

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

1. **TÍTULO:** “CONSERVACIÓN DE AGUA EN SUELOS DEGRADADOS, MEDIANTE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO-FORESTAL EN EL SECTOR DE SANTIAGUILLO, CANTÓN MIRA”
2. **AUTOR:** Christian Santiago Villalba Calderón..
3. **DIRECTOR:** Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.
4. **COMITÉ LECTOR:** Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja Esp.
Ing. Carlos Arcos, Mgs.
Ing. María José Romero, MBA.
5. **AÑO:** 2018
6. **LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:** Sector Santiaguillo, Cantón Mira
Provincia del Carchi.
7. **BENEFICIARIOS:** Aportará información a los productores agrícolas del sector Santiaguillo especialmente al Sr. Francisco Congo, propietario del predio donde se instaló el ensayo.

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



NOMBRES: Christian Santiago

APELLIDOS: Villalba Calderón

CEDULA DE CIUDADANÍA: 100264264-1

TELÉFONO CONVENCIONAL: 062 958 260

TELÉFONO CELULAR: 0986938384

CORREO ELECTRÓNICO: villalbasantiago84@gmail.com

DIRECCIÓN: Ibarra, Mejía y Rocafuerte

AÑO: 2018

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA -UTN

Fecha: 15 de febrero del 2018

Christian Santiago Villalba Calderón: "Conservación de agua en suelos degradados, mediante técnicas de restauración hidrológico-forestal en el sector de Santiaguillo, Cantón Mira" / TRABAJO DE TITULACIÓN. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal Ibarra, 15 de febrero del 2018. 94 páginas.

DIRECTOR: Ing. Añazo Romero Mario José, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Generar información sobre el efecto de las técnicas de restauración Hidrológico-Forestal, empleadas para la conservación de agua en suelos degradados del sector Santiaguillo, Cantón Mira.

Entre los objetivos específicos se encuentra: Evaluar el efecto de las técnicas conservacionistas sobre el contenido de humedad y compactación del suelo. Determinar los parámetros químicos y físicos en el suelo bajo la influencia de las especies Tara (*Caesalpinia spinosa*), Acacia negra (*Acacia melanoxylon*) y Aguacate (*Persea americana*). Determinar los costos de implementación de las estructuras conservacionistas en el sistema agroforestal y compararlas con el tratamiento testigo.

Fecha: 15 de febrero del 2018



Ing. Mario José Añazo Romero, PhD.

Director de Trabajo de Grado



Christian Santiago Villalba Calderón

Autor

“CONSERVACIÓN DE AGUA EN SUELOS DEGRADADOS, MEDIANTE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO-FORESTAL EN EL SECTOR DE SANTIAGUILLO, CANTÓN MIRA”

Autor: Christian Santiago Villalba Calderón
Director de trabajo de titulación: Ing. Mario José Añazco Romero PhD.
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales
Carrera de Ingeniería Forestal
Universidad Técnica del Norte
Ibarra-Ecuador

villalbasantiago84@gmail.com

Teléfono 1: 0986938384

Teléfono 2: 062 958 260

RESUMEN

Alrededor del 48% de la superficie continental del Ecuador está afectada por erosión, lo que requiere el uso de sistemas conservacionistas para mitigar los procesos erosivos. El presente estudio tuvo por objetivos: a) determinar el crecimiento inicial de las especies arbóreas en base a: el diámetro basal, altura de la planta, diámetro de copa y estado fitosanitario; b) evaluar la sobrevivencia de las especies de uso agroforestal en las técnicas conservacionistas establecidas; c) identificar el rendimiento del cultivo de fréjol en cada tratamiento; d) determinar los costos de plantación de las especies en cada sistema.

Se establecieron tres parcelas agroforestales empleándose las especies forestales *Acacia melanoxylon*, *Caesalpinia spinosa* y *Persea americana* en asocio a cultivos agrícolas. La parcela testigo estuvo exenta de estructura de conservación alguna; en la segunda parcela se estableció la estructura de conservación utilizando curvas de nivel con camellón, y en la tercera parcela se establecieron franjas vivas con un pasto nativo del sector.

El análisis se realizó por medio del diseño de parcelas subdivididas, con nueve tratamientos y tres repeticiones: C+A (Curvas a nivel con camellón + *Acacia melanoxylon*), C+C (Curvas a nivel con camellón + *Caesalpinia spinosa*), C+P (Curvas a nivel con camellón + *Persea americana*), F+A (Curvas a nivel con franjas vivas+ *Acacia melanoxylon*), F+C (Curvas a nivel con franjas vivas + *Caesalpinia spinosa*), F+P (Curvas a nivel con franjas vivas+ *Persea americana*) T+A (Testigo + *Acacia melanoxylon*) T+C (Testigo + *Caesalpinia spinosa*) T+P (Testigo + *Persea americana*).

En consecuencia, la investigación muestra que el mayor contenido de humedad se expresan en el tratamiento F+P (Curvas a nivel con franjas vivas+ *Persea americana*), donde franjas vivas arrojó un 2,10% de retención de humedad y *Persea americana* con 1,84%; el pH en F+A (Curvas a nivel con franjas vivas+ *Acacia melanoxylon*) con 8,35, MO en T+P (Testigo + *Persea americana*), Nitrógeno (%) en T+P (Testigo + *Persea americana*), Fosforo en C+C (Curvas a nivel con camellón + *Caesalpinia spinosa*) y Potasio en F+C (Curvas a nivel con franjas vivas + *Caesalpinia spinosa*).

SUMMARY

Around 48% of the surface in Ecuador is affected by erosion, which requires the use of conservation systems to mitigate the erosive process. Our objectives were a) to determine the initial growth of tree species based on: the plant height, basal diameter, cup diameter and plant health; b) to evaluate the survival species of agroforestry by using the established conservation techniques; c) to identify the bean crop yield in each treatment; d) to determine the costs of the establishing species in each system.

Three agroforestry plots were established in the planting line, by using forest species: *Acacia melanoxylon*, *Caesalpinia spinosa* and *Persea americana*, with association of agricultural crops. The control plot was without conservation structures; in the second plot, the conservation structure was contour lines with ridge; and the third plot was established with barrier hedges using a native pasture from the sector.

The analysis was carried out using Split-Plot Design with nine treatments and three replicates: C+A (contour lines with ridge + *Acacia melanoxylon*), C+C (contour lines with ridge + *Caesalpinia spinosa*), C+P (contour lines with ridge + *Persea americana*), F+A (contour lines with live bands + *Acacia melanoxylon*), F+C (contour lines with live bands + *Caesalpinia spinosa*), F+P (contour lines with live bands + *Persea americana*), T+A (Control + *Acacia melanoxylon*), T+C (Control + *Caesalpinia spinosa*), T+P (Control + *Persea americana*).

Consequently, the research shows that the highest moisture content is expressed in the F+P treatment (contour lines with live bands + *Persea americana*), where Live Strips gave 2.10% humidity retention and *Persea americana* with 1, 84%; pH in F+A (contour lines with live bands + *Acacia melanoxylon*) with 8.35, MO in T+P (Control + *Persea americana*), Nitrogen (%) in T+P (Control + *Persea americana*), Phosphorus in C+C (contour lines with ridge + *Caesalpinia spinosa*) and Potassium in F+C (contour lines with live bands + *Caesalpinia spinosa*).

INTRODUCCIÓN

El recurso suelo es crucial para el desarrollo y la continuidad de la vida en el planeta. El suelo ha sido definido, en forma muy usual, como la frágil película que cubre la superficie terrestre y que cumple con variadas funciones. El vislumbrar la importancia del suelo para el desarrollo sustentable de las sociedades pasa por entender en qué consiste, cómo funciona este recurso y las causas que originan su destrucción.

El deterioro de las cuencas hidrográficas es debido a varias causas como la deforestación, erosión, malas prácticas agropecuarias, presiones antropogénicas sobre los recursos naturales y el cambio climático, han dejado vastas áreas del Ecuador improductivas, se estima que el 45% de la superficie del Ecuador sufre algún tipo de erosión (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2008), lo cual requiere medidas urgentes para recuperar superficies productivas para el bienestar de la población del país.

La restauración consiste en un grupo de tecnologías orientadas a restablecer ecosistemas, con el propósito de recuperen su estructura y funcionalidad para recobrar la prestación de servicios ambientales tales como aquellos vinculados al agua. En este marco la restauración hidrológico-forestal, cumple un rol fundamental en los suelos, especialmente en aquellos expuestos a procesos erosivos, como ocurre en la cuenca media del Río Mira, donde se desarrolló la presente investigación.

Los actores principales encargados de la reforestación en zonas secas, como instituciones y comunidades, se ven limitados debido a las bajas precipitaciones propias de estas áreas, donde el agua necesaria para esta actividad es muy reducida lo que no permite el desarrollo de plantaciones enfocadas a la protección de estos suelos degradados.

Los aspectos señalados anteriormente se constituyeron en insumos para el diseño y posterior ejecución del Proyecto Prometeo cuyo objetivo principal fue “Recuperación de suelos degradados de la cuenca media del Río Mira”. En este marco se desarrolló la presente investigación orientada a obtener información que permita mejorar la cobertura vegetal de los suelos desnudos, expuestos a la erosión hídrica y eólica, para lo cual se utilizaron técnicas de recuperación de suelo y conservación de agua, tendientes a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio

La presente investigación se encuentra ubicado en el sector Santiaguillo, perteneciente a la cuenca media del Río Mira, Parroquia Juan Montalvo, Catón Mira de la Provincia de Imbabura (X: 820323 m y Y: 10064016 m). Según la clasificación de ecosistemas del Ministerio del Ambiente (2013), el sector pertenece al ecosistema: BmMn01, Bosque y arbustal semideciduo del norte de los Valles. La temperatura media anual es de 16,7 °C, la velocidad media del viento de: 20,16 km/h, humedad relativa de 78%, nubosidad de 2/7 octa. La precipitación media anual es de 566,9 mm/año, los meses ecológicamente secos van de junio a septiembre, los cuales coinciden con los meses donde los vientos alcanzan velocidades más elevadas (Figura N° 1, 2).

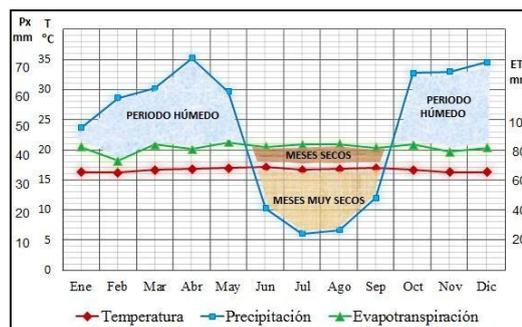


Ilustración 1. Diagrama Bioclimático, temperatura en

°C, precipitación y evapotranspiración en mm. Periodo 1979-2014. Estación Mira-FAO Granja La Portada

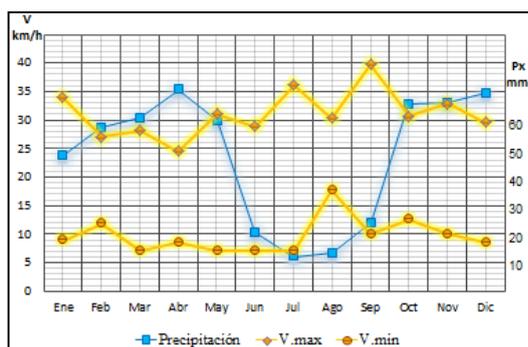


Ilustración 2. Promedio histórico mensual de la velocidad del viento en km/h (V.max: velocidad máxima y V.min: mínima); precipitación (mm): Periodo 1999-2014 Estación Mira-FAO Granja La Portada.

Descripción del establecimiento de las estructuras de conservación

En un área de 0.2 ha de terreno con claros signos de erosión hídrica y eólica, con pendientes de 20 a 25% y una profundidad efectiva de suelos de 25 cm, se estableció un sistema agroforestales de plantación lineal en curvas a nivel, empleando estructuras de conservación de suelos.

El establecimiento del ensayo se inició ocho días antes de la implementación de las estructuras de conservación, con el deshierbe inicial del terreno, realizado con una solución de glifosato al 25%. Después se realizó un rastrado superficial con tractor agrícola, para eliminar también los restos de cultivos anteriores. Las curvas de nivel fueron trazadas con un nivel en "A". Tres curvas de nivel fueron trazadas a lo largo del terreno manteniendo una distancia de 15 m entre estas. El terreno fue dividido en tres parcelas de 500 m², donde se establecieron tres tratamientos:

i) curvas de nivel (CD), se abrió una zanja de infiltración, la tierra extraída fue colocada en el borde inferior a la zanja, elevándose una estructura denominada camellón de 20 cm de alto y 30 cm de ancho; ii) franjas vivas (FV) con el pasto *Pappophorum pappiferum*

nativo del sector, sobre una estructura similar al camellón de 10 cm ancho y 10 cm de alto; y iii) un testigo (TS), el cual estuvo exento de estructuras de conservación. Siguiendo las curvas de nivel en el sitio de ensayo se establecieron las especies *Acacia melanoxylon*, *Persea americana* y *Caesalpinia spinosa*, en cada tratamiento. Para un mejor establecimiento de las especies, se usó 5 gramos de hidrogel pre hidratado por planta.

Descripción del complemento agrícola

El establecimiento del cultivo agrícola de cebolla roja se realizó con un primer periodo en platabandas de germinación para la obtención de plántulas, las que pasaron posteriormente al área de estudio manteniendo una distancia de 20 cm entre cada plántula. Durante el desarrollo del cultivo se realizaron deshierbes una vez al mes. El riego fue realizado cada 8 días en los primeros 2 meses y cada 15 días después de este periodo hasta la cosecha.

Recopilación de datos

Se inició el ensayo con el reconocimiento del predio conjuntamente con el equipo asesor y el propietario del mismo, posteriormente se definieron las técnicas agroforestales adecuadas para las características de sitio, consecuentemente se procedió a la preparación del terreno bajo las directrices de las prácticas agrícolas tradicionales del sector, las estructuras conservacionista como fueron camellones, franjas vivas y testigo, fueron establecidas en su totalidad en curvas de nivel, esto definido por la pendiente del área usada.

Una vez realizada la construcción de las curvas de nivel en el ensayo se procedió

con el hoyado (0,027m³), en el cual se incorporó 5 g de hidrogel hidratado para mantener la humedad del suelo durante el periodo inicial del establecimiento de las especies *Acacia melanoxylon*, *Persea americana* y *Caesalpinia spinosa*.

Se tomaron muestras de suelo con el barreno Eldelman recto de media caña para realizar los análisis de contenido de humedad en los tratamientos propuestos; para realizar los análisis químicos del suelo se construyó una calicata de 1m³ donde se tomaron muestras de suelo cada 20 cm de profundidad hasta completar los 100 cm de sima, en periodos de tiempo definidos por los ciclos del cultivo agrícola; en lo que respecta a los parámetros físicos del suelo las muestras se tomaron bajo la metodología sugerida por el laboratorio de Agrocalidad al inicio y al final del estudio.

Diseño experimental

Se aplicó el diseño experimental de parcelas divididas con tres repeticiones, se consideró las técnicas conservacionistas (parcela principal), las especies agroforestales (subparcela) y la interacción de los factores, lo que consideró un total de 9 tratamientos y 3 repeticiones (Tabla N°1). Con la finalidad de determinar el o los mejores tratamientos se aplicó las pruebas de Duncan, Tukey y Dunnet al 95% de probabilidad estadística, empelando el software estadístico InfoStat versión 2015.

Cada unidad experimental estuvo conformada por 5 plantas, 15 plantas por subparcela y 45 plantas por parcela. El cultivo agrícola abarcó un área de 50 m² por unidad experimental, 150 m² por sub

parcela y 450 m² por parcela.

Tabla 1 Tratamientos de estudio

Trat.	Factores	Descripción	Código
T1	Curvas de nivel con camellón	<i>Acacia melanoxylon</i>	CD+A
T2	Curvas de nivel con camellón	<i>Caesalpinia spinosa</i>	CD+P
T3	Curvas de nivel con camellón	<i>Persea americana</i>	CD+C
T4	Franjas vivas	<i>Acacia melanoxylon</i>	FV+A
T5	Franjas vivas	<i>Caesalpinia spinosa</i>	FV+P
T6	Franjas vivas	<i>Persea americana</i>	FV+C
T7	Testigo	<i>Acacia melanoxylon</i>	TS+A
T8	Testigo	<i>Caesalpinia spinosa</i>	TS+P
T9	Testigo	<i>Persea americana</i>	TS+C

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Contenido de humedad

Al no existir diferencias estadísticas entre las fuentes de variación investigadas no se realizó las pruebas de medias; pero en el análisis matemático se evidencia que, las franjas vivas son las que presentan el mayor valor promedio de contenido de humedad con 2,10%. En lo que respecta a las especies, la que obtuvo el contenido de humedad promedio más alto fue *Persea americana*, con 1,84%.

En el análisis de varianza se observa que para todas las fuentes de variación obtuvieron valores de Fisher calculado no significativos en comparación a los correspondientes tabulares al 95% de probabilidad estadística; por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, en vista de que el comportamiento de las técnicas, especies y su interacción son estadísticamente similares. (Ilustración N°3).

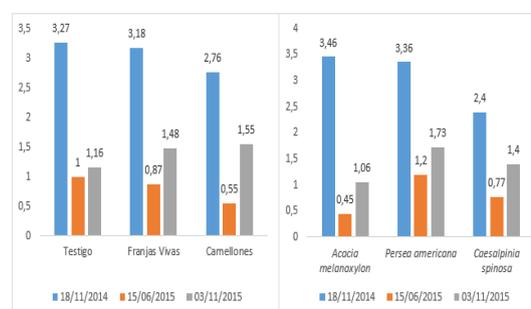


Ilustración 3. Porcentaje de contenido de humedad por especie y tratamiento.

2. Parámetros físicos del suelo bajo la influencia de las especie

En lo referente a las propiedades físicas del suelo se evidencia que existen diferencias mínimas entre las tres técnicas, en los parámetros de densidad aparente y real, así como también en la porosidad.

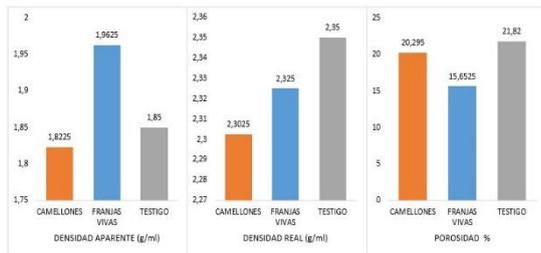


Ilustración 4. Propiedades físicas del suelo en las variables densidad aparente, densidad real y porosidad.

Estos datos son similares a lo encontrado por Cáceres (2017), donde la densidad real alcanza valores de 2,28 g/cm³ plantaciones, esto posiblemente se debe a que las muestras fueron tomadas con exceso de materia orgánica, lo cual suelen repercutir en los resultados de esta variable.

3. Parámetros químicos del suelo bajo la influencia de las especies

3.1. pH

Se registraron valores de pH siendo el promedio general de 7,92 que se clasifica como neutro a alcalino. En la prueba de Tukey para el Factor A técnicas se evidencia la formación de tres rangos, destacándose la técnica de Franjas Vivas con el mayor pH, mientras que para el Factor B especies se formaron únicamente dos rangos, siendo el menor y estadísticamente diferente *Persea americana*. En lo que respecta a la interacción de los factores antes mencionados se observa la formación de seis rangos, donde se destaca que las tres especies en la técnica franjas vivas tienen los mayores pH, mientras que el tratamiento Curvas con camellón y *Persea*

americana, con un pH de 6,99, es el único que presenta valores considerados ácidos o casi neutros.

En el análisis de varianza se observa que existen diferencias altamente significativas al nivel del 1% de probabilidad estadística para las fuentes de variación técnicas, especies y la interacción; el coeficiente de variación fue de 0,38 %, que permite inferir que, si bien las técnicas y especies son estadísticamente muy diferentes, el ensayo, en lo que respecta al pH, se considera muy homogéneo. (Ilustración 5).

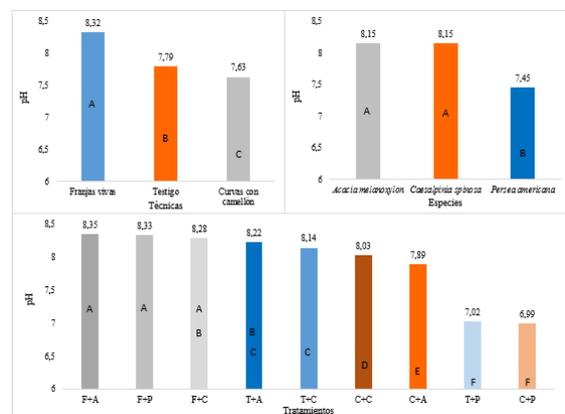


Ilustración 5. Promedio y rangos de la prueba de Tukey para pH por técnicas, especies y tratamientos.

Los resultados coinciden con lo reportado por Mahecha (2011) donde el bosque junto a plantación forestal mostraron pH ácido, y suelos con cultivo de cebollas ligeramente ácido; igualmente las haciendas de San Joaquín, Santa Ana y Colcas presentaron un pH que varió de 5,50 a 6,80 que va de ácido, ligeramente ácido a neutro (Vargas, 2012). La similitud de los resultados con los estudios reportados, es debido a la ubicación de los sitios en la región andina de Ecuador y Colombia. Se logró evidenciar que la materia orgánica y la clase textural mantuvieron una fuerte participación en la variación de la acidez del suelo.

3.2. Materia orgánica

Se evidenciaron el valor promedio general de Materia Orgánica en 1,89 % que se clasifica como bajo. En la prueba de

Tukey para el Factor A técnicas se evidencia la formación de tres rangos, destacándose la técnica de franjas vivas con el mayor contenido de Materia Orgánica, de la misma manera, para el Factor B especies se formaron tres rangos, siendo el menor y estadísticamente diferente *Persea americana*, mientras que para el Factor B especies se formaron únicamente dos rangos, siendo el menor y estadísticamente diferente *Acacia melanoxylon*. En lo que concierne a la interacción de los factores antes mencionados se observa la formación de seis rangos, donde se destaca que la especie *Persea americana* en relación a los tratamientos curvas con camellón y Testigo tiene el mayor contenido de Materia Orgánica, mientras que el tratamiento testigo y *Acacia melanoxylon* contiene la menor concentración de Materia Orgánica con 1,33%.

En el análisis de varianza se observa que existen diferencias altamente significativas al nivel del 1% de probabilidad estadística para las fuentes de variación técnicas, especies y la interacción; el coeficiente de variación fue de 2,51%, que permite identificar que, si bien las técnicas y especies son estadísticamente muy diferentes, el ensayo, en lo que respecta la Materia Orgánica (MO), se considera muy homogéneo.

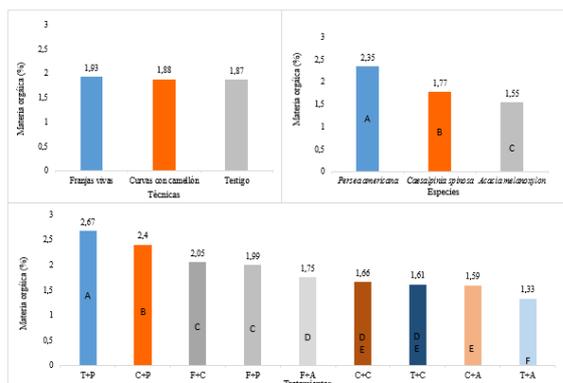


Ilustración 6. Promedio y rangos de la prueba de Tukey para pH por técnicas, especies y tratamientos.

3.3. Nitrógeno

Se registraron valores de Nitrógeno siendo el promedio general de 0,093% que se clasifica como bajo. En la prueba de Tukey para el Factor B especies se formaron únicamente dos rangos, siendo el menor y estadísticamente diferente *Acacia melanoxylon*. En lo que respecta a la interacción de los factores antes mencionados se observa la formación de 3 rangos, donde se destaca que la especie *Persea americana* en relación con las técnicas curvas con camellón y testigo son mayores en contenido de Nitrógeno (%), por otra parte, la relación entre la especie *Acacia melanoxylon* y el testigo muestra un contenido de 0,07% de Nitrógeno.

En el análisis de varianza se observa que existen diferencias altamente significativas al nivel del 1% de probabilidad estadística para las fuentes de variación técnicas, especies y la interacción; el coeficiente de variación fue de 8,75%, que permite inferir que, si bien las técnicas y especies son estadísticamente muy diferentes, el ensayo, en lo que respecta al Nitrógeno (%), se considera homogéneo.

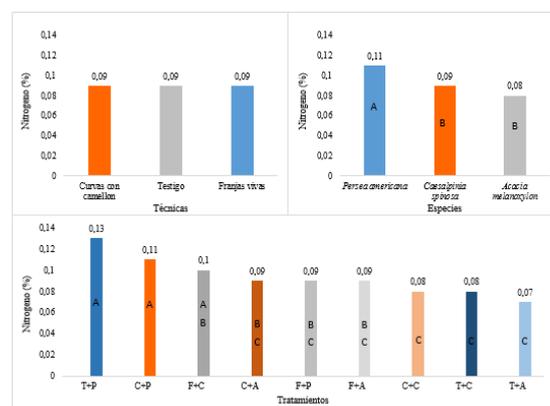


Ilustración 7 Promedio y rangos de la prueba de Tukey para Nitrógeno (%) por técnicas, especies y tratamientos.

3.4. Fósforo

Se reconocieron valores de Fósforo (ppm) siendo el promedio general de 9,85 que se clasifica como bajo. En la prueba de Tukey para el Factor A técnicas se evidencia la formación de tres rangos, destacándose la técnica de curvas con camellón con el mayor

contenido de Fósforo, mientras que para el Factor B especies se formaron únicamente dos rangos, siendo el menor y estadísticamente diferente *Acacia melanoxylon*. En lo que respecta a la interacción de los factores antes mencionados se observa la formación de seis rangos, donde se destaca que las técnicas curvas con camellón y su correlación con las especies *Caesalpinia spinosa* y *Persea americana* tienen los mayores contenidos de Fósforo.

En el análisis de varianza se observa que existen diferencias altamente significativas al nivel del 1% de probabilidad estadística para las fuentes de variación técnicas, especies y la interacción; el coeficiente de variación fue de 2,11%, que permite inferir que, si bien las técnicas y especies son estadísticamente muy diferentes, el ensayo, en lo que respecta al Fósforo (ppm), se considera muy homogéneo. .

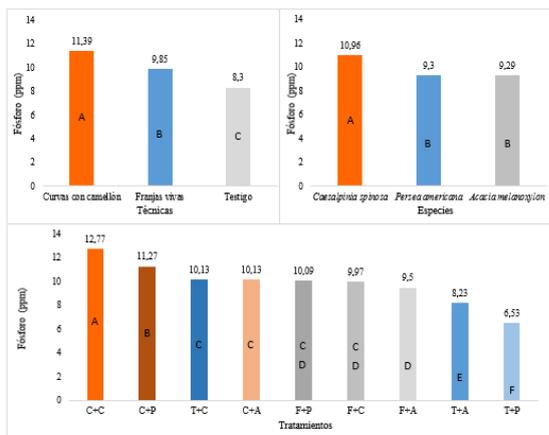


Ilustración 8 Promedio y rangos de la prueba de Tukey para pH por técnicas, especies y tratamientos.

3.5. Potasio

Se reconocieron valores de Potasio siendo el promedio general de 0,86 cmol/kg que se clasifica como alto. En la prueba de Tukey para el Factor A técnicas se evidencia la formación de tres rangos, destacándose la técnica de franjas vivas con el mayor contenido de Potasio, mientras que para el Factor B especies se formaron únicamente dos rangos, siendo el

menor y estadísticamente diferente *Acacia melanoxylon*. En lo que respecta a la interacción de los factores antes mencionados se observa la formación de seis rangos, donde se destaca que las técnicas franjas vivas y su correlación con las especies *Caesalpinia spinosa* y *Persea americana* tienen los mayores contenidos de Potasio.

En el análisis de varianza se observa que existen diferencias altamente significativas al nivel del 1% de probabilidad estadística para las fuentes de variación técnicas, especies y la interacción; el coeficiente de variación fue de 0,87%, que permite inferir que, si bien las técnicas y especies son estadísticamente muy diferentes, el ensayo, en lo que respecta al Potasio (cmol/kg), se considera muy homogéneo. (Ver Anexo 1.5).

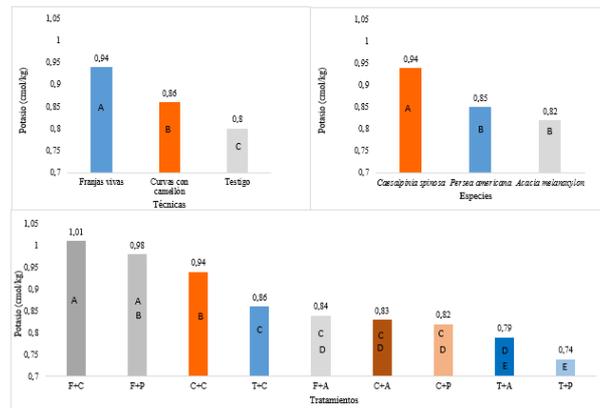


Figura 1. Promedio y rangos de la prueba de Tukey para pH por técnicas, especies y tratamientos.

4. Costos de implementación de las estructuras conservacionistas

El costo de establecimiento y manejo de las parcelas curvas de nivel con camellón y testigo presentaron sumas angostamente equivalentes entre sí, ambas con un monto de tan solo 6% inferior a la parcela curvas de nivel con franjas vivas.

Las sub parcelas asociadas a *Caesalpinia spinosa* y *Acacia melanoxylon* alcanzaron costos significativamente inferiores a las sub parcelas de *Persea americana*, debido

principalmente a elevado costo de adquisición de la misma.

Por otra parte también se registraron diferencias significativas de costos, entre las sub parcelas asociadas a *Persea americana*, donde: el costo más económico fue cuantificado en el tratamiento T+C (Testigo + *Caesalpinia spinosa*) con un monto de 2970,81 USD/ha; mientras que el costo más elevado fue de 8239,75 USD/ha en el tratamiento F+P (Franjas vivas + *Persea americana*), debido al elevado número de replante realizados en el primer trimestre de evaluación.

CONCLUSIONES

Las franjas vivas constituyeron la técnica conservacionista que obtuvo la mayor contenido de humedad con un valor de 2.10%, esto en contraste con el valor inferior que evidenció la técnica de camellones en curva de nivel con un valor de 1,62%, inclusive mostrándose menor al del tratamiento testigo; por otra parte, la especie *Persea americana* con un valor promedio de 1,84%, expone el mayor porcentaje de retención de humedad en el estudio realizado.

La porosidad en el testigo muestra un valor de 21,82%, siendo el más alto evidenciado en el estudio, seguido de la técnica Camellones en curvas de nivel con un valor de 20,29% y el tratamiento franjas vivas el que presentó menor porosidad en el suelo con un valor de 16,65%.

En los parámetros químicos del suelo y la relación con las técnicas conservacionista con respecto a los elementos Nitrógeno, Potasio, Potencial Hidrógeno y Materia Orgánica, se destaca la técnica de franjas vivas, con las mayores concentraciones de estos elementos, el macronutriente Fosforo tiene sus mayores valores en la técnica camellones en curvas de nivel

En relación a las especies establecidas en el estudio y su interacción con las propiedades químicas del suelo, muestran que *Persea americana* presenta sus mayores valores en los elementos Nitrógeno y Materia Orgánica, la especie *Caesalpinia spinosa* en los elementos Fósforo y Potasio, el Potencial Hidrogeno en la especie *Acacia melanoxylon* con las mayores concentración.

Los costos de establecimiento y manejo en las técnicas de conservación (parcelas), no presentaron diferencias significativas. Referente a las especies (sub parcelas), *Persea americana* por su elevado costo de adquisición, alcanzó un monto 41% más elevado en comparación *Acacia melanoxylon* y *Caesalpinia spinosa*.

RECOMENDACIONES

En concordancia de los resultados conseguidos en la vigente investigación se recomienda:

Continuar con la evaluación de la variable contenido de humedad, por cuanto los datos de la presente investigación se podrían considerar como datos preliminares del efecto de las estructuras conservacionistas para la retención de agua en suelos degradados, direccionando los términos del análisis hacia el concepto de erosión eólica.

En lo que concierne a la composición química del suelo influida por la acción fisiológica de las especies forestales (*Acacia melanoxylon* y *Caesalpinia spinosa*) y frutales (*Persea americana*) establecidas en el estudio, se recomienda seguir evaluando el comportamiento del suelo en instancias de madures filosófica de las especies que intervienen en el mismo, por cuanto el estado inicial de cremento de las mismas no infiere cambios significativos en la composición química y física del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, C., & Vizcaíno, M. (2010). *Aplicación de estimadores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones forestales*. Ibarra: Universitaria.
- Arevalo, C. (2012). *Técnicas y Prácticas Agroforestales Validados para el Ecuador*. Cuenca.
- Barros, S. (2007). El Genero Acaacia Especies Multiproposito. *Ciencia e Investigación Forestal*.
- Bradbury, G. (2007). Acacia Utilisation and Management. *How is Wood Quality Affected by Growth Rate and Silviculture?*, 26.
- Caicedo, M. (2013). *Manejo de la Cuenca del Río Cary Yacu, Cantón Espejo, Provincia del Carchi*. Ibarra.
- Carranza, L. (2007). Revisión Bibliografica Sobre Acacia melanoxylon: Su Silvicultura y su Madera. *Revista de la Facultad de Agronomia UNLP*, 145-154.
- Centro Agronómico Tropicales de Investigaciones y Enseñanza. (2008). *Manejo de la Cuenca del Río Birris*. San Jose.
- Conant, J., & Fadem, P. (2011). *Guía Comunitaria para la Salud Ambiental*. Galicia .
- Cotler, H., Sotelo, E., Dominguez, J., Zorilla, M., Cortina, S., & Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*.
- De La Cruz, I. (2013). *Situación Actual del Cultivo del Aguacate (Persea americana Mill) en el Estado de Mexico*. DF Mexico.
- Ferrer, M. (s.f). *La Restauración Hidrológica - Forestal*. Aragón .
- Florez, G. (2016). *TÉCNICAS CONSERVACIONISTAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES EN SECTOR SANTIAGUILLO, CANTÓN MIRA*. Ibarra.
- Galárraga, R. (10 de Marzo de 2001). *HidroRed*. Recuperado el 12 de Octubre de 2017, de

- tierra.rediris.es/hidrored/ba
sededatos/docu1.html
- García, I., Martínez, A., Ramírez, A., Niño, A., Rivas, J., & Domínguez, L. (s.f). *LA RELACIÓN AGUA-BOSQUE: DELIMITACIÓN DE ZONAS PRIORITARIAS PARA EL PAGO DE SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS EN LA CUENCA DEL RÍO GAVILANES, COATEPEC, VERACRUZ*. Veracruz.
- Gomero, O., & Velásquez, A. (1999). *Manejo Ecológico de Suelos Conceptos Experiencias y Técnicas*. Lima.
- Jiménez, E., Freire, F., Silva, D., & Tovar, G. (2011). *Manejo de Cuencas Hidrográficas: Usuarios de la Cuenca del Río Valdivia - California*. Guayaquil.
- Juarez, M. (2012). *Barreras Vivas*. San Salvador.
- Loredo, O., Serreon, L., Serreón, L., & Marcos, C. (2005). *Prácticas Mecánicas para el Control de la Erosión Hídrica*. San Luis.
- Martínez, I., & Uribe, J. (2013). *Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible: Manejo de la humedad del suelo*. Concepción.
- Ministerio de agricultura y riego. (2014). *Cartilla para la conservación de suelos: Zanjas de Infiltración*. Lima.
- Ministerio del Ambiente Ecuador. (1999). *Especies Forestales Bosques Secos Ecuador*. Quito.
- Ministerio del Ambiente Ecuador. (2008). *Informe Sobre el Estado del Medio Ambiente*. Quito.
- Movimiento Agrícola De América Latina y El Caribe. (2001). *Agroforestería en Latinoamérica Experiencias Locales*. Buga.
- Nicolaste, D., Roque, J., Brokamp, G., Cano, A., La Torre, M., & Weigend, M. (2009). *Desarrollo de Monografías Botánicas (FACTSHEETS)*

- para Cinco Cultivos Peruanos* . Lima.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f). *Corporation FAO 2018*. Recuperado el 05 de 02 de 2018, de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/conservacion-del-suelo/es/>
- Ospina, A. (2006). *Agroforesteria, aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para e estudio agroforestal*. Cali.
- Palacios, W. (2017). *Árboles del Ecuador*. Quito.
- Pinalla, J., Molina, M., Briones, R., & Hernández, G. (2006). Opciones de Productos a Partir de la Madera de Acacia: Antecedentes de una Experiencia en Acacias en Chile . *UHU*, 73-92.
- Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de America Central. (2005). *Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua* . San Salvador.
- Ramírez, E. (2010). *Agroforesteria: Proyecto Río Blanco*. Cuenca.
- Raudes, M., & Sagastume , N. (2009). *Manual Conservación de Suelos*. Tegucigalpa.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Plan Nacional para el Buen vivir (2013 – 2017)*. Quito.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). *PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2017-2021*. Quito.
- Siebert , H., & Bauerle, P. (1995). Aromo australiano (Acacia menaloxylon) en Plantaciones Mixtas . *Ciencias Forestales*, 25-36.
- Suquilanda , V. (2008). *Deterioro de los Suelos en el Ecuador y la Producción Agrícola*. Quito.
- Vargas, C. (2012). *Caracterización físico químicas de suelos en plantaciones de pinus radiata en ACOSA*. Latacunga.