de ese desarrollo ha ocurrido en Estados Unidos, Europa y Australia, con un énfasis en ecosistemas templados. Con mucha menos visibilidad que en otros países, pero de forma visionaria entre los países en desarrollo, Colombia tiene una historia de restauración ecológica que se inició a comienzos de la segunda mitad del siglo XX. Esta riqueza de experiencias, hasta ahora poco explorada de manera analítica, abre la oportunidad de examinar en retrospectiva la práctica en restauración del país, con el fin de aportar al desarrollo de la disciplina en Colombia y América Latina²⁶.

Bajo el escenario del postconflicto por el que atraviesa Colombia, se visiona que la utilización de algunos de los ecosistemas del territorio nacional que antes involuntariamente no tenían presión por deforestación, minería, uso agropecuario, urbanización y desarrollo de obras civiles, ahora podrían verse afectados si el gobierno y la ciudadanía se escudan en el argumento del desarrollo o de combatir la pobreza, sin tener consideraciones ambientales y ante la ausencia de verdaderas estrategias de conservación²⁷.

Teniendo en cuenta lo anterior, la restauración ecológica y la ecología de la restauración son estrategias concretas para entender y abordar los procesos de degradación ambiental, así como para conservar y aumentar la biodiversidad, mantener los servicios ecosistémicos, mejorar la calidad de vida de la sociedad y como medida de adaptación al cambio global²⁸.

Bajo este paradigma dos perspectivas de alta importancia se mencionan frente a justificar el problema en el desarrollo del proyecto: la primera de ellas hace referencia a la formación de los Ingenieros Forestales de la Universidad Industrial de Santander, pues el conocimiento en temas de Restauración Forestal y Ecológica

²⁶ MURCIA, Carolina; GUARIGUATA, Manuel R. La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades. Documentos Ocasionales vol.107. Bogotá: CIF. 2014. p.4.

²⁷ AGUILAR, Mauricio, et al. Toward a post-conflict Colombia: restoring to the future. India: Restoration Ecology, 2015. vol. 23 no 1., p. 5.

²⁸ HARRIS, James A., et al. Ecological restoration and global climate change. India: Restoration Ecology, 2015. vol. 23 no 1., p. 4.

se debe realizar desde la investigación y contribuyendo positivamente soluciones en torno al tema., La segunda busca orientar el conocimiento de las metodologías utilizadas en proyectos de Restauración Forestal y Ecológica, diferentes a los desarrollados en Colombia, pues al ser difundidos se está a la vanguardia para afrontar una posible creciente forestal con el postconflicto.

La Universidad Industrial de Santander en su compromiso con la comunidad y el país de proteger, cuidar y velar por la seguridad ecológica, de esta forma amplia alternativas y oportunidades a los estudiantes para que contribuyan al proceso de investigativo a nivel nacional e internacional en torno al sector forestal, y así da cumplimiento al país ofreciendo educación de alta calidad ética, política e intelectual., Es por eso que se hace necesario realizar este proyecto que permite argumentar la investigación en Restauración Forestal y Ecológica como herramienta fundamental en miras a las proyecciones del País y del Mundo.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La Restauración Ecológica se ha convertido en un proceso necesario para soportar los requerimientos socioeconómicos, mitigar los efectos del cambio global y conservar e incrementar el capital natural. Son múltiples los aportes pero son pocos los documentos capaces de guiar el monitoreo y aún quedan muchos vacíos para definir la trayectoria y estado final de un área en proceso de restauración, dada la influencia de múltiples factores socioeconómicos y ecológicos²⁹. Un análisis realizado por CIFOR muestra el estado de la restauración ecológica en Colombia a partir de 119 proyectos en donde los autores identificaron que solo el 63% de los proyectos tenían un plan de monitoreo y que el 46% solo tenían un plan de evaluación del cumplimiento de la implementación³⁰.

²⁹ PEÑA GONZÁLEZ, Natalia. Tercer Congreso de Restauración Ecológica-Libro de resúmenes. Oriente de Antioquia: [En línea]. Colecciones. Instituto Alexander von Humboldt. 2016. p .11. (Recuperado en 12 junio 2017) Disponible en <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/20.500.11761/9656/1/16-088PS-Libro-resumenes-III%20Congreso-REDCRE.pdf>

³⁰ MURCIA, Carolina; GUARIGUATA, Manuel R. La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades. Documentos Ocasionales vol.107. Bogotá: CIF, 2014. p.2.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario implementar herramientas para que los procesos de restauración ecológica, actuales y futuros, incluyan programas de monitoreo concretos y económicos, con criterios (a nivel de estructura, composición, función y aspectos socio económicos), e indicadores y cuantificadores claros y fáciles de medir a largo plazo. Observando la creciente mundial en torno al tema y el interés que posee el programa de Ingeniería Forestal en iniciar un proceso académico – científico. El presente proyecto se postula como la primera pasantía en Investigación realizada bajo un convenio interinstitucional que da a conocer algunas de las metodologías desarrolladas por el Laboratorio de Restauración Forestal (LARF–UFV) en su grupo de Investigación Ecología, Restauración de Ecosistemas Forestales y Recuperación de Áreas Degradadas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Apoyar los proyectos y actividades que actualmente desarrolla el grupo de Investigación Ecología, Restauración de Ecosistemas Forestales y Recuperación de Áreas Degradadas, en el Laboratorio de Restauración Forestal de la Universidad Federal de Viçosa (LARF-UFV), Brasil.

2.2 Objetivos Específicos

Conocer las metodologías y participar en la recolección de datos ecológicos en áreas degradadas para su posterior procesamiento en los diferentes proyectos desarrollados por el LARF-UFV.

Colaborar en la recolección y procesamiento de la identificación taxonómica de plantas forestales en restauración y acompañar proyectos de restauración ecológica en áreas degradadas.

Participar en procesos de publicación y presentación de resultados de proyectos que desarrolle el laboratorio durante el periodo de la pasantía en investigación.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 MARCO TEÓRICO

La ecología de restauración es una ciencia reciente e multidisciplinaria, cuya aplicación práctica, es la restauración ecológica, por eso aún hay necesidades permanentes de mejoramiento técnico – científico para que se alcance mayor efectividad. En función de eso, la evaluación y monitoreo de la restauración ecológica no es tarea simple, pues aún no se tienen conocimientos suficientes sobre la importancia relativa de cada atributo a ser evaluado para determinar un área degradada, perturbada, damnificada o destruida pueda tener sus procesos ecológicos recuperados y su biodiversidad reestablecida a lo largo del tiempo³¹.

La restauración de paisajes y bosques es el proceso a largo plazo de recuperación de la funcionalidad ecológica y mejorar el bienestar del ser humano en paisajes forestales degradados o deforestados. Centra la restauración en la funcionalidad del bosque, es decir, en los productos ecológicos, servicios y procesos que los bosques pueden proporcionar en un nivel más amplio del paisaje, en contrapunto a sólo promover mayor cobertura arbórea en cierta área. No sólo está plantando árboles, pero para adaptar la solución según el contexto, con el fin de restaurar o mejorar la productividad de paisajes deforestados o degradados, así pueden satisfacer las necesidades de las comunidades sostenible³².

La Restauración forestal es una actividad en la historia de diferentes pueblos, épocas y regiones³³. Si se define el concepto de restauración basado en la pura siembra de especies arbóreas, inducidas a veces confunden el concepto de

³¹ MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. Viçosa: UFV, 2012. vol 1., p.264.

³² MORAES, M. A. (Org.). *Restauração de florestas e paisagens no Brasil*. Brasília: UICN, 2016. vol. 025., p. 14.

³³ RODRIGUES, Ricardo R; GANDOLFI, Stefano. *Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Pablo: Ierf ESALQ/USP, 2000. no. 3., p. 12.

restauración con las plantaciones forestales comerciales, es decir, aquellos destinados al corte y venta de madera. Es muy importante entender que la restauración de bosques es lejos de eso, se relaciona con la difícil tarea de reconstruir el bosque buscando también la restauración de la biodiversidad, estructura y relaciones ecológicas de la comunidad compleja³⁴, es decir, aquellas relaciones que se establecen entre los diferentes tipos de organismos (animales, plantas, hongos, bacterias, etc.) y el entorno físico (suelo, agua y aire). Restauración arbolado por lo tanto implica la reconstrucción gradual de la selva, rescate de la biodiversidad, función ecológica y sostenibilidad en el tiempo, determinada por el uso de varias especies, incluyendo otras formas de vida además de árboles (hierbas, arbustos, vides, fauna, etc.), además de las funciones que desempeña cada especie, de forma aislada o en conjunto³⁵.

Es así como definir el punto de partida es justamente preguntarnos cuál es nuestro objetivo cuando vamos a restaurar determinada área, cual sea, lo que esperamos obtener por medio de las acciones intencionales que inician o aceleran la recuperación de un ecosistema en relación a su salud, integridad y sostenibilidad³⁶, en caso de no saber a dónde queremos llegar, ciertamente será más difícil saber, el medio de acciones de evaluación y monitoreo, si las condiciones para la restauración del área están siendo cumplidas o no.

Según la *Society for Ecological Resoration* - (SER, 2004), define La Restauración Ecológica como:

“El proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que fue degradado, perturbado o destruido”. El uso del término “ecosistema” implica la consideración de un complejo conjunto de procesos ecológicos, los cuales

³⁴ RODRIGUES, Ricardo R; GANDOLFI, Stefano. *Tendências e Ações para a Recuperação de Florestas Ciliares. Matas Ciliares: Conservação e Recuperação* São Pablo: Ierf ESALQ/USP, 2000. p.345.

³⁵ RODRIGUES, Ricardo Ribeiro, et al. *Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. São Pablo: Ierf ESALQ/USP, 2010. no. 55., p.7.*

desenvuelven los diferentes componentes bióticos y abióticos del sistema. Cuando se habla de restauración forestal, nos estamos refiriendo simplemente a la restauración ecológica de ecosistemas forestales. De acuerdo con ese concepto, la restauración de ecosistemas implica que este traerá los recursos bióticos suficientes para continuar su desarrollo sin más asistencia o ayuda, obteniendo la capacidad de: Sustentarse estructuralmente y funcionalmente., Poseer resiliencia de las líneas normales de variación de estrés ambiental y perturbación., Integrarse con ecosistemas contiguos por medio de flujos bióticos y abióticos e interacciones culturales³⁷.

Los autores (Keenelyside, Dudley, Cairns, Hall, & Stolton, 2012) definen el éxito en la práctica de la restauración ecológica debe ser eficaz, eficiente y participativa así:

(a) La restauración ecológica eficaz establece y mantiene los valores de un ecosistema.

(b) La restauración ecológica eficiente maximiza los resultados beneficiosos y reducir al mínimo los costos en tiempo, recursos y esfuerzo³⁸.

(c) La restauración ecológica participación colabora con asociados y partes interesadas, promueve la participación y mejora la experiencia de los ecosistemas³⁹. Teniendo en cuenta la necesidad de continuar con la formulación de proyectos que cumplan con los requerimientos y objetivos propuestos para una restauración de determinada área fueron o están siendo afectados progresivamente y que se requiere para evaluar y monitorear siendo estas fundamentales para redefinir la trayectoria ambiental del área en proceso de restauración⁴⁰.

³⁷ SER. The SER International Primer on Ecological Restoration. [En línea] SER.org. Canadá: SER y Tucson, 2004. p. 3. (Recuperado Febrero 22 de 2017). Disponible en https://www.ctahr.hawaii.edu/littonc/PDFs/682_SERPrimer.pdf

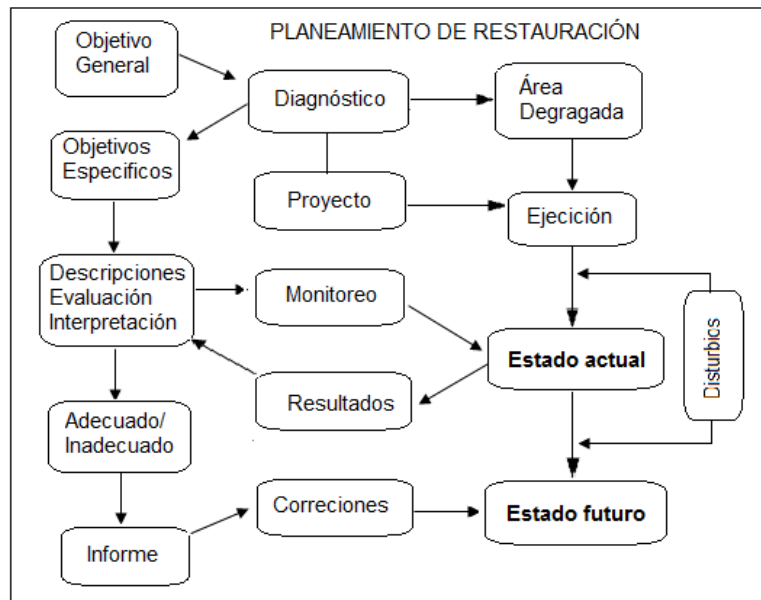
³⁸ KEENEYSIDE, Karen, et al. Ecological restoration for protected areas: principles, guidelines and best practices. Switzerland: UICN, 2012. p. 3.

³⁹ MCDONALD, T., et al. International standards for the practice of ecological restoration—including principles and key concepts. Washington. Society for Ecological Restoration. 2016. no.1., p.20.

⁴⁰ MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. Viçosa: UFV, 2012. vol 1., p. 266.

Por medio de las evaluaciones se obtiene alterar los objetivos, los cuales resaltarán el estado actual del área restaurada y deducir si se están cumpliendo los mismos estableciendo el planeamiento a seguir en la (Figura 1) se muestran las principales etapas y procesos de planeación en la restauración ecológica, incluyendo la evaluación y el monitoreo en conjunto de actividades que guían sobre la dirección del área en proceso de restauración para una trayectoria ambiental adecuada.

Figura 1 - Principales etapas y procesos de la planeación sobre la restauración ecológica.



Fuente: MARTINS, Sebastião V (2012).

3.1.1 Atributos de ecosistemas restaurados y ecosistemas de referencia. Con base en la definición de Restauración Ecológica del SER, algunos atributos se muestran a continuación como clave para definir que un ecosistema pueda ser considerado restaurado⁴¹:

⁴¹ MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. Viçosa: UFV, 2012. vol 1., p. 267

- Contener un conjunto característico de especies que ocurren en ecosistemas de referencia, los cuales deben poseer una estructura de comunidad apropiada.
- Contener el mayor número de especies nativas regionales, con reducida invasión biológica.
- Contener todos los grupos funcionales necesarios para el funcionamiento del bosque o no tener restricciones para que el área restaurada sea colonizada por otros grupos a futuro.
- Presentar ambiente físico adecuado para dar soporte al desarrollo de la comunidad restaurada y la trayectoria ambiental deseada.
- Presentar funcionamiento aparentemente adecuado para su trabajo de desarrollo, sin problemas evidentes.
- Estar integrados a un amplio paisaje o matriz ecológica, permitiendo flujos bióticos y abióticos recíprocos, más allá de alteraciones.
- Estar excluidos de factores de degradación que amenazan su salud e integridad o que estos estén minimizados al máximo.
- Ser suficientemente resilientes para tolerar estreses naturales periódicos.
- Ser autosostenibles en el tiempo, de la misma forma que el ecosistema de referencia, pudiendo continuar o recorrer indefinidamente en condiciones ambientales existentes.
- De forma general, tales atributos pueden ser incorporados en el conjunto de objetivos de la restauración ecológica, pues obviamente es de esperarse

obtener áreas debidamente restauradas al final del proceso del manejo del ecosistema.

Sin embargo, esos atributos apenas aportarán perspectivas a ser tenidas en cuenta, se definirán metas específicas a ser cumplidas. Eso porque esa relación de atributos de ecosistemas restaurados es extrapolado para todos y cualquier tipo de ecosistema, terrestre u acuático, sin detallar mayores especificidades sobre cada ecosistema en particular que se pretende restaurar⁴².

Por lo anterior y de acuerdo a las informaciones obtenidas según el ecosistema a restaurar es importante tener en cuenta algunas acciones y metas mencionadas por los autores tales como: riqueza y diversidad de especies, participación de formas de vida vegetal, síndromes de dispersión, especies clave, especies típicas, de estructura forestal, de biomasa, de dinámica forestal, de ciclo de nutrientes, entre otros., Siempre teniendo en cuenta otros ecosistemas de referencia que permitan comparar las áreas brindando así una información eficiente y clara.

3.1.2 Indicadores para evaluación y monitoreo. Para los procesos de restauración existen diferentes modelos de evaluación e monitoreo dependiendo de los escenarios y la información en cuanto a estructura y funcionamiento del área, para facilitar este proceso se muestran a continuación categorías de clasificación para realizar una evaluación y monitoreo de las áreas en proceso de restauración³⁸:

- Clasificación en cuanto a forma de medición: este tipo de clasificación muestra que los indicadores de medición pueden ser agrupados de manera cuantitativa o cualitativa., los indicadores cualitativos son aquellos que son obtenidos de forma no medible., por otra parte los indicadores cuantitativos son dados por la medición de determinados parámetros descriptores en el área en proceso de restauración, tales como: altura media de los individuos,

⁴² MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. Viçosa: UFV, 2012. vol 1., p. 269.

densidad de individuos en regeneración, la riqueza y diversidad de especies, la mortalidad, entre otros.

- Clasificación en cuanto al atributo del ecosistema evaluado: argumenta que existen diferentes componentes de los ecosistemas que pueden ser evaluados para estimar el potencial de restablecimiento de la biodiversidad en los procesos ecológicos y de sustentabilidad, algunos atributos a tener en cuenta son: La estructura respecto a cómo la comunidad está organizada espacialmente., La composición respecto a los grupos funcionales que integran la comunidad vegetal., El funcionamiento respecto al establecimiento de los procesos ecológicos que permitan autopropagación de la comunidad vegetal., Los servicios ecosistémicos respecto a los beneficios para las poblaciones humanas que son generados por el restablecimiento de los procesos ecológicos.
- Clasificación en cuanto a la época en que el indicador fue evaluado: el factor tiempo en la planeación de la evaluación y el monitoreo en las áreas a restaurar son un factor fundamental para observar de manera adecuada los procesos ecológicos que se llevarán a cabo en nuestro proyecto. De esta forma se propone tres fases del proceso de restauración., La primera de ellas es la fase corresponde al estado inicial del desarrollo de regeneración natural., La segunda fase de pós-implantación aquí se evalúan parámetros tales como: identificación taxonómica, altura del individuo y cobertura de la copa, clasificación de las especies en grupos sucesionales, síndromes de dispersión y origen, fenología, tasa de mortalidad, densidad, los individuos plantados o regenerados y la riqueza y la tercera de Vegetación fase en la que se debe priorizar el uso de indicadores que permitan aportar al desarrollo o no de la restauración en dada área, dentro de los indicadores a tener en cuenta y de mayor relevancia se encuentra el relacionado al funcionamiento de los servicios ecosistémicos ya que la mayoría de las veces

las perturbaciones a este tipo de proyectos son por causas antropogénicas que no permiten dar continuidad y alteran el normal desarrollo del proyecto⁴³.

De acuerdo a lo anterior expresado por Venâncio Martins en el 2012, estas categorías de clasificación, se deben tener en cuenta los siguientes indicadores de evaluación mostradas por:

- Composición de especies: todos los individuos plantados presentes en la unidad de análisis son identificados taxonómicamente y son clasificadas como nativas regionales y exóticas. Con base en la relación de especies nativas regionales y el número de individuos de cada una de esas especies, la proporción de distribución de los individuos entre las especies (diversidad) es calculada por el índice de diversidad de Shannon (H'). Este índice es calculado una única vez, considerando la riqueza total y el número total de individuos mostrados por especie.
- Cobertura de copas y altura de las especies plantadas: esta es obtenida a través de la medición del diámetro de las copas o la proyección de la copa en el suelo. Considerando las copas como circulares, es posible calcular el área ocupada por cada copa ($\pi \cdot \text{diámetro}^2/4$) y sumando ese valor para cada individuo, es posible conocer cuál es el porcentaje de la unidad de análisis mostrando el total sombreado por la copa de los individuos.
- Cobertura del suelo por gramíneas invasoras: una evaluación de la cobertura de suelos por gramíneas invasoras permite indicar sobre las necesidades de intervención en áreas de plantaciones con respecto a las prácticas de control e monitoreo de las plantas dañinas. Esa evaluación se realiza visualmente dentro de los límites de las subparcelas de 2X2 m, según los porcentajes de cobertura del suelo por gramíneas situadas entre 0 y 25%; 25 y 50%; 50 y

⁴³ MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. Viçosa: UFV, 2012. vol 1., p. 269 – 279.

75%; 75 y 100%. El valor de cobertura de suelo por gramíneas invasoras es dado por la media obtenida en cada subparcela.

- Mortalidad: obtenida a través de las plantas muertas presentes en la unidad de análisis. Son consideradas plantas muertas aquellas ausentes de una estructura saludable un tallo seco y desprovisto de hojas. Es de resaltar que algunas pueden perder sus hojas debido a los estreses de la planta o a deducibilidad natural.
- Distribución ordenada de las plantas en el campo a partir de grupos de plantaciones: está relacionado con la distribución espacial de los diferentes grupos de plantación en la implantación de la reforestación (especies pioneras y no pioneras, especies de llenado e diversidad, dependiendo del modelo escogido), De esa forma, la distribución ordenada de las plantas en el campo a partir de grupos de plantaciones es evaluada como presente o ausente⁴⁴.

Dependiendo de la extensión y la metodología empleada para el análisis, se requiere de la interpretación de satélite imágenes, preferentemente aquellos con alta resolución, seguido por el uso de los SIG (Sistema de Información Geográfica) esto con la finalidad de comprobar y validar en campo el tipo de cobertura previamente identificado en imágenes de satélite⁴⁵. La correcta interpretación del sitio y teniendo en cuenta las condiciones en las que se encuentre, es posible realizar una planificación efectiva que cumpla ya sea a corto, mediano o largo plazo con la posibilidad de aumentar el enriquecimiento natural del bosque.

3.1.3 El Bosque y los servicios ambientales de restauración. Los beneficios ambientales proporcionados por restauración de arbolado están bien establecidos

⁴⁴ MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. Viçosa: UFV, 2012. vol 1., p. 269 – 279.

⁴⁵ NBL. *Manual de Restauração Florestal*. Belém: The Nature Conservancy, 2013. no 1., p. 28 - 42.

por la ciencia, pero sólo podrían entenderse después de años de investigación en áreas que han sufrido deforestación y devastación de bosques forestales. Históricamente, la deforestación para ampliar las fronteras agrícolas (agricultura, ganadería, silvicultura, etc.) y la expansión de centros urbanos y su proximidad a fuentes naturales de agua (manantiales, ríos y arroyos), utilizado para el ganado y otras actividades agrícolas, muchas de estas aberturas no respetar las zonas protegidas por la ley, especialmente las Áreas de Preservación Permanente (APP). Sin embargo, con el fin de aprovechar al máximo el espacio, la deforestación alcanza también áreas para la composición de la reserva legal, esta área también protegida por la ley⁴⁶.

3.1.4 Directrices para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas. La restauración es un trabajo cuyo fin es promover la recuperación de las funciones y procesos ecológicos que conlleven a los ecosistemas a ser autosostenibles respetando sus identidades naturales, para llegar a ello abordan cuatro directrices para la restauración ecológica de ecosistemas ⁴⁷:

- Respetar la diversidad ecológica de los ecosistemas: las pocas especies que ocurren naturalmente en ambientes muy específicos están adaptados a esas condiciones exceden la dominancia ecológica, formando en determinadas situaciones bosques monodominantes. Así, la restauración de esas áreas debe respetar tales factores y su baja diversidad natural. En un pasado reciente, algunos proyectos de restauración fracasaron justamente por la tentativa de reforestar con alta diversidad de especies arbóreas Áreas de Preservación permanente (APPs). La restauración debe, por lo tanto, ser planeada y evaluada con base en la diversidad natural del tipo de ecosistema que se pretende restaurar.

⁴⁶ NBL. Manual de Restauração Florestal. Belém: The Nature Conservancy, 2013. no 1., p. 28 - 42.

⁴⁷ MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. Viçosa: UFV, 2012. vol 1., p 18-32.

- Considerar la matriz en que le área a ser restaurada está inserta: existen dos tipos de matrices, la matriz agrícola caracterizada por ausencia de fragmentos de vegetación, presión de borde, terreno muy insolado y degradado, por lo que no se puede esperar una gran diversidad de y la difícil regeneración vegetal bajo este panorama la restauración debe darse con alta diversidad y manutención; por otro lado la matriz boscosa posee grandes y bien conservados remanentes boscosos en el paisaje, lo que genera la conectividad y así la restauración tiende a ser natural, siempre y cuando se creen condiciones favorables plantando especies nucleadoras que facilitaran el proceso de dispersión de las semillas.
- Considerar también otras formas de vida en la restauración: teniendo en cuenta las matrices y los factores que intervienen según el estudio de caso, es importante para medir el comportamiento frente a una posible restauración con alta diversidad de especies arbóreas ya que existe la posibilidad de que se encuentren estos lugares con especies como las epifitas y arbustos, lo que ayudarían a cubrir el suelo, incorporar y mantener la materia orgánica e la fijación de nitrógeno, lo que protege el suelo de la erosión e mejorar la fertilidad, proporcionando así mejores condiciones para el desarrollo de las especies plantadas en el proyecto de restauración., la presencia de animales que ayudan a dispersar las semillas lograrán generar corredores ecológicos que permitan mejorar los procesos ecológicos y la biodiversidad de la región en estudio.
- Promover la sucesión ecológica por medio de técnicas de nucleación: la nucleación en el contexto de restauración se basa en la facilidad de una especie o grupo de especies que se establecen de forma natural o antrópica favoreciendo las condiciones del ambiente degradado, la nucleación posee varias técnicas como lo es la transposición del suelo superficial que contiene semillas, hojarasca y otros restos vegetales lo que ayuda a las especies más

exigentes a aumentar su capacidad de resiliencia y aumentar la diversidad⁴⁸. Estas especies facilitadoras desencadenan el proceso de nucleación a través de una serie de mecanismos e interacciones con otras especies vegetales, animales, microorganismos y el medio físico. Cabe destacar que (Franco, Dias, Faria, Campello, & da Silva, 1995)⁴⁹ recomiendan a la utilizar especies de la familia de las Fagáceas, ya que estas al establecer simbiosis con las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, mejoran la fertilidad química del suelo, pudiendo facilitar el establecimiento o el crecimiento de otras especies, como ya demostraron algunos estudios en suelos degradados.

3.1.5 Escalas y niveles de organización. Para formular proyectos de restauración ecológica según (Vargas, 2011), se deben tener en cuenta tres niveles de organización, desde poblaciones de especies y comunidades a ecosistemas o paisajes, en estos niveles se deben definir los objetivos de trabajo diferentes y consecuentemente los procesos críticos que se deben tener en cuenta para la restauración cambian según la escala y el nivel de análisis. Para definir los objetivos de un proyecto de restauración es necesario primero precisar escalas y su relación con niveles de organización⁵⁰.

Definir la escala local y nivel de especie, la escala regional o nivel de ecosistema, la escala de paisaje, contribuyen a definir los objetivos de una manera más clara, así factores como el económico durante la implementación, evaluación y monitoreo, no tendrían varianzas significativas y la relación costo – efectividad del proyecto permitiría la aceptabilidad.

⁴⁸ MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. Sucessão ecológica: fundamentos e aplicações na restauração de ecossistemas florestais. Viçosa: Ecologia de florestas tropicais do Brasil, 2009. vol. 2 no 1., p. 23.

⁴⁹ FRANCO, Avílio Antonio, et al. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: um modelo tecnológico. Rio de Janeiro: Oecologia Australis, 1995. vol.1 no 1., p.6.

⁵⁰ VARGAS, Jesús Orlando. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación: Acta biologica colombiana. Bogotá: UNAL, 2011. vol.16 no.2., p.22.

3.1.6 La restauración a escala de Paisaje. La restauración ecológica a escala de paisaje debe ser prioridad, pues el mantenimiento de la biodiversidad se expresa a grandes escalas. Si se quiere restaurar biodiversidad y todo su potencial de regeneración es necesario aprender a manejar paisajes, esto requiere también tener en cuenta los costos, de las fuentes de financiamiento y voluntad política de las instituciones interesadas en la restauración; pero ante todo de la colaboración y participación de las comunidades locales en los proyectos⁴⁷.

Por lo anterior, el proceso de restauración, se debe realizar teniendo en cuenta la complejidad y particularidad de cada sitio a restaurar. No es necesario tener en cuenta unos pasos o directrices a seguir de determinado orden basta con conocer el con exactitud el ecosistema original o el de referencia.

3.2 MARCO CONCEPTUAL

3.2.1 Métricas de análisis espacial. Las métricas de análisis espacial o de la ecología del paisaje han sido y son unos instrumentos ampliamente utilizados en el análisis y estudio de la estructura, función y cambio en los paisajes. Sin embargo, en los últimos años, estas métricas se han comenzado a aplicar en la caracterización y análisis de paisajes propiamente urbanos⁵¹.

Esto es realizado para obtener una mejor comprensión de los procesos de sucesión ecológica en áreas de regeneración natural de antiguas plantaciones, es así como la evaluación del banco de semillas y la dinámica estructural son técnicas utilizadas para medir patrones tales como: Diversidad, Dominancia, índice de forma, Distancia al vecino más próximo, Numero de fragmentos, Densidad de borde, Conectividad, entre otros.) Se realiza mediante una evaluación de la vegetación del área en

⁵¹ BENAVENTE, Francisco Aguilera. Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. España: Anales de Geografía, 2010. vol. 30, no. 2., p.7.

estudio, con un levantamiento florístico que determinará los patrones de desenvolvimiento sucesionales.

3.2.2 Mediciones directas del ambiente lumínico en el bosque. Entre las herramientas que son utilizadas para la estimación de las variaciones temporales en la intensidad de la radiación solar tienen consecuencias ecológicas sobre las plantas afectando su fotosíntesis, morfología, tolerancia a la sombra, crecimiento y supervivencia⁵².

Para entender la dinámica de los bosques es importante comprender el comportamiento de la radiación solar en el interior de éstos, debido a que la calidad y la intensidad de dicha radiación afectan los patrones de regeneración de las plantas, tales como la germinación, el establecimiento, el crecimiento y la supervivencia⁵³. Las mediciones directas del ambiente lumínico en el interior del bosque han sido clasificadas en tres grupos de acuerdo con sus implicaciones ecológicas: 1) fotométricas, 2) radiométricas y 3) quantum⁵⁴.

3.2.1.1 Estimaciones indirectas del ambiente lumínico en el bosque. Los medios más utilizados para estimar indirectamente el ambiente de radiación solar son la fotografía hemisférica (ojo pez), los densitómetros esféricos, las redes de punto (canopyscope), las mediciones de rodal y los modelos computacionales^{55, 56}. Se han encontrado altas correlaciones estadísticas al comparar las estimaciones realizadas con programas comerciales (HemiView o WinSCANOPY) con aquellas

⁵² KIMMINS, JP. *Forest Ecology: a foundation for sustainable management*. New Jersey: Prentice Hall. 1987. ed.2. p . 123.

⁵³ GRANT, Richard H. Partitioning of biologically active radiation in plant canopies. *West Lafayette: International Journal of Biometeorology*, 1997, vol. 40 no. 1., p. 27.

⁵⁴ SHEIL, Douglas., et al. *Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures*. Oxford: Instituto Forestal A1, 1999. vol. 72 no 1., p. 65.

⁵⁵ COMEAU, Phil, et al. *Measuring Light in the Forest*. Victoria: Extension Note 42, 2000. vol. 9 no 1. p.2.

⁵⁶ NEWTON, Adrian. *Forest ecology and conservation: a handbook of techniques*. Oxford: University Press, 2007. no.1., p. 34.

de programas gratuitos (Gap Light Analyzer, hemIMAGE, Winphot, CIMES), accesibles en internet⁵⁷.

3.2.1.2 Importancia de la descripción de la estructura del dosel arbóreo y las estimaciones de luz en el interior del bosque. La estructura del dosel arbóreo (Figura 2) corresponde a la disposición espacial (distribución y orientación), la superficie y la forma de los órganos aéreos de los árboles en un bosque.

Esta estructura es dinámica y cambia a escalas de tiempo que pueden ir desde minutos hasta años. Así por ejemplo, las plantas heliotrópicas siguen la luz del sol a través del día, y aquellas caducifolias pierden su follaje, o parte de él, durante la época desfavorable, que corresponde a la estación más fría en los climas templados, o la época seca en los climas cálidos y áridos⁵⁸.

Figura 2. Estructura del Dosel arbóreo, de un área en proceso de Restauración de 15 años.



⁵⁷ PROMIS, Alvaro, et al. Comparison of four different programs for the analysis of hemispherical photographs using parameters of canopy structure and solar radiation transmittance. [En línea] researchgate. Waldökologie: Landschaftsforschung und Naturschutz, 2011. no 11. p.10. (Recuperado en 3 junio 2017). Disponible en https://www.researchgate.net/publication/234025113_Comparison_of_four_different_programs_for_the_analysis_of_hemispherical_photographs_using_parameters_of_canopy_structure_and_solar_radiation_transmittance.

⁵⁸ PROMIS, Alvaro; CRUZ, Gustavo. Fotografías Hemisféricas: un método para estimar estructuras del dosel arbóreo e iluminación en el interior del bosque. Bosque Nativo. [En línea] Universidad de Chile. Chile: Waldbau Institut, Universität, 2009. no 44, p. 15 (Recuperado en 3 junio 2017). Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Alvaro_Promis/publication/236798313_Fotografias_Hemisfericas_un_metodo_para_estimar_estructuras_del_dosel_arboreo_e_iluminacion_en_el_interior_del_bosque.

Como los niveles de luz en el interior del bosque varían espacial y temporalmente (hora, día, año), para su medición es necesario tomar muchas muestras mediante un número fijo de sensores estáticos o móviles en el rodal, de manera de caracterizar las condiciones promedio de luminosidad interior de éste. En otros casos, es necesario realizar mediciones puntuales de la luminosidad, para estudiar a nivel local, el crecimiento de árboles individuales, de la regeneración o del sotobosque en el rodal⁵⁹.

Existen diferentes métodos o técnicas que estiman en forma directa o indirecta la cobertura del dosel arbóreo y la luz incidente en el interior del bosque.

- Los métodos directos usan sensores de radiación, tales como mediciones fotométricas (luminosidad), radiométricas (radiación solar), o de radiación fotosintéticamente activa (PAR; Photosynthetically Active Radiation). Sin embargo, la mayoría de estos sensores deben ser conectados a un acumulador de datos (datalogger), para coleccionar información continua sobre períodos largos de tiempo. Esto requiere altas inversiones en equipamiento, instalación, mantención y en la colección de los datos. Por lo tanto, el uso de este método está limitado a un pequeño número de puntos de muestreo o en sitios seleccionados para tales fines.
- Los métodos indirectos utilizan correlaciones entre transmitancia (proporción de luz que alcanza el interior del bosque en un punto respecto a aquella medida al mismo tiempo en el exterior) y la cobertura del dosel, el área basal, la fracción de claros en el dosel y otros parámetros de rodal. Estos permiten hacer un muestreo simple en múltiples puntos y estimar con bastante precisión el ambiente lumínico en el interior del bosque. Para realizar

⁵⁹ PROMIS, Alvaro; CRUZ, Gustavo. Fotografías Hemisféricas: un método para estimar estructuras del dosel arbóreo e iluminación en el interior del bosque. *Bosque Nativo*. [En línea] Universidad de Chile. Chile: Waldbau Institut, Universität, 2009. no 44, p. 15 (Recuperado en 3 junio 2017). Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Alvaro_Promis/publication/236798313_Fotografias_Hemisfericas_un_metodo_para_estimar_estructuras_del_dosel_arboreo_e_iluminacion_en_el_interior_del_bosque.

estimaciones indirectas se han usado las siguientes técnicas o instrumentos: Análisis de fotografías hemisféricas, analizador de doseles LAI-2000 (LI-COR INC. Lincoln, Nebr.), densitómetros, estimaciones visuales del porcentaje de cobertura de dosel, índices de copas, tamices con redes de puntos, entre otros⁶⁰.

El análisis de las fotografías hemisféricas, mediante esta técnica las fotografías son tomadas mirando hacia el dosel arbóreo, utilizando un lente ojo de pez, el cual posee en general un campo de visión de 180° (Figura 3). El resultado es una fotografía que registra la posición, tamaño y forma de las aberturas o claros que existen en el dosel (Figura 4).

Figura 3. Toma de fotografías hemisféricas.



⁶⁰ PROMIS, Alvaro; CRUZ, Gustavo. Fotografías Hemisféricas: un método para estimar estructuras del dosel arbóreo e iluminación en el interior del bosque. *Bosque Nativo*. [En línea] Universidad de Chile. Chile: Waldbau Institut, Universität, 2009. no 44, p. 13 (Recuperado en 3 junio 2017). Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Alvaro_Promis/publication/236798313_Fotografias_Hemisfericas_un_metodo_para_estimar_estructuras_del_dosel_arboreo_e_iluminacion_en_el_interior_del_bosque.

Figura 4. Fotografías hemisféricas tomadas de un claro de dosel de un área en Restauración.



En teoría, las mediciones de la estructura del dosel arbóreo se basan en que, la probabilidad de que la luz pase a través del dosel sería proporcional a la longitud de su trayectoria, y al tipo, densidad, distribución y orientación del follaje. Así, a través de técnicas matemáticas, es posible calcular la fracción de claros en el dosel, el porcentaje de aperturas del dosel e índices de área foliar. Sin embargo, la mayoría de estos modelos hemisféricos se basan en una serie de supuestos para calcular la transmisión de luz o radiación, entre los que se encuentran: 1) los claros del dosel permiten la transmisión completa de la energía solar no atenuada, 2) la superficie del follaje proyectado bloquea toda la luz incidente, 3) el tamaño, forma y distribución de los claros en el dosel son estáticos a través del período de estimación, 4) el dosel sobre la fotografía está conformado solamente por una capa, 5) la topografía local o regional no afecta la distribución de la radiación solar global incidente, y 6) el albedo es cero y por lo tanto los niveles de luz en el interior del bosque no estarían enriquecidos por la transmisión de la luz reflejada⁶¹.

⁶¹ PROMIS, Alvaro; CRUZ, Gustavo. Fotografías Hemisféricas: un método para estimar estructuras del dosel arbóreo e iluminación en el interior del bosque. *Bosque Nativo*. [En línea] Universidad de Chile. Chile: Waldbau Institut, Universität, 2009. no 44, p. 15 (Recuperado en 3 junio 2017). Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Alvaro_Promis/publication/236798313_Fotografias_Hemisfericas_un_metodo_para_estimar_estructuras_del_dosel_arboreo_e_iluminacion_en_el_interior_del_bosque.

3.2.3 Rescate de Plántulas. El rescate de plántulas oriundas de la germinación y emergencia del banco de semillas del suelo para fines de propagación de plántulas de especies forestales es una técnica promisoría de restauración de ecosistemas forestales⁶². Esta técnica permite reducir costos en términos de la producción de plántulas de especies forestales, para que esto ocurra se deben tener en cuenta la época de recolección del banco de semillas del área cuando las especies arbóreas ya hubieran dejado caer las semillas.

3.2.4 Banco de Semillas del Suelo. El balance entre las entradas y salidas de semillas determinan la densidad de semillas en el banco de suelo y su composición de especies⁶³. El tamaño de las semillas es influyente tanto en la dispersión como en la penetración de las semillas en la hojarasca y su posterior incorporación a los suelos⁶⁴. Aunque existen diferentes formas de dispersión de las semillas y estas tienden a ser disturbadas por los diferentes agentes ambientales o dispersores secundarios como los animales, el proceso de banco de suelos para la producción de semillas garantiza tener una mejor disposición real de la densidad y riqueza de las especies, permitiendo una mayor diversidad de especies forestales.

3.2.5 Área Degradada. Según el Profesor, investigador Sebastião Martins⁶⁵ define Área degradada como aquella que pierde la capacidad espontánea, de retornar a su estado natural o a un equilibrio dinámico después de sufrir un fuerte impacto, su recuperación es de extrema importancia para la mitigación de los impactos

⁶² MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. A contribuição da ecologia florestal no desenvolvimento de modelos e técnicas de restauração florestal de áreas degradadas. Viçosa. Revista Ação Ambiental, 2007. vol.10 no.36., p.10-13.

⁶³ THOMPSON, K.; GRIME, J. Pi. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. Sheffield: British Ecological Society, 1979. vol. 67, no 3., p. 18.

⁶⁴ CHAMBERS, Jeanne C .; MACMAHON, James A. A day in the life of a seed: movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems. Bogotá: Ed. humboldt.org.co, 1994. vol. 25, no 1., p. 26.

⁶⁵ VENÂNCIO MARTINS, Sebastião. Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa: Aprenda fácil. 2014. vol.3 no. 1., p. 46.

negativos asociados a la construcción de vías, utilizando técnicas silviculturales, agronómicas, y de ingeniería.

Los taludes viales pueden ser clasificados como taludes de corte, cuando son resultantes de algún proceso de excavación, de terrazas, cuando son construidos a partir de la disposición de material retirado para la abertura de taludes de corte.

Son considerados altamente inestables debido a la alta susceptibilidad de los procesos erosivos. El escurrimiento superficial es intensificado cuando los suelos se encuentran expuestos, ocasionando el deslizamiento de partículas, debido a las diversas condiciones ambientales., por esta razón la vegetación e este tipo de situación es muy importante para estabilizar los taludes, ya que es eficiente en reducir el escurrimiento superficial a través de la captación de la lluvia lo que amortigua el golpe de las gotas con la superficie de los suelos.

3.2.6 Revegetalización de taludes. La utilización de esta técnica debe estar ligada al objetivo del proyecto, los recursos disponibles, el nivel de degradación, las características del paisaje, entre otros factores. Algunos factores pueden indicar que la conducción de la regeneración natural sea la técnica de recuperación más indicada, con bajo grado de degradación, presencia de vegetación nativa resilientes en el entorno de presencia de fauna dispersora. El costo generalmente es bajo y se puede alcanzar la restauración del ecosistema⁶⁶.

Este proceso de revegetalización de taludes puede ser dividido en tres etapas según lo indica Sebastião Martins⁶⁷, así: a) sistematización de taludes, b) definición de la técnica de revegetalización, y c) selección de las especies.

⁶⁶ CUSATIS, Andrea Chizzotti. Diagnóstico de taludes rodoviários revegetados naturalmente na região de Viçosa. Viçosa: Teses Mestrado em Ciência Florestal – UFV. 2001. p.16.

⁶⁷ VENÂNCIO MARTINS, Sebastião. Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa: Aprenda Fácil, 2014. vol.3 no. 1., p. 48.

Existen diversas técnicas a utilizar como la Hidrosión, la utilización de mantas de Geotextil, transposición del banco de semillas, plantación de gramíneas y leguminosas entre otras son de las más empleadas. El uso de tales grupos de especies, entre otras cosas, cuando son exóticas y agresivas, dificulta o impiden el establecimiento de especies nativas, resultando un ecosistema de baja complejidad estructural y florística, siendo necesaria la intervención antrópica para estimular la sucesión ecológica.

3.3 MARCO HISTÓRICO

3.3.1 Iniciativas globales de restauración. En 2011, los firmantes de la Convención sobre la diversidad biológica de las Naciones Unidas-CDB se comprometieron a restaurar el 15% de todos los ecosistemas degradados hasta el año 2020. Además, en septiembre de 2011, líderes mundiales, en una reunión ministerial celebrada en Bonn, Alemania, lanzaron el reto de Bonn con el objetivo de restaurar 150 millones de hectáreas a nivel mundial hasta el año 2020.

En 23 de septiembre de 2014, con 130 dignatarios de los gobiernos, la sociedad civil, pueblos indígenas y empresas privadas, la declaración de Nueva York sobre los bosques establecidos planes de la meta global para recuperar 350 millones de hectáreas de bosques degradados y deforestados paisajes hasta 2030 y ambiciosa restauración y objetivos cuantitativos hacia 2030 en desarrollo global post-2015, como parte de las nuevas metas de desarrollo sostenible — ODS's.

El éxito de cualquier acción en los bosques para el clima y la continuidad de la reducción de emisiones resultante dependen en gran medida del grado de reconocimiento de estas prácticas de los derechos y los intereses de las comunidades forestales y su apoyo para la mejora o el mantenimiento de los medios de subsistencia. Amenazas relacionadas con el cambio climático, demostrando para

ser muy concreto, tiene un impulso de los esfuerzos para proteger, gestión de forma sostenible y restauración de paisajes forestales en el mundo⁶⁸.

La participación comunitaria ha venido tomando fuerza a nivel mundial en los últimos años ya que, la restauración ecológica es una actividad con diferentes escalas espaciales y temporales en las cuales los disturbios antrópicos juegan un papel importante en cualquier escala que se elija. La pérdida de servicios ambientales de los ecosistemas es también una preocupación de la gente en cualquier región y por consiguiente hay que tener en cuenta tanto el manejo regional como las necesidades de las comunidades locales. Es fundamental explorar la aceptabilidad que tendría el eventual programa de restauración en función del entorno socioeconómico que prevalezca en el área, con especial atención a las aspiraciones propias de las comunidades locales, en términos del futuro que desean. Los conocimientos que tienen las poblaciones humanas locales sobre su región, su historia de uso, la ubicación de las especies y en algunos casos su propagación son conocimientos de gran importancia en el éxito de los proyectos. De esta forma la educación ambiental se vuelve más práctica y se puede consolidar a corto y largo plazo una educación ambiental para la restauración ecológica de la región⁶⁹.

Por lo anterior, la aceptabilidad de los proyectos entorno a la restauración ecológica y teniendo en cuenta que es una actividad de largo plazo, en el mundo las comunidades finalmente son quienes deben garantizar la continuidad de los mismos son las poblaciones locales con apoyo de las diferentes entidades.

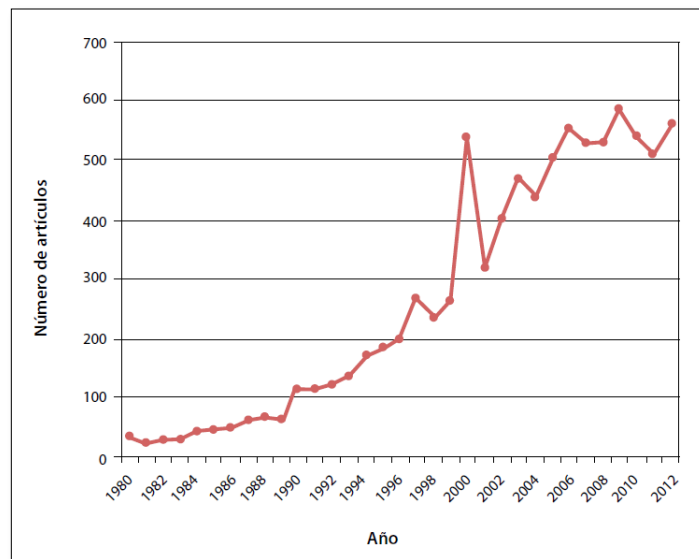
3.3.2 Colombia en la restauración. La restauración no es una ciencia nueva, pero ha venido incrementando su incidencia en el mundo ya que surge como la

⁶⁸ MORAES, M. A. (Org.). *Restauração de florestas e paisagens no Brasil*. Brasília: UICN, 2016. vol. 025., p.19.

⁶⁹ VARGAS, Jesús Orlando. *Restauración ecológica: biodiversidad y conservación: Acta biológica colombiana*. Bogotá: UNAL, 2011. vol.16 no.2., p.22.

alternativa más viable para la recuperación, mantenimiento y monitoreo de los diferentes ecosistemas existentes en nuestro planeta y que han sido afectadas por el ser humano. La Ecología de la Restauración tiene sus inicios con la publicación del libro “Restauración Ecológica en 1980” allí se encuentran las bases científicas de la ecología de la restauración. Por otro lado, la práctica ha venido teniendo más desenvolvimiento a medida que pasan los años crecen las metodologías y técnicas para conseguir el éxito. A partir de los años 90, se observa un crecimiento exponencial de publicaciones científicas en ecología de la restauración continua (Figura 5). Aunque muchos proyectos de restauración ecológica no son presentados en la literatura científica esta es, de todas formas, una medida indirecta del comportamiento de la disciplina a nivel internacional. Actualmente están surgiendo agremiaciones de investigadores, profesionales y estudiantes de la restauración ecológica en países desarrollados y en especial en Latinoamérica⁷⁰.

Figura 5. Crecimiento en el número de publicaciones en restauración ecológica y ecología de la restauración desde 1980.



Fuente: tomado de Murcia C y Guariguata MR. 2014.

⁷⁰ MURCIA, Carolina; GUARIGUATA, Manuel R. La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades. Documentos Ocasionales vol.107. Bogotá: CIF. 2014. p.7.

El evidente crecimiento científico y tecnológico en torno a la restauración ecológica permite dar un mayor soporte entorno a la argumentación del porque se deben conocer las técnicas, metodologías y casos de estudio en el mundo, que han contribuido significativamente priorizando la restauración como alternativa más viable a la hora de recuperar los ecosistemas.

En Colombia, el desarrollo de la ecología de la restauración y de la restauración ecológica es reciente. Sin embargo, ya en las décadas de los años 60, 70 y 80 se iniciaron en el país importantes procesos de reforestación con especies exóticas para fines de aprovechamiento forestal, prevención de la erosión y para detener la expansión urbana⁷¹.

Durante los últimos 20 años, diversas instituciones gubernamentales, no gubernamentales e investigadores se han encargado de posicionar el tema a nivel nacional y han desarrollado diversas experiencias de restauración ecológica, cada una con un tipo de enfoque e interés y alcanzando diferentes tipos de resultados. En 1998 el Ministerio de Ambiente formuló el Plan Verde, encargado la restauración de ecosistemas degradados y la promoción de la reforestación protectora, priorizando zonas que prestan servicios ambientales básicos y zonas de significancia para la economía del país⁷².

El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt desarrolló las Herramientas de Manejo del Paisaje (HMP) en áreas afectadas por uso agropecuario y forestal en diferentes lugares del país, y tiene como uno de sus mayores logros la construcción de cinco corredores biológicos que conectan los bosques subandinos del Parque Regional Natural Barbas-Bremen y El Parque Regional Natural Cañón del río Barbas entre Quindío y Risaralda. La Secretaría

⁷¹ MURCIA, Carolina; GUARIGUATA, Manuel R. La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades. Documentos Ocasionales vol.107. Bogotá: CIF, 2014. p. 8.

⁷² SER. The SER International Primer on Ecological Restoration. [En línea] SER.org. Canadá: SER y Tucson, 2004. p. 5. (Recuperado Febrero 22 de 2017). Disponible en https://www.ctahr.hawaii.edu/littonc/PDFs/682_SERPrimer.pdf

Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA) ha desarrollado experimentos y programas de restauración ecológica en canteras, áreas afectadas por especies invasoras, rondas de quebrada, plantaciones forestales, áreas degradadas por la expansión urbana y por uso agropecuario. También ha publicado varias guías técnicas de restauración, un protocolo y un manual de restauración ecológica.

El Jardín Botánico de Bogotá ha centrado su trabajo en la restauración de áreas afectadas por especies exóticas y por uso agropecuario, también publicó una guía técnica para abordar la restauración en dichas áreas.

La Universidad Nacional de Colombia y su grupo de investigación en Restauración, lideró la organización del I Congreso Nacional de Restauración ecológica, y por otra parte, ha desarrollado experiencias de restauración ecológica en ecosistemas de páramo y bosque alto Andino afectados por uso agropecuario, plantaciones forestales e invasión de plantas exóticas. La SDA, el Jardín Botánico y el Acueducto de Bogotá han publicado sus resultados colaborativos en formato de guías y documentos de consulta.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) ha formulado políticas, planes y estrategias, entre ellas el Plan Estratégico para la Restauración y el Establecimiento de Bosques en Colombia del año 1998 (Plan Verde); la Guía Metodológica para la Restauración de Ecosistemas en el 2003, en 2006 el Protocolo de Restauración de Coberturas Vegetales afectadas por Incendios Forestales; la Política para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos de 2012, en la cual se fundamenta el manejo de la biodiversidad a partir de acciones de preservación, uso sostenible, conocimiento e información y restauración ecológica.

El Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia viene desarrollando desde 2006 su estrategia de restauración, la cual involucra la participación comunitaria y la mitigación de las diferentes presiones a las que están sometidas

sus áreas protegidas. La estrategia cuenta con lineamientos técnicos, metodológicos, sociales y jurídicos para su implementación. La Escuela de Restauración Ecológica de la Universidad Javeriana se ha dedicado a la formación de profesionales en el tema de la restauración ecológica, ha liderado la creación de la Red Colombiana de Restauración Ecológica (REDCRE) y ha organizado diversos eventos científicos como el I y II Curso de Restauración Ecológica de Áreas Degradadas por la Minería a Cielo Abierto, el I Simposio Nacional de Experiencias de Restauración Ecológica y el III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica. Adicionalmente, se ha concentrado en desarrollar investigaciones para identificar técnicas y estrategias para recuperar áreas disturbadas por minería, uso agropecuario y especies invasoras.

Durante los años 2012 y 2013 el Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR) desarrolló un análisis a nivel nacional sobre las lecciones aprendidas, tendencias y perspectivas futuras sobre el abordaje de la restauración ecológica, para ello se basa en las diferentes experiencias de restauración desarrolladas en las últimas décadas en Colombia. En el año 2013, la REDCRE y la Red Iberoamericana de Restauración Ecológica organizaron en Bogotá el III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica. En el marco de este evento se oficializó la Sociedad Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica y se nombró la junta directiva de la REDCRE.

Desde el 2007, REDCRE ha sido la agremiación de restauradores –científicos, técnicos, e instituciones– más grande e importante de Colombia y ha facilitado la divulgación, desarrollo, consolidación e intercambio de conocimientos en torno a todos los aspectos relacionados con la restauración de los ecosistemas de Colombia. En 2014 se convirtió en una ONG con personería jurídica y durante ese mismo año fortaleció dos de sus nodos regionales (Bogotá y Caribe) y creó los

nodos Antioquia y Eje Cafetero. Actualmente, es un grupo líder en Iberoamérica y cuenta con más de 800 miembros⁷³.

Las acciones de conservación y restauración ambiental, en Colombia se han visto mayoritariamente implementadas bajo la normativa de compensaciones ambientales, ya que es importante tener un registro de cómo y dónde se están realizando estas acciones, es por esta razón que: Fundepúblico centra su trabajo en la protección y en la defensa del interés público y los derechos colectivos. Algunas de las herramientas que utiliza para cumplir con su misión son el litigio, la incidencia en política pública, y el diseño y análisis de política y normatividad. Algunos logros importantes incluyen la indemnización a comunidades por daños ambientales y las iniciativas de reformas legales relacionadas con acciones populares relacionadas con la degradación del medio ambiente⁷⁴.

Finalmente, desde 2010 hasta la fecha se viene desarrollando el Plan Nacional de Restauración Ecológica, el documento rector que determinará los lineamientos para abordar la restauración ecológica a nivel nacional en todos los ecosistemas y para todos los tipos de áreas degradadas.

3.3.2.1 Actividades del Plan Nacional de Restauración. El Plan Nacional de Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas en Colombia da respuesta a la estrategia dirigida a promover la restauración de ecosistemas degradados y de especies amenazadas de la Política Nacional de Biodiversidad - 1998, y fortalecer y articular acciones de conservación y manejo in situ y ex situ de la biodiversidad a través de la preservación, restauración y uso sostenible ligado a prácticas tradicionales no detrimentales, tanto en áreas silvestres como en paisajes transformados para mantener la resiliencia de los

⁷³ AGUILAR, Mauricio, et al. *Toward a post-conflict Colombia: restoring to the future*. India: *Restoration Ecology*, 2015. vol. 23 no 1., p. 4.

⁷⁴ SARMIENTO, Mariana. *Hacia un sistema de bancos de hábitat como herramienta de compensación ambiental en Colombia*. Bogotá: *Revista Fundepúblico*, 2014. no. 1., p. 3.

sistemas socioecológicos y el suministro de servicios ecosistémicos a escalas nacional, regional, local y transfronteriza y a la de adoptar e implementar el Plan Nacional de Restauración para el desarrollo de procesos de recuperación, rehabilitación y restauración de áreas disturbadas.

El Plan Nacional de Restauración reúne tres enfoques de implementación: la restauración ecológica, la rehabilitación y la recuperación, que dependen del tipo de intervención, del nivel de degradación del área y del objetivo de restauración. Para su cumplimiento se propone un marco lógico de 20 años con periodos a corto plazo de 3 años, a mediano de 8 años y a largo plazo de 20, que contienen acciones prioritarias y esencial para su cumplimiento, metas e indicadores, responsables, posibles fuentes de financiación y una aproximación económica para la gestión del Plan Nacional de Restauración.

Para la ejecución del Plan Nacional de Restauración se espera el compromiso y articulación de las entidades del Sistema Nacional Ambiental –SINA, las autoridades ambientales, las entidades territoriales, las agremiaciones, los sectores, la sociedad civil, la academia y los usuarios de los recursos en general. El Plan Nacional de Restauración propone la restauración como una alternativa de compensación y como un mecanismo operativo de financiación de procesos y proyectos, en relación con el Manual para la Asignación de Compensaciones por pérdida de biodiversidad⁷⁵.

3.3.3 Brasil en la Restauración. Aunque todavía ostenta el título de poseer la mayor selva tropical del planeta, Brasil alberga muchas de regiones en las que el bosque es sólo un recuerdo lejano. En el estado de São Paulo, el más rico del país, dos terceras partes de las cuencas hidrográficas son menos del 20% del remanente de bosque nativo y algunas de estas características, menos del 5% de los bosques

⁷⁵ MADS. Plan Nacional de Restauración. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Bogotá: MADS 2015. Anexo 1.

de pie⁷⁶. Esta es una situación que se extiende sobre muchas otras cuencas del sur, sureste y noreste del país, mayor ocupación agrícola de las regiones y que, no por casualidad, desde hace décadas viven con síntomas de grave desequilibrio ambiental, que van desde inundaciones y deslizamientos de tierra a la falta de agua para la producción humana y económica⁷⁷.

Aunque Brasil ha avanzado significativamente, así lo describe el Profesor Sebastião Venâncio Martins en su libro de Restauración ecológica de ecosistemas degradados, en el capítulo dos (2) se preguntan: “¿vencemos desafíos?, ¿estamos haciendo hoy, después de tres décadas de investigación, mejor trabajo de lo que hicieron los pioneros de restauración voluntaria?”⁷⁸. Son varios los aspectos a tener en cuenta y son muchos ya evaluados de manera puntual, pero otros de forma muy parcial.

Entre los aspectos más significativos trata de dar una aproximación a las políticas correctas a la hora de preguntar: ¿avanza Brasil significativamente?, y que son discutidas por el investigador son: se conoce la distribución geográfica de las especies?, se producen semillas y plántulas de árboles nativos de bosques en todo Brasil?, se comprende que es restauración y el manejo de sucesión?, se sabe que no siempre es necesario plantar?, se conoce sobre la necesidad de controlar las especies invasoras?, es necesario atraer a la fauna?, se avanza en las técnicas de recuperación de la cobertura vegetal en áreas deforestadas?, se reducen los costos?, se amplía la extensión de las áreas recuperadas?, entre otras preguntas que los autores dan su punto de vista respecto a los principales desafíos que Brasil debe afrontar en la investigación de la Restauración Ecológica. El LARF de la UFV,

⁷⁶ INSTITUTO INTERNACIONAL PARA LA SUSTENTABILIDAD. *Contribuições para o desenvolvimento da pecuária sustentável em larga escala na microrregião de Alta Floresta, MT*. Rio de Janeiro: IIS, 2015. p.14.

⁷⁷ MORAES, M. A. (Org.). *Restauração de florestas e paisagens no Brasil*. Brasília: UICN, 2016. vol. 025., p. 30.

⁷⁸ MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. Viçosa: UFV, 2012. vol 1., p. 46.

se viene desarrollando buena parte de estudios (tesis, artículos científicos, libros, entre otros) en torno a la restauración de ecosistemas, principalmente de áreas degradadas y lugares en que la minería ha hecho presencia. En la siguiente Tabla 1 se mencionan algunos de estos estudios de gran contribución científica para la región de Mina Gerais en Brasil.

Tabla 1. Estudios Desarrollados por el LARF-UFV, sobre restauración forestal.

ESTUDIO	AUTOR (ES)	AÑO
Banco de semillas como indicador de restauración de un área degradada por minería de caolín en Braz Pires, MG.	Sebastião Venâncio Martins, Diego Pierre de Almeida, Loane Vaz Fernandes y Tiago Maciel Ribeiro.	2008
Evaluación de técnicas de restauración forestal en área dominada por <i>Leucadena leucocephala</i> (Lam) de Wit. En Ipatinga, Mina Gerais.	Ariane Cristine Araujo Silva. Tesis de Maestria.	2009
Evaluación del potencial de la transposición de la hojarasca y del banco de semillas del suelo para restauración forestal en áreas degradadas.	Bruna Dias Rodrigues, Sebastião Venâncio Martins y Hélio Garcia Leite.	2010
Transposición de banco de semillas a la metodología de la restauración del bosque de pastos abandonados en Viçosa, MG.	Aurino Miranda Neto, Sustanis Horn Kunz, Sebastião Venâncio Martins, Kelly de Almeida Silva y Deideluci Aparecida da Silva.	2010

(Tabla 1. Continuación)

ESTUDIO	AUTOR (ES)	AÑO
Contribución de la fauna silvestre en proyectos de restauración ecológica en Brasil.	Wanuzza Helena Campos, Aurino Miranda Neto, Helberth José Cardoso Peixoto, Leandro Braga Godinho, Elias Silva.	2012
Estrato de regeneración natural de un bosque restaurado con 40 años.	Aurino Miranda Neto, Sebastião Venâncio Martins, Kelly de Almeida Silva, José Marinaldo Gleriani.	2012
Evaluación de un área en Restauración después de la minería de Bauxita, Municipio de Descoberto MG.	Kelly de Almeida Silva. Tesis de Maestría.	2013
Banco de semillas del suelo y hojarasca acumulada en Bosque restaurado.	Aurino Miranda Neto, Sebastião Venâncio Martins, Kelly de Almeida Silva y José Marinaldo Gleriani.	2014
Banco de semillas del suelo de bosque restaurado, Reserva Natural Vale, Espírito Santo.	Geanna Gonçalves de Souza Correia, Sebastião Venâncio Martins.	2015
Siembra directa con transposición de hojarasca como metodología de restauración.	Kelly de Almeida Silva, Aurino Miranda Neto, Sebastião Venâncio Martins, Wanuzza Helena Campos.	2015

3.4 MARCO LEGAL

A partir la Constitución Política de 1991 se reconoció que el Estado colombiano y la sociedad en general son responsables de la prevención, control de factores de

deterioro ambiental, reparación de los daños causados y restauración o sustitución de áreas con especial importancia ecológica que se hayan degradado. Por otra parte, desde ese momento se empieza a reconocer la necesidad de invertir en la restauración de los recursos naturales degradados para reincorporarlos a la cadena de bienes y servicios que la sociedad requiere.

En la actualidad existen varios documentos nacionales de gestión de la biodiversidad que se relacionan clara y directamente con la restauración ecológica; entre ellos se destacan la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), que plantea la necesidad de adelantar acciones que fortalezcan la protección y la restauración de la biodiversidad y de sus servicios ecosistémicos. Esta política integra las metas Aichi 2020 como punto de referencia para la gestión de la biodiversidad y para alcanzar el estado ambiental socialmente deseado; puntualmente, la Meta 15 propone la restauración del 15 % de los ecosistemas estratégicos nacionales degradados.

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2010–2014 “Prosperidad para Todos”, estableció como propósito y objetivo nacional a 2014 la restauración de 280.000 ha degradadas, ajustadas recientemente a 90.000 ha, y del que se reportaron 70.000 ha en el quinto informe en biodiversidad, en la (Tabla 2) se presentan los principales decretos, leyes y resoluciones considerados relevantes para la formulación del Plan Nacional de Restauración.

Tabla 2. Principales normativas del Plan Nacional de Restauración.

NORMATIVA	DESCRIPCIÓN
Ley 1021 de 2006	“Por la cual se expide la Ley General Forestal”.
Ley 2 de 1959	“Sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables”.

(Tabla 2. Continuación)

NORMATIVA	DESCRIPCIÓN
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.
Decreto Ley 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. “Artículo 2. (...) Código tiene por objeto: 1. Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguran el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de estos, [...]”. Artículo 13. “Con el objeto de fomentar la conservación, mejoramiento y restauración del ambiente y de los recursos naturales renovables, el Gobierno establecerá incentivos económicos”. “Artículo 179. En la utilización de suelos se aplicarán normas técnicas de manejo para evitar su pérdida o degradación, lograr su recuperación y asegurar su conservación”.

(Tabla 2. Continuación)

Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos	“Promover la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, para mantener o aumentar la capacidad adaptativa (resiliencia) de los socio-ecosistemas a escalas nacional, regional y local en escenarios de cambio, mediante la acción conjunta, coordinada y concertada del Estado, el sector productivo y la sociedad civil”.
Plan Verde	“Plan Estratégico para la Restauración y el Establecimiento de Bosques en Colombia”.
Política de Bosques.	“Lograr un uso sostenible de los bosques con el fin de conservarlos, consolidar la incorporación del sector forestal en la economía nacional y mejorar la calidad de vida de la población”.
Plan Nacional de Prevención, Control de Incendios Forestales y Restauración de Áreas Afectadas.	”Establecer los lineamientos de orden nacional para la prevención, control y restauración de las áreas afectadas por los incendios forestales, mitigando su impacto y fortaleciendo la organización nacional, regional y local”.

Fuente: tomado del Plan Nacional de restauración (2015).

En diciembre de 2014 algunos países de Latinoamérica y el Caribe lanzaron la iniciativa 20 x 20, para restaurar al año 2020, 20 millones de hectáreas de tierras degradadas. En este caso, Colombia se comprometió a desarrollar procesos de restauración ecológica en un millón de hectáreas.

Según el contexto normativo, en la actualidad en el diseño, la implementación y el mantenimiento de las compensaciones participan cuatro actores principales que son el MADS, la ANLA, las CAR y los beneficiarios de las licencias ambientales.

También existen otros actores que participan como firmas consultoras, ONG, dueños de predios, entre otros, en la implementación de las compensaciones Autoridad Ambiental de Licencias Ambientales (ANLA) Establece las compensaciones para proyectos de licenciamiento ambiental para el sector de hidrocarburos, minería a gran escala, infraestructura, hidroeléctricas de gran escala⁷⁹. Finalmente, el gobierno nacional en el PND 2014-2018 tiene como meta desarrollar procesos de restauración en 210 mil hectáreas entre ecosistemas marinos y terrestres a través de cuatro estrategias:

- 1) Implementación del Plan Nacional de Restauración Ecológica.
- 2) Ejecución de programas y proyectos regionales y locales de restauración.
- 3) Desarrollo de alianzas con los sectores productivos del país haciendo énfasis en el mejoramiento de los medios de vida en el campo.
- 4) Promoción del uso de herramientas de manejo para la conservación de la biodiversidad en paisajes rurales transformados⁸⁰.

3.5 MARCO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

3.5.1 Bosque del Paraíso, Universidad Federal de Viçosa. La Estación de Investigación, Formación y Educación Ambiental (EPTEA) se encuentra el bosque del Paraíso es una reserva Bosque Atlántico, fragmento de aproximadamente 400 ha, siendo que la estación abarca 200 ha de este fragmento en excelente estado de conservación. El área es el hogar de varias especies de

⁷⁹ SARMIENTO, Mariana. Hacia un sistema de bancos de hábitat como herramienta de compensación ambiental en Colombia. Bogotá: Revista Fundepúblico, 2014. no. 1., p. 10.

⁸⁰ AGUILAR-GARAVITO, Mauricio; RAMÍREZ HERNÁNDEZ, Wilson. Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia. Bogotá. Ed. humboldt.org.co. 2016. vol. 1 no 1. p. 147-176.

fauna y flora en peligro de extinción y todavía protege las cabeceras de la quebrada Santa Catarina, un tributario importante de la quebrada San Bartolomé. El área tiene también senderos y un Centro de Educación Ambiental. El área recibe alrededor de 3.000 visitantes al año, entre investigadores, estudiantes de educación infantil, primaria, secundaria y superior, además de las familias de Viçosa y de demás ciudades. El Bosque del Paraíso pertenece a la Universidad Federal de Viçosa, y es administrado por el Departamento de Ciencias Forestales. EL Bosque del Paraíso es utilizado para la realización de clases de investigación científica y prácticos, y el bosque como un laboratorio natural de gran valor para el desarrollo de en el aprendizaje in situ, así como una fuente de datos concretos de las relaciones e interacciones de un ecosistema⁸¹. El Bosque del paraíso se encuentra en Viçosa, ubicado al norte de la Zona de Mata de Minas Gerais. Situado entre las latitudes 20°41'20" S a 20°49'35" S y longitud de 42°49'36" W a 42°54'27" W (Figura 6), El bosque del paraíso se encuentra aproximadamente a 6 km de la Universidad Federal de Viçosa y tiene una superficie de 194 hectáreas aproximadamente.

Figura 6. Bosque del Paraíso Universidad Federal de Viçosa MG.



Fuente: tomado del Software SAS.PLANET (2017).

⁸¹ DEF. Estação de Pesquisas, Treinamento e Educação Ambiental (EPTEA) Mata do Paraíso. (Em linha) Departamento de Engenharia Florestal. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa 2013. (Recuperado en 15 abril 2017) Disponible em http://www.def.ufv.br/?page_id=589

3.5.2 Laboratorio de Restauración Forestal en Brasil. El Laboratorio de Restauración Forestal - LARF, vinculado al Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad Federal de Viçosa se encuentra en el campus de la UFV en Viçosa, se encuentra dentro de una amplia zona verde y agradable que incluye las poblaciones de especies nativas, las zonas de restauración de bosques con una alta diversidad y una reserva de aproximadamente 18 hectáreas de bosque semideciduo - Bosque forestal.

El LARF fue creado para facilitar a través de acuerdos con empresas privadas de la minería y la silvicultura (pulpa y papel, carbón vegetal) servicios de asesoramiento y áreas de investigación de la restauración de preservación permanente y de reserva legal, las zonas mineras y compensación ambiental. A través de estas asociaciones ha sido posible también el desarrollo de maestría y tesis doctorales, la creación de nuevos métodos de costo de rehabilitación y formación de nuevos profesionales para el mercado de trabajo en el sector del medio ambiente.

Líneas de investigación y consultoría:

- La restauración del bosque de Áreas de Preservación Permanente y Reservas jurídica para las empresas de cumplimiento ambiental y certificación / granjas.
- Restauración de compensación ambiental en las actividades mineras.
- Restauración y rehabilitación de las zonas minadas.
- Evaluación y vigilancia de las zonas de restauración a través de bioindicadores.
- Revegetación de taludes de carreteras y ferrocarriles.

Los acuerdos con empresas privadas están firmados por SIF - Sociedad de Investigación Forestal. Dentro de las técnicas de restauración ecológica indicadas

por el Laboratorio de Restauración Forestal de la UFV para diferentes situaciones ambientales en el caso de que la degradación sea por la minería y se adoptan las siguientes técnicas ver (Tabla 3).

Tabla 3. Técnicas de Restauración ecológica indicadas por el LARF - UFV.

Situación Ambiental	Técnica de Restauración
Pasto Limpio: pasto de brachiaria sin regeneración de especies arbustivo – arbóreas.	Plantación en el área total, instalación de poleiros, transposición de semillas y de ramas en fajas sobre la brachiaria.
Pastos Enmalezados: pasto con regeneración de especies arbustivo – arbóreas, predominio de áreas aun ocupadas por el pasto.	Compactación y enriquecimiento con semillas y plántulas de especies pioneras y no pioneras, manejo de la regeneración.
Vegetación Rastrera: regeneración avanzada de especies arbóreas, pocas manchas de suelo aun cubiertas con pasto.	Compactación y enriquecimiento con semillas y plántulas de especies no pioneras.
Eucalipto: tala abandonada de <i>Eucalyptus spp.</i> Con regeneración arbustivo – arbórea en el sub – bosque.	Anillamiento secuencial de los eucaliptos (25% de los arboles cada año) y enriquecimiento con siembra de plántulas y siembra directa de especies nativas arbóreas no pioneras.
Bosque Nativo: fragmento Forestal Estacional Semideciduo en estado medio de sucesión.	Aislamiento de factores de degradación (fuego y helado) a través de cercamiento y construcción de cercas e implementación de corredores forestales para establecer conectividad con otros fragmentos.

Fuente: tomado de MARTINS, Sebastião V. MIRANDA, Neto A. MACIEL, Ribeiro T. (2012)

4. DISEÑO METODOLÓGICO

La pasantía de Investigación en el LARF-UFV, tuvo una vigencia de cinco meses durante el periodo de febrero a junio del 2017, dentro de las actividades desarrolladas se encuentran: acompañamiento en proyectos de Restauración Ecológica, Colecta de datos ecológicos en áreas degradadas, procesamiento de datos ecológicos, Auxilio en la identificación taxonómica de especies forestales en restauración, auxilio en investigación sobre el banco de semillas de áreas restauradas, auxilio en la investigación sobre la regeneración natural de áreas restauradas.

Dichas actividades fueron programadas por el Profesor Titular Sebastião Venâncio Martins de la Universidad Federal de Viçosa, campus Viçosa, MG, Brasil, Departamento de Ingeniería Forestal, Coordinador del LARF- Laboratorio de Restauración Forestal, el acompañamiento se realizó a tres proyectos., Dos proyectos investigativos en tesis pos-doctorales y una monografía para graduación. El Software ArcGis 10.3 fue utilizado como herramienta de localización de las diferentes áreas de estudio.

Así mismo, la participación en Simposios y Fórum, hicieron parte de las actividades desarrolladas durante la pasantía de investigación. En el Anexo 1 se encuentra en certificado de notas obtenidas en la Universidad Federal de Viçosa.

4.1 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 1

4.1.1 “Monitoreo de áreas en restauración después de la minería de bauxita y uso de los SIG como una ayuda para la recuperación de Áreas Degradadas”.

Autor: Diego Balestrín. Orientador: Sebastião Venâncio Martins.

Este estudio busca evaluar las métricas de paisaje de dos regiones distintas, con una historia minera de bauxita, localizada en la región de Descubierto y Mirai-MG. Además de esto, será analizado a través del uso de SIG, la influencia del factor topográfico y de las fases de insolación predominantes para el desarrollo y evolución de las áreas restauradas después de la minería de bauxita. Analizando la dinámica y el comportamiento de dos áreas en el proceso de restauración ambiental después de la minería de bauxita, en la búsqueda de una mejor comprensión en el proceso de sucesión ecológica en las áreas de regeneración natural y reforestación, así como la evaluación de la dinámica estructural y el banco de semillas durante el proceso de restauración en estas áreas.

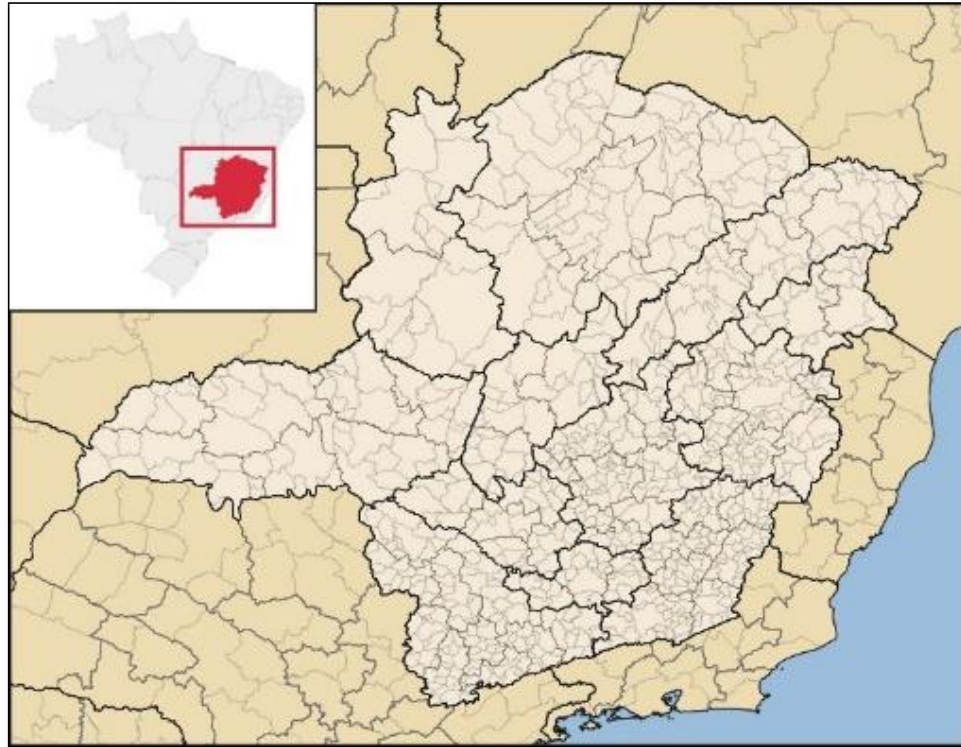
4.1.1.1 Área de estudio. Los estudios se encuentran en la región de la Zona da Mata de Minas Gerais Coordenadas System: WGS 1984 UTM Zona 23S, Proyección: Transverse Mecator (Figura 7). con altitudes que van desde 283 hasta 1381 m, según datos proporcionados por la NASA (USGS, 2000)⁸². La clasificación climática de región según Köppen, es de tipo Aw - con veranos calurosos y húmedos tropicales⁸³. La precipitación media anual es de 1300 mm, con estación lluviosa de noviembre a abril y seco de mayo a octubre⁸⁴.

⁸² USGS. U.S. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). [En línea] Agencia Nacional de Inteligencia-Geoespacial. EEUU: Geological Survey. 2000. (Rescatado 12 mayo 2017). Disponible en <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM>

⁸³ KOEPPEN, Wilhelm. Climatología: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. p. 29.

⁸⁴ LOPES, R. F.; BRANQUINHO, J. A. Jazidas de bauxita da Zona da Mata de Minas Gerais. Principais depósitos minerais do Brasil. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1988. vol. 3. no 1., p.16.

Figura 7. Zona de Mata de Minas Gerais, Brasil.



Tomado: Raphael Lorenzeto de Abreu. 2006. Mapa del estado de Minas Gerais – Brasil.

El estudio se desarrolla en dos áreas, la primera de ellas localizada en el municipio de Descoberto-MG (Figura 8), a través de la siembra de plantas nativas en el año 2003. Esta área cuenta con un total de 1.0 ha, donde se llevó a cabo la recolección de datos ecológicos para su posterior procesamiento e identificación taxonómica de las plantas forestales en restauración. El área 2, está situada en el municipio de Mirai, Minas Gerais Coordenadas System: WGS 1984 UTM Zona 23S, Proyección: Transverse Mecator., donde está ubicado el área experimental (Figura 9).

Esta área cuenta con un total de 0,45 ha, caracterizado por una porción de regeneración natural abandonada y el recubrimiento del área con una capa de 50 centímetros de tierra vegetal en el año 2012.

Figura 8. Localización Área 1. Municipio de Descoberto-MG, Brasil.

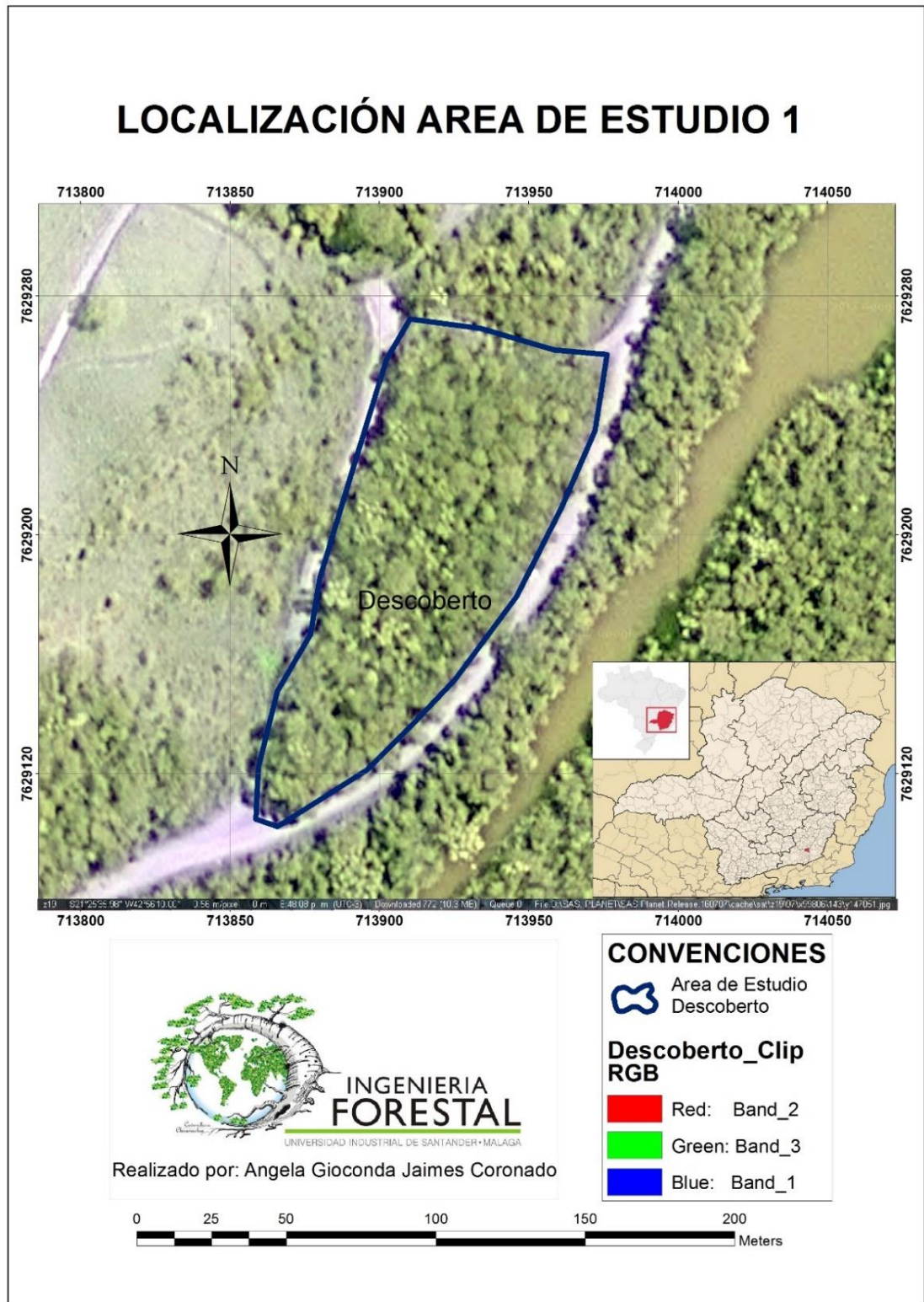
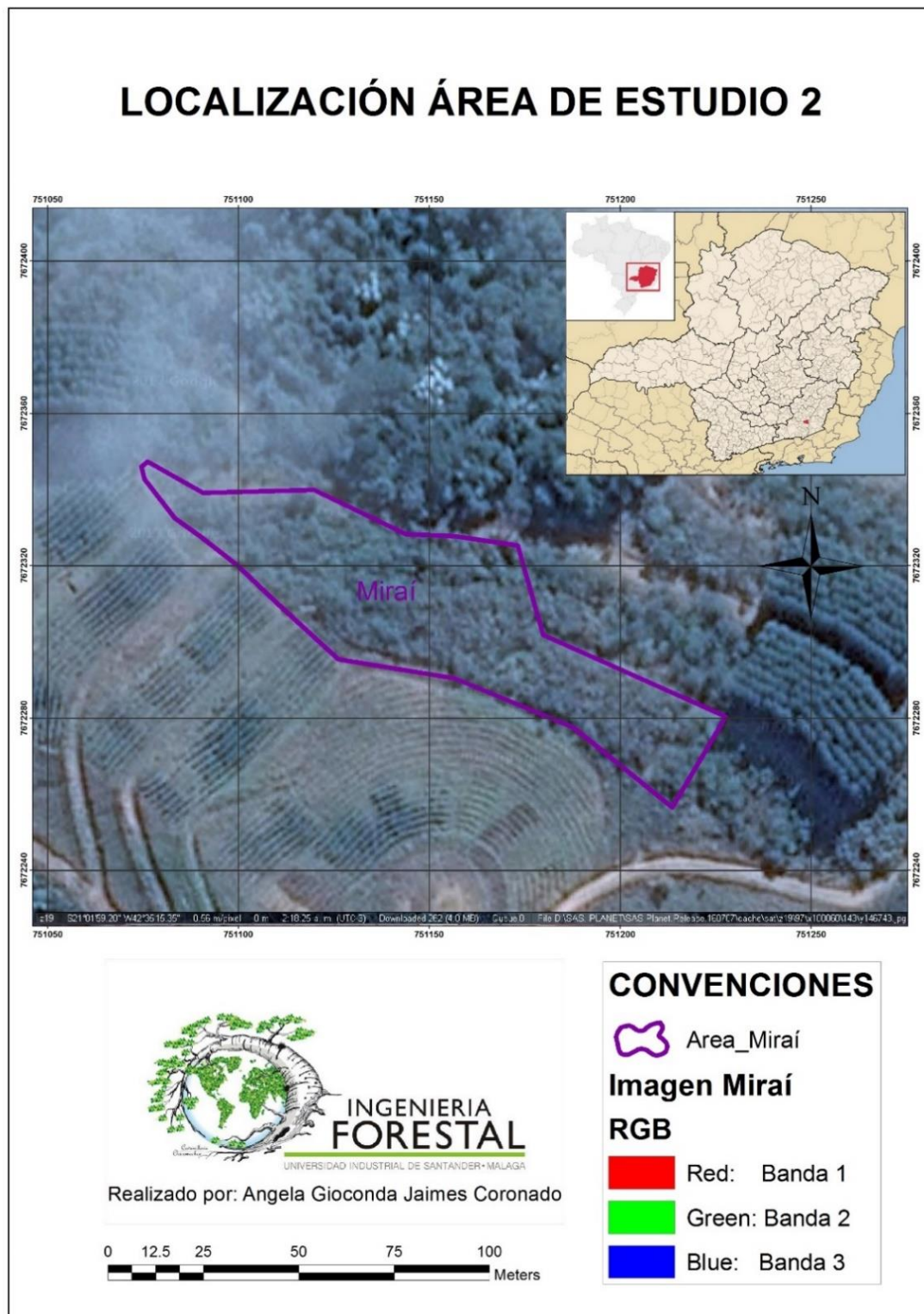


Figura 9. Localización Área 2. Municipio de Mirai-MG, Brasil.



4.1.1.2 Evaluación de la vegetación. La vegetación característica de la región es clasificada como Bosque Estacional Semidecidua Montana (área 1) y Bosque Estacional Semideciduo Submontano (área 2), estando ubicadas en el dominio de Manta Atlántica^{85, 86}.

Para la evaluación de la vegetación existente en las dos áreas se realizó el levantamiento florístico a través de la selección de todos los individuos con CAP (Circunferencia a la Altura del Pecho: 1,30m) \geq 15 cm (Figura 10). Las especies fueron clasificadas en familias, nombres científicos y nombre común de acuerdo al sistema de Grupo de Filogenia de Angiospermas y la ayuda del banco de datos de la lista de Especies de la Flora de Brasil⁸⁷.

Este levantamiento es realizado para detectar los patrones de desenvolvimiento sucesionales, a fin de realizar una comparación florística entre áreas de bosque nativo de la región y el área de estudio, evaluando la similitud de los procesos naturales con los procesos de restauración forestal.

Figura 10. Área experimental 1, levantamiento florístico.



⁸⁵ VELOSO, Henrique Pimenta; RANGEL FILHO, Antonio Lourenço Rosa; LIMA, Jorge Carlos Alves. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. p. 41. ISBN 85-240-0384-7

⁸⁶ OLIVEIRA-FILHO, Ary T., et al. *Análise florística do compartimento arbóreo de áreas de Floresta Atlântica sensu lato na região das Bacias do Leste (Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro)*. Rio de Janeiro: Rodriguésia, 2005. vol 56. no 87., p. 188.

⁸⁷ BREMER, Birgitta, et al. *Una actualización de la clasificación del Grupo de Filogenia de Angiospermas para las órdenes y familias de plantas con flores: APG III*. Londres: Revista Botánica de la Sociedad Linneana, 2009. vol. 161 no 2., p. 10.

4.1.1.3 Evaluación del banco de semillas del suelo. La evaluación del banco de semillas solo para el área 2; fue de la siguiente manera: la recolección aleatoria de 60 muestras de suelo, a manera de representar toda el área de estudio, siendo colectado el suelo superficial hasta una profundidad de 5 cm. Buscando coincidir con el periodo de mayor producción de semillas en las áreas y así favorecer la germinación del mayor número de especies. Posteriormente las muestras son transportadas al Vivero de la Universidad Federal de Viçosa y depositadas en cajas de 7,5 litros (43,5 X 29,6 X 7,5 cm) (Figura 11), donde se crea un ambiente similar al de las condiciones naturales que permita continuar con el proceso de germinación, al cabo de tres meses y un seguimiento continuo se realizara la primera evaluación de las especies germinadas.

Figura 11. Muestras de Suelo para la evaluación del banco de semillas.



4.1.1.4 Análisis químico del suelo. Este se realiza mediante la recolección de 15 muestras aleatorias de suelo en cada área, a fin de abarcar las áreas de estudio, con el uso de un trado de rosca (Figura 12) y con el fin de alcanzar una profundidad de 0 a 20 cm (Figura 13), estas muestras fueron enviadas al laboratorio del Departamento de Suelos de la Universidad Federal de Viçosa.

Figura 12. Trado de rosca.

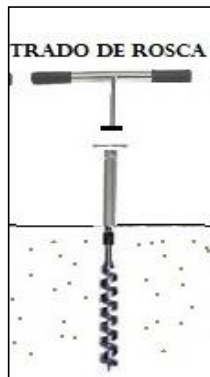


Figura 13. Toma de muestras aleatorias para el análisis.



4.1.1.5 Análisis de paisaje. El análisis del paisaje desarrollado por el LARF, inicia con la toma de fotografías hemisféricas (método indirecto) utilizada para estimar la estructura del dosel de copas y la transmisión de la radiación solar bajo el dosel.

En el área 1: Descuberto (Figura 14) para un total de 15 puntos de control, cada uno de ellos con 3 fotografías. Éstas se toman enfocando hacia el dosel con una cámara fotográfica, en la que se encuentra montada una lente ojo de pez y se registran en

una planilla de campo el número de la fotografía. Técnica aprobada para estimar la transmisión de la radiación solar bajo el dosel, se debe ser verificar que el ambiente se encuentre con buena sombra para no alterar la calidad de la imagen.

Figura 14. Toma de fotografías hemisféricas Descoberto-MG.



4.2 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 2

4.2.1 “Rescate de plántulas del banco de semillas del suelo para la producción de individuos”. Autor: Aurino Miranda Neto. Profesor supervisor: Sebastião Venâncio Martins.

4.2.1.1 Área de estudio. El área de estudio se encuentra localizada en el municipio de Viçosa, en la región de Zona de Mata de Minas Gerais Coordenadas System: WGS 1984 UTM Zona 23S, Proyección: Transverse Mecator. Se tuvieron en cuenta para el proyecto cuatro áreas de interés como lo son: Bosque secundario, Bosque primario, parcela de *Eucalyptus* sp y parcela de *Pinus* sp, situadas dentro de la Estación de Investigación en Entrenamiento y Educación (EPTEA siglas en

Portugués) Bosque del Paraíso (Figura15), perteneciente a la Universidad Federal de Viçosa, MG. El rescate de las plántulas y la producción de individuos son realizados en el vivero de investigación del Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad Federal de Viçosa, MG - Brasil.

4.2.1.2 Metodología. Este estudio evalúa la calidad general de las plantas obtenidas mediante el rescate de plántulas de banco de semillas del suelo recogido en cuatro diferentes ambientes del área Bosque del Paraíso (Bosque secundario, Bosque primario, parcela de *Eucalyptus sp.*, parcela de *Pinus sp.*, todas estas áreas ubicadas en el municipio de Viçosa, MG), estas son recolectadas en diferentes épocas del año, estación seca y estación lluviosa y se definen tres diferentes edades de rescate que va desde el primer mes hasta tercero de las plántulas después de la germinación. Las muestras del banco de semillas del suelo fueron colectadas en los cuatro ambientes diferentes, se realizó el proceso de la siguiente manera:

En la época de verano del mes de noviembre del 2016 fueron colectadas las primeras 80 muestras y llevadas al Vivero de investigaciones de la Universidad Federal de Viçosa MG, donde fueron alojadas en bandejas plásticas de (0,25 x 0,30 x 0,05 m), allí proporcionando condiciones ambientales similares a las naturales y despejadas de posibles contaminaciones de propágulos externos, se procedió entonces en el mes de febrero a la recolección del primer banco de individuos germinados (Figura 16). Para el trasplante de los individuos se realiza una mezcla de seis baldes de arena, 100 gr de superfosfato y abono orgánico, se procede a llenar las bolsas plásticas de dimensiones 14 x 20 cm, que continuaran con el crecimiento de las plántulas. Al realizar el corte de las raíces secundarias y de las hojas primarias se pretende reducir el estrés hídrico y permitir la observación de las nuevas hojas en una evaluación cualitativa (Figura 17). Después de 60 días, su trasplante en bolsa (Figura 18) tuvo irrigación por aspersión programada durante este tiempo.

Figura 15. Localización Bosque del Paraíso, Universidad Federal de Viçosa – MG, Brasil.

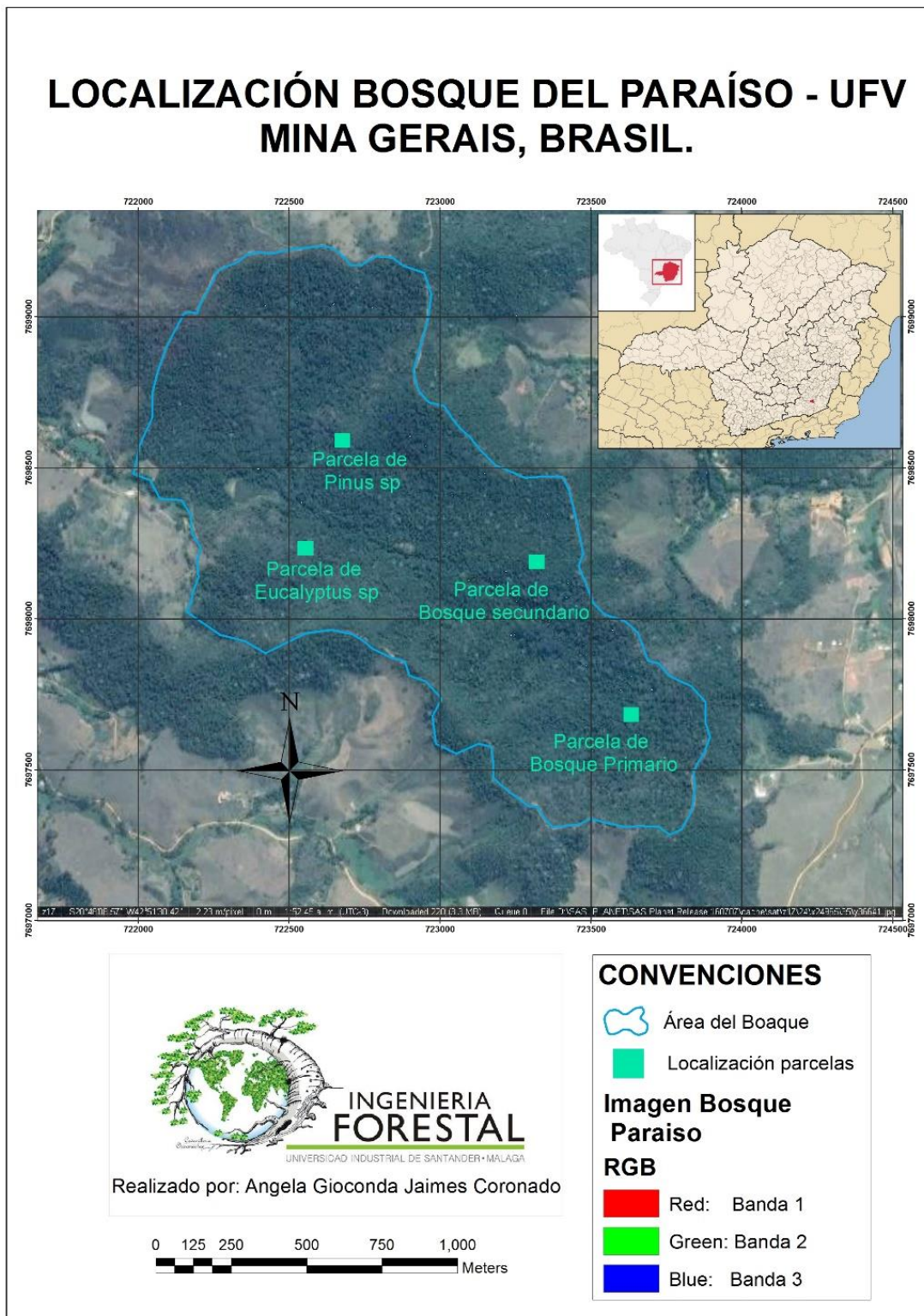


Figura 16. Banco de individuos germinados.



Figura 17. Corte de raíces secundarias y hojas primarias.



Figura 18. Disposición final de las plántulas en el Vivero.



La identificación taxonómica de los individuos, entre las más predominantes se encuentran de la familia Cecropia y Solanácea y se tomó la medida del diámetro y altura teniendo en cuenta el lugar de procedencia (Figura 19).

Figura 19. Toma de diámetro y altura de plántulas rescatadas.



Después de 60 días, estas plántulas provenientes del rescate del banco de semillas son analizadas para obtener parámetros tales como sobrevivencia, altura de la parte aérea, diámetro, peso de materia seca de la parte aérea, entre otros (Figura 20).

Figura 20. Plántulas rescatadas del banco de semillas inicial.



En la época de invierno del mes de junio en cuatro diferentes ambientes del área Bosque del Paraíso se realizó la segunda toma de muestras de suelo utilizando herramientas básicas para la recolección de suelo (Figura 21) así: la parcela de *Pinus sp.* (Figura 22), el Bosque secundario (Figura 23), el Bosque primario (Figura 24), y la parcela de *Eucalyptus sp.* (Figura 25), allí se procede a despejar el suelo de la hojarasca y a recolectar la muestra de suelo todas estas áreas ubicadas en el municipio de Viçosa, MG.

Figura 21. Herramientas utilizadas para la toma del muestreo.



Figura 22. Recolección de las muestras en la parcela de Pino SP.



Figura 23. Recolección de las muestras en el Bosque secundario.



Figura 24. Recolección de muestras Bosque Primario.



Figura 25. Recolección de muestras parcela de Eucalipto SP.



Luego de realizar la recolección todas las muestras son transportadas al vivero de Investigaciones de la Universidad Federal de Viçosa MG (Figura 26), donde fueron alojadas en bandejas plásticas de (0,25 x 0,30 x 0,05 m) (Figura 27), allí proporcionando condiciones ambientales similares a las naturales y despejadas de posibles contaminaciones de propágulos externos (Figura 28).

Figura 26. Transporte de muestras Vivero de investigaciones Universidad Federal de Viçosa MG.



Figura 27. Disposición de las muestras de suelo en contenedores.



Figura 28. Disposición final de las muestras de suelo.



Esta técnica rescate de plántulas del banco de semillas es el más utilizado en proyectos de restauración de ecosistemas degradados, pues da a conocer el mejor ambiente y época de colecta del banco de semillas del suelo y la mejor edad después de la germinación para la inspección de las plántulas forestales. De igual forma brinda informaciones ecológicas importantes sobre la selectividad de especies forestales y su interacción con la fauna.

4.3 PROYECTO MONOGRAFÍA

4.3.1 “Levantamiento fitosociológico de la regeneración natural de un talud Vial en Viçosa, Minas Gerais”. Autor: Luiz Henrique Elias Cosimo. Orientador: Sebastião Venâncio Martins.

Teniendo en cuenta la importancia de la estabilización de taludes, pues la contribución en cuanto a la reducción del escurrimiento superficial a través de la Revegetalización actúa como amortiguador y receptor de la lluvia., Fue realizado el reconocimiento del terreno donde se encuentra el talud el cual fue construido a mediados del 2015 para la creación de una vía pavimentada, el lugar cual presentaba vegetación nativa secundaria. El objetivo de este trabajo es el de realizar un levantamiento florístico e fitosociológico en un talud Vial en el municipio de Viçosa, MG, a fin de conocer cuáles son las especies que colonizan esta fracción de área degradada.

4.3.1.1 Área de estudio. El estudio es realizado en el campus da Universidad Federal de Viçosa 20°46'28,42" S e 42°51'19,30" W, aproximadamente 715 metros de altitud (Figura 29) Zona da Mata de Minas Gerais Coordenadas System: WGS 1984 UTM Zona 23S, Proyección: Transverse Mecator. Según la clasificación de Köppen, o clima de la región es Cwa, tropical caracterizado por veranos calientes e inviernos secos⁸⁸. El municipio de Viçosa está inmerso dentro del dominio del bioma Mata Atlántica y la vegetación predominante es Bosque Estacional Semidecdua⁸⁹.

El talud posee aproximadamente 375 metros de extensión (Figura 30), canaletas y escaleras hidráulicas que fueron construidas como medida de estabilización para conducir las aguas lluvias y evitar la erosión laminar de la superficie del talud.

⁸⁸ ALVARES, Clayton Alcarde, et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. Stuttgart : Gebrüder Borntraeger, 2013. vol. 22 no 6., p. 18.

⁸⁹ VELOSO, Henrique Pimenta; RANGEL FILHO, Antonio Lourenço Rosa; LIMA, Jorge Carlos Alves. *Classificação da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. p. 16. ISBN 85-240-0384-7

Figura 29. Localización Talud Vial Viçosa, MG.

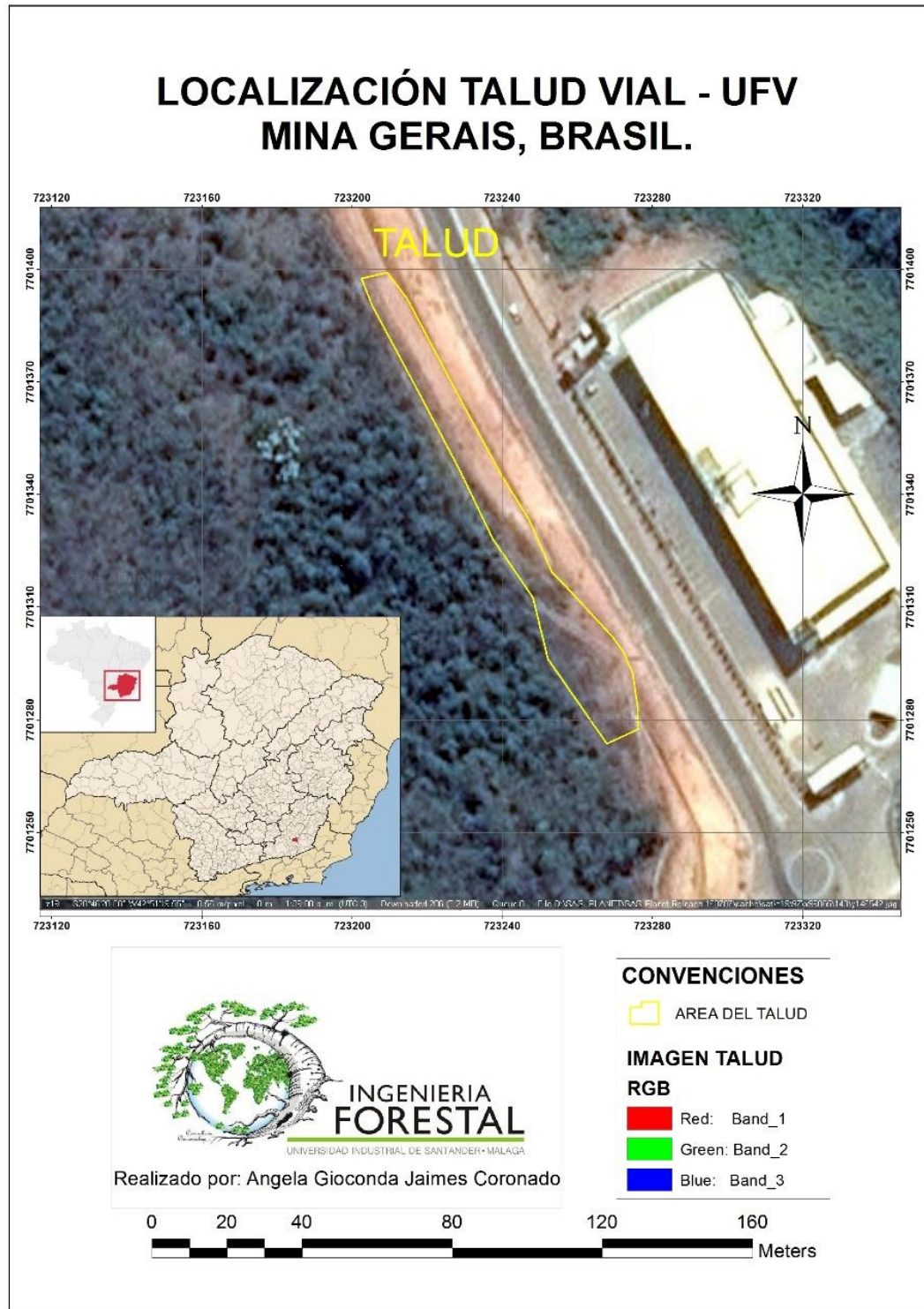


Figura 30. Talud Vial Viçosa, MG.



La mayor parte del talud se encuentra desprovisto de vegetación, aunque fue posible observar la regeneración de especies arbustivo – arbóreas a lo largo en una porción del mismo, en este lugar se realizó el levantamiento de los datos florísticos.

4.3.1.2 Metodología. El talud al mostrar una porción provista de vegetación proporciona las condiciones favorables para realizar el levantamiento florístico de las especies arbustivo – arbóreas, en este lugar se realiza la demarcación de 10 parcelas de 5 x10 m para el levantamiento fitosociológico (Figura 31), donde se realiza actualmente el muestreo de todos los individuos con altura igual o mayor a 50 cm, y se registran los siguientes datos:

- Identificación taxonómica (Nombre científico, familia o nombre común)
- Colecta de las especies no identificadas en campo para la posterior identificación.

- Diámetro a nivel del suelo
- Altura.

Figura 31. Instalación de parcelas Talud Viçosa, MG.



El levantamiento de las parcelas (Figura 32), permite identificar y clasificar de acuerdo al grupo ecológico y distribución, lo que conllevará al autor del proyecto Levantamiento fitosociológico de la regeneración natural de un talud Vial en Viçosa, Minas Gerais, a calcular los valores fitosociológicos clásicos descritos por (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974), tales como Densidad Relativa (DR), Frecuencia Relativa (FR), Dominancia Relativa (DomR) y Valor de Importancia (VI), de igual forma será calculado el índice de diversidad de Shannon (H') y la uniformidad de Pielou (J')⁹⁰.

⁹⁰ MAGURRAN, Anne E. Diversity in space (and time). Measuring biological diversity. Massachusetts: Blackwell Science, Malden USA, 2004. p.62.

agricultores y empresarios participantes y hace posible visibilizar las propuestas para su solución de problemas presentes y futuros⁹¹. En el Anexo 2 se encuentra el Certificado de participación.

Figura 33. IV Simposio Mineiro de Ciencia del Suelo.



A continuación, se mencionan algunas de las principales ponencias.

- Estado de arte de la pedología en Brasil, énfasis en el levantamiento de los suelos desarrollada por João Carlos Ker Profesor Titular del Departamento de Suelos – UFV.
- Programa nacional de suelos: Programa Nacional de Levantamiento e Interpretación de Suelos en Brasil, por Waldir de Carvalho Junior profesional Embrapa suelos.
- Los suelos en el estado de Mina Gerais: Suelos y Paisaje de Minas Gerais: escenarios y percepciones por Carlos Ernesto Schaefer Profesor Titular del Departamento de Suelos – UFV.

⁹¹ DEPARTAMENTO DO SOLOS. IV Simposio Mineiro de Ciencia de los Suelos. (Em linea) Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas (PPGSNP). Viçosa: Universidade Federal do Viçosa, Mina Gerais, Brasil. 2017. (Recuperado em Maio 2017). Disponible <http://www.smcs.ufv.br/>

- Comparación entre el Mapeamiento convencional y el Mapeamiento digital de suelos en asentamiento de la reforma agraria: Artículo publicado por Martin Meier Investigador Cooperativa de Agroecología – OCA. Viçosa Minas Gerais; Márcio R. Francelino Profesor – UFV; Elpídio I. Fernandes Filho Profesor – UFV; Irene M. Cardoso Profesor – UFV; Eliana de Souza, Pos-Doctorado Departamento de Solos – UFV.
- Calidad del agua y cuantificación de elementos trazos en sedimentos de los ríos de Carmo, Piranga y Doce después del rompimiento de la Barrera de Fundación en Mariana, MG Fábio Fernandes Maia Doctorando en Suelos y Nutrición de Plantas (UFV).
- Películas de híbridos orgánicos-inorgánicos de acetato de celulosa e hidróxidos duplos lamelares como adsorbentes de fosfato. Autores: Gustavo F. Castro, Denise Eulálio, Allan R. F. Moraes, Jairo Tronto, Roberto F. Novais, Viçosa – MG.
- Formación de Pedólogos para el siglo XXI. Prof. Lúcia Anjos – UFRRJ – Depto Solos.
- Efecto de la aplicación de suero de leche sobre la conductividad hidráulica del suelo no saturado. Autores: Karin da Costa Ribeiro, Raphael B. A. Fernandes, Igor Rodrigues de Assis, Augusto C. Marques de Almeida. Departamento de Solos – UFV.
- Levantamiento florístico y dinámica térmico-hídrica de dos comunidades vegetales da Antártica Marítima. Autores: Flávia Ramos Ferrari (Universidad Federal de Viçosa); André Thomazini (UFV); Nathália V. H. Safar (UFV); Carlos Ernesto G. R. Schaefer; Antonio Batista Pereira (Universidad Federal de Pampa – Campus São Gabriel).
- Mapeamiento de suelos, Autor: Virlei Álvaro de Oliveira - Fundación IBGE.
- Mapeamiento digital de suelos: tendencias y aplicaciones. Autora: Michele Duarte de Menezes. Profesora del departamento de ciencia de los suelos (UFLA) levantamiento, clasificación y Mapeamiento digital de suelos.

- Relación del Suelo-Geomorfología y su Importancia en Levantamientos Tradicionales y Digitales de los Suelos; Autor Igo Fernando Lepsch, (USP/ESALQ).

4.5IV Fórum Brasileiro de áreas degradadas

El IV Foro Brasileiro de áreas degradadas, desarrollado del 10 y 11, 09 mayo 2017, en el Universidad Federal de Viçosa - Minas Gerais (Figura 34). Tuvo la finalidad de promover el conocimiento y la experiencia desarrollada en la recuperación y degradación ambiental en los diferentes Biomas brasileños, el objetivo principal del evento fue contribuir con la difícil tarea de restaurar estos biomas y de esta manera obtener soluciones prácticas y casos de éxito en la restauración de áreas degradadas, así como promover debates que permiten avanzar en el desarrollo de modelos útiles para actividades impactantes como: la minería, la urbanización, la construcción de carreteras, presas y agrícola, forestal y las actividades industriales. La discusión de acciones que podrán mejorar la calidad ambiental y por lo tanto la calidad de vida de los ciudadanos, además de producir informaciones científicas que le contribuyan a los sectores forestales relacionados a la restauración ecológica, la conservación de la biodiversidad y el uso racional de los recursos hídricos⁹². En el Anexo 3 se encuentra el Certificado de participación. Algunas de las principales temáticas desarrolladas en el Fórum se mencionan a continuación.

- Restauración del Rio dulce – Roberto Waack, Director presidente – Fundación Renova.
- El escenario de la recuperación de áreas Degradadas en Brasil – Igor Rodrigues de Assis – Profesor del Departamento de Suelos – UFV.

⁹² CBCN. IV Fórum Brasileiro de Áreas Degradada. [Em línea] Biblioteca central UFV. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017. (Recuperado em Maio de 2017) Disponible em <http://www.cbcn.org.br/forum/2017/o-evento.php>

- Recuperación ambiental de las áreas degradadas antiguas por el rompimiento de la Presa de Fundación, en Mariana /MG – Gustavo Bediaga de Oliveira – Coordinador del núcleo de apoyo permanente del Rio Dulce – IBAMA.
- Uso de la vegetación en la estabilización de taludes y laderas – Aloisio Rodrigues Pereira – Deflor Bioingeniería.
- Conservación de los suelos y del agua y medidas de control en los procesos erosivos – Fernando Falco Prusk – Profesor del departamento de Ingeniería Agrícola y Ambiental – UFV.
- Control de plagas en proyectos de Recuperación de Áreas Degradadas – Moises Pedreira de Souza – Ingeniero Forestal Fyusis Forestal.
- Importancia de la Geomorfología en la recuperación de Áreas Degradadas – Carlos Ernesto G. Reynnaud Schaefer – Profesor del Departamento de Suelos – UFV.
- Silvicultura y Restauración de Mata Atlántica – Jacinto Moneira de Lana – Coordinador de Medio Ambiente – CENIBRA.
- La recuperación de áreas degradadas en el ámbito del cierre mienro en Mina Gerais – Roberto Junio Gomes – Analista Ambiental – FEAM.

. **Figura 34. IV Fórum Brasileiro de Áreas Degradadas.**



5. DISCUSION

El proyecto pretende resaltar la importancia del conocimiento en el tema Restauración de ecosistemas, pues es desde la investigación que se contribuye positivamente a plantear soluciones sostenibles., Al aportar tres de las metodologías utilizadas en proyectos de Restauración Forestal y Ecológica, por uno de los laboratorios con mayor incidencia en el campo científico de Brasil, en la búsqueda de ser desarrollados en Colombia, siempre y cuando el compromiso de la comunidad y el país sea el de proteger, cuidar y velar por la seguridad ecológica. A partir del análisis de las metodologías descritas y utilizadas en la restauración de ecosistemas de diferentes ambientes, permitió dimensionar el fortalecimiento de los esfuerzos en Restauración Forestal y Ecológica ante algunos ecosistemas degradados en Brasil., Es por esto que, se puede pensar en promover la participación y divulgación de estas metodologías eficaces, eficientes y sostenibles en diferentes escenarios por el que atraviesa Colombia. Uno de ellos, es la más reciente etapa de postconflicto, pues trae consigo la problemática ambiental de aquellas tierras que sufrieron algún tipo de degradación y ahora se encuentran en peligro y sin algún tipo de protección, posibilitando el deterioro si el gobierno y la ciudadanía se escudan en el argumento del desarrollo o de combatir la pobreza, sin tener en cuenta consideraciones ambientales ante la ausencia de verdaderas estrategias de conservación de estos lugares. Por lo anterior la aplicabilidad de las metodologías de este proyecto y muchas otras, podrían ser desarrolladas inmersas en las oportunidades presentes y futuras para el cuidado, preservación y expansión en los ecosistemas Colombianos.

Destacar la importancia de este tipo de proyectos realizados bajo un convenio interinstitucional busca asegurar que los procesos académicos – científicos, tengan continuidad y trasciendan más allá de lo intelectual. Ya que amplia no solo el

conocimiento intelectual del estudiante, si por el contrario contribuyan positivamente a la sociedad.

Para que esto suceda no hay que ir muy lejos, basta con observar que las metodologías aquí tratadas, las cuales pueden llegar a ser aplicadas en la región y así aportar desde la academia herramientas que contribuyan a la formulación y desarrollo de estudios y/o proyectos sobre restauración ecológica, lo que ampliaría el conocimiento en torno a las oportunidades que se puedan presentar para su expansión.

6. CONCLUSIONES

El monitoreo y la evaluación de áreas en proceso de restauración debe entenderse como las etapas más fundamentales y decisivas de los proyectos de restauración. Sin esto, procesos como la recolección y procesamiento en la identificación taxonómica de plantas forestales en restauración sería una pérdida de tiempo. De igual forma el acompañamiento y verificación de la información adquirida en este tipo de proyectos de restauración ecológica en áreas degradadas es fundamental para la reestructuración de los métodos actualmente utilizados, en miras de aumentar el establecimiento de bosques restaurados de manera sustentable.

La participación en los proyectos y actividades desarrollados el grupo de Investigación Ecología, Restauración de Ecosistemas Forestales y Recuperación de Áreas Degradadas, en el Laboratorio de Restauración Forestal de la Universidad Federal de Viçosa (LARF-UFV), Brasil. Permitió conocer de primera mano tres de las metodologías más utilizadas por los principales investigadores del ámbito forestal. Una de las ventajas de trabajar directamente en campo en la recolección de datos ecológicos en áreas degradadas, ya que dichas actividades fueron desarrolladas dentro de los requerimientos de las empresas mineras que hacen presencia en la región y son fuente importante para el desenvolvimiento de los procesos económicos e investigativos.

Los procesos tales como la publicación y presentación de resultados de proyectos desarrollados en el laboratorio durante el periodo de la pasantía en investigación, es de especial cuidado pues la mayoría de los proyectos se encuentran en la etapa de desarrollo y hacen parte del material confidencial hasta su publicación oficial por parte del autor, es por esta razón que la divulgación de datos específicos tales como: especies, cantidad de individuos identificados, resultados de laboratorio no se encuentran expuestos en el presente trabajo.

Es de resaltar que el dar continuidad a este tipo de proyectos permite sentar un precedente de la importancia para con la investigación en nuestra región, como actor fundamental en el desarrollo académico, científico y social, lo cual posibilita tener un mayor acercamiento con los ecosistemas y las comunidades a corto, mediano y largo plazo de manera eficiente y sostenible. Así como también amplia el enriquecimiento personal, intelectual y profesional, de la persona de que hace parte de este tipo de experiencias.

BIBLIOGRAFIA

ABER, John D; WILLIAM R. Jordan. Restoration ecology: an environmental middle ground. Washington: BioScience, 1985. vol. 35 no 7., p. 399.

AGUILAR-GARAVITO, Mauricio; RAMÍREZ HERNÁNDEZ, Wilson. Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia. Bogotá: Ed. humboldt.org.co, 2016. vol. 1 no 1., p. 147-176.

AGUILAR, Mauricio, et al. Toward a post-conflict Colombia: restoring to the future. India: Restoration Ecology, 2015. vol. 23 no 1., p. 4-6.

ALEXANDER, Sasha, et al. Opportunities and challenges for ecological restoration within REDD+. India: Restoration Ecology, 2011. vol. 19 no 6., p. 683-689.

ALVARES, Clayton Alcarde, et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift. Stuttgart : Gebrüder Borntraeger, 2013. vol. 22 no 6., p. 711-728.

ARONSON, James; ALEXANDER, Sasha. Ecosystem restoration is now a global priority: time to roll up our sleeves. India: Restoration Ecology, 2013. vol. 21 no 10., p. 293-296.

BENAVENTE, Francisco Aguilera. Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. España: Anales de Geografía, 2010. vol. 30, no. 2., p. 29.

BREMER, Birgitta, et al. Una actualización de la clasificación del Grupo de Filogenia de Angiospermas para las órdenes y familias de plantas con flores: APG III. Londres: Revista Botánica de la Sociedad Linneana, 2009. vol. 161 no 2., p. 105-121.

CBCN. IV Fórum Brasileiro de Áreas Degradada. [Em línea] Biblioteca central UFV. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017. (Recuperado em Maio de 2017) Disponible em <http://www.cbcn.org.br/forum/2017/o-evento.php>

COMEAU, Phil, et al. Measuring light in the forest. Victoria: Extension Note 42, 2000. vol. 9 no 1., p.1-7.

CUSATIS, Andrea Chizzotti. Diagnósticos de taludes rodoviários revegetados naturalmente na região de Viçosa. Viçosa: Tesis Doctoral Ciencia Forestal, Brasil Universidade Federal de Viçosa. Facultad de Ingeniería Forestal, 2001. p 83.

CHAMBERS, Jeanne C .; MACMAHON, James A. Un día en la vida de una semilla: movimientos y destinos de semillas y sus implicaciones para sistemas naturales y manejados. Bogotá: Ed. humboldt.org.co, 1994. vol. 25, no 1., p. 263-292.

DEF. Estação de Pesquisas, Treinamento e Educação Ambiental (EPTEA) Mata do Paraíso. (Em línea) Departamento de Engenharia Florestal. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa 2013. (Recuperado en 15 abril 2017) Disponible em http://www.def.ufv.br/?page_id=589

DEPARTAMENTO DO SOLOS. IV Simposio Minero de Ciencia de los Suelos. (Em línea) Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas (PPGSNP). Viçosa: Universidade Federal do Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 2017. (Recuperado em Maio 2017). Disponible <http://www.smcs.ufv.br/>

ETTER, Andres, et al. Modelling the conversion of Colombian lowland ecosystems since 1940: Drivers, patterns and rates. *Journal of environmental management*. Australia: Elsevier. 2006, vol.79 no 1., p.74-87.

ETTER, Andrés, et al. *Agriculture, ecosystems & environment*. Australia: Elsevier. 2006, vol.114 no 2., p.369-386.

FRANCO, Avílio Antonio, et al. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: um modelo tecnológico. Rio de Janeiro: *Oecologia Australis*, 1995, vol.1 no 1., p. 459-467.

GRANT, Richard H. Partitioning of biologically active radiation in plant canopies. West Lafayette: *International Journal of Biometeorology*, 1997, vol. 40 no. 1., p. 26-40.

HARRIS, James A., et al. *Ecological restoration and global climate change*. India: *Restoration Ecology*, 2015, vol. 23 no 1., p. 4 -6.

INSTITUTO INTERNACIONAL PARA LA SUSTENTABILIDAD. Contribuições para o desenvolvimento da pecuária sustentável em larga escala na microrregião de Alta Floresta, MT. Rio de Janeiro: IIS, 2015. p.64.

JOÃO C, K. Considerações sobre a pedologia no Brasil (Ênfase ao levantamento de solos). Paper presented at the IV SIMPÓSIO MINEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO “SOLOS NO ESPAÇO E TEMPO: trajetórias e tendências”. Viçosa: DPS, 2017, p. 40.

KEENELYSIDE, Karen, et al. Ecological restoration for protected areas: principles, guidelines and best practices. Switzerland: UICN, 2012, p. 120. ISBN: 978-2-8317-1533-9

KIMMINS, JP. Forest Ecology: a foundation for sustainable management. New Jersey: Prentice Hall, 1987. ed.2. p.596. ISBN-13: 978-0023640711

KOEPPEN, Wilhelm. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. p. 479.

LABORATORIO DE RESTAURACIÓN FORESTAL. [Em línea] Departamento de Ciencias Forestales. Viçosa: Universidad Federal de Viçosa MG - Brasil. 2013. (Recuperado em 14 abril 2017) Disponible em <http://www.larf.ufv.br/>

LOPES, R. F.; BRANQUINHO, J. A. Jazidas de bauxita da Zona da Mata de Minas Gerais. Schobbenhaus C, Coelho CES, coordenadores. Principais depósitos minerais do Brasil. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1988. vol. 3. no 1., p.65-66.

MADS. Plan Nacional de Restauración. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Bogotá, D.C: MADS, 2015. Anexo 1

MAGURRAN, Anne E. Diversity in space (and time). Measuring biological diversity. Massachusetts: Blackwell Science, Malden USA, 2004. 162-184p.

MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. A contribuição da ecologia florestal no desenvolvimento de modelos e técnicas de restauração florestal de áreas degradadas. Viçosa: Revista Ação Ambiental, 2007. vol.10 no.36., p.10-13.

MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. Sucessão ecológica: fundamentos e aplicações na restauração de ecossistemas florestais. Viçosa: Ecologia de florestas tropicais do Brasil, 2009. vol. 2 no 1., p. 21-52.

MARTINS, Sebastião Venâncio, et al. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. V.1. Viçosa: UFV, 2012, p. 293. ISBN 978-85-7269-421-6

MCDONALD, T., et al. International standards for the practice of ecological restoration—including principles and key concepts. Washington: Society for Ecological Restoration, 2016. no.1., p. 48.

MORAES, M. A. (Org.). Restauração de florestas e paisagens no Brasil.V.25 Brasília: UICN, 2016, p.266. ISBN 978-85-88742-79-6

ELLENBERG, Dieter; MUELLER, Dombois, Dieter. Aims and methods of vegetation ecology.V.1. New York, NY: Wiley, 1974, p 46 - 66. ISBN 0-471-62290-7

MURCIA, Carolina; GUARIGUATA, Manuel R. La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades. Documentos Ocasionales. vol.107. Bogotá: CIF, 2014. p. 88. ISBN 978-602-1504-35-2

MURCIA, Carolina; KATTAN, Gustavo H.; ANDRADE-PÉREZ, Germán Ignacio. Conserving biodiversity in a complex biological and social setting: The case of

Colombia. Conservation biology: voices from the tropics. New Jersey: John Wiley , 2013. p.86-96. ISBN: 9781118679838

NBL. Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará. Belém: The Nature Conservancy, 2013. no 1., p.128.

NEWTON, Adrian. Forest ecology and conservation: a handbook of techniques. V.1 Oxford: University Press, 2007. p. 480 . ISBN-13: 9780198567448

OLIVEIRA-FILHO, Ary T., et al. Análise florística do compartimento arbóreo de áreas de Floresta Atlântica sensu lato na região das Bacias do Leste (Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro). Rio de Janeiro: Rodriguésia, 2005. vol 56. no 87., p. 185-235.

PEÑA GONZÁLEZ, Natalia. Tercer Congreso de Restauración Ecológica-Libro de resúmenes. Oriente de Antioquia: [En línea]. Colecciones. Instituto Alexander von Humboldt. 2016. (Recuperado en 12 junio 2017) Disponible en <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/20.500.11761/9656/1/16-088PS-Libro-resumenes-III%20Congreso-REDCRE.pdf>

POSSINGHAM, Hugh P.; BODE, Michael; KLEIN, Carissa J. Optimal Conservation Outcomes Require Both Restoration and Protection. Londres: PLOS Biology, 2015. vol. 13 no. 1., p.15.

PROMIS, Alvaro; CRUZ, Gustavo. Fotografías Hemisféricas: un método para estimar estructuras del dosel arbóreo e iluminación en el interior del bosque. Bosque Nativo. [En línea] Universidad de Chile. Chile: Waldbau Institut, Universität, 2009.

no 44, p. 12-15 (Recuperado en 3 junio 2017). Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Alvaro_Promis/publication/236798313_Fotografias_Hemisfericas_un_metodo_para_estimar_estructuras_del_dosel_arboreo_e_iluminacion_en_el_interior_del_bosque.

PROMIS, Alvaro, et al. Comparison of four different programs for the analysis of hemispherical photographs using parameters of canopy structure and solar radiation transmittance. [En línea] researchgate. *Waldökologie: Landschaftsforschung und Naturschutz*, 2011. no 11. p.33. (Recuperado en 3 junio 2017). Disponible en https://www.researchgate.net/publication/234025113_Comparison_of_four_different_programs_for_the_analysis_of_hemispherical_photographs_using_parameters_of_canopy_structure_and_solar_radiation_transmittance.

RODRIGUES, Ricardo R; GANDOLFI, Stefano. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Pablo: Ierf ESALQ/USP, 2000. no. 3., p. 235-248.

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro, et al. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. São Pablo: Ierf ESALQ/USP, 2010. no. 55., p.7.

SÁNCHEZ-CUERVO, Ana María, et al. Land cover change in Colombia: surprising forest recovery trends between 2001 and 2010. Bogotá: PLoS One, 2012, vol. 7 no.8., p.156.

SANDERSON, Eric W., et al. The human footprint and the last of the wild: the human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that

human beings are stewards of nature, whether we like it or not. Oxford: BioScience, 2002, vol. 52 no. 10., p.891-904.

SARMIENTO, Mariana. Hacia un sistema de bancos de hábitat como herramienta de compensación ambiental en Colombia. Bogotá: Revista Fundepúblico (documento de discusión), 2014. no. 1., p. 1-17.

SER. The SER International Primer on Ecological Restoration. [En línea] SER.org. Canadá: SER y Tucson, 2004. p. 9. (Recuperado Febrero 22 de 2017). Disponible en https://www.ctahr.hawaii.edu/littonc/PDFs/682_SERPrimer.pdf

SER. Restoration project showcase. (En línea) SER.org. Canadá: Revista SER, 2013. (Recuperado Febrero 22 2017). Disponible en <http://ser.org/restorations/restorations-list-view>.

SHEIL, Douglas., et al. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. Oxford: Instituto Forestal A1, 1999. vol. 72 no 1., p. 59-74.

THOMPSON, K.; GRIME, J. Pi. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. Sheffield: British Ecological Society, 1979. vol. 67, no 3., p. 893-921.

USGS. U.S. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). [En línea] Agencia Nacional de Inteligencia-Geoespacial. EEUU: Geological Survey. 2000. (Rescatado 12 mayo 2017). Disponible en <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM>

VARGAS, Jesús Orlando. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación: Acta biológica colombiana. Bogotá: UNAL, 2011. vol.16 no.2., p.221-246.

VENÂNCIO MARTINS, Sebastião. Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa: Aprenda fácil, 2014. vol.3 no. 1., p. 264.

VELOSO, Henrique Pimenta; RANGEL FILHO, Antonio Lourenço Rosa; LIMA, Jorge Carlos Alves. Classificação da Vegetação Brasileira adaptada a um Sistema Universal. IBGE/CDDI. Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. p. 124. ISBN 85-240-0384-7

WILSON, Edward O. The encyclopedia of life. Trends in Ecology & Evolution. Cambridge: EISilver, 2003. vol. 18 no. 2., p. 77-80.

YOUNG, Truman P. Restoration ecology and conservation biology. California: EISilver. 2000, vol. 92. no.1., p. 73-83.

ANEXOS

ANEXO A Certificado de Notas

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA PRÓ-REITORIA DE ENSINO DIRETORIA DE REGISTRO ESCOLAR - CAMPUS VIÇOSA			
<i>Campus Universitário - Viçosa, MG - 36370-900 - Telefone: (31) 3699-2600 - Fax: (31) 3699-1241 - E-mail: dre@ufv.br</i>				
CERTIDÃO				
Certificamos, para os devidos fins, que Ângela Gioconda Jaimes Coronado - matrícula 87080, cursou, quando estudante do Programa Mobilidade Acadêmica - Graduação desta universidade, as seguintes disciplinas:				
Ano/ Sem.	Disciplina	Nota/ Conc.	Créd.	C.H.
2017/I	ESM 490 - LABORATÓRIO DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL	98	20	300
2017/I	LET 204 - PORTUGUÊS PARA ESTRANGEIROS	88	4	60
OBSERVAÇÕES: * A nota mínima para aprovação é 60				
Viçosa, 18 de julho de 2017.				
 Rafael Miranda Damasceno Chefe do Serviço de Graduação				

ANEXO B Certificado IV Simposio Mineiro de Ciencia de los Suelos



ANEXO C Certificado IV Foro Brasileiro de Áreas Degradadas

