

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE SUELO DEGRADADO
POR MINERÍA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIOMANTOS EN EL
PARQUE ECOLÓGICO DISTRITAL DE MONTAÑA ENTRENUBES**

SANDRA VIVIANA RAMÍREZ MORALES Biól.

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
MAESTRIA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE
MANIZALES
2018**

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE SUELO DEGRADADO
POR MINERÍA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIOMANTOS EN EL
PARQUE ECOLÓGICO DISTRITAL DE MONTAÑA ENTRENUBES.**

SANDRA VIVIANA RAMÍREZ MORALES Biól.

**Trabajo de tesis para optar al título de Magíster Scientiae en Desarrollo
Sostenible y Medio Ambiente**

Director

JUAN CARLOS GRANOBLES TORRES,

I.A. Esp. MSc.

UNIVERSIDAD DE MANIZALES

MAESTRIA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE

MANIZALES

2018

Nota de aceptación

Director de Tesis

Jurado

Bogotá, Febrero del 2018

DEDICATORIA

*“A Dios por darme la sabiduría e iluminar mi entendimiento,
A mi hijito Felipe por ser mi inspiración y motivación para sacar mi postgrado adelante
A mi esposo David por su apoyo incondicional para la realización de esta investigación
A mis padres Lucelly y Oscar por estar siempre animándome a formarme a nivel
profesional”.*

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa su agradecimiento a:

Juan Carlos Granobles Torres I.A. MSc. Director del trabajo de Tesis por todos sus consejos y orientaciones para el desarrollo de ésta investigación.

La Ingeniera Clara María Triana Alfaro, administradora del Parque Ecológico Distrital del Montaña Entrenubes, por su apoyo con la autorización para realizar el muestreo en el Parque, acompañamiento del personal de seguridad del lugar y entrega de información, sin los cuales hubiera sido imposible realizar la tesis de Maestría.

El equipo de Vigilancia del Parque Entrenubes por su apoyo logístico y seguridad brindada para la realización de esta investigación.

Los profesionales de la subdirección de Silvicultura, Ecosistemas y Ruralidad de la Secretaría Distrital de Ambiente por su asesoría para la realización de este trabajo.

El jurado evaluador por aportarme con su conocimiento para mejorar la forma de presentar los hallazgos de este trabajo.

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN

1. INTRODUCCION	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	3
2.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	4
3. OBJETIVOS	5
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
4. MARCO TEÓRICO.....	6
4.1 REVEGETALIZACIÓN DE TALUDES	6
4.2. MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN.....	7
4.3 BIOMANTOS	8
4.3.1 Biomantos artesanales.....	9
4.3.2 Agrotexiles o geomallas	9
4.4 ANTECEDENTES	10
5. METODOLOGÍA.....	12
5.1. ASPECTOS GENERALES	12
5.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	14
5.3. PROCEDIMIENTO.....	14
5.4. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	17
5.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	17
5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	18
6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19

6.1 ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN.....	19
6.2 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	20
6.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	33
6.3.1 Cobertura.....	33
6.3.2. Índices de Diversidad.....	37
6.3.3. Índice de Valor de Importancia.....	40
7 CONCLUSIONES	43
8. RECOMENDACIONES	45
9. BIBLIOGRAFIA	46
ANEXOS	

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Tabla 1. Distribución de los tratamientos muestreados.....	15
Tabla 2. Clasificación de las Especies Herbáceas encontradas en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	21
Tabla 3. Clasificación de las Especies Arbustivas encontradas en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	22
Tabla 4. Clasificación de las Especies Subarboreas encontradas en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	24
Tabla 5. Clasificación de las Especies del estrato arbóreo inferior encontradas en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	26
Tabla 6. Clasificación de las Especies Arbóreas encontradas en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	26
Tabla 7. Distribución porcentual de familias botánicas en especies Herbáceas, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	33
Tabla 8. Distribución porcentual de familias botánicas en especies Arbustivas, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM Entrenubes, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	35
Tabla 9. Distribución porcentual de familias botánicas en especies Subarboreas, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM Entrenubes, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	36
Tabla 10. Distribución porcentual de familias botánicas en especies Arbóreas inferiores, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM Entrenubes, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	36
Tabla 11. Índices de Diversidad de especies Arbustivas y arbóreas, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM Entrenubes, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	38

Tabla 12. Índices de Valor de Importancia de especies Arbustivas y arbóreas, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM Entrenubes, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	40
.	
Tabla 13. Índices de Valor de Importancia de especies herbáceas, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM Entrenubes, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	41

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del Parque Distrital de Montaña Entrenubes. Bogotá. D.C.....	13
Figura 2. Cerro Juan Rey. Bogotá. D.C.....	13
Figura 3. Vista aérea de la ubicación de los tratamientos en el parque entrenubes. De Derecha a Izquierda: Predio Juan Rey. Biomanto natural (Delimitada con naranja en la vista general), Biomanto artificial vista ampliada en las dos fotos de derecha a izquierda.....	15
Figura 4. Estratificación de la vegetación presente en en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	19
Figura 5. Perfil de vegetación Biomanto natural en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	27
Figura 6. Perfil de vegetación Biomanto artificial en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	28
Figura 7. Perfil de vegetación Zona Erosionada en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	29
Figura 8. Perfil de vegetación Zona de Vegetación Natural no intervenida en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.....	30

ANEXOS

	Pág.
Anexo I. Tabla Pendientes para los tratamientos con dos tipos de biomanto y dos grados de inclinación con sus controles en el Cerro Juan Rey.....	51
Anexo II. Composición Florística de Especies Herbáceas para los tratamientos con dos tipos de biomanto y dos grados de inclinación con sus controles en el Cerro Juan Rey.....	52
Anexo III. Composición Florística de especies Arbustivas para los tratamientos con dos tipos de biomanto y dos grados de inclinación con sus controles en el Cerro Juan Rey	55
Anexo IV. Composición Florística de Especies subarbóreas para los tratamientos con dos tipos de biomanto y dos grados de inclinación con sus controles en el Cerro Juan Rey	58
Anexo V. Composición Florística de especies Arbóreo Inferior para los tratamientos con dos tipos de biomanto y dos grados de inclinación con sus controles en el Cerro Juan Rey.....	59
Anexo VI. Composición Florística de especies Arbóreas para los tratamientos con dos tipos de biomanto y dos grados de inclinación con sus controles en el Cerro Juan Rey 2017.....	59
Anexo VII. Tabla Profundidad a la que se empieza a formar el suelo en los tratamientos de Biomantos y Medida de la profundidad a la que se forma el suelo.....	60

RESUMEN

Ramírez Morales, S.V. Evaluación de la rehabilitación de suelo degradado por minería a través de biomantos. Trabajo de grado. Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Manizales, Caldas, Colombia: Universidad de Manizales. 2018.

Se evaluó el estado del suelo en la antigua arenera Juan Rey ubicada en el Parque Entrenubes de Bogotá D.C., usando como indicador la vegetación establecida once años después de estabilizar los taludes con biomanto de fibra natural y sintética. Se establecieron parcelas de 2m x 2m en los tratamientos que correspondieron a biomanto natural zona plana e inclinada, biomanto artificial zona plana e inclinada, zona erosionada sin tratar plana e inclinada y zona de vegetación natural no intervenida inclinada y se usaron cuadrículas de 1mx1m para herbáceas. Se definió la estructura de la vegetación y composición de las especies en todos los tratamientos. La estratificación de la vegetación fue principalmente herbácea y arbustiva. Se encontraron en total 28 especies, 27 géneros y 18 familias. Las familias representativas en cuanto a distribución porcentual de las herbáceas fueron Poaceae y Asteraceae y de las arbustivas Melastomataceae y Ericaceae. Las especies más abundantes de las herbáceas fueron *Anthoxanthum odoratum*, *Calamagrostis effusa*, *Hypochaeris radicata* y *Trifolium pratense* para los dos tipos de biomantos y pendientes. *Achyrocline satureioides*, *Monochaetum myrtoideum* y *Gaultheria erecta* fueron las especies arbustivas más representativas. Las especies encontradas en ésta investigación presentaron índices de diversidad de Shanon, Margalef y Pielou bajos y una alta dominancia de Simpsons. El mayor IVI de arbustivas lo presentaron las especies *Gaultheria erecta*, *Monochaetum myrtoideum*, *Durantha mutisii*, *Morella pubescens*, *Xylosma spiculifera* que sumaron el 76% del total. Se concluye que el biomanto más adecuado para el establecimiento de la vegetación en canteras es el biomanto de fibra natural, pero en taludes con pendiente elevada las medidas de contención deben realizarse con biomanto de fibra artificial.

Palabras claves: Biomantos, Composición florística, estratificación, rehabilitación de suelos, diversidad.

ABSTRACS

Ramírez Morales, S.V. Evaluation of the rehabilitation of soil degraded by mining through biomats.. Thesis. Master in sustainable development and environment. Manizales, Caldas, Colombia.: University of Manizales, 2018. p.

We evaluated soil status in the old sandpit Juan Rey located in the Entrenubes Park of Bogotá capital district; using as an indicator of the vegetation established eleven years after stabilizing the slopes with biomantle of natural and synthetic fiber. Plots of 2X2m were established in the in the treatments that corresponded to natural biomantle flat and inclined zone, artificial biomantle flat and inclined zone, eroded untreated flat and inclined zone and zone of natural vegetation not intervened inclined and 1x1 m grids for herbaceous plants were used. The stratification of the vegetation was mainly herbaceous and shrub. A total of 28 species, 27 genera and 18 families were found. The representative families in terms of percentage distribution of the herbaceas were Poaceae and Asteraceae and the shrubs Melastomataceae and Ericaceae. The most abundant herbaceous species were *Anthoxanthum odoratum* *Calamagrostis effuse*, *Hypochaeris radicata* and *Trifolium pretense* for both types of biomantles and slopes. *Achyrocline satureioides*, *Monochaetum myrtoideum* and *Gaultheria erecta* were shrub and subarborescent species abundant in the natural biomantle. The species found in this research showed low Shannon, Margalef and Pielou diversity indices and a high dominance of Simpsons. The largest IVI of shrubs was presented by the species *Gaultheria erecta*, *Monochaetum myrtoideum*, *Durantha mutisii*, *Morella pubescens*, and *Xylosma spiculifera*, which accounted 76% of the total. It is concluded that the most suitable biomantle for the establishment of vegetation is the natural fiber, but in slopes with high slope the containment measures must be made with artificial fiber biomantle.

Key words: Biomantles, Floristic composition, stratification, soil rehabilitation, diversity.

1. INTRODUCCIÓN

La Arenera Juan Rey ubicada en el Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes (PEDMEN) de Bogotá D.C., fue hasta el año 2003 una cantera donde se realizaba minería a cielo abierto. Las consecuencias de la actividad ilegal desarrollada años atrás fueron la degradación del suelo y el retiro de la capa de vegetación del lugar. En el año 2005 comenzaron pruebas piloto a través del convenio DAMA-Fundación Natura, para la recuperación del suelo, en especial la estabilización de taludes por medio de una experiencia de instalación de biomantos en el predio Juan Rey para impulsar el recubrimiento vegetal de los taludes, disminuir la erosión y acelerar la sucesión vegetal en el lugar.

Este tipo de tratamiento en talud es una prueba experimental, con algunas modificaciones al diseño original por la necesidad de buscar un rápido cubrimiento, dado que su contenido se definió a partir de la evaluación de las condiciones del área y también se buscó probar el comportamiento de la germinación de especies nativas; sin embargo, fue preciso introducir una especie nodriza de rápida germinación y cubrimiento, el trébol, el cual además contribuye a mejorar los procesos de nitrificación del sustrato artificial (Secretaría Distrital de Ambiente, 2007).

GREUNAL (2012) menciona que “Las áreas donde se han realizado proyectos de restauración consolidan el conocimiento de las especies adecuadas, facilitan el ensayo de nuevos grupos de especies sucesionales tempranas y tardías, dentro del potencial total de regeneración del ecosistema, son áreas permanentes de investigación, educación y divulgación para la conservación y restauración de ecosistemas y además generan conocimientos aplicables a otras áreas del mismo ecosistema y a otros tipos de ecosistemas.

El monitoreo de vegetación evalúa los cambios a través del tiempo y son pocos los estudios que analizan la representatividad del muestreo desde el punto de vista temporal (Vallejo et al, 2005). Es por lo anterior que se resalta la importancia de la realización de éste tipo de investigaciones en conjunto con el monitoreo del proyecto para obtener información que puede ser valiosa para ser replicada en ecosistemas similares en aras de conservar la biodiversidad de especies nativas.

Actualmente continúa el proceso de recuperación en el PEDMEN y es necesario realizar el seguimiento y evaluación del estado de la vegetación de los taludes estabilizados con ayuda de biomantos, ya que a través del monitoreo se puede observar el efecto de la implementación de biomantos sobre la estructura y composición luego de doce años y así generar conocimiento en la utilización de esta capa de biomanto en la restauración de áreas disturbadas por minería a cielo abierto. Adicionalmente, se puede conocer más acerca del manejo de la vegetación y de los suelos para la restauración de ecosistemas altoandinos, haciendo uso de un espacio como el PEDMEN que es un aula y un laboratorio abierto para la investigación en Ecología y un ejemplo de sucesión-regeneración de los ecosistemas biológicos del bosque altoandino (Corporación Suna Hisca, 2003).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Arenera Juan Rey ubicada dentro de lo que hoy es el PEDMEN fue durante mucho tiempo un lugar en donde se realizaba minería a cielo abierto con la consecuente degradación del suelo y el retiro de la capa de vegetación del lugar. En el año 2003 dejó de funcionar y en el 2005 comenzaron pruebas piloto en el convenio entre el entonces DAMA y la Fundación Natura, para la recuperación del suelo a través de la implementación de una experiencia de instalación de biomantos en el cerro Juan Rey para impulsar la estabilización de los taludes, el recubrimiento vegetal de los mismos, disminuir los procesos de erosión y acelerar el proceso de sucesión vegetal en la Antigua Arenera Juan Rey. El material que se utilizó en los biomantos se definió a partir de la evaluación de las condiciones del área y también se buscó probar el comportamiento de la germinación de especies nativas; sin embargo, fue preciso introducir una especie nodriza de rápida germinación y cubrimiento, el trébol, el cual además contribuye a mejorar los procesos de nitrificación del sustrato artificial (Secretaría Distrital de Ambiente, 2007).

Un aspecto fundamental de todo programa de monitoreo de vegetación es la evaluación de los cambios a través del tiempo. De tal forma, es preciso evaluar la representatividad del muestreo no solo desde el punto de vista espacial sino también temporal. Aunque se ha avanzado mucho en el muestreo de esta dimensión durante los últimos años, aún falta profundizar sobre éste aspecto, y todavía son pocos los estudios que presentan análisis con respecto a la representatividad del muestreo desde el punto de vista temporal (Vallejo et al, 2005).

De acuerdo con Agudelo (2010), el seguimiento y la evaluación de los procesos de restauración ecológica como el que se hace en Juan Rey son de suma importancia para la generación de información y conocimiento para comprobar estándares predefinidos y determinar si la intervención ha tenido el impacto previsto. Por esto, en el experimento de restauración de la antigua arenera Juan Rey es necesaria una nueva evaluación del estado actual de la vegetación y observar el efecto de la implementación de biomantos sobre la estructura y composición luego de doce años y así generar conocimiento en la utilización de esta capa de biomanto en la restauración de áreas disturbadas por minería a cielo abierto.

Adicionalmente se puede conocer más acerca del manejo de la vegetación y de los suelos para la restauración de ecosistemas altoandinos, haciendo uso de un espacio como el PEDMEN que es un aula y un laboratorio abierto para la investigación en Ecología y un ejemplo de sucesión-regeneración de los ecosistemas biológicos del bosque altoandino(Corporación Suna Hisca, 2003).

2.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el estado actual de la vegetación del suelo afectado por minería en la antigua arenera Juan Rey ubicada en el Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del uso de diferentes tipos de biomantos sobre la regeneración del suelo afectado por minería en la antigua arenera Juan Rey ubicada en el Parque Ecológico Distrital del Montaña Entrenubes, doce años después de la estabilización de los taludes con la implementación de biomantos.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Definir la estructura y composición actual de las especies vegetales en los tratamientos de biomantos implementados.
2. Caracterizar la composición florística actual de las especies vegetales en los tratamientos de biomantos implementados.
3. Comparar la riqueza, la cobertura y la diversidad en cada tratamiento de biomantos.

4. MARCO TEORICO

La minería es un proceso de remoción de materiales de la corteza terrestre, la cual contiene depósitos naturales de elementos que han permanecido por millones de años. Durante la remoción del material se produce una alteración de los ciclos y su disposición o transporte puede generar procesos de contaminación *in situ* o en los lugares donde se procesarán los minerales (Marrugo, 2014).

Los principales problemas que genera la explotación de canteras a cielo abierto de acuerdo a lo contenido en el Plan Nacional de Restauración son: la modificación de las condiciones originales del ecosistema muchas veces irreversible, cambios drásticos en la estructura del suelo por la eliminación de la vegetación, remoción de los horizontes superficiales del suelo y la población microbial asociada a ellos, pérdida de materia orgánica y minerales, compactación y sedimentación por el uso de maquinaria que ejerce presión sobre el suelo. El suelo desnudo es afectado por la acción del viento y la lluvia lo que acelera el proceso de erosión. Igualmente afecta la dinámica de las aguas superficiales y subterráneas por la interrupción o redireccionamiento de flujos, extracción de acuíferos, cambio en la capacidad de almacenamiento y regulación del agua, incremento de la sedimentación y contaminación (MAVDT, 2014).

4.1. REVEGETALIZACIÓN DE TALUDES

Una de las estrategias para la recuperación de áreas disturbadas por minería a cielo abierto es la revegetalización de los taludes con el fin de controlar la erosión y disminuir así, los problemas de inestabilidad y el

desprendimiento de rocas en épocas de lluvia (Barrera et al., 2010). En estos casos, la vegetación contribuye en la retención de humedad y al amarre del suelo debido al entramado de sus raíces.

4.2. MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN

Actualmente existe tendencia a realizar control de erosión de una forma menos agresiva con el ambiente, para lo cual la propuesta es la utilización de materiales naturales (mantas o mallas orgánicas y biorrollos o fajinas orgánicas), confeccionados fundamentalmente con base en fibras, muchas de ellas de origen y aprovechamiento forestal; estos, integrados a un proceso de revegetalización, constituyen soluciones ambientales al problema de erosión de suelos.

Díaz (2011) presenta una clasificación de los sistemas no convencionales para el control de la erosión de acuerdo a la terminología del ECTC (Consejo de Tecnología y Control de la Erosión de Estados Unidos) que se presenta a continuación:

1. Red para el control de revestimientos orgánicos (Mulch-control netting, MCN). Es una fibra tejida plana, natural o de malla geosintética extrusada, es temporal y degradable. Se utiliza para sujetar una cubierta orgánica de fibra suelta del tipo de la paja o el heno. Las redes para el control de revestimientos orgánicos se despliegan sobre el área sembrada y cubierta de residuos orgánicos y se fijan con grapas o estacas.
2. Telas de trama abierta (Open-weave textile, OWT). Esta red es temporal y degradable y está compuesta por hilos naturales procesados o de polímeros, entrelazados con un aglutinante que se utiliza en el control de la erosión y facilita el arraigo de la vegetación". Se usan en pendientes empinadas.

3. Revestimientos para el control de la erosión (erosion -control blankets, ECB). Es una red temporal y degradable formada por fibras procesadas naturales como paja, virutas de mandera o coco y de polímeros, ligadas mecánica, estructural o químicamente para formar un aglutinante continuo para el control de la erosión y la agilización del proceso de fijación de la vegetación”.

4. Manto de refuerzo de la vegetación (Turf Reinforcement Mat, TRM). Es permanente y está compuesto por fibras sintéticas no degradables, filamentos, redes o mallas metálicas, procesadas en una matriz tridimensional permanente. Los TRM pueden suplementarse con componentes degradables y están diseñados para proveer una protección inmediata contra la erosión, favorecer el establecimiento de la vegetación y proporcionar una larga vida útil, reforzando la vegetación durante y después de su maduración. Se instalan generalmente de manera que optimicen la interacción del tallo o la raíz de la planta con la estructura de la manta. Se pueden desplegar directamente sobre una superficie recién sembrada para permitir que la vegetación crezca a través de la estructura de la manta o se despliegan primero y luego se rellenan con suelo de buena calidad y una mezcla de semillas indicadas para dicho fin. En este tipo de instalación la vegetación enraíza inmediatamente dentro o a través de la estructura de la manta, generando un refuerzo inicial pero permanente.

4.3. BIOMANTOS

Los Mantos orgánicos o mantos sintéticos junto con la vegetación conforman una protección integral contra la erosión en los taludes. Generalmente estos materiales se desintegran después de que las plantas crecen y se establecen en forma permanente (Suárez, 2009). Los mantos orgánicos son una herramienta importante para la recuperación de las áreas desprovistas de suelo, debido a que preparan el terreno para el establecimiento de la vegetación más tardía, además generan condiciones de humedad y evitan el golpeteo directo de la lluvia sobre la roca.

Por otra parte, enriquecen el suelo al incorporar nutrientes. Existen mantos con diferentes características, de acuerdo a los recursos pueden ser usados unos u otros (Barrero et al., 2010).

4.3.1. Biomantos artesanales. Consisten en fibras de fique, rellenos con tamo de arroz o cebada y semillas de diferentes especies arbustivas y gramíneas de la zona. Se utilizan en áreas con pendientes entre 30° y 45° y el propósito fundamental es disminuir la erosión, debido a que mitiga el golpe de las gotas de lluvia sobre el suelo, ayuda a disminuir el arrastre de sedimentos, contribuye en la generación de un sustrato orgánico y ayuda en el proceso de colonización de especies pioneras o ruderales (Barrera et al. 2003; SDA, 2007; Suárez, 2009; citado por Barrero et al., 2010).

4.3.2. Agrotexiles o geomallas. Son textiles biodegradables que cubren a manera de tapete los lugares desprovistos de suelo, taludes reconfigurados y que pueden estar afectados por escorrentía superficial. El agrotexil es un tejido de fibra natural el cual puede estar reforzado con una malla de fibra o de polipropileno. Es utilizado sobre zonas con una pendiente entre 45° y 60°, tiene como propósito favorecer el crecimiento vegetal, proteger el suelo de la erosión e impedir el resecaamiento producido por el sol y el viento, además de regular la temperatura del suelo (Foster, 1990, citado por Barrero et al., 2010).

La utilización de biomantos busca contribuir en la generación de sustrato orgánico y coadyuvar en el proceso de colonización de especies pioneras o ruderales resistentes a condiciones extremas en cuanto a la carencia de nutrientes y adaptadas a hábitats hostiles (especies de estrategias tipo r). Además de contribuir con el retorno de la vegetación cumplen un papel clave en el control de procesos erosivos evitando el golpeteo directo de la lluvia sobre la superficie del talud recién conformado y estabilizado (Secretaría Distrital de Ambiente, 2007).

4.4 ANTECEDENTES

En 1993, ECOPETROL, en sus programas de reforestación y revegetalización de suelos en el derecho de vía de los oleoductos Caño Limón-Coveñas y Colombia, experimentó con un geomanto de fique, para recuperar la capa vegetal del suelo. Los resultados fueron positivos. De esta experiencia se perfiló el uso del fique en los procesos de recuperación de suelos en trayectos de oleoductos, en donde se han realizado cortes de terreno, que dificultan la labor de revegetalización. La Compañía de Empaques acorde con las normas de control ambiental (Resolución 1083/ 1996 de MinAmbiente) y de desarrollo social, inició el desarrollo técnico de productos para control de erosión y revegetalización derivados de fique. Estos productos son biomantos y agrotexiles, desarrollados para disminuir la incidencia de los principales factores erosivos, favoreciendo el crecimiento de una nueva capa vegetal sin contaminar el medio ambiente (MAVDT, 2006).

Robledo, Navarro y Correal (1997), citado por Romero (2002) en su trabajo sobre la revegetación de terraplenes en la autovía de Molina (Murcia) mencionan que los mejores resultados en cuanto a cobertura vegetal se obtuvieron plantando arbustos en taludes protegidos por mantas vegetales de fibra de coco, los cuales frenaron la erosión del talud y favorecieron la infiltración del agua, con el efecto beneficioso sobre el desarrollo de las especies arbustivas. En ausencia de la manta protectora los arbustos se establecieron pero su desarrollo fue inferior.

Según Montoya (2008), en el año 2005 iniciaron las obras de recuperación geomorfológicas en la antigua Cantera Soratama y se desarrolló una experiencia piloto para la recuperación de áreas degradadas por actividad minera, en la cual se instalaron biomantos para la revegetación de taludes en el lugar. Actualmente el proceso continúa y se ha logrado el retorno de la

vegetación en la actual aula Ambiental Soratama gracias a los biomantos.

Torres (2009) menciona que el tratamiento de restauración aplicado en los taludes de la Antigua Arenera Juan Rey fue la siembra de semillas de especies como *Lupinus bogotensis* cubriéndolas con biomanto de fique (agrotexil); el manto sirvió para disminuir el impacto directo de las gotas de lluvia, neutralizó la acción del viento, permitió el paso moderado de luz solar facilitando la germinación y el desarrollo de las plantas, favoreciéndolas por la capacidad de retener y liberar humedad, creando un microclima favorable entre el suelo y el manto. Se hizo seguimiento cada año hasta abril de 2009 al tratamiento efectuado y después de 4 años de realizada la restauración se conserva la vegetación en el 99% de los taludes (6.000 m²) intervenidos, las especies iniciales van siendo reemplazadas por otras nativas de la zona y se controló la erosión.

Galvis y Romero en 2015 describen las fajinas, refiriéndose a los biomantos como una técnica económica, sostenible, ecológica, agradable y viable para implementarla como sistema preventivo y correctivo en la estabilización de taludes en Colombia. Su uso se restringe a la estabilización en fenómenos causados por la erosión y altas precipitaciones, el uso como sistema de contención no es funcional. Dependiendo de las condiciones de erosión que se presenten en la superficie del talud a estabilizar, el uso de las fajinas está condicionado al crecimiento de este para que actuara como follaje hasta obtener una capa que proteja el talud de las condiciones meteorológicas.

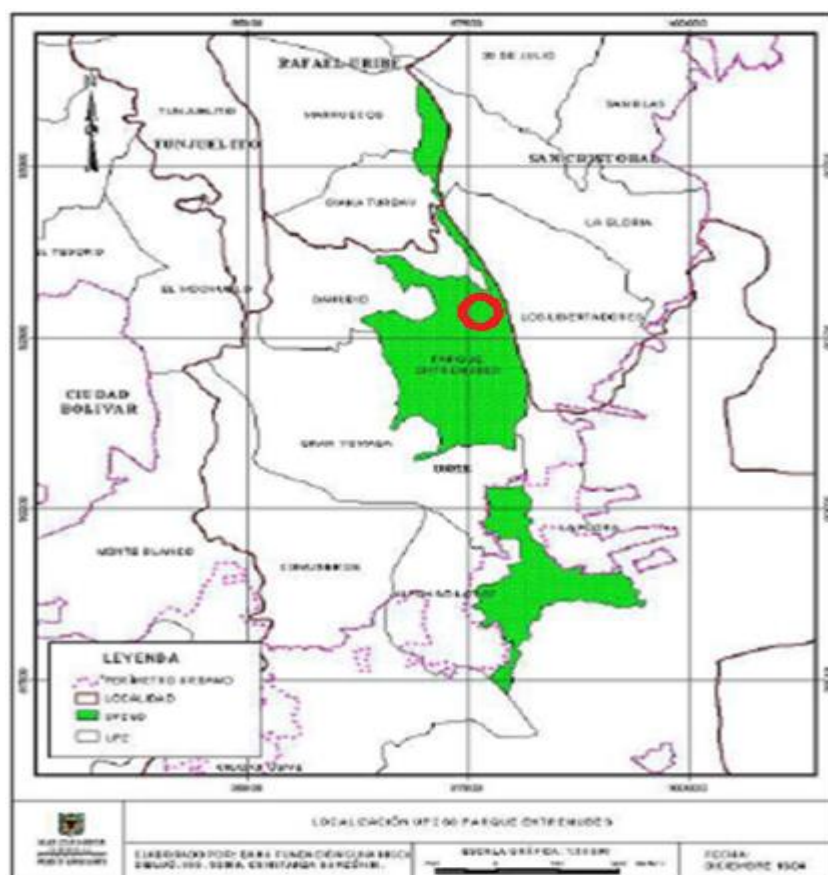
5. METODOLOGIA

En este estudio se desarrolló una investigación empírico analítica con enfoque cuantitativo. La unidad de análisis correspondió a la vegetación que se estableció en los biomantos instalados doce años atrás en la antigua Arenera Juan Rey para estabilizar los taludes y recuperar el suelo degradado por minería ilegal a cielo abierto. En general corresponde a especies de la sucesión ecológica secundaria de ecosistemas altoandinos

5.1 ASPECTOS GENERALES

El área objeto de estudio corresponde a una antigua cantera abandonada de 2,4 ha. que hoy en día hace parte del PEDMEN. El cerro Juan rey se encuentra en la parte central del Parque, principalmente en la localidad de Usme y una pequeña parte en el nororiente a la localidad de San Cristóbal. Es un complejo de valles con altas pendientes que van desde los 2.750 a los 3.100 m de altitud en un área de 402,57 ha. (Corporación Suna Hisca, 2003). El sitio se encuentra entre dos pisos bioclimáticos: Andino (2.600-3.100 msnm) y Páramo (3.100-3.800 msnm) y corresponde a la formación vegetal bh-M de acuerdo al sistema de Holdrige o subpáramo según la clasificación de Cuatrecasas (1989).

Figura 1. Ubicación del Cerro Juan Rey en el Parque Distrital de Montaña Entrenubes. Bogotá. D.C



Fuente: Corporación Suna Hisca (2003)

Figura 2. Cerro Juan Rey. Bogotá D.C.



Fuente: Corporación Suna Hisca (2003)

5.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El montaje del experimento fue previamente realizado por la Fundación Natura y la Secretaría Distrital de Ambiente en el año 2005. Los biomantos de fibra natural se hicieron con una matriz de 10 cms de espesor compuesta de almidón de yuca, semillas de especies nativas (corono, hayuelo, chilco, ciro, turno), cascarilla de arroz o pajilla de *Calamagrostis* y micorrizas en un área de 1000 m² (0,1 ha.) (Ver figura 3). Los biomantos de fibra sintética verde con bolsillos (geotextil o geomanto), se rellenaron con sobrantes de plateo. Éste tratamiento fue implementado por la Subdirección de ecosistemas y Ruralidad de la SDA debido a que era necesario estabilizar el talud, ya que estaba propenso a la remoción en masa por su alta pendiente y el descapote de la vegetación realizado años atrás.

5.3. PROCEDIMIENTO

Se aplicó una prueba piloto entre noviembre y diciembre de 2015 y Enero de 2016, con el fin de probar en campo los instrumentos seleccionados para la toma de muestras, así como verificar el manejo de las operaciones de campo. De acuerdo a los resultados de la prueba piloto, se realizaron modificaciones de la metodología como refinar el tamaño adecuado de las parcelas para optimizar el esfuerzo de muestreo. El muestreo se realizó en Junio de 2017.

Figura 3. Vista aérea de la ubicación de los tratamientos en el parque entrenubes. De Derecha a Izquierda: Predio Juan Rey. Biomanto natural (Delimitada con naranja en la vista general), Biomanto artificial vista ampliada en las dos fotos de derecha a izquierda.



Fuente: Portal de Mapas Bogotá.

Se establecieron 7 tratamientos teniendo en cuenta el tipo de biomanto y grado de inclinación del terreno. El diseño se hizo completamente al azar con 3 repeticiones, de la siguiente manera:

Tabla 1. Distribución de los tratamientos muestreados

	Tratamientos	Réplicas
1	Biomanto natural zona plana	3
2	Biomanto natural zona inclinada	3
3	Biomanto artificial zona plana	2
4	Biomanto artificial zona pendiente	3
5	Control zona erosionada plana	3
6	Control zona erosionada pendiente	3
7	Control vegetación natural no intervenida pendiente	3

Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

En cada tratamiento se muestrearon 3 repeticiones de 3 cuadrantes c/u de 2m_x_2m, para especies arbustivas y arbóreas y se utilizó una cuadrícula de

1x1 (1m²) la selección de las mismas se hizo incluyendo la mayor cantidad posible de especies presentes en los tratamientos.

La investigación se realizó en varias fases:

1. Estructura de la vegetación

En cada parcela se midieron los arbustos y árboles. Para definir la estructura, se siguió la clasificación de Rangel y Lozano (1986) respecto a la altura de cada individuo: Rasante: < 0,3 m; Herbáceo: 0,3m – 1,5m; Arbustivo: 1,5m – 5m; Sub-arbóreo: 5m -12m; Arbóreo inferior: 12m – 25m; Arbóreo: > 25 m.

2. Cobertura de Herbáceas

Se calculó en porcentaje teniendo en cuenta los individuos de cada especie que se encontraron en cada cuadrícula observada. Se utilizó una cuadrícula de 1m x 1m subdividida en 100 cuadrantes de 10cm x 10 cm para herbáceas.

3. Identificación de Especies

El reconocimiento de la flora se hizo mediante observación directa, obtención de registro fotográfico y colección de ejemplares no identificados en el sitio para posterior estudio. De cada especie no identificada se tomaron muestras que fueron marcadas, según su número de aparición en la parcela, se empacaron para su secado y posterior identificación con ayuda de claves taxonómicas, consulta bibliográfica especializada y comparación con material de herbario virtual.

Se elaboraron perfiles de vegetación para los dos tipos de biomanto y controles con sus respectivas pendientes y zonas planas en donde se muestran las especies herbáceas, arbustivas y arbóreas presentes en la zona estudiada.

Fase 4. Calculo de la pendiente: Se calculó la pendiente tomando una estructura de madera con un soporte de 2m de largo y unos pedazos de madera en los extremos hacia debajo de 50 cm de longitud con la cual se midió desde el extremo donde estaba el desnivel la altura en centímetros. Se le sumó ésta medida al extremo de 50 cm y se dividió entre dos para calcular el porcentaje de pendiente.

Así mismo se tomó la medida en centímetros de la profundidad a la que se formó el suelo con un decámetro en cada uno de los tratamientos.

5.4. FUENTES DE INFORMACIÓN

La información para el desarrollo de la investigación correspondió a una fuente primaria en la que el reconocimiento de la flora se hizo mediante observación directa, obtención de registro fotográfico y colección de ejemplares no identificados en el sitio para posterior estudio. De cada una de las especies no identificadas se tomaron muestras que fueron marcadas, de acuerdo al número de aparición, en la parcela luego alcoholizadas y empacadas para su secado y posterior identificación con ayuda de claves taxonómicas, consulta bibliográfica especializada y comparación con material de herbario.

5.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Se construyeron matrices de datos para las variables de respuesta (Cobertura para composición y altura para estructura poblacional) y se tabularon en Excel.

5.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de datos se utilizó el software S.A.S Statistical Analysis System Versión 8.0 y se aplicaron: el Índice de Shannon – Wiener para Diversidad (H'), el Índice de Margalef para diversidad (DMg), la medida de dominancia de Simpson (λ) para Abundancia, el Índice de Equidad de Pielou (J') para estimar la uniformidad de las especies a través de un índice. La riqueza específica se midió a través del Anova y test de Duncan.

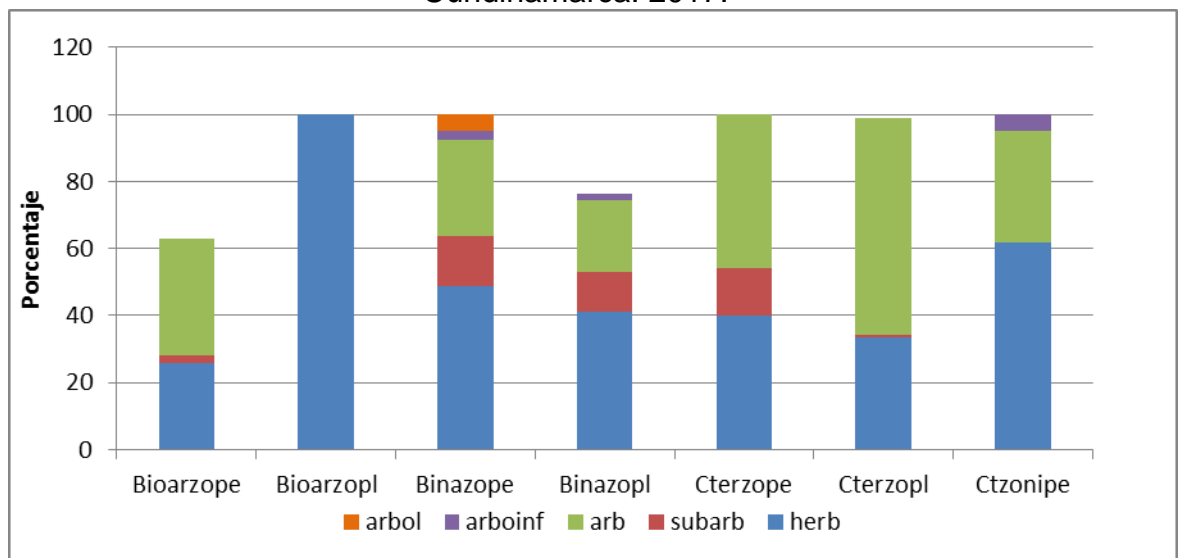
Se calculó el Índice de valor de importancia para especies herbáceas y arbustivas.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN

Se encontró que los dos estratos que predominaron en los dos tipos de biomantos con dos tipos de pendiente y controles fueron el herbáceo y el arbustivo (Ver figura 4). Las herbáceas presentaron mayor porcentaje en los tratamientos 2 (100%), 3, 4 y 7 y las arbustivas predominaron en los tratamientos 1, 5 y 6. Los estratos menos representados fueron el arbóreo inferior y arbóreo menos del 8% cada uno.

Figura 4. Estratificación de la vegetación presente en en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.



Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

Lo anterior indica que como lo menciona Suárez (2009) la pendiente de los taludes tiene un efecto importante en el esfuerzo requerido para establecer la cobertura vegetal; puesto que cuanto más vertical es un talud, mayor dificultad ofrece para la revegetación y mayores son los costes. La inclinación interacciona con variables ambientales relevantes, como la interceptación de radiación solar, la temperatura y la disponibilidad hídrica (Valladares, Balaguer, Mola, Escudero y Alfaya, 2011).

Para el caso de los biomantos estudiados el de fibra artificial tenía una pendiente elevada (ver Anexo II) y crecieron principalmente especies herbáceas y algunas arbustivas; en cambio para el biomanto de fibra natural que tenía pendientes menos elevadas (ver Anexo II), se encontraron otros estratos con especies de mayor altura. Las especies de mayor rango de tolerancia son las que se establecieron en las primeras etapas y lograron sobrevivir hasta el muestreo definitivo que se hizo en época lluviosa (Junio de 2017).

6.2. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

En el experimento en el que se evaluaron dos tipos de biomanto en dos tipos de pendientes y dos controles se encontraron en total 28 especies, pertenecientes a 27 géneros y 18 familias (Ver tablas 2-6, Anexos II-VI). Las familias más representativas fueron Asteraceae con 5 especies, Fabaceae, Myricaceae, Poaceae y Salicaceae con 2 especies cada una.

Tabla 2. Clasificación de las Especies Herbáceas encontradas en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.

Familia	Género	Especie	Tratamiento						
			1	2	3	4	5	6	7
Asteraceae	Hypochaeris	<i>Hypochaeris radicata</i> L.	x	x	x	x	x	x	x
	Noticastrum	<i>Noticastrum marginatum</i> (Kunth) Cuatrec.	x						
Fabaceae	Trifolium	<i>Trifolium pratense</i> L.	x	x	x	x	x		x
Hypericaceae	Hypericum	<i>Hypericum mexicanum</i> L. f.				x	x	x	
Passifloraceae	Passiflora	<i>Passiflora mixta</i> L. f.	x	x					
Poaceae	Anthoxanthum	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	x	x	x	x	x	x	x
	Calamagrostis	<i>Calamagrostis effusa</i> (Kunth) Steud	x	x	x	x	x	x	x
Polygonaceae	Rumex	<i>Rumex acetosella</i> L.		x	x	x			x
Rosaceae	Acaena	<i>Acaena cylindristachya</i> Ruiz & Pav.		x					x
	Lachemilla	<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav.) Rydb.	x	x				x	x
Scrophulariaceae	Digitalis	<i>Digitalis purpurea</i> L.		x		x			x
<i>Total de especies</i>			7	9	5	7	6	5	7

Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

Al observar la tabla 2 se evidencia que los tratamientos que contienen mayor cantidad de especies herbáceas son el 2 (9 especies), 1, 4 y 7 con 7 especies.

Las familias presentes en todos los tratamientos fueron Asteraceae y Poaceae con las especies *H. radicata* para la primera y *A. odoratum* y *C. effusa* para la segunda además de la familia Fabaceae con *T. pratense* que estuvo en 6 de 7 tratamientos. La menos representada fue la familia Passifloraceae con la especie *P. mixta* que solo estuvo en los dos primeros tratamientos (Ver Anexo II).

Lo encontrado se relaciona con el hábitat y la ecología de las especies de la siguiente manera:

H. radicata es una especie originaria de pastizales que crece fácilmente en lugares perturbados, *A. odoratum* es una especie invasora e introducida que

forma pastizales sobre suelos ácidos y de bajo contenido de nutrientes, *C. effusa* forma el pajonal más común de los páramos de la región y es propio de suelos de laderas bien drenadas e indicadora de suelo compactado. *T pratense* crece en pastizales y afloramientos rocosos (DAMA, 2000).

Rumex acetosella crece en lugares abandonados, campos y céspedes en suelos de tipo ácido. *Noticastrum marginatum* y *Acaena cylindristachya* crecen en áreas de páramo. *Digitalis purpurea* crece en laderas pedregosas, límites de bosques, bordes de caminos, terrenos baldíos y jardines. Es una planta ornamental y silvestre.

La presencia de especies invasoras dominantes en el estado sucesional en el que se encuentran las parcelas de biomantos del cerro Juan Rey en la actualidad, podría tener relación con lo mencionado por Sánchez-Tapia (2009): “luego de un disturbio, las nuevas condiciones abióticas generadas, pueden mantener en estado estable a una comunidad en la que dominen especies invasoras” (citado por Díaz y Corredor, 2011).

Tabla 3. Clasificación de las Especies Arbustivas encontradas en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.

Familia	Género	Especie	Tratamiento						
			1	2	3	4	5	6	7
Asteraceae	Achyrocline	<i>Achyrocline df. satureioides (Lam.) DC</i>		x		x		x	x
	Bacharis	<i>Bacharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.</i>	x						
	Espeletiopsis	<i>Espeletiopsis corymbosa (Humb. & Bonpl.) Cuatrec</i>					x		
Ericaceae	Gaultheria	<i>Gaultheria erecta Vent</i>					x	x	x
Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia squamulosa Smith</i>		x					
	Monochaetum	<i>Monochaetum myrtoideum (Bonpl.) Naudin.</i>		x		x	x	x	x
Myrsinaceae	Myrsine	<i>Myrsine guianensis (Aubl.)Kuntze</i>	x	x					
Rubiaceae	Arcytophyllum	<i>Arcytophyllum nitidum (Kunth) Schldl</i>				x	x	x	
Sapindaceae	Dodonaea	<i>Dodonaea viscosa Jacq.</i>	x	x				x	
Verbenaceae	Duranta	<i>Duranta mutisii L. f.</i>	x	x					
<i>Total de especies</i>			4	6	0	3	4	5	3

Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

De acuerdo a lo encontrado en la tabla 3, los tratamientos que contienen mayor cantidad de especies arbustivas son el 2 (6 especies) y el 6 (5 especies); contrariamente el tratamiento 3 no presentó ninguna especie arbustiva. Las familias presentes en todos los tratamientos fueron Asteraceae y Melastomataceae con las especies *A. satureioides* para la primera y *M. myrtoideum*; sin embargo ambas familias también presentaron especies que solo estuvieron presentes en 1 tratamiento cada una: *B. latifolia* y *E. corymbosa* (Asteraceae) y *M. squamulosa* (Melastomataceae) Ver anexo III.

De lo anterior se puede mencionar que *Achyrocline satureioides* es una especie nativa y silvestre que se encuentra en suelos arenosos y sitios perturbados, tiene comportamiento de invasora y coloniza rápidamente áreas alteradas en páramos, donde la remoción del suelo facilita la implantación de semillas (Vargas, 2000 citado por Agudelo.2010).

M. myrtoideum forma matorrales en colinas pies de ladera y laderas bajas y medias sobre suelos perturbados, *B. latifolia* y *M. Squamulosa* son especies nativas, precursoras de la sucesión del bosque altoandino que forman matorrales en laderas (DAMA, 2000).

B. latifolia habita principalmente las orillas de ríos y arroyos, pero aparece frecuentemente en ámbitos perturbados como orillas de parcelas, canales de riego, etc. Sus plántulas luego aparecen en las parcelas adyacentes. Mientras se cultiva, no pueden prosperar, pero son las plantas leñosas las que más pronto se establecen en campos abandonados en muchas regiones. *Gaultheria erecta* crece a orillas de caminos y es indicadora de suelos rocosos.

Miconia squamulosa es nativa de las zonas altoandinas, alimento para la fauna silvestre e importante en procesos de recuperación de la vegetación nativa. Bien adaptada para resistir la sequía y los suelos pobres, ácidos y

superficiales. Nace entre el musgo del interior de los matorrales y allí se desarrolla muy lentamente, creciendo pocos centímetros cada año.

Myrsine guianensis es un arbusto de 2 m de altura. Es una especie nativa que crece en zonas degradadas o pobres. Su tasa de crecimiento es media. Se usa como alimento de avifauna y conservación de suelos.

Arcytophyllum nitidum es una especie nativa que crece en zonas de páramo.

Dodonaea viscosa es una especie menor de 5 m en estado adulto. Junto con *Baccharis*, se le encuentra en las zonas secas de la Sabana de Bogotá, en suelos pobres, a veces formando asociaciones puras. Esta especie se emplea para leña y para recuperación de suelos. Especie cosmopolita de la franja tropical alta que crece en comunidades secundarias, etapas sucesionales de bosques perturbados y tipos de vegetación mesófila, bordes de arroyos, barrancos y taludes claros de bosque, lugares expuestos, pastizales deteriorados terrenos erosionados y matorrales.

Duranta mutisii es un arbusto menor de 5 m en estado adulto, compañero del coronado y del cucharero, crece bien en cercados y márgenes hídricas y es alimento de la avifauna tanto sus flores como sus frutos.

Tabla 4. Clasificación de las Especies Subarbóreas encontradas en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.

Familia	Género	Especie	Tratamiento						
			1	2	3	4	5	6	7
Myricaceae	Morella	Morella pubescens (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur	x	x		x		x	
		Morella parvifolia (Benth.) Parra-Os.	x			x	x	x	x
Myrtaceae	Myrcianthes	<i>Myrcianthes leucoxyloides</i> (Ortega) McVaugh		x					
Salicaceae	Xylosma	<i>Xylosma spiculiferum</i> (Tul.) Triana & Planch.	x	x					
<i>Total de especies</i>			3	3	0	2	1	2	2

Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

La tabla 5 muestra que los tratamientos que tuvieron las 3 únicas especies subarbóreas encontradas fueron el 1 y el 2, mientras que en el número 3 no se encontró ninguna especie. La familia presente en la mayoría de tratamientos fue Myricaceae con las especies *M. parvifolia* y *M. pubescens*. Las otras dos familias solo estuvieron en 1 y 2 tratamientos. Ver anexo IV.

Morella pubescens crece hasta 10 m de altura, es nativa; crece bien en áreas algo pantanosas y forma rodales puros. Cuando fructifica las palomas collarejas (*Columba fasciata*) y otras comen sus frutos; al cazar las palomas se les extrae la lengua para que en la sangre salga el sabor amargo de la cera de los frutos. También es de uso industrial por la extracción de cera; se usan en márgenes hídricas y como cercas vivas.

Se sabe que *M. parvifolia* es una especie nativa dominante en los bosques de Laurel que se asocia con *Myrsine* y *Miconia*. Es menor a 10 m en estado adulto. Sus ramas se usan en la fiesta religiosa del 3 de mayo para simbolizar el triunfo de la cruz; su cera sirve para la fabricación de barnices, betunes y velas o veladoras; especie utilizada para la recuperación de suelos degradados. Sirve de alimento para algunas especies de palomas (*Columba* sp.).

Myrcianthes leucoxyloides crece en la Región Andina de Colombia en alturas que varían entre los 2200 a 3100 msnm. Su crecimiento es lento, se ubica en suelos fértiles y bien drenados, requiere sitios bien iluminados para prosperar adecuadamente, aunque se desarrolla bien en ambientes nublados, como los bosques de niebla principalmente en cañadas

Xylosma spiculifera es nativa y común en los cerros y en las medianías, con el espino (*Duranta* sp.) y el cucharo. Crece entre 5-10 m. Sirve como postes vivos, alimento y refugio de la avifauna; en zonas erosionadas emite yemas de sus raíces, a partir de las cuales se forman otros árboles.

Tabla 5. Clasificación de las Especies del estrato arbóreo inferior encontradas en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.

Familia	Género	Especie	Tratamiento							
			1	2	3	4	5	6	7	
Salicaceae	Abatia	<i>Abatia parvifolia Ruiz & Pav</i>	X							x
Saxifragaceae	Escallonia	<i>Escallonia paniculata</i> (Ruiz & Pav.) Roem. & Schult.	X	x						
<i>Total de especies</i>			2	1						1

Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

Según lo encontrado para el estrato arbóreo inferior la tabla 6 muestra que el tratamiento que presentó las únicas dos especies de éste estrato *A. parvifolia* (Salicaceae) y *E. paniculata* (Saxifragaceae) fue el número 1 y los tratamientos 2 y 7 tuvieron una de las dos especies. Ver anexo V.

Abatia parvifolia crece hasta 20 m de altura y 40 cm de DAP. Es una especie nativa y común que aporta hojarasca al suelo, sirve para conservación de aguas y embellece el paisaje.

E. paniculata es una especie nativa y heliófita, moderadamente tolerante a la sombra, que domina los bosques secundarios, puede alcanzar los 15 metros y ayuda a la conservación de cuencas hidrográficas y *A. parvifolia* abunda en sustratos muy alterados con mal drenaje.

Tabla 6. Clasificación de las Especies Arbóreas encontradas en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.

Familia	Género	Especie	Tratamiento							
			1	2	3	4	5	6	7	
Fabaceae	Acacia	<i>Acacia melanoxylon R. Br.</i>	x							
<i>Total de especies</i>			1							

Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

En la tabla 6 se observa la única especie del estrato arbóreo presente en el tratamiento 1 (biomanto natural zona plana) de los biomantos estudiados y corresponde a *Acacia melanoxylon* (Ver anexo VI), que es una especie exótica

originaria de Australia, que puede alcanzar 45 m de altura. Crece en sitios perturbados a plena exposición solar. Se usa para recuperar terrenos erosionados.

Se elaboraron perfiles de vegetación para los dos tipos de biomantos y controles en donde se muestran las especies herbáceas, arbustivas y arbóreas presentes en la zona estudiada.

Se encontró que en el biomanto natural (Ver figura 5) se encontraron zonas con pendientes de 23°, 35°, 50° y 59° y zonas planas. Las especies más abundantes fueron: *A. odoratum*, *C. effusa*, *H. radicata*, *T. pratense* (herbáceas), *M. pubescens*, *A. saturoiroides* (arbustivas) y *A. Melanoxylon* (arbórea). En general es el biomanto más diverso y grande.

Figura 5. Perfil de vegetación Biomanto natural en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.

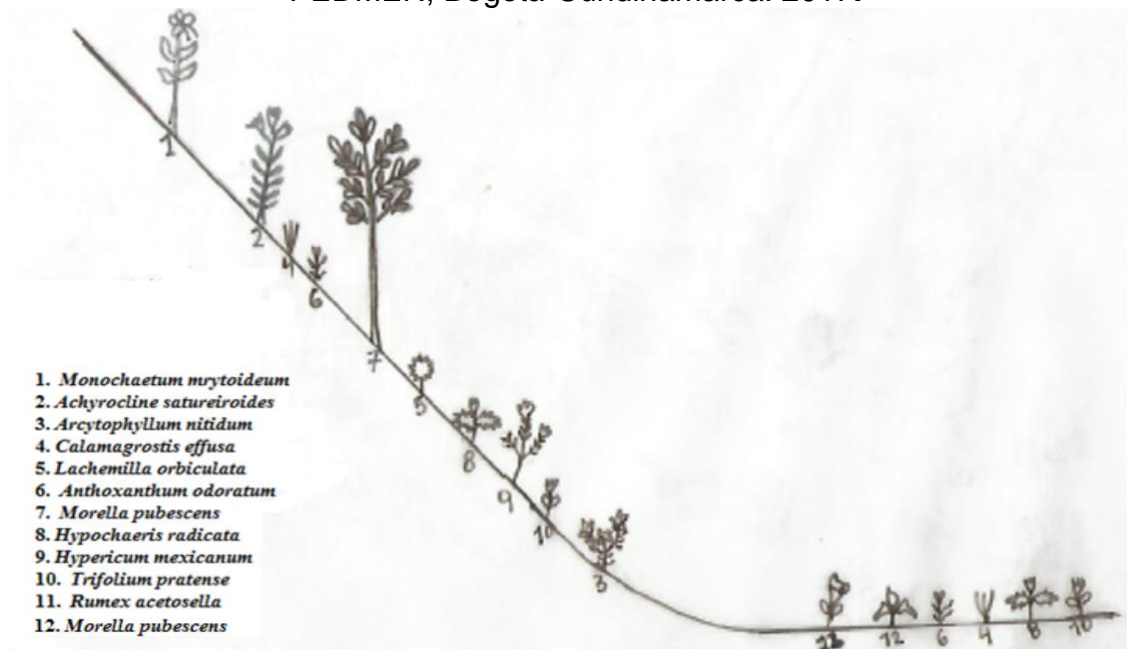


Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

Se encontró que en el biomanto artificial solo hubo un pequeño espacio de zona plana (Ver figura 6), casi todo estaba en terreno de pendiente muy pronunciada de aproximadamente 75° y las especies más frecuentes fueron *H.*

radicata, *C. effusa*, *T. pratense* y *A. odoratum* (herbáceas); *A. satuireioides* y *M. myrtoideum* fueron las arbustivas más dominantes.

Figura 6. Perfil de vegetación Biomanto artificial en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.



Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

Para el control de vegetación en zona erosionada (Ver figura 7) se encontraron especies en zona plana y también en pendientes entre 50°- 60°, las más abundantes fueron *H. radicata*, *A. odoratum*, *C. effusa* (Herbáceas), *Gaultheria erecta*, *M. myrtoideum* y *Arcytophyllum nitidum* (Arbustivas).

A. odoratum es una especie indicadora de suelo compactado y sobrepastoreo. *G. erecta* es indicadora de suelo rocoso. *A. nitidum* generalmente forma matorrales en franjas riparias de subparamo.

Figura 7. Perfil de vegetación Zona Erosionada en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.



Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

Los afloramientos rocosos con frecuencia acumulan humedad y las grietas y pies de las rocas son puntos favorables para el desarrollo de la vegetación, lo que explica la presencia de especies arbustivas además de herbáceas en el tratamiento control de zona erosionada (DAMA, 2000).

Para el control de vegetación en zona no intervenida (Ver figura 7) se encontraron especies en zona de pendiente muy pronunciada de aproximadamente 75°, algunas fueron *H. radicata*, *A. odoratum*, *C. effusa* (herbáceas), *G. erecta*, *M. myrtoideum* y *Diplostephium rosmarinifolium* (arbustivas).

D. rosmarinifolium se encuentra en suelos arenosos bien drenados, afloramientos rocosos de arenisca y areneras abandonadas y generalmente constituye una especie dominante junto con Myrsine, Miconia y Morera. Éstas

especies se asocian a pendientes fuertes a escarpadas con suelos de escasa profundidad (DAMA, 2000).

De acuerdo a lo mencionado en el POMA del PEDMEN (Corporación Suna Hisca, 2003) en las canteras abandonadas presentes en las áreas más altas del Cerro Juan Rey y que están sometidas a una alta exposición al viento llega a desarrollarse vegetación de subpáramo con especies como *Hypericum mexicanum*, *A. nitidum*, *E. corymbosa*, entre otras. En las canteras ubicadas en áreas más bajas o con menor exposición al viento llegan a desarrollarse matorrales bajos donde dominan principalmente *B. latifolia* y *D. viscosa*, presentándose también especies de pastos (*A. odoratum*) y asteráceas herbáceas (*H. radicata*). También se presentan individuos achaparrados con especies de los bosques y matorrales altos y bajos como *Myrcianthes leucoxylla*.

Figura 8. Perfil de vegetación Zona de Vegetación Natural no intervenida en el Cerro Juan Rey PEDMEN, Bogotá-Cundinamarca. 2017.



Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

De lo observado en la figura se puede mencionar que especies como *Rumex acetosella*, *A. satureioides*, *A. odoratum*, y *E. corymbosa*, entre otras, presentan un comportamiento de establecimiento en las primeras etapas sucesionales. *R. acetosella* y el pasto de olor (*A. odoratum*) son invasoras introducidas de pastizales, la primera no tan extendida como la segunda.; *E. corymbosa* es nativa de vegetación de páramo y *A. satureioides* nativa de bosque altoandino. Estas especies permiten establecer que la estrategia de ocupación puede ser llevada a cabo por especies tanto introducidas como nativas y con nivel de invasión diferentes (Corporación Suna-Hisca, 2003).

En el Plan de manejo de Ecosistemas Estratégicos para la áreas rurales del Distrito Capital se hace referencia a la vegetación presente en el cerro Juan Rey para el año (1998) resaltando la presencia de una cobertura de pastizales y pajonales arbustivos resultantes de la destrucción del encenillal y la paramización secundaria, además de la presencia de rastrojos bajos de tunos y chilcos (*Miconia* spp. y *Baccharis latifolia*) en los pies de las laderas. Se habla también de la detención de la sucesión por un deterioro profundo y se propone para su manejo restaurar la ecoclina de subpáramo-encenillasles, con énfasis en cordones riparios y barreras contra viento para corrección microclimática (Fundación Estación Biológica Bachaqueros, 1998).

Otro de los parámetros que se estudió de forma adicional al grado de pendiente fue la profundidad a la que se formó el suelo en los biomantos (Anexo VII) y se encontró que: El suelo más profundo fue el de la zona de vegetación natural no intervenida (40 cm); mientras que en las parcelas tratadas con biomantos tanto natural como artificial en zona plana y pendiente y en las zonas erosionadas que no se trataron no hubo diferencias claras ni marcadas en las profundidad del suelo, presentó variaciones entre (5 cm-28 cm).

Ibañez (2013) comenta que “conforme un suelo evoluciona y se hace más profundo, se genera “de algún modo” un medio para el incremento de la

riqueza de las plantas que pueden crecer sobre él. Entonces, la erosión del suelo debería disminuir la diversidad de las plantas que pueden establecerse en el lugar afectado. Dado que el recurso edáfico no puede considerarse renovable a escala humana, una vez erosionado, y en ausencia de más perturbaciones, las comunidades vegetales que crezcan sobre el serán menos biodiversas durante muchos años”.

Con relación a lo anterior, lo que se puede notar es que como lo indica Ibañez (2014) “procesos de erosión darán lugar a reorganizaciones de las comunidades vegetales hacia formaciones más xerofíticas o adaptadas a la aridez”; puesto que como ya se mencionó varias de las especies presentes crecen en suelos ácidos con bajo contenido de nutrientes (como *A. odoratum*, *R. acetosella*, *D. viscosa*) y dos de ellas *D. mutisii* y *X. spiculifera* presentan espinas protectoras que les ayudan a economizar el agua y son propias de terrenos áridos.

Con respecto al establecimiento de las especies en las parcelas, varias de ellas pudieron haber llegado al lugar a través de la anemocoria que es el sistema más común utilizado por especies en su mayoría Asteraceas. *Abatia parvifolia*, *Digitalis purpurea* y *Escallonia myrtilloides* pueden dispersarse también por baricoria, al igual que *Dodonaea viscosa*. Especies como *Myrsine guianensis*, *Morella pubescens*, *Xylosma spiculifera* son zoócoras, *Morella parvifolia* y *Duranta mutisii* son Autócoras y se dispersan gracias a la explosión de la cápsula que contiene las semillas.

Así mismo, la forma de arribo y establecimiento en la regeneración, puede ser variable; por ejemplo *Espeletopsis corymbosa* presenta rebrotes, inmediatamente después de la quema, especialmente en aquellas zonas ubicadas en cimas con suelos rocosos, mientras que el pasto de olor y la especie *Achyrocline satureioides*, arriban por medio de lluvia de semillas, gracias a su mecanismo de dispersión (anemocoria) (Corporación Suna Hisca, 2003).

De acuerdo a Falk, Palmer y Zedler (2006), la diversidad de especies de una comunidad restaurada es función de muchos factores bióticos y abióticos operando a diferentes escalas temporales y espaciales. Factores abióticos como la luz, químicos, hidrológicos y características del sustrato, pueden limitar la habilidad de una especie para establecerse de manera exitosa en un lugar. La luz solar, temperatura, disponibilidad y movilidad del agua, textura del suelo y concentraciones de sales y nutrientes son críticas en la determinación de la tolerancia de un organismo, su desempeño y productividad en un hábitat dado.

6.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

6.3.1 Cobertura.

Tabla 7. Distribución porcentual de familias botánicas en especies Herbáceas, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM, Bogotá-Cundinamarca. 2017.

Familia	Tratamiento						
	1	2	3	4	5	6	7
Asteraceae	7,82	7,19	4,44	5,71	5,07	4,02	2,75
Fabaceae	3,81	3,50	2,16	2,78	2,47	1,95	1,34
Hypericaceae	1,69	1,55	0,96	1,23	1,10	0,87	0,59
Passifloraceae	0,85	0,78	0,48	0,62	0,55	0,43	0,30
Poaceae	16,49	15,15	9,36	12,03	10,70	8,47	5,79
Polygonaceae	1,06	0,97	0,60	0,77	0,69	0,54	0,37
Rosaceae	4,23	3,89	2,40	3,09	2,74	2,17	1,49
Scrophulariaceae	1,06	0,97	0,60	0,77	0,69	0,54	0,37
X2	111,11						
Significancia	0,0000 **						

Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

De acuerdo a lo encontrado en la tabla 7 las familias distribuidas en mayor porcentaje de herbáceas en los tratamientos en general fueron Poaceae y Asteraceae con rangos entre 5,79-16,49% para la primera y 2,75-7,82% para la segunda siendo el tratamiento 4 el de mayores porcentajes para estas y el 7 el

de menores valores. Las familias con porcentajes más bajos fueron Passifloraceae y Scrophulariaceae. Se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($\chi^2 = 111,1$; $P = 0,000$).

La familia con más especies encontrada en el experimento fue Asteraceae. El estudio realizado por Rangel & Velásquez (1997) indican que esta familia domina los matorrales en los páramos colombianos y presenta el mayor número de especies en este bioma. Mora (1999), citado por Agudelo (2010) encontró que esta familia era una de las más importantes en tres fases de sucesión primaria y se mantenían hasta 10 años después del disturbio. Su forma de dispersión anemócora, sus características competitivas y su capacidad de persistencia en lugares disturbados explican su riqueza.

La familia Poaceae fue la segunda familia con más especies que se establecieron en el experimento. Su forma de dispersión anemócora facilita el reclutamiento de semillas durante la colonización inicial y su característica clonal de expandirse les permite establecerse rápidamente sobre una zona perturbada (Svensson et al, 2006, citado por Vargas, 2010). Varias especies son mundialmente conocidas por su capacidad invasora y su establecimiento en comunidades vegetales nativas disturbadas y no disturbadas (D'Antonio & Vitousek, 1992, citado por Vargas, 2010).

Tabla 8. Distribución porcentual de familias botánicas en especies Arbustivas, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM Entrenubes, Bogotá-Cundinamarca. 2017.

Familia	Tratamiento						
	1	2	3	4	5	6	7
Asteraceae	2,58	6,22	0,00	7,28	25,12	7,04	1,76
Ericaceae	6,40	15,43	0,00	18,05	62,29	17,46	4,37
Melastomaceae	5,22	12,57	0,00	14,70	50,74	14,23	3,56
Myrsinaceae	0,36	0,87	0,00	1,02	3,52	0,99	0,25
Rubiaceae	4,75	11,45	0,00	13,39	46,22	12,96	3,24
Sapindaceae	1,91	4,60	0,00	5,38	18,59	5,21	1,30
Verbenaceae	0,77	1,87	0,0	2,18	7,54	2,11	0,53
χ^2	480,46						
Significancia	0,0000 **						

Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

Al observar la tabla 8 las familias distribuidas en mayor porcentaje de arbustivas en los tratamientos en general fueron Ericaceae y Melastomataceae con rangos entre 4,37-62,29% para la primera y 3,56-50,74% para la segunda siendo el tratamiento 5 el de mayores porcentajes para estas y el 7 el de menores valores. Las familias con porcentajes más bajos fueron Myrsinaceae y Verbenaceae. En el tratamiento 3 no estuvieron presentes especies arbustivas. Se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($\chi^2=480,46$; $P = 0,000$).

La abundancia de las familias Ericaceae y Melastomataceae se explica por sus especies representativas: *G. erecta* y *M. myrtoideum*, respectivamente, las cuales crecen fácilmente en terrenos rocosos y suelos perturbados.

Tabla 9. Distribución porcentual de familias botánicas en especies Sub-arboreas, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM Entrenubes, Bogotá-Cundinamarca. 2017.

Familia	Tratamiento						
	1	2	3	4	5	6	7
Myricaceae	9,51	10,30	0,00	1,58	19,02	0,79	0,79
Myrtaceae	0,23	0,25	0,00	0,04	0,45	0,02	0,02
Salicaceae	2,26	2,45	0,00	0,38	4,53	0,19	0,19
X ²	22,21						
Significancia	0,0141 *						

Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

En la tabla 9 se observa que la familia distribuida en mayor porcentaje de subarbóreas en los tratamientos en general fue Myricaceae con rangos entre 0,79-19,02%; siendo el tratamiento 5 el de mayores porcentajes y los tratamientos 6 y 7 los de menor valor. La familia Myrtaceae tuvo los porcentajes menores entre 0,02-0,45%. En el tratamiento 3 no estuvieron presentes especies subarbóreas. Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (X²= 22,21; P = 0,0141).

La familia representante de las subarbóreas es Myricaceae con sus especies de Laureles *M. parvifolia* y *M. pubescens*, las cuales como ya se mencionó son especies dominantes de sucesión secundaria.

Tabla 10. Distribución porcentual de familias botánicas en especies Arbóreas inferiores, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM Entrenubes, Bogotá-Cundinamarca. 2017.

Familia	Tratamiento						
	1	2	3	4	5	6	7
Salicaceae	1,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
Saxifragaceae	1,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
X ²	2,00						
Significancia	0,3679 ns						

Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

La tabla 10 muestra que las únicas dos familias del estrato arbóreo inferior se distribuyen de la misma manera en términos de porcentajes y que se

presentan solo en los tratamientos 1, 2 y 7 con rangos de 0,5-1%. No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($X^2 = 2,0$; $P = 0,368$).

Las familias Salicaceae y Saxifragaceae tienen a las especies *A. parvifolia* y *E. paniculata* como representantes, respectivamente, la primera es precursora de encenillales y la segunda crece en bosques de lauráceas (DAMA, 2010).

De acuerdo al POMA del parque entrenubes en la caracterización de la vegetación la corporación Suna Hisca (2003) menciona que la situación geográfica lo ubica en un espacio de ecotonos de manera que a nivel climático se generan patrones de vegetación secos y húmedos. El primer patrón está dominado por matorrales de *D. viscosa*, que para el caso de la presente investigación, la especie se encontró en gran cantidad de individuos en estado de plántula. Y el segundo patrón con *D. rosmarinifolium* y un par de otras especies.

A nivel altitudinal el parque posee vegetación de subpáramo y matorrales bajos de composición mixta. Lo que en esta investigación se evidencia con la presencia de especies de páramo como *E. corymbosa*, *A. nitidum* y *A. cylindristachya* y otras como *M. myrtoideum*, *M. pubescens* y *G. erecta* que forman matorrales.

6.3.2 Índices de Diversidad.

Se calcularon los índices de diversidad de especies arbustivas, subarbóreas, arbóreas inferiores y arbóreas en los tratamientos de biomantos. No se estudió en especies herbáceas; por lo cual no se tuvo en cuenta el tratamiento 3. Los resultados obtenidos con los índices de Shannon, Margalef, Equidad de Pielou y Dominancia de Simpson se presentan en la tabla 11.

Tabla 11. Índices de Diversidad de especies Arbustivas y arbóreas, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM Entrenubes, Bogotá-Cundinamarca. 2017.

Fuente de variación	Índices			
	Shanon	Margalef	Pielou	Dominancia de Simpson
Tratamiento				
1	0,8618 a	2,0175 a	0,3400 a	0,1673 b
2	0,4488 a	2,4061 a	0,1593 a	0,1953 b
4	0,0000 a	1,2875 a	0,0000 a	0,4073 ab
5	0,0198 a	1,2915 a	0,0077 a	0,6950 a
6	0,0577 a	1,6882 a	0,0212 a	0,1397 b
7	0,0000 a	2,4707 a	0,0000 a	0,2667 b
Significancia	0,3918 ^{ns}	0,1946 ^{ns}	0,3686 ^{ns}	0,0378 *
R ²	0,4271	0,5469	0,4394	0,7204
S _{n-1}	0,5237	0,5584	0,1994	0,1762
CV	178,6%	30,5%	178,6%	53,6%

Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de acuerdo al índice de Shanon ($P = 0,392$); Índice de Margalef ($P = 0,195$), Índice de Pielou ($P = 0,369$) (Tabla 11). De manera contraria, la dominancia de Simpson difirió entre tratamientos ($P = 0,038$; Tabla 11); por lo que el ecosistema es más homogéneo. El test de Duncan muestra que hay diferencias entre el tratamiento control con los demás tratamientos, excepto el de biomanto artificial zona pendiente que es igual a éste, pero también a los tratamientos restantes (Tabla 11).

A pesar de que han pasado varios años desde la implementación de los biomantos en el cerro Juan Rey, la sucesión del ecosistema conduce a una diversidad de plantas similar entre los tratamientos. Por otra parte, la dominancia de algunas especies de plantas dentro de los tratamientos ha cambiado, lo que lleva a pensar que el proceso de restauración no se ha

completado. Debido al deterioro que sufrió el suelo y por ende la vegetación del lugar, la recuperación ha sido lenta.

En relación a lo anterior Vargas (2007) menciona que un proyecto de restauración se consolida cuando se han superado los tensionantes del disturbio y que las labores de monitoreo deben indicar que el proceso marcha satisfactoriamente, en ellas se muestra que el ecosistema empieza a mostrar variables de autosostenimiento tales como el enriquecimiento de especies, cosa que aún no se cumple en el presente estudio

6.3.3 Índice de Valor de Importancia

Tabla 12. Índices de Valor de Importancia de especies Arbustivas y arbóreas, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM Entrenubes, Bogotá-Cundinamarca. 2017.

Especies	Tratamientos					
	1	2	4	5	6	7
<i>Abatia parvifolia</i>	2,3	0	0	0	0	6,46
<i>Acacia melanoxylon</i>	0	6,79	0	0	0	0
<i>Arcytophyllum nitidum</i>	0	0	0	11,19	10,94	0
<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	0	0	0	3,72	0	7,27
<i>Dodonaea viscosa</i>	0	23,82	0	0	4,91	0
<i>Durantha mutisii</i>	34,04	16,77	0	0	0	0
<i>Escallonia paniculata</i>	3,08	5,67	0	0	0	0
<i>Gaultheria erecta</i>	0	1,04	0	52,34	11,14	6,54
<i>Miconia squamulosa</i>	0	3	0	0,91	0	12,32
<i>Monochaetum myrtoideum</i>	0	8,72	50,26	47,54	12,75	49,41
<i>Morella pubescens</i>	7,48	27,24	7,51	0	27,28	0
<i>Myrcianthes leucoxylla</i>	0	3,77	0	0	0	0
<i>Myrsine guianensis</i>	8,65	6,11	0	0	0	0
<i>Xylosma spiculifera</i>	26,86	17,29	0	0	0	0
Total (518,12)	75,41	120,22	57,77	115,7	67,02	82

Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

Las especies de mayor IVI entre las arbustivas y arbóreas por su mayor contribución estructural a la comunidad fueron *Gaultheria erecta*, *Monochaetum myrtoideum*, *Durantha mutisii*, *Morella pubescens*, *Xylosma spiculifera*, con valores de 52,34; 50,26; 34,04; 27,24 y 26,86, respectivamente. Estas cinco especies sumaron 76% del total del IVI. Otras dos especies tuvieron un valor de importancia entre 23,82 y 10,94 mientras que 7 especies (50%) alcanzaron

un IVI entre 7,51 y 1,04. En el tratamiento 3 solo había especies herbáceas por lo que no se consideró para calcular el IVI.

Tabla 13. Índices de Valor de Importancia de especies herbáceas, en dos tipos de Biomanto y dos tipos de pendiente. Cerro Juan Rey, PEDEM Entrenubes, Bogotá-Cundinamarca. 2017.

Especies	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
<i>Acaena cylindristachya</i>	0	0	0,17	0	1,04	0
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	2,32	2,43	1,43	2,85	1	1,4
<i>Calamagrostis effusa</i>	1,81	2,09	1,24	1,88	0,92	1,34
<i>Digitalis purpurea</i>	0	0,12	0,36	0	0	0,34
<i>Hypericum mexicanum</i>	0	0,38	0	0,13	0,63	0
<i>Hypochaeris radicata</i>	1,04	0,64	0,7	0,55	0,11	1,05
<i>Lachemilla orbiculata</i>	0,57	0,7	0	0,29	0	0,78
<i>Noticastrum marginatum</i>	0,53	0	0	0	0	0
<i>Passiflora mixta</i>	0,44	0,13	0	0	0	0
<i>Rumex acetosella</i>	0	0,23	0,14	0	0	0

Fuente: Ramírez M., S. V., 2017

Los valores del IVI para herbáceas en general fue bajo y osciló entre (0,11-2,85); sin embargo cabe resaltar que la mayoría de las herbáceas estuvieron presentes en casi todos los tratamientos de biomantos, en especial *A. odoratum*, *C. effusa* y *H. radicata*.

El IVI se deriva de la presencia u ocurrencia de estas especies en la mayoría de las muestras evaluadas. El IVI está condicionado por el número y tamaño de los individuos dentro de la parcela, el patrón espacial y el tamaño de las unidades muestrales. El tercer condicionante contribuye a reconocer el grado de uniformidad en la distribución de los individuos de cada especie. Es

decir, aquellas especies que presentan un valor mayor son aquellos que poseen un patrón regular mientras aquellas con valor bajo son características de un patrón agregado, irregular y disperso (Campo y Duval, 2014).

7. CONCLUSIONES

La estructura actual de las especies vegetales está representada principalmente por los estratos herbáceos y arbustivos. El tratamiento que presentó una mayor estructura de especies fue el de biomanto de fibra natural, ya que en él se llegó a encontrar una especie del estrato arbóreo.

La composición florística actual en los tratamientos revela que en la actualidad dominan especies oportunistas tanto nativas como invasoras terrestres que crecen en suelos ácidos con bajo contenido de nutrientes, suelos rocosos o arenosos y perturbados a plena exposición solar como *Anthoxantum odoratum*, *Calamagrostis effusa*, *Hypochaeris radicata*, *Trifolium pratense* (Herbáceas), *Achyrocline satureioides*, *Monochaetum myrtoideum* y *Gaultheria erecta* (arbustivas).

La riqueza y diversidad de las especies encontradas muestra que en general hay homogeneidad entre tratamientos de acuerdo a los índices de Shanon, Margalef y Pielou; sin embargo la Dominancia de Simpsons mostró diferencias significativas que se pueden reflejar en el hecho de que las familias Asteraceas y Poaceae presentaron la mayor cantidad de especies principalmente herbáceas en los biomantos; mientras que Ericaceae y Melastomataceae fueron las familias representativas en las arbustivas.

Actualmente la vegetación del parque Entrenubes está dominada por unas pocas especies nativas e invasoras, propias de terrenos perturbados; algunas se establecieron como pioneras y otras llegaron tiempo después. La presencia de una estratificación variada en el biomanto natural indica que la sucesión ha avanzado.

El efecto de la pendiente en los biomantos influyó en el establecimiento de las especies vegetales en cuanto a que en los tratamientos ubicados en zonas con pendiente elevada se registraron pocas especies de estratificación arbórea y subarbórea y los individuos están en etapas iniciales de desarrollo; mientras que en zona plana, para el biomanto natural la estratificación fue variada y en la zona de control de erosión plana se registraron especies nativas propias de subpáramo como *Espeletia corymbosa* y *Arcytophyllum nitidum*, entre otras.

Una estrategia funcional para la recuperación del suelo erosionado en canteras, en especial de taludes es el uso de biomanto de fibra natural; sin embargo en taludes con pendiente elevada las medidas de contención deben realizarse con biomanto de fibra artificial.

8. RECOMENDACIONES

Utilizar biomanto natural en las canteras donde actualmente se está extrayendo arena con el fin de facilitar el proceso de restauración ecológica, ya que para el caso de estudio generó mejores resultados que el biomanto artificial y teniendo en cuenta que éste tipo de actividades alteran la dinámica natural del ecosistema intervenido y que la recuperación natural puede tardar muchos años o ser irreversible el daño causado según la magnitud de la intervención.

Comparar los resultados con los tratamientos de biosólidos aplicados en el área aledaña a los biomantos del cerro Juan Rey para generar más información sobre los métodos de restauración ecológica que funcionaron de la mejor manera en el lugar.

Continuar con el proceso de seguimiento a la sucesión-regeneración de éste ecosistema, ya que el monitoreo debe tener continuidad en el tiempo para obtener resultados que puedan aportar de manera significativa en el conocimiento sobre el manejo de la vegetación y de los suelos para la restauración de ecosistemas altoandinos.

9. BIBLIOGRAFIA

Agudelo V.M. 2010. Evaluación del estado actual de la vegetación en parcelas enmendadas con biosólidos en la Antigua Arenera Juan Rey, Bogotá D.C. Tesis de Grado para optar al Título de Biólogo. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C.

Alcaldía Mayor de Bogotá. 2014. Adecuación geomorfológica y restauración ecológica del Mirador del Cerro Juan Rey en la localidad de San Cristóbal, Bogotá. D.C. Contrato N 04-08-00-03. Informe Final. Unión Temporal Suiza. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente.

Barrera C, J.I., S.M. Contreras. R, NV. Garzón Y., A.C. Moreno C. y S.P. Montoya. V. 2010. Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital. Secretaría Distrital de Ambiente y Pontificia Universidad Javeriana (PUJ). Bogotá, Colombia. 402 pp.

Campo A.M y V.S. Duval. 2014. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihúé Calel (Argentina). Anales de Geografía 2014, vol. 34, núm. 2 25-42

Corporación Suna Hisca (2003). Plan de Manejo y Ordenamiento POMA. Parque Ecológico Distrital de Montaña Entrenubes. Bogotá D.C.

DAMA. 2000. Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santa Fe de Bogotá. DAMA, Santa Fe de Bogotá. 285 p.

Díaz J.E. y S. Corredor V. Síntesis simposio sobre restauración ecológica de áreas afectadas por minería a cielo abierto. En: Vargas R.O y S.P. Reyes V., eds. 2011. LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA PRÁCTICA: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Bogotá. 2011.

Díaz E.A.M. Síntesis del simposio de Restauración Ecológica y Especies Invasoras. En: Vargas R.O y S.P. Reyes V., eds. 2011. La restauración ecológica en la práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Bogotá. 2011.

Díaz M.C. 2011. Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. Ingeniería e Investigación Vol. 31 No. 3, Diciembre (80-90).

Falk, D.A., Palmer, M.A. y J.B. Zedler. Editors. 2006. Foundations of Restoration Ecology. Society for Ecological Restoration International. Island Press. 379 Pp.

Fundación Estación Biológica Bachaqueros. 1998. Plan de manejo de ecosistemas estratégicos para las áreas rurales del Distrito capital. Convenio no. 021/96 DAMA – Corpoica.

Galvis R.W. y D.A. Romero C. 2015. Viabilidad de la implementación de fajinas para la estabilización de taludes en Colombia. Universidad Católica de Colombia. Bogotá D.C. 6 p. Disponible en <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2555/3/ARTICULO.pdf>

Consultado en Diciembre de 2015. .

Grupo de Restauración Ecológica GREUNAL. 2012. Guías Técnicas para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas de Colombia. Departamento de Biología Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Ibañez J.J. 2013. Relación entre la profundidad del suelo y la biodiversidad vegetal. Un Universo invisible bajo nuestros pies. Los suelos y la vida. Madridblogs. Disponible en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2013/10/03/144334>

Ibañez J.J. 2014. Erosión, pérdida de biodiversidad y profundidad del sueloUn Universo invisible bajo nuestros pies. Los suelos y la vida. Madridblogs. Disponible en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2014/03/31/144348>

Marrugo, N.J.L. Problemas Ambientales del Caribe Colombiano. Hacia un Contexto de las Ciencias Ambientales: Iberoamérica. En: Memorias del II Seminario de Ciencias Ambientales Sue-Caribe & VII Seminario Internacional de Gestión Ambiental, 2014.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2014. Plan Nacional de Restauración. Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). 2006. Guía Ambiental del Subsector Fiquero. 2ª Edición.

Montoya V.S.P. Proyecto piloto de rehabilitación ecológica de áreas degradadas por actividad minera. En: Boletín divulgativo de la Red Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica 2 (1) 2008.

Rangel-Ch, J.O., & A. Velázquez, 1997. Métodos de estudio de la vegetación. 59-87 pp

Rojas, B.S.L. Estructura y composición florística de la vegetación en proceso de restauración en los Cerros Orientales de Bogotá (Colombia) *Caldasia* 39(1): 124-139. 2017

Romero D.A. 2002. La erosión en la Región de Murcia. Editorial de Murcia, España. 339 p.

Secretaría Distrital de Ambiente. 2007. Guía del aula ambiental Soratama en la tierra del sol. Alcaldía Mayor de Bogotá. Bogotá, 150 p.

Robledo A., Navarro A. Y Correal E. (1997). Revegetación de terraplenes en la autovía de Molina (Murcia). Actas II Congreso de la naturaleza de la Región de Murcia. Cartagena, ANSE. En Romero. D.M. A. 2002. La erosión en la Región de Murcia. Universidad de Murcia. 337 Pp.

Romero D. M. A. La erosión en la Región de Murcia.

Suárez, J. 2009. Deslizamientos. Técnicas de Remediación. Volumen 2. Primera edición. Colombia. 413 pp.

Torres F. 2011. Ejecución y seguimiento de la restauración ecológica de la cantera del Mirador de Juan Rey Bogotá D. C. Marzo 2005 – abril 2009. En: Vargas R.O y S.P. Reyes V, eds. 2011. LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA PRÁCTICA: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Bogotá. 2011

Vallejo. J.M.I., Londoño V.A.C., López C.R., Galeano G., Álvarez. D.E y Devia. A.W. 2005. Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. Colombia 310 p. (Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo, N°1).

Valladares, F., Balaguer, L., Mola, I., Escudero, A., y Alfaya, V., eds. 2011. Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte. Bases científicas para soluciones técnicas. Fundación Biodiversidad, Madrid, España. ©Fundación Biodiversidad 2011.

Vargas O. Guía Metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá; 2007.

ANEXOS

Anexo I

Tabla Pendientes para los tratamientos con dos tipos de biomanto y dos grados de inclinación con sus controles en el Cerro Juan Rey.

TRATAMIENTO	RÉPLICA	PENDIENTE
Biomanto natural zona pendiente	1	23°
	2	59°
	3	55°
Biomanto artificial zona pendiente	1	75°
	2	75°
	3	75°
Control erosión zona pendiente	1	55°
	2	60°
	3	50°
Control zona no intervenida pendiente	1	70°
	2	75°
	3	75°

Anexo II Composición Florística de Especies Herbáceas para los tratamientos con dos tipos de biomanto y dos grados de inclinación con sus controles en el Cerro Juan Rey



Hypochaeris radicata L.



Noticastrum marginatum (Kunth) Cuatrec.



Trifolium pratense L.



Hypericum mexicanum L. f.



Passiflora mixta L. f.



Anthoxanthum odoratum L.



Calamagrostis effusa (Kunth) Steud



Rumex acetosella L.



Acaena cylindristachya Ruiz & Pav.

Lachemilla orbiculata (Ruix & Pav.) Rydb.



Digitalis purpurea L.