

# LA SUCESIÓN VEGETAL EN LOS LODOS FLUVIOVOLCÁNICOS DE ARMERO-TOLIMA- COLOMBIA 30 AÑOS DESPUÉS DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN ARENAS DEL NEVADO DEL RUIZ

## Plant succession in the fluvial-volcanic mud from Armero-Tolima- Colombia 30 years after the eruption of the “Nevado del Ruiz” Volcano

HÉCTOR EDUARDO ESQUIVEL

FERNANDO TINOCO

ALFREDO JOSÉ TORRES

*Grupo de Investigación en Biodiversidad y Dinámica de Ecosistemas Tropicales, Universidad del Tolima, Ibagué-Colombia. hesquive@ut.edu.co, ftinocor@ut.edu.co, aljotobe19@hotmail.com*

### RESUMEN

Se estudió la dinámica sucesional y la evolución edafológica de una zona de bosque seco tropical afectada por lodos de la erupción volcánica del nevado del Ruiz el 13 de noviembre de 1985. La zona de estudio está ubicada en el municipio de Armero con una extensión de 3500 hectáreas a 450 msnm. Se levantaron 10 parcelas de muestreo de 10 x 20 m, acorde con las consociaciones establecidas por el IGAC. En total los cuatro estudios florísticos reportan 565 especies distribuidas en 72 familias, de las cuales sobresalen la familia Asteraceae, Malvaceae, Fabaceae, Euphorbiaceae y Poaceae. El número de especies ha variado significativamente, para el primer estudio 294 distribuidas en 66 familias, para el segundo 332 especies, para el tercer estudio 284 especies y para el cuarto estudio un total de 217. Al comienzo se confirma lo que Braun Blanquet planteó según la Fitosociología, que en áreas fuertemente disturbadas la vegetación inicialmente se establece en montículos; cinco años después el segundo estudio mostró la formación de asociaciones así: Rhynchelytretum, por estar dominada por el pasto *Rhynchelytrum repens* (Will) Hubb., la asociación Indigoferetum por la alta presencia de *Indigofera hirsuta* Jacq., Panicetum, por el dominio de *Panicum maximum* Jacq. y la asociación Ficetum, por la presencia de varias especies de cauchos. La vegetación ha presentado un recambio constante y se reconoce actualmente una formación sucesional avanzada donde domina el hábito de crecimiento arbóreo, conformando relictos de bosque. El pH del suelo ha variado de 3.2 a 6.5, como también varios de los elementos evaluados.

**Palabras clave.** Sucesión, vegetal, Armero, lodos, volcánicos.

### ABSTRACT

The subject of study was the successional dynamics and the edaphological evolution of a tropical dry forest affected by mud from the “Nevado del Ruiz” volcanic eruption on November 13, 1985. The zone of study is located in the municipality of Armero with an extension of 3500 hectares and 450 m.a.s.l. Ten sampling plots were established (each 10 x 20 m) in accordance with the IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). The four floristic studies report 565 species in total, distributed in 72 families, from which Asteraceae, Malvaceae, Fabaceae, Euphorbiaceae and

Poaceae stand out. The number of species has varied significantly, for the first study, 294 distributed into 66 families, for the second 332 species, for the third study 265 species and for the fourth study a total of 195. The first study helped confirm what Braun Blanquet (1950) states according to the phytosociology that in areas strongly damaged, the strategy of the vegetation initially is to establish itself in mounds. Five years later, the second study shows the associations as follows: Rhynchelytretum, for being governed by grass *Rhynchelytrum repens* (Will) Hubb., now *Melinis repens* (Willd.) Zizka the association Indigoferetum for the high presence of *Indigofera hirsute* Jacq., Panicetum, for the dominance of *Panicum maximum* Jacq. And the association Ficetum, for the presence of several species of Ficus. The vegetation has presented a constant change and an advanced successional formation dominates the habit of arboreal growth forming forest relic. The ground PH has varied from 3.2 to 6.5 as have several of the elements evaluated.

**Key words.** Plant succession, Armero, volcanic mud.

## INTRODUCCIÓN

El presente estudio permite determinar la dinámica y la sucesión vegetal 30 años después de ocurrida la erupción volcánica del nevado del Ruiz, donde los lahares cubrieron alrededor de 3500 hectáreas del municipio de Armero, este se realizó a través de cuatro estudios en un área de bosque seco tropical totalmente afectada por la cobertura de lodos, así mismo, ver las estrategias seguidas por la vegetación para repoblar las áreas afectadas e identificar los grupos de especies vegetales que han logrado establecerse y los cambios de las asociaciones vegetales en el tiempo en la zona de estudio, paralelo con el conocimiento de la evolución de las características físico-químicas del suelo y su relación con la vegetación existente.

La sucesión vegetal es un proceso dinámico, progresivo o regresivo asociado a variaciones en las características del suelo, de tal modo que la evolución de un ecosistema degradado hacia las condiciones climáticas, ha de hacerse a través de un proceso de regeneración de la calidad del suelo (Rodríguez *et al.*, 2001). Consecuente con este concepto, además del inventario de especies, se realizó durante los cuatro estudios el respectivo análisis químico de los lodos.

El término sucesión ha sido utilizado para describir el proceso de desarrollo del ecosistema hacia una mayor productividad, biomasa, complejidad, estabilidad y control del ambiente por los seres vivos (Salamanca & Camargo, 2000). En sitios con poblaciones forestales, la sucesión es definida como el cambio directo con el tiempo de la composición de especies y fisionomía vegetal de un sitio en el cual el clima permanece constante (Finegan, 1984).

La sucesión puede definirse como una serie de cambios del ecosistema en un área dada, que conduce progresivamente hacia una estructura y composición más compleja de las comunidades; la sucesión se da por tres condiciones: La primera que se forme un lugar abierto disponible (parche), seguido de la disponibilidad de las especies a colonizar el lugar y por último, el distinto comportamiento de las especies en el lugar. De acuerdo al tipo de disturbio la sucesión se puede clasificar en dos tipos, las primarias son aquellas que se desarrollan sobre sustratos que nunca antes tuvieron vegetación, y las sucesiones secundarias son aquellas que se desarrollan sobre sitios que son abandonados después de que su vegetación natural es completamente destruida (Finegan, 1992).

Las sucesiones son un proceso complejo y las secuencias de reemplazamiento entre especies pueden diferir notoriamente, aún entre sitios muy cercanos, por lo cual no existe una teoría única que la describa, ya que depende de la interacción entre especies y de estas con el componente abiótico así como de las intervenciones antrópicas y los distintos niveles e intensidades de disturbios que se puedan presentar en un ecosistema (MAVDT, 2003). La capacidad que muestre el sistema para restablecerse después de semejante disturbio causado por la erupción se puede considerar como la capacidad o nivel de resiliencia; la capacidad de los ecosistemas para acoger más fácil la restauración es directamente proporcional a una mayor resiliencia (Walker *et al.*, 2004).

La actividad volcánica puede generar cambios y alteraciones de diversa magnitud sobre la geomorfología, el suelo, la vegetación y la fauna (Evans, 2006). La superposición de lavas y cenizas sobre la superficie primitiva trae consigo la alteración del paisaje y la formación de un nuevo sustrato el cual tiende a ser ocupado por comunidades pioneras que conllevan a una sucesión, lo que trae consigo una serie de cambios tanto en la estructura y composición florística, como en las condiciones ambientales (Krebs, 1978).

El Bosque seco Tropical (Bs-T) es definido como aquella formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua y que se distribuye entre los 0-1000 m de altitud; presenta temperaturas superiores a los 24°C y las precipitaciones fluctúan entre los 700 y 2000 mm anuales, con uno o dos períodos marcados de sequía al año (Murphy & Lugo 1986; IAvH, 1998; Wright & Muller-Landau, 2006), se encuentra distribuido en Suramérica, Centroamérica, Eurasia, Australasia, África y el Sudeste de Asia sobre la franja tropical (Miles *et al.*, 2006). El Bs-T se encuentra en la actualidad altamente fragmentado

y deteriorado siendo reconocido como el ecosistema más perturbado y el menos conocido (Fajardo *et al.*, 2013).

Según Del Moral (1985) las sucesiones primarias y secundarias han sido estudiadas por medio de parcelas permanentes para monitorear la riqueza de especies, cobertura y sus similitudes, y han permitido concluir que la vegetación cambia con mayor frecuencia una vez terminado el impacto, y a medida que pasa el tiempo se va volviendo más lenta. Este proceso en efecto se ha evidenciado durante los años que lleva de ocurrida la erupción volcánica del volcán Arenas del Nevado del Ruíz.

Elías y Díaz (2004) definen una sucesión primaria como el desarrollo de vegetación en sustratos recién formados o recién expuestos sin legado biológico y baja fertilidad, especialmente en sustratos bajos en nitrógeno. En una sucesión primaria el legado biológico es reducido o no existe, lo que se traduce en sustratos sin plantas, animales o microbios del suelo sobrevivientes.

El término sucesión se aplica a los cambios secuenciales que ocurren a lo largo del tiempo, en la abundancia de las especies de un ecosistema (Arbelo *et al.*, 2002).

Los ecosistemas secos habitualmente toman dos formas: sabanas y bosques secos tropicales, siendo estos últimos los ecosistemas más amenazados, como en Colombia donde solo se conserva un 8% del área original de bosques secos y solo un 5% está protegido en forma de reservas. Esta situación se presenta también en el bosque seco tropical del valle interandino del río Magdalena, para el caso específico del Tolima, la extensión original era de aproximadamente de 14.569 km<sup>2</sup>, sin embargo, a causa de los diferentes tipos de acción antrópica actualmente se conserva menos del 3% de la cobertura original (Pizano & García 2014).

## ANTECEDENTES

Según Flórez y Ochoa (1986), existen registros geológicos de nueve erupciones en los últimos 1400 años de este volcán; las tres últimas erupciones ocurrieron el 12 de marzo de 1595, el 19 de febrero de 1845 y el 13 de noviembre de 1985.

Sobre la erupción del 13 de noviembre de 1985 se han realizado estudios como:

- IGAC-FAO (1985) realizaron el proyecto de Restauración Forestal y Corrección de Torrentes en las zonas afectadas por la erupción del volcán nevado del Ruíz.
- Frye (1986), realizó la Caracterización Física y Química y efectuó un diagnóstico de los Lodos.
- Malagón (1987) escribió sobre la evolución de las características de los lodos durante el primer año (1985-1986) y el flujo de lodos en la región de Armero.
- Martha Lucia Calvache publicó Historia eruptiva del nevado del Ruiz en Ecología de un Desastre (Palomino 1986).
- Chaves & Guevara (1987) hicieron un gran aporte al hacer la delimitación y mapificación de los suelos (Lodos), publicado en “Estudio Detallado y Semidetallado de los Lodos Volcánicos en las Zonas de Armero y Chinchiná en 1987”.

Para Colombia son pocos los estudios enfocados a determinar las dinámicas sucesionales en Bs-T, uno de ellos es el publicado por Yepes y Villa (2010) realizado en el suroeste de Antioquia (Colombia) el cual tuvo como objetivo caracterizar el proceso sucesional producto de la restauración ecológica, obteniendo que la estructura diamétrica de la vegetación presentó forma de J-invertida propia de comunidades en fases sucesionales tempranas concluyendo que el proceso de restauración aparentemente fue exitoso. No obstante, recomiendan que el monitoreo debe continuar para hacer un adecuado seguimiento al proceso sucesional emergente.

Torres *et al.* (2012) identificaron las dinámicas sucesionales a través del cambio de la estructura y de la composición del mismo en un bosque en el Valle del Cauca, y se evidenció que en ese bosque hubo un incremento en el DAP de un grupo de tallos que cambiaron a clases diamétricas mayores al igual que lo reportado por Kennard (2002).

Valencia-Duarte *et al.* (2012) evaluaron áreas afectadas por los deslizamientos y las fluctuaciones del río Chicamocha, sucesiones secundarias producto de agricultura y sucesiones-regeneraciones en laderas con pastoreo de cabras, donde se obtuvo como resultado, que las áreas de mayor pendiente son más homogéneas en vegetación arbustiva y herbácea debido a las condiciones del sitio, a diferencia de las zonas de pendiente baja en las cuales el impacto del disturbio es menor, lo que permite el desarrollo de un mayor número de plantas que forman pequeños parches de vegetación.

Giménez y Velásquez (1997), hicieron un análisis fitosociológico y de sucesión, incluyendo la vegetación surgida sobre el cono y derrame lávico del volcán Parícutín (México – Michoacán), 44 años después del cese de la erupción, a una altitud de 2785 msnm., donde reconocieron cuatro asociaciones: 1 *Gnaphalio-canescens-Gaulterietum lancifoliae*, 2- *Gnaphalio semimplexicaulis Aegopogonetum cenchroidis*, 3-*Phlebodicoraneosae- Elaphoglossetum pringlei* y 4-*Buddleico cordatae-coriarietum ruscifoliae*, estas asociaciones corresponden a vegetación de alta montaña, en la latitud norte, por lo que no es comparable con el caso de la zona de Armero, no obstante en esta zona también se observaron en el segundo estudio cuatro asociaciones (6 años después del suceso). Salamanca (1991) hace un análisis de la vegetación del páramo del Ruiz después de la erupción del volcán Arenas y destaca la forma como fue afectado el ecosistema con la erupción.

## METODOLOGÍA

**Área de estudio:** la zona de estudio está ubicada en la margen izquierda del río Lagunilla en el municipio de Armero-Tolima, en el área ocupada por lodos fluviovolcánicos que inicialmente se extendieron a lo largo de 3500 hectáreas, desde el pie de monte de la cordillera Central a 450 msnm hasta el río Magdalena frente al municipio de Cambao a una altitud de 280 msnm en una longitud de 16 km y de sur

a norte abarca 6 km del río Lagunilla hasta el río Sabandija, geográficamente está a 4° 58' de latitud norte y 74° 54' de longitud oeste (figura 1); La temperatura promedio es de 27.8°C, con una precipitación promedio anual entre 1100 y 1960 mm, humedad relativa entre 55% y el 83%, con valores de evaporación de 1712.8 anual (IGAC 1980). La zona de estudio corresponde a la formación de bosque seco tropical (Bs-T).



**Figura 1.** Área ocupada por los lodos volcánicos y ubicación de las consociaciones en Armero-Tolima.

Abreviaturas de las consociaciones: AR= Armero, SL= San Lorenzo, EP= El Puente, LP= La Playa, LA= Lavapatás, SA= Santuario, LE= La Estación, CF= Cofa, TR= Tierras de Ripio.



En cada uno de los cuatro estudios se han realizado 10 levantamientos con parcelas de 10 x 20 m, según metodología de área mínima propuesta por Mateucci y Colma (1982), teniendo en cuenta para su ubicación las consociaciones y Tierras de Ripio establecidas por el IGAC recién ocurrida la erupción volcánica. Para cada estudio se tuvo en cuenta realizar los muestreos entre los meses de junio y julio, posterior a los meses de lluvia, con la misma ubicación de las parcelas a excepción del cuarto estudio, donde se reubicaron dos parcelas por la incorporación de cultivos en dichos sectores. Se colectaron todas las especies vegetales presentes en cada cuadrante, se caracterizó su hábito de crecimiento y número de ejemplares para obtener la abundancia, frecuencia y dominancia. El material vegetal colectado fue determinado una parte en campo y luego prensado, secado y montado para su posterior determinación en el Herbario TOLI de la universidad del Tolima, las dudas fueron dilucidadas en el Herbario COL de la Universidad Nacional de Colombia, con el apoyo de claves botánicas y especialistas.

Para el análisis de los suelos se tomaron las parcelas teniendo en cuenta los anteriores estudios; se realizaron tres excavaciones a través de calicatas en cada una de las parcelas, para obtener tres submuestras que fueron depositadas en una sola bolsa para conformar una muestra compuesta por parcela (FAO, 1990; Alfaro *et al.*, 2001). Una vez rotuladas con el número de la parcela respectiva, las bolsas fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad del Tolima para su respectivo análisis físico-químico. Cada calicata se hizo de 40 cm de ancho, 40 cm de largo y 50 cm de profundidad con una ubicación de dos en los extremos izquierdo, derecho y el tercero en el centro de cada parcela (ICA 1992). Se determinaron varios parámetros entre ellos el pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, salinidad, S activo, Al y Mn.

Para la caracterización y análisis de la vegetación registrada en la zona de estudio se halló el IVI (índice de valor de importancia) propuesto por Curtis y McIntosh (1951), citado por Melo y Vargas (2003), el índice de Margalef ( $Dmg=(S-1)/LnN$ ), índice de diversidad de Shannon-Weiner ( $H' = -\sum p_i \ln p_i$ ) y el índice de Jaccard ( $C_j = j / (a+b-j)$ ).

## RESULTADOS

La zona afectada por los lodos fluviovolcánicos se ha evaluado mediante cuatro estudios florísticos, registrándose un total de 565 especies distribuidas en 72 familias, de las cuales sobresalen las familias Asteraceae, Malvaceae, Fabaceae, Euphorbiaceae y Poaceae, para cada uno de los levantamientos efectuados (Esquivel & Leguizamón, 1989; Esquivel & Ramírez, 1994; Esquivel *et al.*, 1999).

En el primer estudio realizado entre los años 1986-1989, Esquivel & Leguizamón (1989) registraron 294 especies, distribuidas en 66 familias, el segundo estudio de sucesión se realizó entre los años 1993 y 1994, en el cual Ramírez & Esquivel (1994) registraron 332 especies pertenecientes a 68 familias, se destacan las leguminosas con el mayor número de especies (60) (Tabla 1). Para el tercer estudio Esquivel, Frye & Ramírez (1999) registraron 284 especies vegetales correspondientes a 66 familias y para el cuarto estudio se encontró un total de 51 familias con 195 especies. La tabla 1 presenta el número de especies de las familias más abundantes

**Tabla 1.** Número de especies de las familias más abundantes registradas sobre los lodos fluviovolcánicos de Armero en los cuatro estudios.

Familia	Estudio 1 1989	Estudio 2 1994	Estudio 3 1999	Estudio 4 2014
Leguminosae	53	60	66	37
Poaceae	31	27	16	16
Asteraceae	20	23	7	13
Euforbiaceae	14	18	7	12
Cyperaceae	17	10	8	9
Malvaceae	7	14	6	10

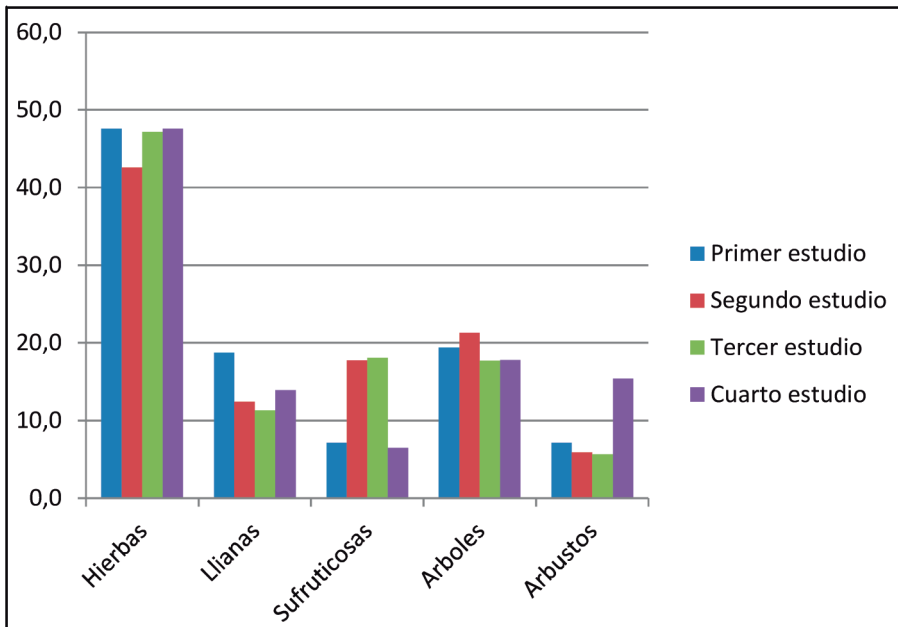
registradas sobre los lodos fluviovolcánicos de Armero.

En el área afectada por los lodos se han registrado un total de 63 especies en común que han permanecido constantes para los cuatro estudios realizados, donde sobresalen especies como: *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud., *Acacia farnesiana* (L.) Wild., *Guazuma ulmifolia* L., *Indigofera suffruticosa* Mill. y *Tabernaemontana divaricata* (L.) R.Br. ex Roem. & Schult. Así mismo, para el cuarto estudio se registró un total de 49 especies nuevas para el área afectada por los lodos, entre las que se destacan: *Croton fragrans* Kunth, *Erythroxylum ulei* O.E. Schultz, *Aristolochia maxima* Jacq y *Vitex cymosa* Bertero ex Spreng.

Según el hábito de crecimiento, la vegetación surgida sobre los lodos al cabo de los primeros cuatro años presentó un 47.62% de herbáceas, 19.39% de árboles, 18.71% entre lianas y postradas, 7.14% de arbustos y 7.14% de sufruticosas (figura 2), sin embargo,

la abundancia y la frecuencia de las especies herbáceas, junto con los arbustos y árboles dominan la mayor parte del área, conformando montículos y fragmentos de bosques de bajo porte. Para el cuarto estudio se registraron 38 especies de árboles equivalentes al 18.8 % del total de la vegetación presente en la actualidad, 31 especies de arbustos para un 15.4 %, 13 especies sufruticosas para un 6.46 %, 92 herbáceas para un 45.77 % y entre postradas y lianas 28 especies para un 13.9 %. Los resultados obtenidos indican que la vegetación encontrada en el cuarto estudio presenta una mayor similitud con la vegetación reportada para el estudio 1, mientras que el segundo y tercer estudio comparten más del 40% de las especies (figura 3).

En los primeros años de ocurrida la erupción, se observó un surgimiento significativo de vegetación pionera, a pesar, de la presencia de un pH bajo (3,3), alta salinidad de los aluviones y una capacidad de intercambio catiónico que mostró valores reducidos (CIC: 9.6 me/100g), por lo cual este factor se constituyó en un



**Figura 2.** Distribución porcentual de las especies según su hábito de crecimiento.

limitante para la absorción de agua (Esquivel & Leguizamón, 1989).

La baja capacidad de absorción de agua y nutrientes, con la consecuente saturación química y acuosa, se traducen en la cementación superficial, dificultad de drenaje y aireación, con la natural tendencia a la compactación, factores que fueron altamente limitantes para el desarrollo de vegetación en amplias zonas de los lodos.

El alto contenido de azufre fue determinante en la distribución de la vegetación que logró establecerse, como es evidente en la consociación Lavapatas en sector aldeaño a la tumba de Omaira Sánchez, donde durante los primeros diez años solo crecía *Mariscus ligularis* (L.) Urb., ahora *Cyperus ligularis* L., dado que los niveles de S estaban por encima de 1463

ppm., para el segundo estudio bajó a 413 ppm y el hierro pasó de 278 ppm a 136.6, disminuyendo en un 70% y 50% respectivamente, con un incremento significativo de materia orgánica (Tabla 2.)

El descenso del pH, el aumento de la salinidad y la baja estabilidad de los agregados que constituyen la estructura del suelo, influyeron en el inadecuado desarrollo radicular y de algunos tallos, evidencia de ello fue la raíz de algunas plántulas de especies arbóreas como *Anacardium excelsum* (Bert. & Balb.) Skeels “caracolí” cuya raíz siguió un crecimiento horizontal y el tallo en forma laminar de algunas lianas del género *Ipomoea* entre otras. Se observa en el primer estudio, el establecimiento de montículos como una estrategia para la propagación y extensión de la vegetación, acorde con los planteamientos

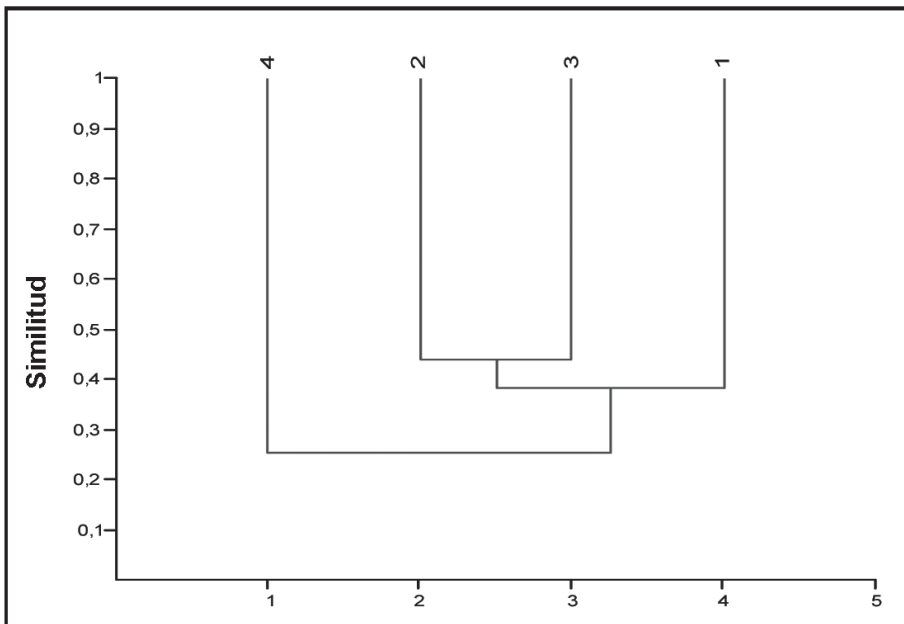


Figura 3. Similitud entre los cuatro estudios desarrollados sobre los lodos de Armero.

Tabla 2. Resultados de análisis edáficos de los cuatro estudios de sucesión.

Estudios	pH	M.O.	S (ppm)	P (ppm)	K (meq.)	Ca (meq.)	Mg (meq.)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
Estudio 1	3.3	0.38	1463	14.7	0.03	5.1	3.08	278.8	17.8	100
Estudio 2	4.34	1.44	413	107.2	0.178	7.24	3.42	136.6	3.72	23.76
Estudio 3	5.12	1.11	182.47	56.30	0.35	6.99	1.53	20.88	5.93	17.52
Estudio 4	5.37	0.79	62.6	57.6	0.23	4.8	2.3	36.44	2.29	15.92



de Braun Blanquet (1950). La tabla 3 presenta las principales especies por su dominancia en cada una de las consociaciones en los primeros cuatro años del suceso.

En el segundo estudio se apreció que la sucesión mostró la formación de 4 asociaciones vegetales así: Asociación Rhynchelytretum por la dominancia del pasto *Melinis repens* (Willd.) Zizka sinónimo *Rhynchelytrum repens* (Willd.) Hubb. “paja rosada”, asociación Indigoferetum, por la alta presencia de *Indigofera hirsuta* Jacq. “añil” y apreciable diversidad de leguminosas, asociación Ficetum por la dominancia de varias especies arbóreas del género *Ficus* y la asociación Panicetum por la abundancia del pasto *Panicum maximum* Jacq. “pasto india o guinea”, además se presentó una amplia zona en la consociación Lavapatatas habitada exclusivamente por *Cyperus ligularis* L. (*Mariscus ligularis*) que coincide con el área de mayor acumulación de azufre (1463 ppm).

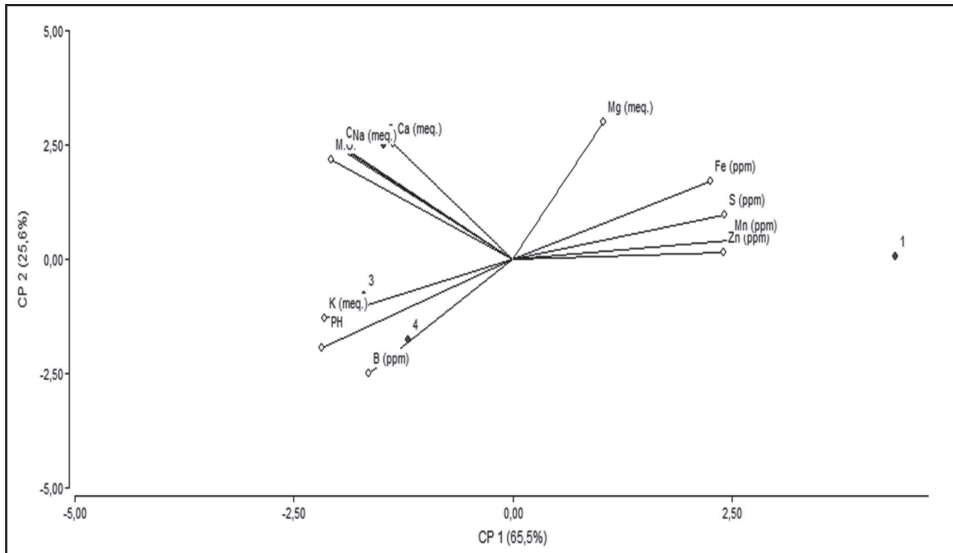
El tercer estudio mostró que en aquellas áreas donde la sucesión no ha sido intervenida, los relictos boscosos han presentado una vegetación más densa, destacándose especies arbóreas y subarbóreas como: Balso tambor (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.), guácimo (*Guazuma ulmifolia* L.), yarumo (*Cecropia angustifolia* Trécul), acacio forrajero (*Leucaena leucocephala* (Lam.)

de Wit), igua (*Albizia guachapele* (Kunth) Dugand), surrumbo (*Trema micranta* (L.) Blume), chitató (*Muntingia calabura* L.), matarratón (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp), dinde (*Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud.), palo bayo (*Senegalia affinis* Britton & Killip), tachuelo (*Zanthoxylum caribaeum* Lam.), capote (*Machaerium microphyllum* (E.Mey.) Standl.), angarillo (*Chloroleucum mangense* var. *vincentis* (Benth) Barneby & J.W. Grimes) y pelá (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.), entre otros.

En el tercer estudio se evidenció una reducción considerable en los niveles de azufre (182.47 ppm) y de hierro (20.88 ppm), un aumento en el pH (5.12) y una reducción muy baja en los niveles de materia orgánica (1.11). En el cuarto estudio se reportó una continua reducción en el azufre (62.6 ppm) y un incremento en el contenido de hierro (36.44 ppm); en los cuatro estudios realizados se reportó una textura franco-arenosa. Consecuente con los resultados anteriores, el biplot obtenido del análisis multivariado de componentes principales (PCA), muestra una estrecha relación entre los niveles altos de Fe y S con la vegetación encontrada en el primer estudio; el contenido más alto de materia orgánica reportado se asocia estrictamente a la vegetación presente en el segundo estudio y el pH se considera más relacionado con la vegetación reportada en el último estudio el cual ha ido aumentando a medida que disminuyen los niveles de azufre (figura 4).

**Tabla 3.** Especies dominantes en cada una de las consociaciones en el primer estudio.

Armero (AR)	San Lorenzo(SL)	El puente (E.P.)	La playa (L.P.)
<i>Melinis repens</i> <i>Rhynchelytrum repens</i> <i>Brachiaria fasciculata</i> <i>Ochroma pyramidalis</i> <i>Indigofera hirsuta</i>	<i>Melinis repens</i> <i>Cyperus ligularis</i> sin. <i>Mariscus ligularis</i> <i>Sarcostemma clausum</i> <i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Cyperus ligularis</i> <i>Digitaria sanguinalis</i> <i>Albizia guachapele</i> <i>Cecropia angustifolia</i> <i>Piper bogotensis</i>	<i>Cyperus ligularis</i> <i>Paspalum conjugatum</i> <i>Panicum maximum</i> <i>Calotropis procera</i> <i>Sarcostemma clausum</i>
Lavapatatas (LA)	Santuario (SA)	La estación (L.E.)	Cofa (C.F.)
<i>Cyperus ligularis</i> <i>Melinis repens</i> <i>Sarcostemma clausum</i> <i>Albizia guachapele</i>	<i>Cyperus ligularis</i> <i>Panicum maximum</i> <i>Portulaca oleracea</i> <i>Calotropis procera</i>	<i>Melinis repens</i> <i>Ficus insipida</i> <i>Cyperus ligularis</i> <i>Panicum maximum</i>	<i>Cyperus ligularis</i> <i>Achyranthes aspera</i> var. <i>indica</i> <i>Mimosa camporum</i> <i>Guazuma ulmifolia</i>



**Figura 4.** Biplot de análisis multivariado de componentes (PCA) en los lodos.

Para el cuarto estudio solo se distinguen dos comunidades vegetales o asociaciones, la Indigoferetum y la Ficetum, la presencia de *Melinis repens* (Willd.) Zizka pasó de ser la más frecuente en el primer estudio a una presencia esporádica, bejuco del diablo (*Sarcostemma clausum* (Jacq.) Schult.), fue en un comienzo la especie postrada que se extendió en los lodos formando redes, actualmente su presencia es escasa, el mosquero (*Croton leptostachyus* Kunth) solo hace presencia dentro de los lodos a partir del tercer estudio, el huevo de venado (*Tabernaemontana grandiflora* Jacq.) surge en la consociación Armero, donde se registró en el tercer estudio y para el cuarto hizo presencia en tres consociaciones más y las lianas *Abrus precatorius* L. y *Aristolochia maxima* Jacq. Se registraron recientemente en un bosque que se formó después del segundo estudio frente a la tumba de Omaira Sánchez. El mayor número de especies desde un comienzo lo han tenido las leguminosas con 53 en el primer estudio y 60 para el cuarto, las Poaceae con 31 y las Asteraceae con 20; la Tabla 2 presenta las principales especies por su dominancia en cada una de las consociaciones al cabo de los primeros cuatro años del suceso.

Pizano y García (2014), registraron 2569 especies vasculares para el bosque seco tropical (Bs-T) en Colombia, frente a las 569 especies registradas en total sobre los lodos de Armero, estas representan el 22% de las especies del Bs-T, así mismo se reportan 25 especies en común con los estudios realizados por Mendoza (1999), en el norte del Tolima, coincide también en que las familias con las especies dominantes son entre las dicotiledóneas las Leguminosas y las Poaceae entre las monocotiledóneas.

El proceso de sucesión vegetal sobre los lodos de Armero es de importancia ecológica para la región ya que los bosques secos enriquecen los suelos, regulan el agua y previenen la erosión, constituyéndose en un factor de estabilización de los sistemas agrícolas y ganaderos; sin embargo, la restauración de este ecosistema es lento si se tiene en cuenta que las condiciones edáficas recién ocurrido el fenómeno fueron críticas (Tabla 2) y a ello se suma la marcada estacionalidad de lluvias en este tipo de bosque.

Para el cuarto estudio se tomaron datos de dominancia abundancia y frecuencia (Figura

5), para calcular el I.V.I. de las especies arbóreas, lo que permitió establecer que las de mayor peso ecológico son especies pioneras, tales como *Guazuma ulmifolia* L., *Cecropia angustifolia* Trecup, *Maclura tinctoria* (L.) D. Don & Steud., *Acacia farnesiana* (L.) Wild y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Witt., que han sido reportadas como típicas en bosques secundarios de zonas secas, indicando que la vegetación circundante juega un papel preponderante en el proceso de sucesión vegetal de los lodos fluviovolcánicos de Armero.

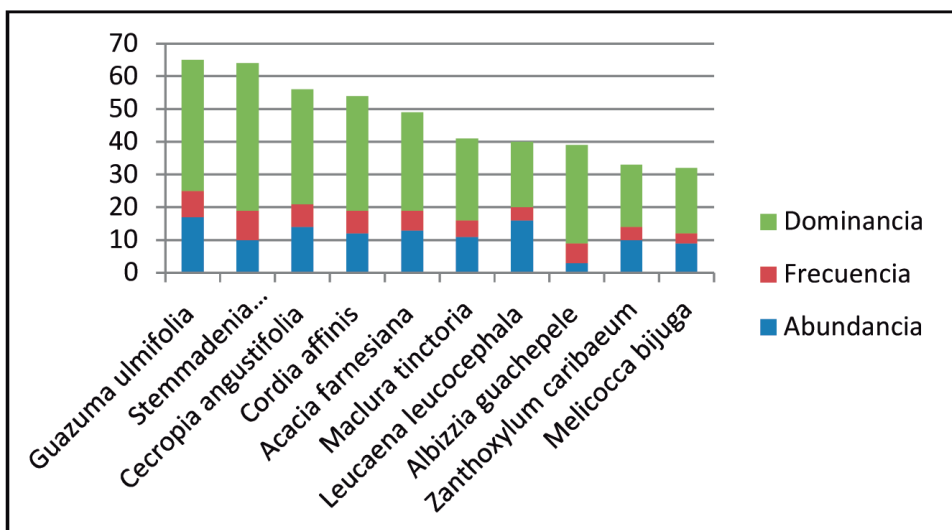
## DISCUSIÓN

Para los cuatro estudios se encontró que el índice de Shannon va en ascenso ya que para el primer estudio marca cercano a 2 y para el cuarto estudio está en 3,2 (Tabla 4), es decir, una tendencia a la homogenización si se tiene

en cuenta que el máximo valor es de 5, lo cual permite suponer una recuperación del ecosistema boscoso; respecto al índice de dominancia de Simpson, deja ver un aumento gradual que refleja una tendencia al ordenamiento ecológico con la posibilidad de encontrar que por lo menos dos individuos de la misma especie estén en la misma área de muestreo, reflejando una tendencia hacia la dominancia de unas pocas especies. Al analizar el índice de riqueza de Margalef se aprecia que los cuatro estudios tienen una alta diversidad al ser superior a cinco sus valores, siendo la mayor la del segundo estudio, calculada nueve años después de la erupción, debido al significativo número de herbáceas, al notable incremento de sufruticosas y árboles (figura 2), lo que indica que las asociaciones vegetales que se dieron al inicio del desarrollo de la sucesión y que cubrían grandes zonas, han venido siendo remplazadas por otras con menor densidad y mayor diversidad. Esto refleja la dinámica que está presentando la vegetación que se desarrolla sobre los lodos, los cuales a la fecha ostentan unas características fisicoquímicas que favorecen el desarrollo de especies que no se habían registrado, aumentando la diversidad y riqueza de esta zona.

**Tabla 4.** Valores de los índices de diversidad y riqueza de los cuatro estudios.

Familia	Estudio 1 (1989)	Estudio 2 (1994)	Estudio 3 (1999)	Estudio 4 (2012)
Especies	294	332	284	202
Shannon Weaver	1,933	1,795	2,011	3,2144
Simpson	0,6344	0,6568	0,7413	0,79004
Margalef	6,269	7,531	5,787	5,5704



**Figura 5.** Índice de Valor de Importancia para las diez primeras especies.

### Composición florística

La vegetación registrada a lo largo de 30 años presenta un recambio constante con la desaparición de unas especies y la continua incorporación de otras, se reconoce con ello una paulatina tendencia sucesional hacia una comunidad vegetal más avanzada reflejado en un proceso de sucesión. Las comunidades vegetales presentes conservan un porcentaje de hábito de crecimiento constante, sin embargo, las especies arbóreas dominan considerablemente la mayor parte de la zona, desplazando las comunidades constituidas por hierbas y conformando parches de bosques. La composición florística registrada en el cuarto estudio presenta una gran cantidad de elementos reportados como típicos de bosque seco tropical secundario, por lo que se podría afirmar que la vegetación circundante juega un papel preponderante en la dinámica sucesional de estos bosques (Rangel & Velásquez, 1997). De acuerdo a los años de sucedido el fenómeno natural, lo esperado es precisamente lo que se observa actualmente ya que hay una tendencia al establecimiento de pequeños bosques.

### Índice de similitud

La similitud de la vegetación entre el primer y el último estudio (figura 3) se puede deber a la intervención a la que ha sido sometido actualmente el área de Armero, lo que conlleva a una pérdida de las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de especies menos tolerantes, haciendo que el proceso de sucesión se reinicie con el establecimiento de especies pioneras, esto es similar a lo planteado por Evans (2006) quien indica que la sucesión no es unidireccional sino que por el contrario es un proceso dinámico que puede presentar un retroceso. Rodríguez *et al.* (2001) indican que el cambio en la composición florística está fuertemente relacionado con el cambio y la evolución de las condiciones del suelo y que estos procesos se dan a largo

plazo, además, existe la fuerte influencia de nuevas perturbaciones como la extensión de cultivos de arroz y algodón principalmente, el pastoreo de ganado, la deforestación y la quema de áreas de bosque.

### Suelo

El mayor o menor grado de regeneración de la vegetación, parece estar relacionada con la variación de algunas de las características edáficas, más directamente relacionadas con la calidad del suelo, encontrando que las formaciones actuales de vegetación boscosa se establecen en condiciones favorables para su desarrollo como lo son mayor contenido de materia orgánica y la disminución de las concentraciones de Fe, S y Al.

A partir del segundo estudio Ramírez & Esquivel (1994) se reportó una íntima relación entre el proceso de sucesión vegetal y la evolución de las características del suelo, la textura franco arenosa presenta una adhesividad media, una infiltración buena, una retención de humedad regular y una aireación buena, que conforman unas condiciones efectivas para el desarrollo de las funciones fisiológicas de las plantas (Fajardo, 2005).

Los elevados contenidos de hierro y azufre que se reportaron en el primer estudio son consecuentes por la alta carga de estos elementos que fueron depositados por los lodos volcánicos. A medida que se inició el crecimiento de la vegetación, los niveles de éstos elementos se redujeron considerablemente por la incorporación realizada a las plantas, especialmente en las forrajeras. Gómez (2014) en su trabajo de investigación en la región del alto Magdalena “Estudio de plantas tropicales promisorias para uso forrajero terapéutico en rumiantes”, presentó 39 especies de las cuales 27 son leguminosas, 23 de ellas están presentes sobre los lodos de Armero, lo cual corrobora la importancia de estas en el proceso de sucesión.

La acidez del suelo al estar relacionada con las propiedades físicas y químicas ha sido fundamental para el establecimiento de la vegetación actual, el cual ha presentado una disminución progresiva de la acidificación, favoreciendo la disponibilidad y asimilación de los nutrimentos por las plantas.

El aumento en el contenido de la materia orgánica ha sido favorecido por la temperatura (Lora, 1971), también la textura francoarenosa ha permitido el balance entre los procesos de aporte al suelo, de igual forma las condiciones cercanas de neutralidad que se presentan en el suelo han favorecido la descomposición de la materia orgánica dentro de los rangos ideales para la obtención de productos aprovechables por la plantas.

## CONCLUSIONES

El proceso de sucesión muestra que para el segundo estudio hubo un incremento de 115 especies que no se observaron dentro de los lodos inicialmente, lo que a su vez deja ver que 77 especies del primer estudio no se registraron en el segundo al confrontar los totales de los dos muestreos, para el tercer estudio hubo un incremento de 87 especies y a su vez no se registran 135 que estaban presentes en el anterior estudio, para el cuarto estudio se muestra un incremento de 59 especies que no se habían presentado en los tres primeros estudios y a la vez 126 especies del anterior estudio no se reportaron. Estos datos tienen su explicación en dos motivos principalmente, el primero la natural sucesión que se da y la segunda por las perturbaciones como pastoreo, quemas, talas y ampliación de áreas de cultivo.

La vegetación ha presentado un recambio constante y se reconoce actualmente una formación sucesional avanzada con dominio del hábito de crecimiento arbóreo y en aquellos lugares donde hay mayor intervención antrópica se evidencia el reinicio del proceso de sucesión con el regreso de especies pio-

neras. El índice de Similitud (Jaccard, figura 2) muestra que el segundo y tercer estudio comparten más del 40% de las especies

La vegetación surgida sobre el área afectada por los lodos y la sucesión observada ha mostrado la capacidad del sistema para restablecerse confirmando así su nivel de resiliencia, facilitado por el proceso de evolución edafológica que muestran los periódicos análisis de suelos.

Al cabo de 30 años de ocurrida la erupción del volcán, se aprecia un notable aumento en la fertilidad de los lodos ocasionado por la evolución en el PH que de 3.1 en algunos sectores al comienzo, ahora se registran valores entre 4 y 7.2, la materia orgánica de niveles bajos ha subido a valores de 0.9 y 1.1, la capacidad de intercambio catiónico C.I.C. ha subido a valores entre 9 y 13 y el AI que es un inhibidor del desarrollo de plántulas ha bajado y ahora oscila entre 0 y 1.6, a ello se suma la acción de las 78 especies de leguminosas que durante los 30 años han actuado como agentes fertilizantes gracias a los nódulos con bacterias nitrificantes que poseen en sus raíces, como se pudo verificar en la especie *Desmodium tortuosum* (Sw.) DC.

La vegetación que hasta ahora se ha desarrollado sobre los lodos de Armero representa un 22% del total de especies publicadas para el Bs-T (Pizano & García, 2014); Mendoza (1999) en su estudio sobre la riqueza florística del bosque seco tropical de la región Caribe y el Valle del río Magdalena, cita para el valle del Magdalena 79 especies, de las cuales 25 están registradas en el presente estudio.

Teniendo en cuenta que el bosque seco tropical es un ecosistema que posee una gran diversidad biológica y a su vez ofrece numerosos servicios ecosistémicos de los cuales la población humana llega a ser la más beneficiada, es importante recuperar en lo posible la estructura original, la flora y la fauna perdida de tan degradado ecosistema, de tal forma que la regeneración del bosque permita la



renovación y la continuidad de las especies, mediante el establecimiento de semillas, su germinación y desarrollo de las plántulas.

Se han realizado análisis espaciales donde se muestra que aproximadamente el 97% del bsT se encuentra amenazado actualmente por factores antrópicos como la expansión agrícola, la ganadería y el fuego (IAvH, 2014), por estas razones urge el compromiso de las autoridades ambientales y municipales para que se conserven los parches de bosque que han logrado establecerse y se impidan las quemadas y talas que con frecuencia afectan la libre sucesión vegetal de la zona ocupada por los lodos volcánicos.

Esta situación se presenta también en el bosque seco tropical del valle interandino del río Magdalena; para el caso específico del Tolima, la extensión original era de aproximadamente de 14.569 km<sup>2</sup>, sin embargo, a causa de los diferentes tipos de acción antrópica actualmente se conserva menos del 3% de la cobertura original (Pizano & García. 2014).

## LITERATURA CITADA

ALFARO, E.A., A. ALVARADO, A. CHAVERRI. 2001. Cambios edáficos asociados a tres etapas sucesionales de bosque tropical seco en Guanacaste, Costa Rica. En *Agronomía Costarricense* 25(1): 7-20.

ARBELO, C.D., A. RODRIGUEZ, J.A. GUERRA & J.L. MORA. 2002. Calidad del suelo y sucesión vegetal en andosoles forestales de las Islas Canarias. *Edafología* 9(1): 31-38.

BRAUN BLANQUET, J. 1950. *Sociología Vegetal*. Ediciones ACME, Agency Ltda. Buenos Aires. 444 p.

CALVACHE, M.L. 1986. Historia eruptiva del nevado del Ruiz. En *Ecología de un desastre* pp. 56-63. Palomino O. Gonzalo. Editor. Talleres de publicidad del SENA. Regional Tolima. Ibagué. Segunda edición.

CHAVES, H. & J. GUEVARA. 1987. Delimitación de los suelos (protosuelos). En: Proyecto

de restauración forestal y corrección de torrentes en las zonas afectadas por la erupción del volcán nevado del Ruiz. FAO. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección Agrícola. Bogotá.

DEL MORAL, R. 1985. Succession and local species turnover on mount St. Helen. Washington. *Acta Phytogeogr. Suec.* 85: 51-60.

ELIAS, RB. & E. DÍAZ. 2004. Primary succession on lava domes on Terceira (Azores). *Journal of Vegetation Science* 15: 331-338.

ESQUIVEL, H.E. & G. LEGUZAMÓN. 1989. Estudio florístico de la región cubierta por los lodos fluviovolcánicos en la zona de Armero, como consecuencia de la erupción del volcán nevado del Ruiz, el 13 de noviembre de 1985. Universidad del Tolima. Ibagué.

ESQUIVEL, H., FRYE, A. & L.M. RAMIREZ. 1999. Estado de la sucesión vegetal y edafológica de los lodos de Armero 15 años después de la erupción del volcán Arenas del nevado del Ruiz. Informe técnico, Universidad del Tolima. Ibagué 134p.

EVANS, M. 2006. Caracterización de la vegetación natural de sucesión primaria en el Parque Nacional Volcán Pacaya y laguna de Calderas. Guatemala. Tesis maestría. CATIE-Turrialba- Costa Rica. Pp.114.

FAJARDO, L., J.P. RODRÍGUEZ, V. GONZÁLEZ & J.M. BRICEÑO-LINARES. 2013. Restoration of a degraded tropical dry forest in Macanao, Venezuela. *J Arid Environ.* 88:236-243. Doi: 10.1016/j.jaridenv.2012.08.009.

FAJARDO, N.F. 2005. Uso y manejo de suelos. Universidad del Tolima. Ibagué.

FAO, 1990. Guidelines for soil profile description. 3rd ed. FAO, Rome/ISIC, Wageningen, Holland.

FINEGAN, B. 1984. Forest succession. *Nature* 312 (8): 109-114.

FINEGAN, B 1992. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. Informe técnico No 188. Colección silvicultura y manejo de

- bosques naturales. CATIE Turrialba, Costa Rica. 28 p.
- FLÓREZ, A. & F. OCHOA. 1986. La erupción del volcán del Ruíz. *Revista Colombia Sus Gentes y Regiones*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- FRYE CASAS, A. 1986. Caracterización física y química y diagnóstico edafológico de los aluviones volcánicos en Armero. En *Ecología de un desastre*. Palomino O. Gonzalo. Editor. Talleres de publicidad del SENA. Regional Tolima. Ibagué. Segunda edición.
- GÓMEZ, J.E. 2014. Plantas tropicales promisorias para uso forrajero terapéutico en rumiantes. Universidad del Tolima. Ibagué.
- GIMÉNEZ, J. DE AZCÁRATE & M. VELÁZQUEZ. 1997. Fitosociología y sucesión en el volcán Parícutín (Michoacán, México). *Caldasia* 19(3): 487-505.
- ICA. 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Produmedios. Bogotá D.C.
- INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT (IAVH). 1998. El Bosque Seco Tropical (bs-T) en Colombia. IAVH, Villa de Leyva.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 1985. Mapa del estudio detallado de los lodos volcánicos en la zona de Armero, Bogotá D.C.
- KENNARD, D.K. 2002. Secondary forest succession in a tropical dry forest: patterns of development across a 50-year chronosequence in lowland Bolivia. *Journal of Tropical Ecology* 18(01): 53-66. doi.org/10.1017/S0266467402002031.
- KREBS, C.J. 1978. *Ecological Methodology*. Haper & Row Publishers, Nueva York. 179 p.
- MALAGÓN, D.C. 1987. Evolución de las características del lodo durante el primer año (1985-1986) en Proyecto de restauración forestal y corrección de torrentes en las zonas afectadas por la erupción del volcán nevado del Ruíz. FAO. IGAC. Bogotá. P. 116.
- MATEUCCI, S. & A. COLMA. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa regional de desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. 166 p.
- MEDINA, M. 2003. Análisis del estado de sucesión secundaria de la zona boscosa comprendida en el municipio de Cincquera, departamento de Cabañas, El Salvador. Trabajo de Tesis. Universidad de El Salvador.
- MELO, O.A. & R. VARGAS. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima. Ediciones Conde. Ibagué. 230 p.
- MENDOZA, H. 1999. Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el valle del río Magdalena. *Caldasia* 21(1): 70-94
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2003. Restauración de ecosistemas a partir del manejo de la vegetación, guía metodológica. Bogotá D.C. 98 p.
- MURPHY, P.G. & A.E. LUGO. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annals Review of Ecology and Systematics* 17:67-68.
- NATHAN, R. & H.C. MULLER-LANDAU. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment trends in ecology. *Trends in Ecology & Evolution* 15(7): 278-285.
- NORDEN, N. 2014. Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia Forestal* 17(2): 247-261.
- PIZANO, C. & H. GARCÍA. 2014. El Bosque Seco Tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C.
- RAMÍREZ, L.M. & H.E. ESQUIVEL. 1995. Estudio de la sucesión vegetal en los lodos fluviovolcánicos de Armero-Tolima. *Revista Asociación Colombiana de Herbarios* 5: 43-70.
- RANGEL, J.O., & A. VELASQUEZ. 1997. Métodos de estudios de la vegetación. Pp. 59-87. En:

- J.O. Rangel-Ch (ed.), *Diversidad Biótica II*. Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- RODRIGUEZ, A., C.D. ARBELO, J.A. GUERRA & J.L. MORA. 2001. Influences of changes in use on the properties of andosols and andic soils. En: *Volcanic Soils. Properties, Processes and Land Use Internat. Workshop*, Ponta Delgada, Azores, Portugal, 114-115.
- SALAMANCA, B. & G. CAMARGO. 2000. *Protocolo Distrito de Restauración Ecológica: guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santa fe de Bogotá*. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA - Fundación Estación Biológica Bachaqueros FEBB. Bogotá D.C.
- SALAMANCA, S. 1991. *The vegetation of the páramo and its dynamics in the volcanic masif Ruiz Tolima (Cordillera Central, Colombia)*. Tesis Doctoral. Universidad de Amsterdam. Amsterdam.
- TORRES, A.M., J.B. ADARVE, M. CÁRDENAS, J.A. VARGAS, V. LONDOÑO, K. RIVERA, J. HOME, O.L. DUQUE & A.M. GONZÁLEZ. 2012. Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 13(2): 66-85.
- VALENCIA, J., J.L. TRUJILLO & O. VARGAS. 2012. Dinámica de la vegetación en un enclave semiárido del río Chicamocha, Colombia. *Biota Colombiana* 13(2): 40-65.
- WALKER, B, C.S. HOLLING, S.R. CARPENTER & A. KINZIG. 2004. Resilience, Adaptability and Transformability in Social – ecological Systems. *Ecology and Society* 9 (2): art 5. [online] URL: [http:// www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5](http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5).
- WRIGHT, J. & H. MULLER-LANDAU. 2006. The Future of Tropical Forest Species. *Biotropica* 38: 287-301.
- YEPES, A.P. & J.A. VILLA. 2010. Sucesión vegetal luego de un proceso de restauración ecológica en un fragmento de bosque seco tropical. *Revista Lasallista de Investigación* 7(2): 24-34.

Recibido: 24/11/2015

Aceptado: 15/05/2016