



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Biología del Medio Ambiente

EFECTO DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*) Y PINO (*Pinus patula*) EN LA RECUPERACIÓN DEL SUELO Y EN LA REGENERACIÓN NATURAL DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO PAUTE

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Biólogo

Autores:

**Julio Danilo Mejía C.
Luís Mario Moscoso P.**

Director:

Dr. Gustavo Chacón Vintimilla

**Cuenca, Ecuador
2010**

DEDICATORIA

A Dios, nuestros padres, esposa e hijos, por todo el apoyo y energía para culminar esta etapa de nuestro continuo aprendizaje.

AGRADECIMIENTO

Al Programa de Manejo de Agua y Suelo de la Universidad de Cuenca (PROMAS),
en las personas de la Ing. Anja Wijffel MSc., Ing. Eduardo Tacuri e Ing. For. Jorge
Zaruma.

Al Dr. Gustavo Chacón V., Blgo. Danilo Minga, Ing. Rafaella Ansaloni, Ing. For.
Katherine Laveren.

RESUMEN

El entonces INECEL y la UMACPA desarrollaron prácticas de recuperación del suelo en terrenos casi desérticos de la cuenca media del río Paute. Estas prácticas correspondieron principalmente al establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *Pinus patula*. Quince años después, este estudio analizó los impactos de las plantaciones en el suelo y la regeneración natural. Se encontraron 30 especies vegetales herbáceas y arbustivas, y las zonas de muestreo fueron agrupadas en 4 “clusters” bien diferenciados, aunque guardan similitudes de composición vegetal y estado de conservación. Si bien los sitios mantienen una importante cobertura vegetal, los suelos aun continúan erosionándose.

Eucalyptus globulus AND Pinus patula PLANTATION EFFECTS ON THE SOIL AND SECOND GROWTH IN THE MIDDLE ELEVATIONS OF THE PAUTE WATERSHED

ABSTRACT

The former INECEL and UMACPA developed soil regeneration practices on almost desert land in the middle elevations of the Paute watershed. These practices corresponded mainly to the establishment of *Eucalyptus globulus* and *Pinus patula* plantations. Fifteen years later, this study analyzed the impacts of these plantations on the soil and second growth. Thirty herb and shrub species were found. The study sites were grouped in 4 different clusters, although these share similarities in plant composition and conservation state. Even if the sites maintain considerable plant cover, their soils continue to erode.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE MAPAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	7
1.1 METODOLOGÍA	7
1.1.1 Sitio de Estudio	7
1.1.2 Identificación de los Sitios.....	8
1.1.3 Trabajo de Campo.....	10
1.1.4 Obtención de Datos Físicos.....	10
1.1.5 Análisis Estadístico	11
CAPÍTULO 2.....	12
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	12
CONCLUSIONES	29
BIBLIOGRAFÍA.	32
ANEXOS.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Plantaciones y sus variables.....	8
Tabla 2. Correlaciones de las variables con el primer y segundo componentes principales	12

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación de los sitios de estudio.....	9
---	---

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. ACP de las zonas de muestreo y las variables en función de los componentes rincipales.	13
Figura 2. Análisis Cluster: dendograma con linkage completo, distancia euclidea y auto-escalado de variables.....	14
Figura 3. Análisis Cluster: dendograma con con un criterio de enlace completo y con un coeficiente de correlación de Pearson..	23
Figura 4. Comunidad arbustiva de las plantaciones de Eucalipto.....	24
Figura 5. Comunidad arbustiva de las plantaciones de Eucalipto.....	24

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Lista de especies vegetales presentes en las plantaciones de Pino y Eucalipto.	36
Anexo 2 Interior de las plantaciones.....	38
Anexo 3 Cuadrante de 50 cm ²	39
Anexo 4 Forma de las plantaciones de Pino y Eucalipto.....	40

Mejía Coronel Julio Danilo
Moscoso Paredes Luis Mario
Trabajo de Graduación
Dr. Gustavo Chacón Vintimilla PhD.
Enero del 2010

**EFFECTO DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*)
Y PINO (*Pinus patula*) EN LA RECUPERACIÓN DEL SUELO Y EN LA
REGENERACIÓN NATURAL DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO
PAUTE.**

INTRODUCCIÓN

En los Andes ecuatorianos los distintos usos del suelo y prácticas inadecuadas de manejo a lo largo de la historia han ocasionado un deterioro progresivo de los suelos que inicia con cambios en la composición vegetal, la pérdida gradual de su fertilidad y la disminución drástica de la materia orgánica.

Según Chacón (2003), las reformas agrarias de 1964 y 1974 contribuyeron con la deforestación de los Andes debido a la miniaturización y redistribución de las haciendas, expandiendo los minifundios (áreas < 1 ha) hacia terrenos marginales, en pendientes y zonas altas montañosas. Solo en el curso de los últimos 40 años, se identifican procesos de deforestación intensa debido al acelerado acceso del minifundio a todos los rangos altitudinales de la sierra, sobre todo con relación a la expansión de la frontera ganadera (De Nonni y Viennot, 1993; Wunder, 2000).

Con estos antecedentes, la Jefatura Forestal del entonces Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) a través de su Unidad de Manejo de la Cuenca del Río Paute (UMACPA), desarrolló desde agosto de 1995 hasta febrero de 1996, la implementación de diferentes prácticas agronómicas, forestales y físicas, o complementarias, con la finalidad de procurar la recuperación física biológica de terrenos que presentaban un avanzado proceso erosivo debido a las actividades agropecuarias, sobreuso e inadecuadas prácticas de manejo, como las actividades agroproductivas ejecutadas mayoritariamente en tierras de ladera, superficies no aptas para esta intensidad de uso, es decir cultivos anuales continuos en tierras de fuertes pendientes y pasturas de baja calidad que inmediatamente originan la pérdida

del suelo superficial y la formación de "terracetas" debido al sobrepastoreo y pisoteo animal, que desembocaron en tierras sin suelo agrícola y por lo tanto sin posibilidad de utilización agroproductiva. Existen muchas áreas en donde se ha perdido completamente el suelo orgánico-mineral, el que posteriormente ha sido acarreado por la lluvia hacia las partes bajas llegando en muchos casos a aflorar la roca madre. En la cuenca media del río Paute, en concordancia con el diagnóstico valorado de sus condiciones físicas y ecológicas, UMACPA procedió a implementar plantaciones forestales de Eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*) y Pino (*Pinus patula Sch. y Cham.*), en zonas donde el grado de deterioro presentaba condiciones desérticas o muy alteradas en comparación con las áreas aledañas; donde fue posible identificar "zonas de exclusión", debido a su alta vulnerabilidad frente a los procesos erosivos. El objetivo de tales plantaciones a mediano plazo fue el de la creación de masas arbóreas que permitan la correcta utilización de los suelos con aptitud forestal y la meta a largo plazo estaba dirigida a la recuperación de terrenos con un avanzado proceso erosivo, y evitar el arrastre continuo de sedimentos a los afluentes del río Paute.

La recuperación de suelos mediante la forestación y reforestación con plantaciones de especies maderables, se sustentó en las siguientes características (Silva y Triviño 1991):

- En la producción agrícola, los turnos entre una y otra cosecha se miden en meses, mientras que en las plantaciones forestales los turnos de cosecha se miden en años, así transcurre mayor tiempo entre una y otra cosecha.
- Los productos de los cultivos agrícolas destinados para el consumo humano extraen los nutrientes rápidamente del suelo y los concentran en frutas, tubérculos, granos, raíces, etc., y para mantener su productividad requieren ser fertilizados continuamente; mientras que comparativamente la cosecha de madera extrae menos nutrientes a corto plazo.
- Los requerimientos nutricionales de las especies forestales son menos exigentes en el turno respectivo, que las especies agrícolas, por lo que pueden crecer en suelos desgastados, compactados y empobrecidos.
- Los cultivos agrícolas exigen de preparación del suelo y siembra una vez al año como mínimo, y el suelo queda completamente descubierto a merced de los diferentes agentes erosivos, lo que degrada con mayor velocidad el suelo;

las plantaciones forestales por su parte necesitan de estos procesos una sola vez, facilitando las tareas de control de las plantaciones.

En cuanto a las especies seleccionadas para ser plantadas no solo se eligieron por su ecología y características particulares, la historia de manejo de estas especies en el Ecuador también fue determinante para su utilización.

Pinus patula Sch. y Cham. Es una especie originaria de México y se lo ha introducido en varios países. En bosques manejados el árbol puede alcanzar unos 30 m de altura y un DAP de 1 m, con un fuste recto y aserrable de unos 18 m. Lamprecht, 1989 dice que en el Ecuador se lo introdujo hace 30 años, es decir que lleva en nuestro país alrededor de 50 años, su rango altitudinal está entre 2.200 a 3.200 m snm; en Azuay se lo ha plantado hasta los 3.600 m snm pero su crecimiento es muy lento a esas alturas. Con respecto a la precipitación, crece bien entre los 500 y 1.000 mm anuales (Zaruma y Tacuri, 2006).

Una vez que la planta alcanza 1 m de altura, empieza a crecer rápido de acuerdo a la fertilidad del suelo. A los 5 años en la plantación y en el período de lluvias, aparecen hongos que provienen de la micorriza y son comestibles. Los usos que tiene actualmente esta especie son: formación de cortinas rompe vientos, obtención de hongos comestibles, aprovechamiento de suelos erosionados, leña de baja calidad, producción de postes para cercas, vigas para construcciones rurales y madera para aserrar. Adicionalmente, a partir del 4to. año, en los bosques de pinos y en el período invernal aparecen hongos comestibles y comerciables (Zaruma y Tacuri, 2006).

Eucalyptus globulus Labille o común. Es la especie más conocida y difundida en la sierra. Según Jacobs, 1979, se plantó entre los 1800 y 3300 m snm desde 1865, sin embargo su rango de crecimiento óptimo va desde los 1.800 hasta los 2.700 m snm, en sitios con poca niebla, con suelos fértiles y con precipitación entre 500 y 1.000 mm (Hofstede et al, 1998). En suelos pobres, especialmente en fósforo, calcio y boro los árboles presentan la "muerte descendente o regresiva" con la presencia de hojas rojizas, tallos delgados y secos. En 1996 se observó en el Azuay que todas las plantaciones jóvenes eran atacadas por un pulgón presente en las hojas tiernas de la planta. No se planta cerca a los cultivos por la fuerte competencia de las raíces laterales que hace bajar los rendimientos de las plantas cercanas; durante el verano o en lugares con poca lluvia desarrolla más raíces para abastecerse (Zaruma y Tacuri, 2006).

Tanto el pino como el eucalipto debido a su gran plasticidad ecológica han sido introducidos en diversos ambientes alrededor de todo el mundo. *Pinus patula*, ha sido plantado extensamente fuera de su área original incluyendo el sur de África, India, Sudamérica y Australia, teniendo éxito en estos lugares y muy probablemente se ha naturalizado en por lo menos algunos de ellos (Gillespie y Andrew. 1992).

Los eucaliptos son cultivados en Brasil, Uruguay, Argentina, Chile, Perú, Estados Unidos, África del Sur, Rhodesia, Angola, Kenia, Portugal, Países Mediterráneos, India, Ceilán, Indonesia, etc. (Silva-Triviño 1991).

Los criterios en cuanto a los beneficios y perjuicios de las plantaciones de pino y eucalipto, son tan múltiples y variados como su distribución alrededor del mundo.

Ambas especies en el Ecuador se han establecido incluso en sitios altamente perturbados. Chacón, 2006 argumenta que la utilización de eucalipto y pino es muy común, y que en suelos empobrecidos históricamente las únicas opciones viables que pueden crecer adecuadamente son las especies de plantas introducidas como las coníferas del género *Pinus*, y otros géneros comunes como *Eucalyptus*, *Acacia*, etc., debido a su alta capacidad de adaptación a condiciones extremas, y cuya estrategia se basa en la absorción eficiente de elementos nutritivos, antes que en una recirculación nutritiva eficaz que redundaría en procesos de mantenimiento de la fertilidad del sitio.

En lo referente a las alteraciones producidas por los pinos en el suelo, algunos autores señalan que la presencia de pinos incrementa la acidez del suelo y, asociada con ésta, se alteran procesos edáficos como: hidrólisis ácida, lixiviación de cationes básicos, nitrificación y actividad fúngica (Urrego, 1997; Dames et al., 1998; Scholes y Nowicki, 1998; Lilienfein et al., 2000). Estas modificaciones pueden ser tan drásticas que producen cambios en las categorías taxonómicas más altas del suelo (Amiotti et al., 2000).

Las plantaciones de Pino y Eucalipto presentan un incremento de biomasa con fermentos en el suelo con la edad de la plantación y una vegetación de sotobosque reducida, se ha asumido que las hojas y ascúsculas de *Eucalyptus* spp., y *Pinus* spp., tienen tasas de descomposición bajas por sus altos contenidos de aceites, sustancias alelopáticas, fenoles y lignina (Evans.1982; Kardell et al., 1986; Taylor et al., 1989; Michelsen et al., 1993). Se argumenta también que las especies exóticas son las responsables de aumentar o mantener la condición de degradación de los suelos (Chacón et al, 2006).

Debido a las peculiaridades que presentan las plantaciones de pino y eucalipto, para Zaruma, 2006, una gran parte de la preocupación local (Azuay) y particularmente en las áreas de exclusión (cuenca media del río Paute), se sustentan en el criterio altamente difundido de que el impacto de las plantaciones sobre el suelo está relacionado con la erosión. La hidrofobicidad en los suelos forestales donde están plantadas las especies *Eucalyptus globulos* y *Pinus patula*, puede reducir la infiltración del agua y por consiguiente el flujo del agua en la superficie y la erosión (Zaruma y Tacuri, 2006).

Según el mismo autor, existen casos en que el establecimiento y manejo de las plantaciones conducen a la erosión y sedimentación, pero también los hay en que las plantaciones mejoran el suelo y promueven la acumulación de nutrientes (Zaruma y Tacuri, 2006).

Las plantaciones forestales comerciales de *Pinus Patula* y *Eucalyptus grandis* (Colombia) manejadas adecuadamente, en comparación con praderas con rastrojo y con uso actual pecuario, favorece en términos generales la presencia y permanencia de la biota local. (Pinilla y Suárez ,1999).

Las plantaciones pueden tener efectos neutros o positivos en el suelo cuando se usan en programas de rehabilitación de áreas sumamente degradadas, tomando como referencia bosques a 2.750 m snm (Cavelier y Tobler, 1998; Lugo, 1992).

En el marco del proyecto “Contribución de la (re)forestación al mejoramiento de tierras en los Andes del sur del Ecuador: evaluación, modelización y soporte de planificación”, del Programa de Manejo de Agua y Suelo (PROMAS) de la Universidad de Cuenca, y específicamente en la “Descripción de los Principales Sitios de Investigación en la Cuenca Media del Río Paute, Plantaciones y Áreas de Exclusión”; el presente estudio analizó las plantaciones de eucalipto y pino que hoy existen en la cuenca media del río Paute. En consideración con las características atribuidas a las plantaciones de Eucalipto y Pino, fue necesario analizar la colonización del interior de dichas plantaciones por parte de otras especies e identificar la flora nativa asociada con estas, debido a que en la Sierra sur del Ecuador la información referente a este tema es muy escasa.

Resultó indispensable centrar la investigación en el desarrollo del sotobosque, debido a que las especies no forestales que las han colonizado se han establecido únicamente a este nivel.

Determinar la existencia de correlaciones entre las plantaciones de pino y eucalipto, la revegetación (colonización) por parte de las especies nativas, las condiciones físicas, y las características del suelo, proveerán valiosos insumos para el planteamiento de planes de manejo de la cuenca media del río Paute, con lineamientos afines a la realidad de la zona y basados en las experiencias de manejo anteriores para potencializar las acciones que han producido efectos positivos, y corregir aquellas prácticas poco efectivas o negativas.

CAPÍTULO 1

1.1 METODOLOGÍA

1.1.1 Sitio de Estudio

La cuenca del río Paute está formada por tres zonas: la cuenca alta que se encuentra a partir de los 3.000 m s.n.m., caracterizada por contener ecosistemas de bosques montano bajos y bosques piemontanos de la Amazonia; en cuanto al clima de estas dos cuencas, la precipitación varía intensamente según la posición geográfica, por ejemplo, el mínimo de lluvias anuales se presenta en el sur (600 mm), con un promedio anual de 1800 mm y el máximo en la región oriental (3.000 mm), que tiene marcada influencia amazónica. La cuenca muestra dos regímenes de precipitación, el primero en la zona oriental, por debajo de los 2.200 m s.n.m., en donde el pico de lluvias se da en junio o julio; la segunda zona ubicada sobre los 3.000 m s.n.m., tiene un régimen bimodal con dos picos de precipitación, el primero entre noviembre y diciembre, y el segundo, entre marzo y abril (DIFORPA, 1995), la tercera es la cuenca media donde se realizó este estudio.

El área de la cuenca media tiene una extensión aproximada de 130.000 ha y un rango de altura que va desde los 2.200 m s.n.m. hasta los 3.000 m s.n.m., la precipitación mínima es de 711,5 mm, la máxima de 1249,6 mm y la media anual es de 960,68 mm, su temperatura varía desde una mínima de 11,8 °C hasta una máxima de 16,6 °C, y la media anual es de 14,2 °C. En esta zona la vegetación natural es muy reducida por efecto de la intervención antrópica (cultivos de ciclo corto y pastos), además aquí se ubican plantaciones consideradas como zonas de alto riesgo para la erosión (DIFORPA, 1995).

Este estudio se realizó en las subcuencas de los ríos Burgay, Cuenca, Jadán, Yanuncay y Tarqui. Estas cuencas están situadas en las provincias de Azuay y Cañar. Los bosques de Pino (*Pinus patula*) y Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), se encuentran principalmente en fuertes declives y las regiones superiores que son menos aptas para la agricultura (PROMAS, 2005). El rango altitudinal de los sitios de investigación varía desde los 2.300 hasta los 2.900 m.s.n.m, con una excepción a 3065 m. s.n.m (La Conferencia).

1.1.2 Identificación de los Sitios

Se determinaron 34 sitios muestreo (Tabla 1), 13 de ellos (grupo 1) que no poseían datos de variables como C, N, P y pH para el suelo, fueron excluidos del análisis estadístico pero sí se incluyeron en el análisis de composición vegetal y de las condiciones físicas. Con los otros 21 sitios (grupo) se realizó un Análisis de Componentes Principales.

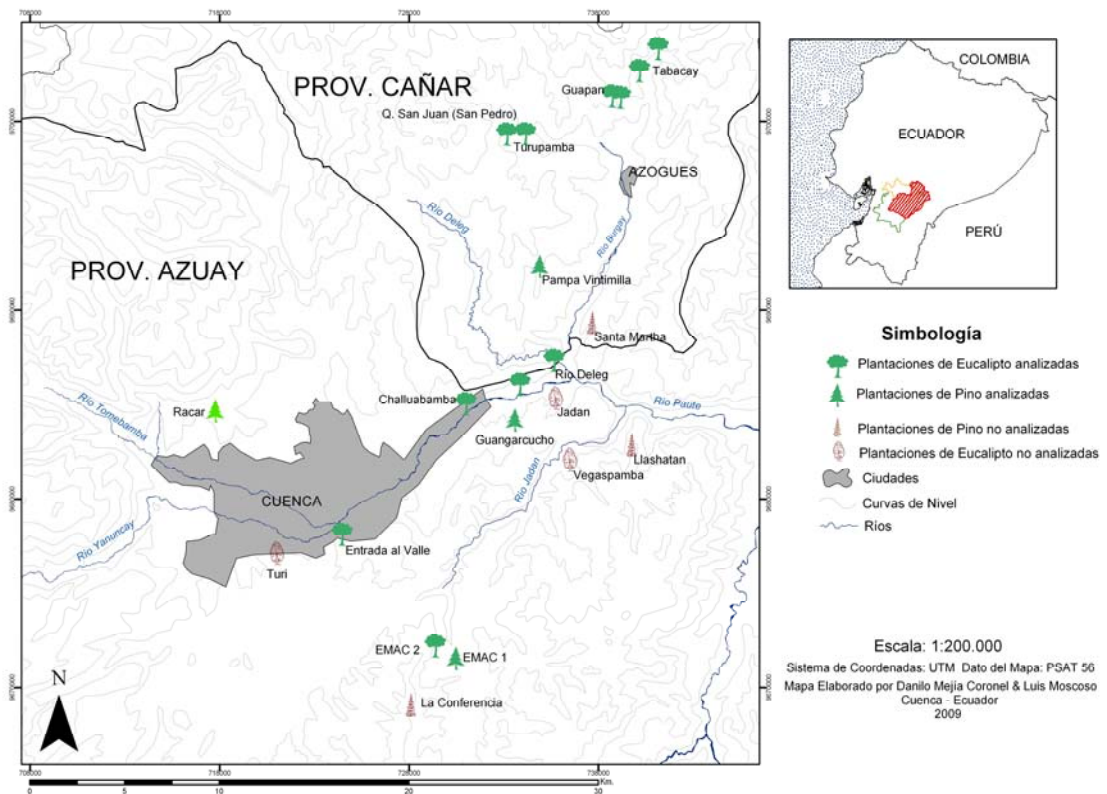
Tabla 1. Plantaciones y sus variables.

GRUPO	SITIO	TAMAÑO	TIPO DE PLANTACION	ALTITUD (m s. n.m.)	ALTURA	EDAD	P	pH	N	C
1	EMAC 3	> a 1 ha	Pino	2820	8	16	-	-	-	.
1	LLAZHATAN 1	> a 1 ha	Pino	2788	11.5	11	-	-	-	.
1	LLAZHATAN 2	> a 1 ha	Pino	2740	13	7	-	-	-	.
1	LLAZHATAN 3	> a 1 ha	Pino	2848	20.5	11	-	-	-	.
1	SANTA MARTA	0,6 – 0,9 ha	Pino	2442	11	6	-	-	-	.
1	JADÁN 1	0,6 – 0,9 ha	Eucalipto	2381	15.16	9	-	-	-	.
1	JADÁN 2	0,6 – 0,9 ha	Eucalipto	2418	21.6	9	-	-	-	.
1	VEGASPAMBA 1	0,1 – 0,5 ha	Pino	2610	15	14	-	-	-	.
1	VEGASPAMBA 2	0,1 – 0,5 ha	Eucalipto	2534	25	30	-	-	-	.
1	JADÁN 3	0,1 – 0,5 ha	Eucalipto	2416	13.5	9	-	-	-	.
1	CHAULLABAMBA 2	0,1 – 0,5 ha	Eucalipto	2440	26.6	12	-	-	-	.
1	TURI 1	0,1 – 0,5 ha	Eucalipto	2633	37.5	16	-	-	-	.
1	TURI 2	0,1 – 0,5 ha	Eucalipto	2700	39.75	16	-	-	-	.
2	EMAC 1	> a 1 ha	Pino	2803	20	16	0.3	5.0	0.1	2.9
2	EMAC 2	> a 1 ha	Eucalipto	2671	23.1	18	0.3	5.0	0.1	2.97
2	GUANGARCUCHO	> a 1 ha	Eucalipto	2365	17	6	0.1	7.2	0.07	1.9
2	TABACAY 1	> a 1 ha	Eucalipto	2966	25	17	0.05	5.4	0.6	17.2
2	TABACAY 2	> a 1 ha	Eucalipto	2854	13.8	2.5	0.1	4.8	0.5	14.3
2	RAYOLOMA 1	> a 1 ha	Eucalipto	2470	20	12	0.1	7.0	0.07	2.0
2	RAYOLOMA 2	> a 1 ha	Eucalipto	2569	21.4	12	0.1	7.0	0.07	2.0
2	RAYOLOMA 3	> a 1 ha	Eucalipto	2597	23.3	12	0.1	7.0	0.07	2.0

2	TURUPAMBA	0,6 – 0,9 ha	Eucalipto	2650	41	10	0.2	3.3	0.4	12.9
2	GUAPAN 1	0,6 – 0,9 ha	Eucalipto	2829	40	40	0.05	4.9	0.2	6.0
2	GUAPAN 2	0,6 – 0,9 ha	Eucalipto	2907	20.25	15	0.1	4.0	0.2	5.8
2	ENTRADA VALLE 1	0,6 – 0,9 ha	Eucalipto	2614	17	14	0.08	6.6	0.02	0.7
2	ENTRADA VALLE 2	0,6 – 0,9 ha	Eucalipto	2663	56	35	0.08	6.6	0.02	0.7
2	GUAPAN 4	0,6 – 0,9 ha	Eucalipto	2967	20.6	15	0.1	4.0	0.2	5.8
2	QUEBRADA SAN JUAN (SAN PEDRO)	0,1 – 0,5 ha	Eucalipto	2750	39.3	20	0.07	5.1	0.1	3.5
2	GUAPAN 3	0,1 – 0,5 ha	Eucalipto	2794	37.6	12	0.07	5.0	0.1	4.7
2	PAMPA VINTIMILLA 1	0,1 – 0,5 ha	Pino	2645	12.8	7	0.2	7.3	0.07	2.2
2	PAMPA VINTIMILLA 2	0,1 – 0,5 ha	Eucalipto	2654	18.5	7	0.1	7.4	0.08	2.4
2	CHAULLABAMBA 2	0,1 – 0,5 ha	Eucalipto	2480	20.6	13	0.2	6.3	0.01	0.4
2	RIO DELEG 1	0,1 – 0,5 ha	Eucalipto	2355	24.6	12	0.1	7.7	0.07	1.9
2	RIO DELEG 2	0,1 – 0,5 ha	Eucalipto	2361	24.5	12	0.1	7.2	0.07	1.9

La edad de las plantaciones de todos los sitios varia desde los 3 años (Tabacay 2) hasta los 40 años (Guapán 1), y la media es de 15 años.

El Mapa 1 muestra la distribución en la cuenca media del río Paute de todos los sitios de muestreo con relación al cantón Cuenca.



Mapa 1. Ubicación de los sitios de estudio.

1.1.3 Trabajo de Campo

1.1.3.1 Muestreo de Vegetación

Las muestras vegetales se colectaron en parcelas de 20 m x 20 m para determinar su diversidad y abundancia de especies vegetales.

Establecido el cuadrante, las muestras se tomaron en dos o tres repeticiones de acuerdo al tamaño de las plantaciones, en las pequeñas (0.1 a 0.5 ha), una repetición, en las medianas (0.6 a 0.9 ha), dos y en las grandes (> a 1 ha), hasta tres repeticiones. Las muestras se identificaron en el Herbario Azuay de la Universidad del Azuay; debido a que muy pocas presentaban flores que faciliten su identificación a nivel de especie, se determinó en la mayoría su género y morfoespecie.

1.1.4 Obtención de Datos Físicos

Con un GPS (Global Positioning System) se registró las coordenadas geográficas, y la altitud de cada sitio.

La inclinación del terreno en porcentaje se midió con un clinómetro.

Los fermentos sobre el suelo fueron tomados en un cuadrante de 50 cm² al azar, luego se lo secó y pesó para el cálculo de biomasa (Chacón et al. 2003).

La pedregosidad superficial se estimó en 10 puntos al azar donde se observaba piedras en la superficie del suelo, estos 10 puntos se los tomó en un transecto lineal perpendicular a la pendiente, los registros se hicieron en porcentaje.

La profundidad del suelo se realizó en 5 puntos dentro de las plantaciones, cavando hasta encontrar el suelo horizonte.

El trabajo de laboratorio fue realizado en las instalaciones del PROMAS (Universidad de Cuenca).

El pH, se midió con el método potenciométrico en una relación 1:2 (suelo:agua), la textura con el método del densímetro de Bouyoucus (Gee and Bauder, 1986) con una solución de CaCl₂. Para la determinación del fósforo se usó el método de Olsen, 1954. Para la determinación de carbono se usó el método de Dumas, 1840, este mismo método fue usado para la determinación de nitrógeno en el suelo.

1.1.5 Análisis Estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el Análisis en Componentes Principales (ACP), que permite retener el 100% de la información total de todas las variables en los 2 primeros componentes. La matriz resultante de correlaciones (Anexo 1), permite identificar las tendencias de reciprocidad entre las distintas variables.

Para que la interpretación de los factores obtenidos con el ACP sea factible y correcta es necesario que estos cumplan con ciertas premisas que son difíciles de conseguir: coeficientes factoriales próximos a 1, las variables deben tener coeficientes elevados solo con un factor y que no existan factores con coeficientes similares. El programa utilizado para el análisis fue XLSTAT, versión 3.0, 2008.

Para confirmar los grupos de las plantaciones similares se corrió un “cluster” de tipo jerárquico, auto-escalando las variables con un enlace completo y distancia euclídea, con el software SCAN Release 1.1 para Windows (Minitab Inc.)

CAPÍTULO 2

RESULTADOS

La Tabla 2 muestra las correlaciones de los “scores” en el ACP y las variables estudiadas con los componentes principales.

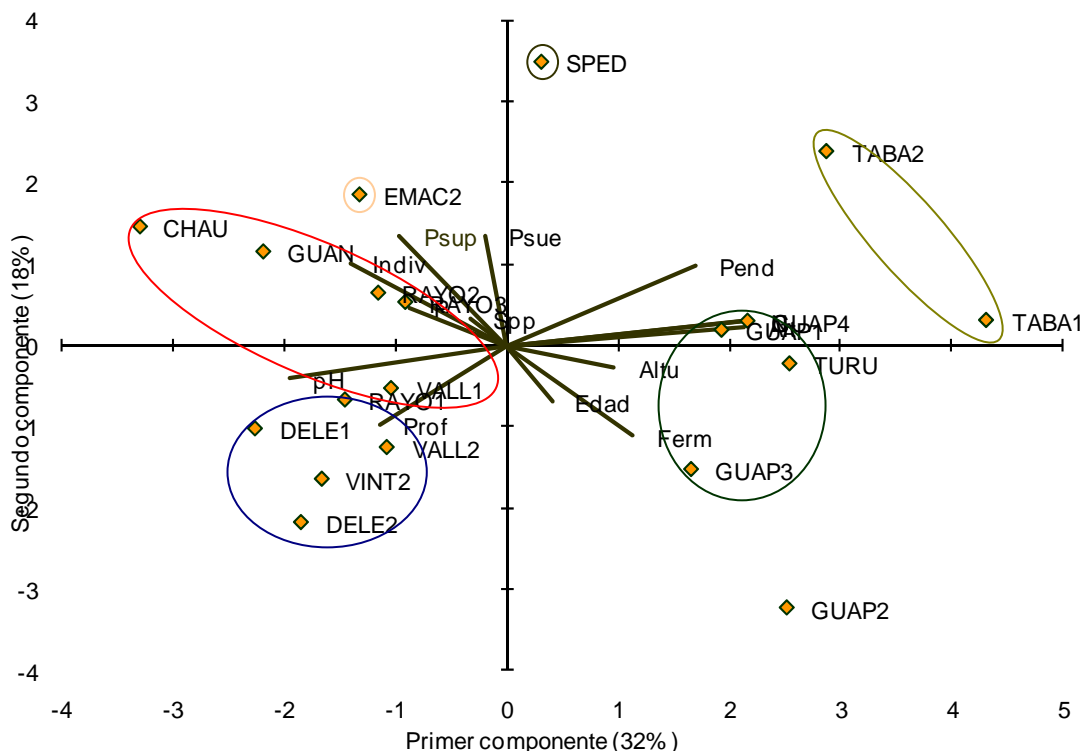
Tabla 2. Correlaciones de las variables con el primer y segundo componentes principales

Variables	PC1	PC2
Spp	-0,1327	0,1777
Indiv	-0,5676	0,5437
Alt	0,8576	0,1213
Pend	0,6864	0,5199
Psup	-0,3875	0,7175
Psue	-0,0806	0,7201
Altu	0,3899	-0,1454
Edad	0,1628	-0,3663
Ferm	0,4538	-0,5958
Prof sue	-0,4608	-0,5209
P	-0,3551	0,2519
pH	-0,7862	-0,2176
N	0,8626	0,1580
C	0,8635	0,1576

En la Figura 1, las correlaciones significativas en relación con el primer y segundo componente principal son claramente visibles.

La variable Altitud se muestra como un factor altamente influyente sobre la variable C y por ende en la variable N.

Figura 1. ACP de las zonas de muestreo y las variables en función de los componentes principales.



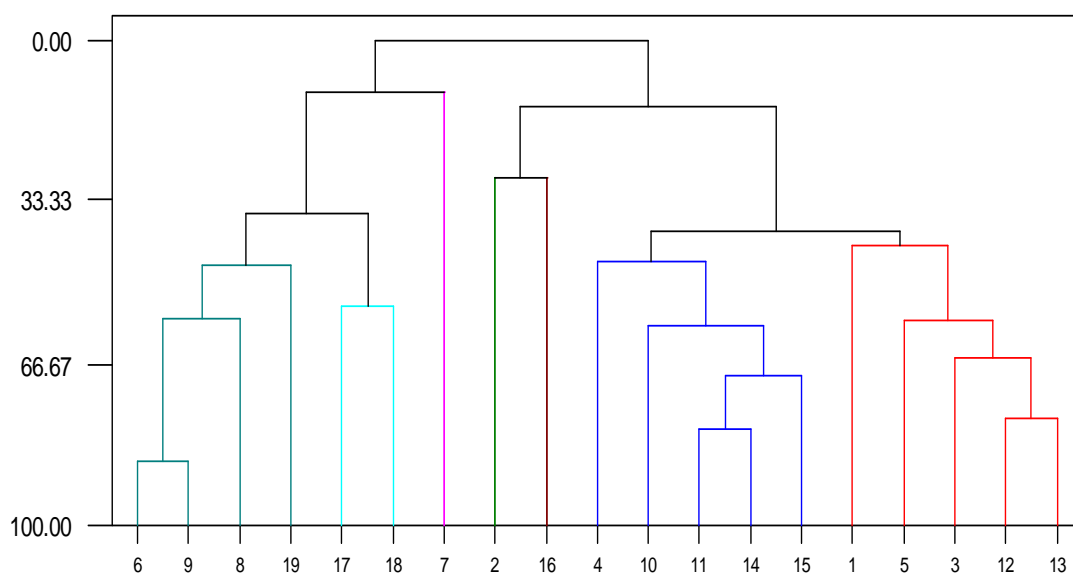
En el segundo componente principal los scores más relevantes son los de las variables referentes a la superficie del suelo: % de piedras en la superficie, % de piedras en el suelo y pendiente; variables que guardan estrecha relación con el número de individuos (Indiv). Mientras mayor cantidad de individuos de especies colonizadoras ocupen el espacio entre los árboles de la plantación, el % de piedras en la superficie del terreno disminuye.

Los scores de las variables anteriores disienten con los scores de las variables Fermentos (hojarasca) y profundidad del suelo; discrepancia obvia puesto que mientras mayor sea la pendiente y el grado de erosión, la calidad y cantidad de suelo y hojarasca disminuye, produciendo como consecuencia directa la constante variación del pH del suelo que no puede mantenerse estable.

La distribución de las zonas de muestreo en relación con los componentes principales, permite identificar grupos afines, donde las variables analizadas presentan tendencias similares entre sí.

El análisis ACP discrimina las zonas de muestreo en 4 grupos (clusters) y 3 outlier. El primer grupo lo componen los sitios Tabacay 1 y Tabacay 2, el segundo cluster comprende a las muestras Guapán 1, Guapán 4, Guapán 3 y Turupamba, el cluster 3 El Valle 2, Pampa vintimilla 2, Rayoloma 1 y Deleg 1 y 2, el cuarto cluster lo constituyen las muestras Chaullabamba, Guangarcucho, El Valle 1 y Rayoloma 2y3. Finalmente las tres muestras independientes, son Guapán 2, Emac 2 y San Pedro. El dendrograma resultante (Figura 2) del “cluster” jerárquico, auto-escalando las variables y utilizando un linkage completo con una distancia euclídea, para evaluar las agrupaciones entre muestras, corroboró los clusters obtenidos por el ACP.

Figura 2. Análisis Cluster: dendrograma con linkage completo, distancia euclídea y auto-escalado de variables.



Los sitios del cluster 1 poseen los valores más altos de C, N, Altitud y Pendiente, en contraparte presentan el menor número de individuos (76 en promedio) de los 4 clusters. La distancia entre las muestras TABA2 y TABA1 se debe a las diferencias que existen entre sus variables, porcentaje de piedras en la superficie y porcentaje de piedras en el suelo, ambas variables de peso de la segunda componente al igual que el número de individuos. En la muestra TABA2 los valores de dichas variables son 70% y 40% respectivamente, mientras en TABA 1 dichas variables presentan valor 0.

El cluster 2 es el más heterogéneo en relación con las demás agrupaciones y las tres muestras independientes. Las variables N, C, Altitud y Pendiente tienen valores más

elevados que las de los clusters 3 y 4. De los 4 clusters, es el segundo con el menor número de individuos (en promedio 79); y de todos los grupos incluidos los 3 outlier es el que tiene el pH más ácido (4).

Las variables de las muestras de los clusters 3 y 4 presentan tendencias contrarias a las de los clusters 1 y 2. En la tercera agrupación (cluster 3) las variables Número de individuos y porcentaje de piedras en la superficie, son más elevados que en los clusters 1 y 2, mientras los valores de N y C son mucho menores y la diferencia latitudinal es de 400m. Las particularidades de este conjunto de muestras son el pH neutro de sus suelos y la profundidad de los mismos que oscila en 46cm., es decir los de mayor profundidad de todas las muestras.

En el cluster 4, las variables son antagónicas a las del cluster 1; las variables C y N tienen los valores más bajos de todas las muestras, y las variables Número de individuos y porcentaje de piedras en la superficie son los más elevados después de los outlier. El valor de pH de este cluster también es neutro.

Las muestras independientes o outlier, presentan ciertas particularidades en sus variables, pero comparten un pH ácido como los clusters 1 y 2, y bajos niveles de C y N con los clusters 3 y 4.

La muestra Guapán 2 geográficamente cercana a las otras muestras de Guapán y Turupamba y estar ubicada en el mismo cuadrante de coordenadas que las muestras del cluster 2, presenta valores muy inferiores de C y N, a la vez que posee un pH neutro como los clusters 3 y 4 y una Profundidad de suelo de 30cm.. Es la muestra que posee la mayor cantidad de hojarasca con apenas 30 individuos colonizadores, y tiene el valor más bajo de P luego de San Pedro.

El outlier Emac 2 después de la muestra San Pedro, es la que mayor número de individuos presenta (190), su suelo tiene 30 cm. de profundidad y es la segunda con mayor porcentaje de piedras en el suelo (55%). Los valores de C y N son un poco más elevados que los de la muestra Guapán 2, pero inferiores a las otras muestras. El valor de P es el más alto de todos.

La muestra San Pedro resulta inclasificable, las variables Número de individuos, Pendiente, Porcentaje de piedras en la superficie y Porcentaje de piedras en el suelo

tienen los valores más altos de todas las muestras; los valores de C y N son bajos pero superiores a los de Emac 2, su valor de P es el menor de todas las muestras.

En cuanto a las especies vegetales encontradas dentro de las plantaciones, estas han sido ordenadas por sitio, tipo de plantación y número de individuos; en otra tabla se les ordeno por Familia, especie y nombre común (Anexo 1). Se llegó a identificar 28 familias y 38 especies, observándose fácilmente en la tabla 3, además que dentro de cada uno de los sitios existe una especie que representativa debido a que esta es la mas numerosa en la plantación

Tabla 3. Vegetación arbustiva identificada dentro de las plantaciones

Sitio/Tipo de plantación	Número de individuos
EMAC: Pino	
<i>Alnus acuminata</i>	3
Asteracea	19
<i>Baccharis sp</i>	12
<i>Cordia spp</i>	12
<i>Coraria spp</i>	6
<i>Dodonea viscosa</i>	48
<i>Ferreyranthus verboscifolia</i>	11
<i>Geissanthus spp</i>	21
<i>Prumnopitys montana</i>	3
<i>Spartium junceum</i>	52
<i>Rhamnus granuloso</i>	5
<i>Rubus spp.</i>	3
<i>Salvia spp</i>	5
<i>Viburnun triphyllum</i>	2
	202
EMAC: Eucalipto	
<i>Alnus acuminata</i>	6
<i>Baccharis latifolia</i>	25
<i>Calceolaria spp</i>	28
<i>Coraria sp.</i>	3
<i>Dodonea viscosa</i>	18
<i>Pennisetum clandestinum</i>	35
<i>Spartium junceum</i>	9
<i>Rubus spp.</i>	24
<i>Arcytophyllum spp</i>	25
<i>Lantana spp.</i>	2
<i>Cortaderia jubata</i>	3
	188
SAN PEDRO: Eucalipto	

<i>Alnus acuminata</i>	18
<i>Baccharis latifolia</i>	66
<i>Dodonea viscosa</i>	29
<i>Geissanthus spp</i>	13
<i>Spartium junceum</i>	58
<i>Rubus spp.</i>	11
<i>Salvia spp</i>	53
<i>Cortaderia jubata</i>	50
	298

TURUPAMBA: Eucaplipto

<i>Baccharis spp</i>	4
<i>Genista monspesulana</i>	1
<i>Prunus spp.</i>	2
<i>Cortaderia jubata</i>	24
	33

PAMPA VINTIMILLA: Eucalipto

<i>Baccharis latifolia</i>	11
<i>Calceolaria sp.</i>	10
<i>Dodonea viscosa</i>	20
<i>Spartium junceum</i>	4
<i>Arcytophyllum spp</i>	11
	59

CHAULLABAMBA: Eucalipto

Asteraceae	10
<i>Baccharis latifolia</i>	63
<i>Dodonea viscosa</i>	218
<i>Spartium junceum</i>	31
	322

GUAPAN: Eucalipto

<i>Maytenus spp</i>	15
Asteraceae	9
<i>Baccharis latifolia</i>	21
<i>Lantana spp.</i>	8
<i>Spartium junceum</i>	8
<i>Cortaderia jubata</i>	17
	78

GUAPAN: Eucalipto

<i>Maytenus spp</i>	27
Asteraceae	23
<i>Baccharis latifolia</i>	15
<i>Lantana spp.</i>	16
<i>Pennisetum clandestinum</i>	11
<i>Spartium junceum</i>	22
<i>Munina spp</i>	20
	134

GUAPAN: Eucalipto

<i>Asteracea</i>	10
<i>Baccharis sp.</i>	1
<i>Commelina spp</i>	7
<i>Dodonea viscosa</i>	26
<i>Oxalis spp.</i>	12
<i>Rubus spp.</i>	1
<i>Arcytophyllum spp</i>	5
	62
<hr/>	
GUAPAN: Eucalipto	
<i>Asteraceae</i>	8
<i>Rubus spp.</i>	2
<i>Pennisetum clandestinum</i>	15
<i>Amaranthus spp</i>	3
<i>Oxalis spp.</i>	2
	30
<hr/>	
RIO DELEG: Eucalipto	
<i>Baccharis spp</i>	48
<i>Citharexylum spp</i>	22
<i>Dodonea viscosa</i>	15
<i>Myrica spp.</i>	3
<i>Pennisetum clandestinum</i>	30
<i>Spartium junceum</i>	5
<i>Prunus spp.</i>	36
	159
<hr/>	
RIO DELEG: Eucalipto	
<i>Baccharis latifolia</i>	15
<i>Bidens frondosa</i>	66
<i>Monnina spp.</i>	5
<i>Prunus spp.</i>	50
	136
<hr/>	
GUANGARCUCHO: Eucalipto	
<i>Baccharis sp</i>	20
<i>Dodonea viscosa</i>	36
<i>Spartium junceum</i>	11
<i>Pennisetum clandestinum</i>	73
	140
<hr/>	
TABACAY: Eucalipto	
<i>Asteraceae</i>	7
<i>Myrica spp.</i>	21
<i>Brachyotum spp.</i>	38
	66
<hr/>	
TABACAY: Eucalipto	
<i>Cortaderia jubata</i>	30
<i>Dodonea viscosa</i>	34
<i>Rubus spp.</i>	9

<i>Taraxacum officinale</i>	13
	86

ENTRADA VALLE: Eucalipto

<i>Dodonea viscosa</i>	16
<i>Spartium junceum</i>	14
<i>Cortaderia jubata</i>	12
<i>Pennisetum clandestinum</i>	21
	63

ENTRADA VALLE: Eucalipto

<i>Asteraceae</i>	10
<i>Baccharis latifolia</i>	21
<i>Dodonea viscosa</i>	56
<i>Pennisetum clandestinum</i>	35
<i>Spartium junceum</i>	39
<i>Rubus spp.</i>	8
<i>Cortaderia jubata</i>	7
	176

RAYOLOMA: Eucalipto

<i>Asteraceae</i>	33
<i>Baccharis sp.</i>	14
<i>Dodonea viscosa</i>	13
<i>Pennisetum clandestinum</i>	16
<i>Spartium junceum</i>	44
<i>Rubus spp.</i>	6
<i>Citharexylum spp</i>	15
<i>Prunus spp.</i>	14
	155

RAYOLOMA: Eucalipto

<i>Asteracea</i>	25
<i>Baccharis sp.</i>	29
<i>Dodonea viscosa</i>	25
<i>Spartium junceum</i>	20
<i>Lantana spp.</i>	12
<i>Cortaderia jubata</i>	18
<i>Pennisetum clandestinum</i>	17
	146

RAYOLOMA: Eucalipto

<i>Asteraceae</i>	43
<i>Baccharis sp.</i>	32
<i>Dodonea viscosa</i>	60
<i>Pennisetum clandestinum</i>	7
<i>Spartium junceum</i>	28
<i>Lantana spp.</i>	6
<i>Cortaderia jubata</i>	28
	204

JADÁN: Eucalipto

<i>Baccharis sp.</i>	33
<i>Dodonea viscosa</i>	40
<i>Pennisetum clandestinum</i>	12
<i>Miconia salicifolia</i>	19
<i>Spartium junceum</i>	70
	174
<hr/>	
JADÁN: Eucalipto	
<i>Baccharis latifolia</i>	40
<i>Dodonea viscosa</i>	98
<i>Pennisetum clandestinum</i>	15
<i>Spartium junceum</i>	9
	162
<hr/>	
JADÁN: Eucalipto	
<i>Baccharis sp.</i>	12
<i>Dodonea viscosa</i>	25
<i>Pennisetum clandestinum</i>	18
<i>Miconia salicifolia</i>	8
<i>Spartium junceum</i>	15
	78
<hr/>	
VEGAS PAMBA: Pino	
<i>Baccaris sp.</i>	33
<i>Dodonea viscosa</i>	15
<i>Euphorbia spp</i>	15
<i>Spartium junceum</i>	7
<i>Rubus spp.</i>	5
<i>Citharexylum spp</i>	29
<i>Cortaderia jubata</i>	22
	129
<hr/>	
VEGAS PAMBA: Eucalipto	
<i>Baccaris sp.</i>	46
<i>Dodonea viscosa</i>	36
<i>Desmodium spp</i>	6
<i>Pennisetum clandestinum</i>	12
<i>Spartium junceum</i>	22
	122
<hr/>	
CHAULLABAMBA: Eucalipto	
<i>Amaranthus spp</i>	44
<i>Baccharis sp.</i>	62
<i>Ferreyranthus verbascifolius</i>	25
<i>Dodonea viscosa</i>	127
<i>Genista monspesulana</i>	31
<i>Lantana spp.</i>	4
<i>Citharexylum spp</i>	51
	344
<hr/>	
TURI: Eucalipto	

<i>Asteracea</i>	45
<i>Baccharis latifolia</i>	57
<i>Dodonea viscosa</i>	94
<i>Pennisetum clandestinum</i>	48
<i>Spartium junceum</i>	75
<i>Rubus spp.</i>	65
<i>Lantana spp.</i>	32
	416

TURI: Eucalipto

<i>Asteracea</i>	16
<i>Baccharis sp.</i>	17
<i>Dodonea viscosa</i>	44
<i>Spartium junceum</i>	2
<i>Lantana spp.</i>	6
	85

EMAC: PINO

<i>Myrica spp.</i>	2
<i>Dodonea viscosa</i>	10
<i>Spartium junceum</i>	20
<i>Asteracea</i>	31
<i>Baccharis sp</i>	18
<i>Alnus acuminata</i>	4
<i>Salvia spp</i>	26
<i>Ferreyranthus verboscifolia</i>	36
<i>Oreopanax andreanus</i>	2
<i>Miconia salicifolia</i>	11
<i>Prumnopitys montana</i>	2
	162

SANTA MARTA: Pino

<i>Baccharis sp</i>	11
<i>Coraria spp</i>	6
<i>Dodonea viscosa</i>	2
<i>Geissanthus spp</i>	9
<i>Spartium junceum</i>	2
<i>Rubus spp.</i>	8
<i>Viburnun triphyllum</i>	3
	41

LLAYZHATAN : Pino

<i>Asteraceae</i>	11
<i>Baccharis latifolia</i>	4
<i>Taraxacum officinale</i>	3
<i>Coraliceae Coraria</i>	40
<i>Desmodium spp</i>	39
<i>Ferreirantus verbasifolia</i>	27
<i>Oxalidaceae oxalis</i>	4

<i>Pennisetum clandestinum</i>	25
<i>Arcytophyllum spp</i>	72
<i>Dodonea viscosa</i>	32
<i>Lantana spp.</i>	6
	263

LLAYZHATAN: Pino

Asteraceae	3
<i>Baccharis sp.</i>	2
<i>Coroaria spp</i>	22
<i>Desmodium spp</i>	19
<i>Ferreirantus verbasifolia</i>	45
<i>Mitranthes spp</i>	7
<i>Pennisetum clandestinum</i>	19
<i>Monnina spp.</i>	29
<i>Spartium junceum</i>	8
<i>Arcytophyllum spp</i>	36
<i>Dodonea viscosa</i>	11
<i>Pilia spp</i>	4
	205

LLAYZHATAN: Pino

Asteraceae	5
<i>Baccharis sp.</i>	34
<i>Coraria spp</i>	8
<i>Desmodium spp</i>	2
<i>Ferreirantus verbasifolia</i>	65
<i>Centaurium spp</i>	1
<i>Mitranthes spp</i>	3
<i>Pennisetum clandestinum</i>	57
<i>Monnina spp.</i>	1
<i>Arcytophyllum spp</i>	84
<i>Dodonea viscosa</i>	27
<i>Pilia spp</i>	20
	307

Debido a la variabilidad en cuanto a la presencia real de las especies vegetales en el interior de las plantaciones, estas se ordenaron y clasificaron en una matriz (Anexo 2), en función del número de individuos por cada especie y de acuerdo a las plantaciones donde fueron colectadas e identificadas.

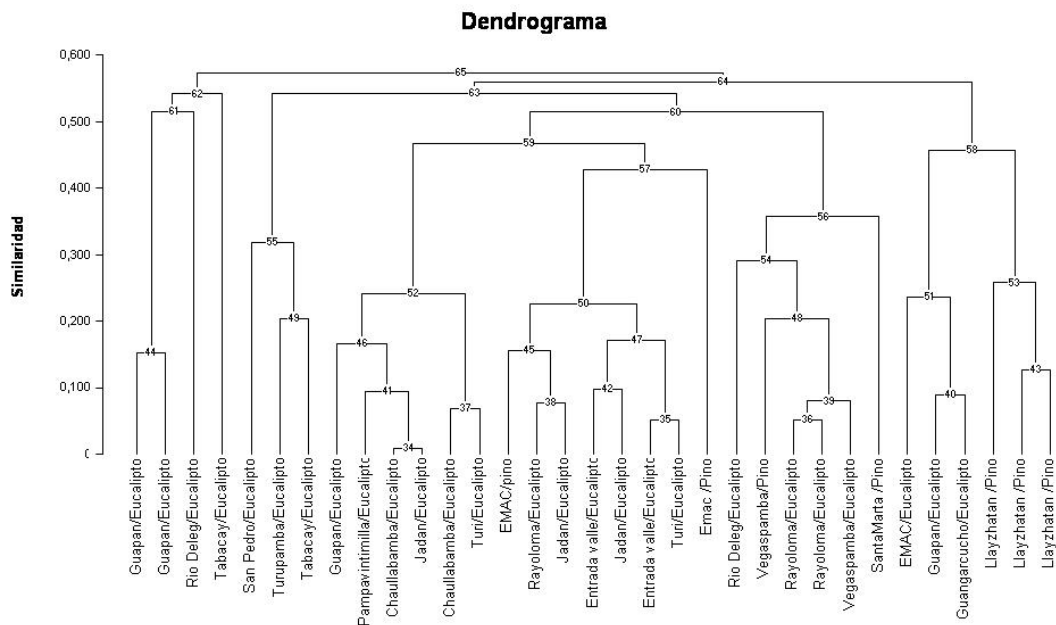
Con esta matriz se realizó un “cluster” jerárquico ascendente, con un criterio de enlace completo y con un coeficiente de correlación de Pearson.

El dendrograma resultante (Figura 3), presenta “agrupaciones vegetales”, de acuerdo al nivel de similitud que existe entre las diferentes plantaciones.

Las especies están agrupadas de tal manera que es posible identificar dos tipos de composición vegetal.

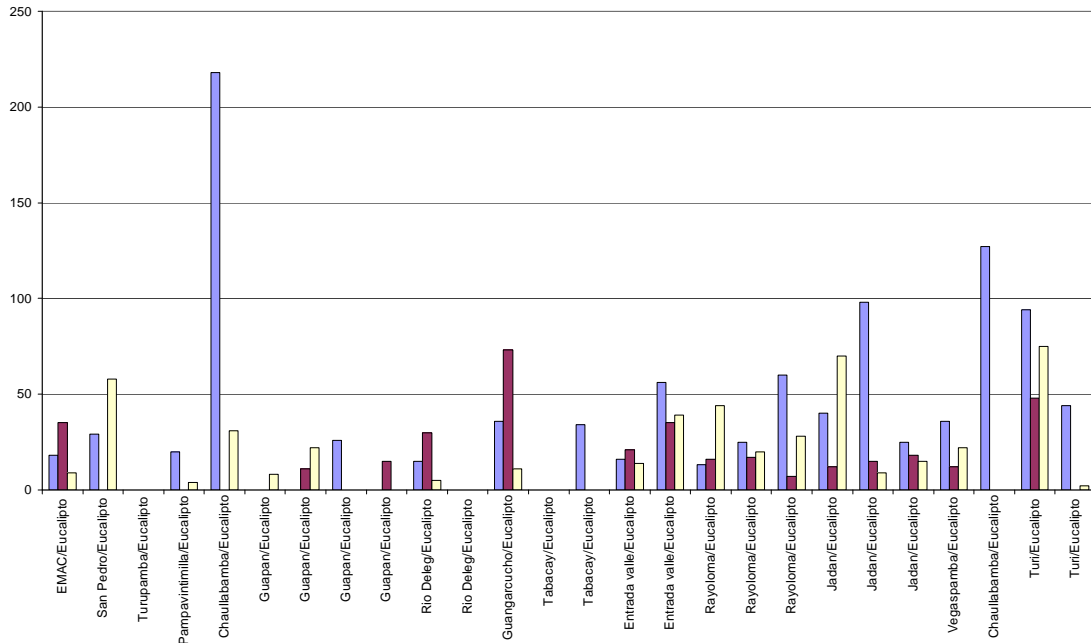
El primero corresponde a un grupo de arbustos presentes solo en plantaciones de Eucalipto; y el segundo grupo reúne a especies presentes únicamente en plantaciones de Pino.

Figura 3. Análisis Cluster: dendrograma con un criterio de enlace completo y con un coeficiente de correlación de Pearson.



En la agrupación que corresponde a las plantaciones de eucalipto, existen tres especies comunes que se encuentran casi en todas las plantaciones de Eucalipto: *Dodonea viscosa* (Chamana), *Pennisetum clandestinum* (kikuyo) y *Spartium junceum* (Retama). La primera es la más común todos los sitios, a excepción de las plantaciones de Turupamba, Río Deleg y Tabacay, donde no existe presencia de estas especies vegetales. (Figura 4).

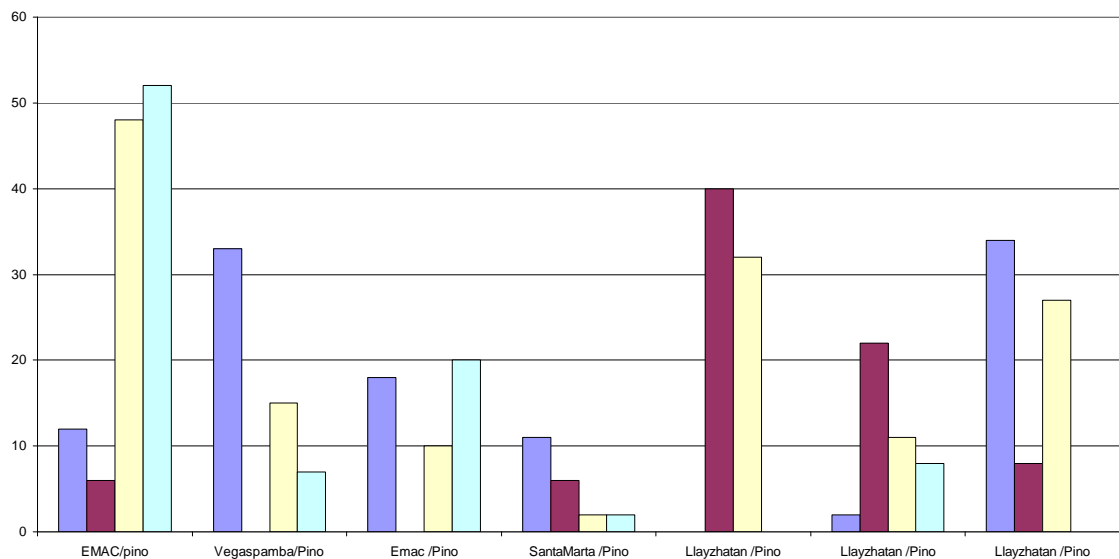
Figura 4. Comunidad arbustiva de las plantaciones de Eucalipto.



En cuanto a la agrupación vegetal que corresponde a las plantaciones de Pino se identificaron cuatro especies comunes en cada uno de los sitios.

Las especies que más se encontraron en estas plantaciones fueron: *Baccharis spp.* (Chilca), *Coraria spp.*, *Dodonea viscosa* (Chamana) y *Spartium junceum* (Retama). La Chilca fue la más abundante dentro de estas plantaciones con excepción de Vegaspamba y Llayzhatan donde no se registro de esta especie. (Figura 5).

Figura 5. Comunidad arbustiva de las plantaciones de Eucalipto.



DISCUSIONES

Las plantaciones analizadas establecidas con la finalidad de mejorar las condiciones de las áreas donde fueron implementadas, aparentemente no alcanzaron las metas planteadas 15 años atrás.

Si bien el objetivo a mediano plazo de la UMACPA de establecer masas arbóreas en suelos con aptitud forestal se alcanzó, la meta a final de recuperar terrenos degradados y evitar el arrastre continuo de sedimentos a los afluentes del Río Paute no se ha conseguido aún.

El objetivo de utilizar pino y eucalipto para proporcionar a los propietarios de los terrenos una fuente de ingreso económico a largo plazo (15 años) mediante la cosecha de la madera y la mejora de sus propiedades con la recuperación de sus suelos, aparentemente tampoco se alcanzó al nivel deseado, puesto que muy pocas plantaciones han sido cosechadas y muchas han sido sustituidas por pastizales.

Con respecto a la flora presente en las plantaciones se pudo observar que existe una dominancia de ciertas familias como Asteraceae, Leguminosae, Poaceae y Verbenaceae, encontrándose estas casi en todos los clusters, lo que significa que entre las plantaciones existe cierto nivel de similaridad en cuanto a la regeneración arbustiva y herbácea. Los outliers San Pedro y Emac 2 que presentan la mayor cantidad de especies y de número de individuos los consideramos como dos casos aislados, debido a la cercanía de remantes de bosque que claramente modificaron la estructura del sotobosque de estas 2 plantaciones; sin embargo estas también presentaban un alto porcentaje de piedras tanto en la superficie como en el interior del suelo, al contrario que en los demás clusters donde conforme aumenta el número de individuos el porcentaje de piedras disminuye.

Es notoria la presencia de una comunidad arbustiva típica de las plantaciones de Eucalipto y otra de las plantaciones de Pino.

Estas comunidades vegetales están representadas por ciertas especies que son típicas de zonas intervenidas, donde las especies nativas han sido remplazadas por cultivos, plantaciones de Eucalipto y Pino, apertura de caminos, construcción de viviendas y otras actividades antrópicas.

Algunas de estas son consideradas pioneras o colonizadoras debido a que estas son resistentes a la alta luminosidad, sus elevadas tasas fotosintéticas y de crecimiento les proveen de un desarrollo veloz en cortos períodos de tiempo; además las plantaciones de Pino y Eucalipto ayudan para retener semillas de estas especies, y es por tal motivo que en los bordes de dichas plantaciones existen estas comunidades, y con el tiempo llegan a ingresar dentro de las plantaciones.

En los sitios donde las concentraciones de fósforo en el suelo son un poco más elevadas que en las demás, existe más diversidad arbustiva tanto en Eucalipto como en Pino y la abundancia es baja, mientras en los suelos con más déficit de fósforo la diversidad es baja y la abundancia es mayor. La presencia de fósforo en el suelo evita que el pH de los suelos ácidos se mantenga neutro y es así como estas especies arbustivas poseen una ventaja extra sobre otras especies, para colonizar estos sitios.

Dentro de la comunidad vegetal de Eucalipto existe un grupo de arbustos exclusivos de este tipo de plantación que no se desarrollan dentro de las plantaciones de Pino. Estas son: *Amaranthus spp.*, *Bidens frondosa*, *Brachyotum spp.*, *Calceolaria spp.*, *Commelina spp.*, *Genista monspesulana*, *Maytenus spp.*, *Prunus spp.*, mientras que en Pino *Cordia spp.*, *Euphorbia spp.*, *Mitranthes spp.*, *Oreopanax andreanum*, *Prumnopitys montana*, *Rhamnus granulosa*; las mayoría de estas especies se las considera dentro de los bosques andinos del Ecuador (Ulloa Ulloa, C. y P. M. Jorgensen. 2004).

A través del ACP se aprecia claramente la estrecha relación entre las variables concernientes a las características químicas del suelo como nitrógeno (N) y carbono orgánico (C) y las variables ambientales de pendiente (Pend) y altitud (Alt).

Chacon (2002), encuentra que al incrementarse la variable altitud incrementa el nitrógeno y carbono en el suelo, como una característica de los suelos de Bosques Montanos. Wild et al, cita a Truchot como el primero en destacar que la relación entre carbono y nitrógeno orgánicos (C/N expresada en peso de suelo) es relativamente constante para los diferentes tipos de suelo aunque estén sometidos a distintas condiciones de explotación.

La altitud como un factor determinante de la cantidad de C orgánico del suelo ya ha sido analizada en muchos estudios, pero en las plantaciones objetos de nuestro estudio se debe a que conforme aumenta la altura, la explotación del suelo ha sido menor que en las zonas bajas; a esto se suma el hecho de que conforme aumenta la altura mayor es la pendiente, por lo que disminuye el número de especies arbustivas debido a que no hay suelo suficiente para que otras especies puedan establecerse y crecer.

La Altitud como un factor de peso en la cantidad de carbono orgánico del suelo ha sido identificado también por Tavant et al (1994) y Ochoa et al (1999).

El score de la variable “pendiente”, confirma una considerable influencia en la oscilación de los scores de las variables C y N. Esto se evidencio claramente en el campo debido a lo agreste y pedregoso del suelo de las zonas de muestreo, lo que se traduce en una constante pérdida de suelo por acción eólica en las zonas más secas y de arrastre por el agua en las zonas con mayor pluviosidad.

Las plantaciones forestales maderables retienen menor cantidad de carbono en el suelo porque el nivel de carbono acumulado en la Biomasa es mayor. (Jobbágy, E. G.; Vasallo, M.; Farley, K. A.; Piñeiro, G.; Garbulsky, M. F., Noretto, M. D.; Jackson, R.B.; Paruelo, J. M., 2006). Hofstede (2002), afirma que bajo estas condiciones los árboles plantados causan una pérdida del carbono del suelo, siendo compensado de alguna manera por la acumulación de carbono en la Biomasa, y afectando la capacidad de almacenamiento global de carbono del sistema. Estas afirmaciones revelan que uno de los factores limitantes para el establecimiento de otras especies es la falta de carbono orgánico en el suelo.

Con respecto al nitrógeno, en las plantaciones que se encuentran entre 10 – 15 años, estas llegan a retener altas cantidades de nitrógeno en la Biomasa impidiendo así que estos sean absorbidos por otras especies vegetales. (Kathleen A. Farley, Eugene F. Nelly, 2003). La falta de nitrógeno sumada a la poca presencia de carbono orgánico dificulta aún más la colonización del interior de las plantaciones.

Sin embargo se debe considerar que: *en muchos sistemas las plantaciones forestales pueden incrementar la cantidad la cantidad de carbono del suelo, en particular*

cuando los árboles son establecidos en suelos degradados (Brown, Lugo, and Chapman, 1986; Bashkin and Binkley, 1998); por lo tanto es necesario un estudio futuro de estas plantaciones tomando muy en cuenta los actuales valores de C y N.

Las cantidades de fósforo (P) registradas en el suelo de las plantaciones son bajas, principalmente por que los suelos de estos sitios de por si son pobres en cuanto a nutrientes debido a su composición, particularidad que no se presenta en otros tipos de suelo: en los páramos el contenido de fósforo en plantaciones de Eucalipto es alto debido a que la composición de estos sitios es más alta en calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K), (Chacon, 2002). Siendo esto una particularidad de los Andisoles (Kathleen A. Farley, Eugene F. Nelly, 2003).

El fósforo en el suelo en las plantaciones de nuestro estudio, refleja un comportamiento párelo al del pH, tendencia observada también en otros estudios . Mientras el fósforo en el suelo aumenta el pH se mantiene en 5 o acidificado (Frossard et al., 1995).

En nuestro estudio la variabilidad de los valores de pH están vinculados con la profundidad del suelo, de tal manera que a mayor profundidad del suelo menor es el pH. Estas dos variables están muy relacionadas, dicho que a más profundidad mayor es la acumulación de cationes en el suelo. (Jobba'gy and Jackson, 2003).

Respecto al pH, Wild et al, discriminan a los suelos fuertemente ácidos ($\text{pH} < 5$) y a los deficientemente drenados, como suelos que presenten una estrecha relación C/N, debido a que la descomposición (humificación) es más lenta bajo condiciones ácidas o anaerobias.

Se encontró que donde el pH es menor, el número de especies registradas es bajo, esto coincide con otros estudios que afirman que la acidez del suelo en las plantaciones de eucalipto restringe el crecimiento de otras especies. En las plantaciones de Eucalipto la cantidad de especies arbustivas es menor dado que la vegetación no tolera niveles bajos de pH (Hamilton, 1965; Davis and Lang, 1991; Essex and Williams, 1993; Rhoades and Binkley, 1996, under Eucalyptus and Albizia; Lips and Hofstede, 1998).

CONCLUSIONES

La altitud es un factor determinante en las cantidades de Carbono orgánico y Nitrógeno del suelo de las plantaciones objeto de nuestro estudio; debido principalmente al estado de conservación de los suelos en las zonas más altas, y que la altitud representa una barrera natural para el establecimiento de nuevas especies, permitiendo un mejor desarrollo de las especies adaptadas a la altura.

La experiencia del uso de plantaciones de pino y eucalipto para el control de la erosión y mejoramiento de zonas degradadas en la cuenca media del río Paute sin un manejo adecuado y constante, presenta resultados muy similares a los obtenidos en otros países con prácticas de este tipo.

Los bosques de especies exóticas se transforman por lo general en “desiertos verdes” que no permiten la subsistencia de la gran mayoría de las especies locales de plantas y animales. Cuando estos son cultivados en pendientes, cumplen muy pobremente su pretendida función de proteger el suelo de la erosión y ayudar a restaurar el ciclo hidrológico original (Vázquez et al 2003).

La composición vegetal del sotobosque dentro de las plantaciones estudiadas, no difiere grandemente con las especies establecidas fuera de las mismas, salvo en la densidad de individuos; y esto fue más notorio en San Pedro y Emac 2 que presentaron condiciones particulares tales como la cercanía de remanentes boscosos ,y en otros sitios donde se dio algún tipo de manejo.

Estupiñan, 2002, afirma que el impacto producido por la presencia de plantaciones no se da únicamente en el sitio donde está la plantación, sino que su efecto se extiende a su alrededor, por lo que se deduce que el notable efecto de borde observado en los sitios de las plantaciones, se deben enteramente a las mismas.

En cuanto a los tipos de especies presentes en las plantaciones, se comprobó que son las mismas colonizadoras de otras zonas altamente degradadas sin cobertura boscosa,

como zonas de construcción, bordes de carreteras y puentes o pendientes escarpadas ubicadas dentro de la cuenca media del río Paute.

Una particularidad que requiere ser estudiada de manera más profunda, son las “comunidades vegetales”, propias de cada una de las plantaciones de pino y eucalipto. Si bien en ambos tipos de plantación la composición vegetal es bastante similar, existen ciertas especies que son más recurrentes en uno u otro tipo, y su presencia aparentemente está ligada a la presencia o ausencia de fósforo en el suelo de las mismas.

El suelo de las plantaciones no presenta una mejora significativa en cuanto a composición de nutrientes, perfil del suelo, disminución de la pedregosidad o establecimiento de nuevas especies. Consideramos que de haber manejado las plantaciones de manera adecuada, se habrían alcanzado las metas propuestas en su establecimiento.

El crecimiento en diámetro y altura de las especies nativas, experimentan incrementos superiores a las medias normales en el país (Ecuador), además evidencian un patrón definido en función de la apertura de claros dentro de la plantación.

*En base a las altas tasas de sobrevivencia e indicios de buenos crecimientos en diámetro y altura de las especies nativas bajo plantaciones de *Pinus patula*, indica que el enriquecimiento de plantaciones mono específicas es un método factible que da perspectivas para la restauración de biodiversidad y mejorar las funciones ecológicas, sin embargo falta desarrollar mejores modelos de manejo para utilizar todo el potencial que estos ambientes pueden facilitar. La cobertura del dosel es un factor determinante para el desarrollo de las plantas nativas. Eso tiene como consecuencia que con medidas silviculturales se puede transformar plantaciones de pino en ecosistemas más naturales y diversos (Aguirre, 2006).*

Ahora que se encuentran más desarrollados conceptos como Restauración Ecológica o Ecología de la Restauración, es posible implementar medidas e incluso formular políticas de manejo para la reforestación de zonas degradadas con especies nativas.

Cuando se reforesta con especies exóticas se tienen resueltos los problemas de domesticación y disponibilidad de propágulos, sin embargo, los resultados obtenidos con éstas obligan a replantear la necesidad de domesticar y aprender a propagar especies nativas, para lo cual es necesario realizar un inventario de las especies que presenten las propiedades biológicas y ecológicas más adecuadas para cada clima y condición ambiental del país. (Vázquez et al 2003)

Si bien la investigación para definir las especies nativas capaces de establecerse en zonas altamente degradadas requiere de fuertes rubros económicos, las investigaciones deben ser planteadas y entendidas como una inversión necesaria, cuyos beneficios van más allá de los réditos monetarios.

BIBLIOGRAFÍA.

ANSALONI, Raffaella; Chacón, Gustavo. **Interacción suelo, vegetación y agua: el efecto de las plantaciones de pino en ecosistemas alto andinos del Azuay y Cañar.** Cuenca, Ecuador. Revista de la Universidad del Azuay. 2003.

BORGES, Lizette; Soria, Manuel; Casanova, Víctor; Villanueva Eduardo y Pereyda, Gaspar. **Correlation and Calibration of Phosphorus Analysis in Soils from Yucatán, México, for Growing Habanero Peppers.** Yucatán – México. Editorial Elsevier B.V. 79: 249–263. 2008.

BUYTAERT, Wouter; Deckers, J; Wyseure, Guido. **Regional variability of volcanic ash soils in south Ecuador: The relation with parent material, climate and land use.** Catena - Belgica. Peeter Publisher70: 143–154. 2007

BUYTAERT, Wouter; Deckers, Jozef; Wyseure, Guido. **Description and classification of nonallophanic Andosols in south Ecuadorian alpine grasslands (páramo).** University of Cambridge. Department of Geomorphology. 73: 207–221. 2006.

BUYTAERT, W; Sevink, J; Leeuw, De B; Deckers J. **Clay mineralogy of the soils in the south Ecuadorian páramo region.** Brujas – Bélgica. Geoderma Publisher. 127: 114– 129. 2005.

BUYTAERT, W; Wyseure G; Bièvre B. De and J. Deckers. **The effect of land-use changes on the hydrological behaviour of Histic Andosols in south Ecuador.** Brujas – Bélgica. Geoderma Publisher. 19; 3985–3997. 2005.

BUYTAERT, W, Deckers, J; Dercon, G; Bièvre, B. De; Poesen, J; Govers, G. **Impact of land use changes on the hydrological properties of volcanic ash soils in South Ecuador.** Soil Use and Management. Brujas – Bélgica. Geoderma Publisher 18: 94-100. 2002.

BUYTAERT, W; Bièvre, B. De; Deckers J. and Dercon, G. **Influence of land use on the hydrological properties of volcanic soils: the case of catchments providing water to Andean cities.** Food And Agriculture Organization Of The United Nations. United Nations Publisher. Rome - Italy. 2000.

CHACON, Gustavo. **Un almacén ecocrítico para el contexto andino: cuestionando dogmas para el manejo ambiental.** Boletín Informativo de la Asociación de Universidades del Sur del Ecuador y del Norte del Perú. Editorial AUSENP. 2006.

CHACON, Gustavo; Gagnon, D; Paré, D y Proulx, D. **Impacto de la deforestación, pastizales, plantaciones de Eucalipto y Pino en suelos de bosque montano alto,**

en la sierra sur del Ecuador. Cuenca – Ecuador. Revista de Investigaciones de la Universidad del Azuay. 2003.

CHACON, Gustavo. **El ciclo del nitrógeno y su circulación en ecosistemas de coníferas: implicaciones para explicar el éxito de los pinos en suelos pobres.** Cuenca - Ecuador. Revista de la Universidad del Azuay. 2002.

CHACON, Gustavo. **Impacto of exotic tree plantations of pastures on soil productivity in the Andean highlands of southern Ecuador.** Université Du Québec a Montréal. Thesis Submitted in partial fulfilment for the degree of Doctor of Philosophy in Biology. 2002

FARLEY, Kathleen. **Grasslands to Tree Plantations: Forest Transition in the Andes of Ecuador.** San Diego - United States of America. Department of Geography, San Diego State University. 2007.

HOFSTEDDE, Robert; Groenendijk, Jeroen; Coppus, Ruben; Fehse, Jan C; and Sevink, Jan. **Impact of Pine Plantations on Soils and Vegetation in the Ecuadorian High Andes.** San Diego - United States of America. Mountain Research and Development. Vol 22 No 2: 159–167. 2002.

JOBÁGY, E. G; Vasallo, M; Farley, K. A; Piñeiro, G; Garbulsky, M. F; Nosetto, M. D; Jackson, R.B; Paruelo, J. M. **Forestación en pastizales: hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos.** Agrociencia. Vol. X N° 2 pág. 109 – 124. 2006.

KATHLEEN, A; Farley, Eugene F; Kelly. 2004. **Effects of afforestation of a páramo grassland on soil nutrient status.** Forest Ecology and Management. 195: 281–290. 2004.

KATHLEEN A. Farley; Esteban, Jobbagy and Robert, B. Jackson. 2005. **Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy.** Blackwell Publishing Ltd. 2005.

MINGA, Danilo; Rodas, Fabián; Serrano, Felipe; Verdugo, Adolfo; Zárate, Edwin. **Resumen Diversidad Forestal de la cuenca del río Paute.** Cuenca – Ecuador. Universidad del Azuay. UDA-FUNDACYT. [199-].

OCHOA 1999. **Organic carbon variation in relation with altitude - Mérida-Baridas.** Caracas – Venezuela. Blackwell Publishing Ltd. 1999

POULENARD, Jérôme; Podwojewski, Pascal; Herbillon, Adrien Jules. **Characteristics of non-allophanic Andisols with hydric properties from the Ecuadorian páramos.** Brujas – Bélgica. Geoderma Publisher. 117: 267–281. 2003.

PODWOJEWSKI, P. *et al.* **Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the páramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador).** Soil Use and Management Publishing. 18: 45-55. 2002.

TURNER, John and Kelly, Joseph. **Effect of radiata pine on soil chemical characteristics.** *Forest Ecology and Management*. 11: 257—270. 1985.

Ulloa Ulloa, C. y P. M. Jorgensen. **Árboles y arbustos de los Andes del Ecuador.** Dinamarca. Departamento de la Botánica Sistemática de la Universidad de Aarhus. 2004.

VÁZQUEZ Carlos; Batis Ana, Alcocer María, Gual Martha, Sanchez Cristina. **Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación.** Ciudad Universitaria, México D. F., México. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. [sa].

WOUTER Buytaert; Bert, De Bièvre; Rolando, Celleri; Cisneros, Felipe; Guido, Wyseure; Seppe, Deckers. **Comment on “Human impacts on headwater fluvial systems in the northern and central Andes”.** Cuenca – Ecuador. Blackwell Publishing Ltd. 2007.

WILD, Alan; Rusell, E. J. **Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Rusell.** España - Madrid. Edición española. 1989.

WOUTER Buytaert; Iñiguez Vicente, Bert De Bièvre. 2007. **The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo.** Cuenca – Ecuador. *Forest Ecology and Management*. 251: 22-33. 2007.

ZARUMA, Jorge; Tacuri, Eduardo. **Descripción de los Principales Sitios de Investigación en la Cuenca Media del Río Paute, Plantaciones y Áreas de Exclusión.** Cuenca, Ecuador. PROMAS. 2006.

ANEXOS

Anexo 1 Lista de especies vegetales presentes en las plantaciones de Pino y Eucalipto.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Amarantaceae	<i>Amaranthus spp</i>	Amaranto
Areaceae	<i>Oxalis spp.</i>	
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca
	<i>Baccharis spp</i>	Chilca
	<i>Bidens frondosa</i>	Aceitilla
	<i>Ferreyranthus verbascifolius</i>	
	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de León
Araliaceae	<i>Oreopanax andreanum</i>	Puma-maqui
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso
Boraginaceae	<i>Cordia spp</i>	Laurel
Caprifoliaceae	<i>Viburnum triphyllum</i>	Danas
Commelinaceae	<i>Commelina spp</i>	
Celastraceae	<i>Maytenus spp.</i>	
Coriariaceae	<i>Coraria spp.</i>	
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia spp</i>	
Fabaceae	<i>Desmodium spp</i>	Amor seco
	<i>Genista monspesulana</i>	Retamilla
Gentianaceae	<i>Centaurium spp</i>	Centaura
Lamiaceae	<i>Salvia spp.</i>	
Leguminosae	<i>Spartium junceum</i>	Retama
Melastomataceae	<i>Arcytophyllum spp</i>	Morlan Blanco
	<i>Brachyotum spp.</i>	Pichana
	<i>Miconia salicifolia</i>	Cerrac
Myricaceae	<i>Myrica spp.</i>	Laurel
Myrtaceae	<i>Mitranthes spp</i>	
Myrsinaceae	<i>Geissanthus spp</i>	
Poaceae	<i>Cortaderia jubata</i>	Zigzal

	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyo
Polygalaceae	<i>Monnina spp.</i>	Igüilán
Podocarpaceae	<i>Prumnopitys montana</i>	Lamay
Rhamnaceae	<i>Rhamnus granulosa</i>	
Rosaceae	<i>Rubus spp.</i> <i>Prunus spp.</i>	Mora
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	Chamana
Scrophulariaceae	<i>Calceolaria spp.</i>	Zapatitos
Urticaceae	<i>Pilea spp</i>	
Verbenaceae	<i>Lantana spp.</i> <i>Citharexylum spp</i>	Verbena Dama

Anexo 2 Interior de las plantaciones.



Anexo 3 Cuadrante de 50 cm²



Anexo 4 Forma de las plantaciones de Pino y Eucalipto.

