



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

“EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DEL CARBÓN VEGETAL, CAL Y NUTRIENTES MINERALES SOBRE LAS CONDICIONES FÍSICAS DEL SUELO; EN UNA ÁREA REFORESTADA CON MELINA (*Gmelina arborea roxb*), EN EL BARRIO LA VICTORIA, PARROQUIA DE ZAMORA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”.

Tesis de grado previa a la obtención
del título de ingeniero en Manejo y
Conservación del Medio Ambiente

AUTOR.

Willian Alfonso Zambrano Jiménez

DIRECTOR:

Ing. Osmani Eduardo López Celi, Mg. Sc.

ZAMORA – ECUADOR

2016

CERTIFICACIÓN

Ing. Osmani Eduardo López Celi, Mg. Sc.

DOCENTE DE LA MODALIDAD DE ESTUDIOS PRESENCIAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE ZAMORA.

CERTIFICO:

Que el presente trabajo de titulación denominado: **“EVALUACION DE LA INCIDENCIA DEL CARBÓN VEGETAL, CAL Y NUTRIENTES MINERALES SOBRE LAS CONDICIONES FISICAS DEL SUELO; EN UNA AREA REFORESTADA CON MELINA (*Gmelina arborea roxb*), EN EL BARRIO LA VICTORIA, PARROQUIA ZAMORA, CANTON ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”**, desarrollado por el señor Willian Alfonso Zambrano Jiménez, ha sido elaborada bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instructivos.

Por ello autorizo su presentación y sustentación.

Zamora, 07 de noviembre de 2016

Atentamente



Ing. Osmani Eduardo López Celi, Mg. Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORÍA

Yo **Willian Alfonso Zambrano Jiménez**, declaro ser autor del presente Trabajo de Tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

AUTOR: Willian Alfonso Zambrano Jiménez

FIRMA:



CÉDULA: 0705349140

FECHA: Loja, 15 de diciembre de 2016.

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, WILLIAN ALFONSO ZAMBRANO JIMÉNEZ, declaro ser autor de la Tesis titulada "EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DEL CARBÓN VEGETAL, CAL Y NUTRIENTES MINERALES SOBRE LAS CONDICIONES FÍSICAS DEL SUELO; EN UNA ÁREA REFORESTADA CON MELINA (*Gmelina arborea robx*), EN EL BARRIO LA VICTORIA, PARROQUIA ZAMORA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE", como requisito para optar por el grado de: INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, autorizó al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a los quince días del mes de diciembre del dos mil dieciséis, firma el autor:

FIRMA:

AUTOR: Willian Alfonso Zambrano Jiménez.

CÉDULA: 0705349140.

DIRECCIÓN: Zumbi, Aurelio Espinoza Pólit y Jaime Róldos Aguilera.

CORREO ELECTRÓNICO: wilialjiza.9@gmail.com

TELÉFONO: 072117078 CELULAR: 0989706789

DATOS COMPLEMENTARIOS

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Osmani Eduardo López Celi, Mg. Sc.

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde, Mg.Sc.	(Presidente)
Ing. Fausto Ramiro García Vasco, Mg.Sc.	(Vocal)
Ing. Hilter Farley Figueroa Saavedra, Mg.Sc.	(Vocal)

DEDICATORIA

Esta tesis dedicado a mi Dios que supo guiarme por el buen camino, darme la fortaleza para seguir adelante y no desalentarme en los problemas que se presentan, enseñándome a enfrentar las adversidades sin renunciar a mi honestidad ni desfallecer en el intento.

A mi madre Marianita de Jesús Jiménez Rivera, quien constantemente sin duda alguna han sido el cimiento fundamental en mi vida y que sin ella jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora he alcanzado. Su firmeza, carácter y su lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir e incidir, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general.

A mis amigos, compañeros de aula, y todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos en cuanto a lo profesional y personal, por su paciencia y sus consejos, que me inculcaron buenos valores.

Willian Zambrano.

AGRADECIMIENTO

Con gran APRECIO y ADMIRACIÓN para nuestros Docentes, quienes con nobleza y entusiasmo nos transmitieron el camino del conocimientos desde las aulas de tan prestigiosa institución, en la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Loja del Plan de Contingencia.

De manera especial al Ing. Osmani López, director de nuestra tesis, de igual manera a nuestros asesores los Ing. Ángel Villamagua, Ing. Luis Valarezo por habernos brindado y compartido sus ilustrados consejos y conocimientos, en la elaboración de este trabajo de grado.

1 TÍTULO

“EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DEL CARBÓN VEGETAL, CAL Y NUTRIENTES MINERALES SOBRE LAS CONDICIONES FÍSICAS DEL SUELO; EN UNA ÁREA REFORESTADA CON MELINA (*Gmelina arborea roxb*), EN EL BARRIO LA VICTORIA, PARROQUIA DE ZAMORA, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”.

2 RESUMEN

En el proyecto “Gestión de la fertilidad de los suelos con enmiendas de carbón vegetal para especies maderables en el sur de la amazonia ecuatoriana” ejecutado por la UNL, en la parroquia y cantón Zamora en el 2009-2013 bajo el auspicio de la SENESCYT, cuyo propósito fue orientar a generar alternativas para la repoblación forestal productiva de las áreas degradadas, en el marco de una gestión sostenida de la fertilidad de los suelos. En este contexto se ejecutó la presente investigación cuyo objetivo fue evaluar la incidencia del carbón vegetal, cal y nutrientes minerales sobre las condiciones físicas del suelo. Los factores estudiados: fertilización: Cal (5 t ha^{-1}), N (200 kg ha^{-1}), P (150 kg ha^{-1}), K (200 kg ha^{-1}), Mg (118 kg ha^{-1}), S (229 kg ha^{-1}), Zn (40 kg ha^{-1}) y sin fertilización; y carbón vegetal (0 t ha^{-1} , 3 t ha^{-1} y 6 t ha^{-1}). El diseño experimental fue bifactorial (2×3), en bloques al azar. La velocidad de infiltración se determinó por el método del doble anillo. La curva característica de humedad se determinó con el equipo de succión, para lo cual las muestras no disturbadas, fueron sometidas a presiones; 0, 1/10, 1/3 y 15 atm y se evaluó las características físicas del suelo. La velocidad de infiltración paso del rango media a muy rápida. Todos los tratamientos tienen una baja capacidad de aireación y corresponden a suelos físicamente muy pobres.

2.1 Summary

In the project "Management of the fertility of the soils with amendments of charcoal for timber species in the southern Ecuadorian Amazon" executed by the UNL, in the parish and canton Zamora in the 2009-2013 under the auspices of the SENESCYT, whose purpose was to orient to generate alternatives to the reforestation of degraded areas productive, in the framework of a sustained management of the fertility of the soil. In this context ran the present investigation whose objective was to evaluate the incidence of the charcoal, lime and mineral nutrients on the physical conditions of the soil. The studied factors: fertilization: Cal (5 t ha^{-1}), N (200 kg ha^{-1}), P (150 kg ha^{-1}), K (200 kg ha^{-1}), Mg (118 kg ha^{-1}), S (229 kg ha^{-1}), Zn (40 kg ha^{-1}) and without fertilization; and charcoal (0 t ha^{-1} , 3 t ha^{-1} and 6 t ha^{-1}). The experimental design was bifactorial (2×3), in randomized blocks. The speed of infiltration is determined by the method of double ring. The characteristic curve of moisture was determined with the suction equipment, for which no samples disturbed, were subjected to pressures; 0, 1/10, 1/3 and 15 atm and assessed the physical characteristics of the soil. The speed of infiltration step of the range medium to very fast. All treatments have a low capacity of soil aeration and correspond to physically very poor.

3 INTRODUCCIÓN

Como lo describe Arias, (2012), en el cantón Zamora desde que se empezó a colonizar esta región amazónica por pobladores que llegaron de la ciudad de Loja en el año 1941, por la sequía que azotaba aquella provincia en esa época, se aventuraron al oriente en busca de tierras fértiles para realizar actividades productivas. (p.10).

“Los agricultores que llegaron a colonizar en el cantón Zamora empezaron a desarrollar actividades como: la tala del bosque primario para la siembra de pastos, naranjilla entre otros cultivos; la ganadería está causando la degradación del suelo, la erosión del mismo por el desconocimiento de los ganaderos de la zona”.

Sadeghian, (2009) señala que la ganadería está causando la deforestación de bosques tropicales nativos por el avance de la frontera agrícola, la erosión y compactación de los suelos frágiles, cambios en la cobertura vegetal, disminución de la biodiversidad (plantas y animales), y el uso de recursos no renovables, tales como la energía fósil y fertilizantes. (p.1).

Valarezo (citado por Villamagua, 2014) comenta que la conversión del bosque natural a pastizal, interrumpe abruptamente el reciclaje natural de los elementos nutritivos, los cuales se lixivian por efecto de la abundante lluvia, se acelera la mineralización de la reserva de materia orgánica, y se instala un proceso de erosión laminar hídrica, por lo que en un tiempo relativamente corto se degrada la fertilidad del suelo y las tierras se convierten en marginales, constituyéndose en “desiertos de fertilidad”, que se caracterizan por una fuerte acidez, presencia de aluminio tóxico, y la baja disponibilidad de macro y micronutrientes, principalmente

nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, zinc, boro, entre otros. Con la finalidad de generar opciones de solución a esta problemática la Universidad Nacional de Loja, ejecuta el proyecto de investigación “Gestión de la fertilidad de los suelos con enmiendas de carbón vegetal en plantación de árboles maderables en el sur de la amazonia ecuatoriana” cuyo propósito fue orientar a generar alternativas para la repoblación forestal productiva de las áreas degradadas, en el marco de una gestión sostenida de la fertilidad de los suelos. (p.2).

Para lo cual instalan un experimento en el sitio Victoria, con un diseño experimental en parcelas subdivididas (2x2x3) para determinar el efecto del carbón vegetal (0, 3, y 6 t ha⁻¹), cal (5 t ha⁻¹) y nutrientes (N; P, K; Mg y Zn), sobre el crecimiento inicial de melina (*Gmelina arbórea roxb.*) y pachaco (*Schizolobium parahybum* Vell. Conc), y la evolución de las condiciones físico-químicas del suelo, la disponibilidad de nutrientes y el almacenamiento de C.

En este experimento instalado desde agosto del 2009, se procedió a la ejecución en agosto del 2016 del proyecto de tesis “Evaluación de la incidencia del carbón vegetal, cal y nutrientes minerales, sobre las condiciones físicas de los suelos en una área reforestada con (*Gmelina arbórear roxb*) en el barrio la Victoria de la parroquia Zamora, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la incidencia del carbón vegetal, cal y nutrientes minerales sobre las condiciones físicas del suelo; en una área reforestada con melina (*Gmelina arborea roxb*), en el barrio la Victoria, parroquia de Zamora, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivos Específicos

- Determinar la evolución de la velocidad de infiltración del agua en el suelo, en las plantación maderable de Melina (*Gmelina arborea roxb*) establecida en el experimento en el barrio la Victoria.
- Conocer la evolución de la curva de retención del agua del suelo en el experimento en el barrio la Victoria.

4 REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Suelos Amazónicos

De acuerdo Monagas, (2008) describe que:

Los suelos amazónicos también tienen una muy baja capacidad de retención de los nutrientes, que se originan de la descomposición de la materia orgánica. Esto se debe, en parte, a la alta concentración de aluminio e hidrógeno, que ocupan espacios en que los nutrientes deberían ser retenidos. El aluminio comprende un alto porcentaje de los minerales del suelo. El hidrógeno proviene de los ácidos orgánicos formados en la materia orgánica de la capa superior del suelo. A pesar de la poca capacidad del suelo de retener los nutrientes, la sobrevivencia del bosque no está amenazada, porque las especies de árboles de la Amazonía se han adaptado a suelos altamente meteorizados y lavados. Una de las adaptaciones más importantes es la concentración de raíces en la superficie del suelo, que permiten capturar los nutrientes provenientes de la descomposición de la materia orgánica y evitar que se pierdan por lavado. (p.1).

4.2 Suelos de la zona sur de la amazonia ecuatoriana

Según Valarezo, Iniguez, Guaya, Valarezo y Valarezo, (1998) establecieron que:

En la amazonia se encuentra la estibación oriental, los valles estrechos y alargados de la cuenca del rio Nangaritza y del curso del medio del rio Zamora (800 a 900 m.s.n.m) con diferentes niveles de terrazas, el pie de monte, las colinas y montañas, presentan los grandes grupos de suelos como los: Entisoles perteneciente al gran grupo Tropofluvents (que constituyen los mejores suelos para el aprovechamiento agropecuario); los inceptisoles que pertenecen al gran grupo Eutropepts entre otras formaciones. (p. 72-73).

4.3 Los suelos del trópico húmedo formados a partir de granodiorita

Galán, (1982) establece que:

La granodiorita es una roca ácida constituida por cuarzo y feldespatos, pero contrariamente al granito, contiene más plagioclasas que ortosa. Los minerales secundarios son biotita, anfíbol y piroxeno. Los porcentajes de composición de la granodiorita con respecto al total de sus componentes son: cuarzo 10% a 35%, feldespato 20% a 40%, plagioclasas 25% a 45%; y, otros 10% a 30% (moscovita, biotita, piroxenos y anfíboles); sin embargo, las plagioclasas y los feldespatos son difíciles de distinguir a simple vista, por lo que no hay diferencia aparente entre un granito y una granodiorita. (p.133-151).

Mientras que Conde, J y Delgado, S (como se citó Valarezo, 2004) rectifica que:

El material parental tiene una gran influencia, sobre las características finales de los suelos del trópico húmedo. Las rocas ígneas y metamórficas ácidas (granito, granodiorita, riolita, gneis) generan suelos dominados por arcillas de color rojo a amarillo rojizo, con la presencia de granos gruesos de cuarzo. En un primer estado, la roca se transforma en un material arenoso grueso. (p.4).

4.4 Características de los suelos experimentales

De acuerdo a Valarezo et al. (2014), establece que:

En el barrio la victoria hay cuatro perfiles que no son idénticos, pero que presentan capas con características similares; así son suelos, muy profundos formados a partir de rocas granodiorítica del gran batolito de Zamora. Hasta una profundidad de 1,20 m están conformados de una delgada capa orgánica (Horizonte O) de 3 a 4 cm de espesor, un horizonte Ap de 14 a 16 cm de espesor, de color gris muy oscuro a negro, franco al tacto; un horizonte AE (o EA) de 12 a 20 cm de espesor, gris muy oscuro, franco arenoso a arenoso franco al tacto; una transición BE de 12 a 24 cm de espesor; uno o dos horizontes Bt de color pardo amarillo, arcilloso arenoso al tacto, con

recubrimientos de arcilla (cutanes) muy delgados o discontinuos; una transición CB de 22 cm de espesor amarillo castaño, arcilloso al tacto; y un horizonte C, de color blanco, arcilloso limoso al tacto, con granos de cuarzo menores y mayores a 2 mm: En la capa superior del suelo mineral se observan abundantes raíces finas, disminuyendo a muy pocas hasta 80 a 100 cm de profundidad. Estos suelos han sido clasificados como Typic Kandihumults. (p.105).

4.5 Propiedades físicas del suelo

4.5.1 Densidad real.

De acuerdo a Valarezo, et al. (1998) establece que “se denomina densidad de los sólidos o densidad de las partículas de los suelos, a la relación entre la masa total de partículas sólida y su volumen, excluyendo el espacio poroso existente entre ellas”. (p. 24).

$$Dr = \frac{MS}{Vs}$$

Donde:

Dr: Densidad real (g/cm³)

Ms: Masa de sólidos (g)

Vs: Masa de sólidos (cm³)

4.5.2 Densidad aparente.

Según Pérez y Díaz, (1988) “el diferente comportamiento de la densidad aparente frente a la textura no sólo se produce por el mayor o menor contenido de

arcilla en el suelo, sino que también depende de la naturaleza de esta partícula”.
(p. 547-560).

Van, (1983) establece que:

En el caso concreto de un suelo sometido a uso ganadero encuentra escasas diferencias en los resultados de densidad aparente en suelos de textura gruesa que se hayan afectados por el incremento en la carga ganadera; al contrario de lo que ocurre en el caso de las texturas finas, donde sí obtiene un aumento evidente de la densidad aparente. (p. 586-588).

Valarezo, et al. (1998) articula que “la densidad aparente o peso específico aparente es la relación entre la masa del suelo seco y su volumen total. Para cálculo de la Densidad Aparente se utiliza la siguiente fórmula”. (p.25).

a) Densidad Aparente.

$$Da = Ms / Vt = Ms / (Vs + Va + Vw)$$

Donde:

Da= Densidad aparente (g/cm³).

Ms: Masa de solidos (g).

Vt= Volumen Total (cm³).

Vs= Volumen de solidos (cm³).

Va= Volumen de aire (cm³).

Vw= Volumen de agua (cm³).

4.5.3 Porosidad total.

Bonneau & Souchier (como se citó en Sepúlveda, 2000), menciona: “Que los suelos de estructura grumosa estable tienen una porosidad total elevada, en torno al 60-70%, siendo el micro, macro porosidad del mismo orden de magnitud”. (p.48).

Mientras Valarezo, et al. (1988) establece que:

La geometría del sistema poroso del suelo es tan compleja como la fase sólida del mismo, por cuanto las partículas varían en tamaño, forma, regularidad y tendencia al hinchamiento. Consecuentemente, los poros difieren grandemente uno de otros en forma, dimensiones laterales, longitudinales, sinuosidad, coherencia, y otras características. (p.26). Para cálculo de la porosidad total se aplica la siguiente fórmula.

b) Porosidad total (Pt).

$$Pt = Vp / Vs = (Va + Vw) / (Vs + Va + Vw)$$

Donde:

P= Porosidad total (Cm³).

Vp=volumen de poros (cm³).

Vs= Volumen total de la muestra inalterada (cm³).

4.5.4 Agua aprovechable.

Según Amézquita, (1994) indica que:

Por los macro poros se infiltra y mueve el agua que procedente de las lluvias llega al suelo. Por ellos, también circula el aire que lleva oxígeno a las raíces y dentro de ellos crecen las raíces y los pelos absorbentes de las plantas. Su diámetro equivalente tiene un límite inferior de 50 μm . En los meso poros (5.0-0.2 mm) se almacena el agua aprovechable, que no es otra cosa que la solución nutritiva del suelo, la cual es absorbida por las raíces de las plantas para cumplir sus funciones de transpiración y de nutrición. En los micro poros (<0.2 mm) se encuentran en forma reducida los elementos Fe y Mn, los cuales solo en esta forma pueden ser absorbidos por las raíces. Por los macro, meso y macro poros se realizan respectivamente los procesos de interceptación, flujo de masa y difusión, por los cuales llegan los nutrientes a ponerse en contacto con las raíces. (p.6).

Según Morocho y Chillogallo, (2010) establece que:

Cuando se conoce que el contenido de agua en el suelo las plantas se marchitan permanentemente; es decir, que no se recuperan en una atmósfera saturada, sin adición de agua al suelo. Se habla de PMP cuando el potencial del agua del suelo se encuentra entre 15 y 16 bar de succión equivalente, $p_F=4.2$, que corresponde al límite inferior del agua aprovechable. El diámetro equivalente de los poros al PMP es de 0,2 micras. El volumen de agua a PMP, representa el volumen útil de poros del suelo. (p.25).

De acuerdo Valarezo, et. al (1998) expresa que “la diferencia entre CC y PMP representa la capacidad de retención de humedad aprovechable. Esta capacidad varía en función del tipo de arcilla, nivel de materia orgánica y de la estructura del suelo”.

Del agua aprovechable se utilizará la siguiente fórmula:

c) Agua aprovechable.

$$AA = (CC - PMP)$$

Donde:

AA= Agua aprovechable ($\% \Theta_v$).

CC= Capacidad de campo ($\% \Theta_v$).

PMP= Punto de marchites permanente ($\% \Theta_v$).

4.5.5 Capacidad de aireación.

Garrido, (1994) expresa que:

Está estrechamente ligada con la compactación del suelo y su deficiencia provoca escaso desarrollo radical, mal crecimiento de la parte aérea, síntomas de marchitamiento aun con suelo húmedo, y muerte de la planta, es muy útil para conocer la permeabilidad del terreno". (p 12-13).

Como Ayora y Carpio, (2015) define a "la capacidad de aireación como la cantidad de agua que un suelo retiene contra la gravedad cuando se deja drenar libremente. En un suelo bien drenado, por lo general, se llega a este valor a los dos días de saturar el mismo". (p. 7).

Valarezo, et al. (1988) sostiene que:

En general, si la porosidad de aireación es mayor a 10 -15 %, la aireación es satisfactoria para el crecimiento de las plantas. Desde el punto de vista del drenaje, esta porosidad corresponde al espacio poroso drenable llamada porosidad efectiva. En todo caso, representa a los poros del suelo que tienen un diámetro equivalente (DEP) mayor a 30 micras. (p.48).

De la capacidad de aireación se utilizará la siguiente fórmula:

d) Capacidad de aireación.

$$CA = Pt - CC$$

Donde:

CA= Capacidad de aireación (% Θ_v).

Pt= Porosidad total (% Θ_v).

CC= Capacidad de Campo (% Θ_v).

4.5.6 Volumen físicamente inerte.

Morocho y Chillogallo, (2010) nos menciona que: “el volumen físicamente inerte. Corresponde al valor del contenido volumétrico de agua en el Punto de Marchitez Permanente. Comprende aquellos poros menores a 0,2 micras, que no proveen de aire ni de agua para las raíces”. (p. 20).

El volumen físicamente inerte se utilizará la siguiente fórmula:

e) Volumen físicamente inerte.

$$VFI = (100 - Sat)$$

Donde:

VFI = Volumen de poros físicamente inertes (% Θ_v).

VTP = Volumen de poros (% Θ_v).

Sat = Punto de marchites permanente (%).

Con los resultados de la CA, AA y VPFI, se utilizara el diagrama triangular para la evaluación de las propiedades físicas de los suelos.

4.5.7 Saturación.

Valarezo, et al. (1998) articula que:

El punto de intersección de la curva con el eje de las abcisas (contenido de agua en unidades de volumen) corresponde a un valor de tensión de un cm ($pF = 0$), equivale al contenido de agua en el suelo en la condición de la saturación, lo cual significa que este valor es prácticamente similar a la porosidad total. (p.47).

4.5.8 Coeficiente higroscópico.

Valarezo, et al. (1998) sostiene que:

Es la cantidad de agua que en suelo contiene cuando ha alcanzado el equilibrio bajo las siguientes condiciones: 98 % de la humedad relativa, una atmosfera estándar de presión, y a temperatura ambiente: Se estima que el valor del potencial mátrico para tales condiciones es $-2\ 780$ julios/kg o, 27,8 bar ($pF = 4,4$). (p.47). ratificado por (Morocho y Chillogallo, 2010). (p.24).

4.5.9 Capacidad de campo.

Según Morocho & Chillogallo, (2010) define como:

La cantidad de agua que un suelo retiene contra la gravedad, cuando se le deja drenar libremente. En un suelo bien drenado por lo general se llega a este valor a los días después de saturar el mismo. Así, la capacidad de campo el Departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA), corresponde al contenido de agua que el suelo retiene a una succión de $1/3$ de atmósfera (333,3cm de columna de agua, o pF de 2,52). (p. 25).

4.5.10 Punto de marchitez permanente.

De acuerdo Valarezo, et al. (1988):

Al igual que la capacidad de campo, es un valor dinámico, que depende del suelo, de la planta y el clima; por ello, en su lugar es preferible referirse a un valor de equilibrio entre succión y contenido de Humedad. Numerosos experimentos han mostrado que la plantas (mesofíticas) se encuentran en el rango de marchitez permanente cuando el potencial promedio del agua del suelo es de cerca de 1500 a -1600 julio/kg (15 a 16 bar de succión equivalente, $pF, = 4,2$), que corresponde al límite inferior de agua aprovechable en el suelo. (p.48).

4.5.11 Consistencia

Custode y Valarezo, (2002) establece que:

La consistencia hace referencia a la tenacidad y naturaleza de las fuerzas cohesivas del suelo y la resistencia de éste a la desintegración mecánica, deformación y ruptura, además la consistencia depende de la textura, especialmente del contenido de arcilla. También depende del contenido de humedad del suelo; los términos para describir la consistencia son específicos para las condiciones de humedad del suelo: mojado, húmedo y seco. (p.10-54).

4.6 Evaluación de las condiciones física del suelo

De acuerdo con Valarezo, et al. (1988) describe que

En la base del triángulo se encuentra los valores porcentuales del volumen de la capacidad de aireación, cuyos valores tienen un diámetro equivalente de poros 0,2 a 30 micras. En el lado derecho se encuentra los valores porcentuales del agua aprovechable con un diámetro equivalente de poros de 0,2 a 30 micras, considerando de campo el contenido de agua retenida a pF_2 . El lado izquierdo del triángulo contiene los valores porcentuales del

volumen físicamente inerte del suelo, que es igual al volumen de sólidos más volumen inútil de poros. (p.49).

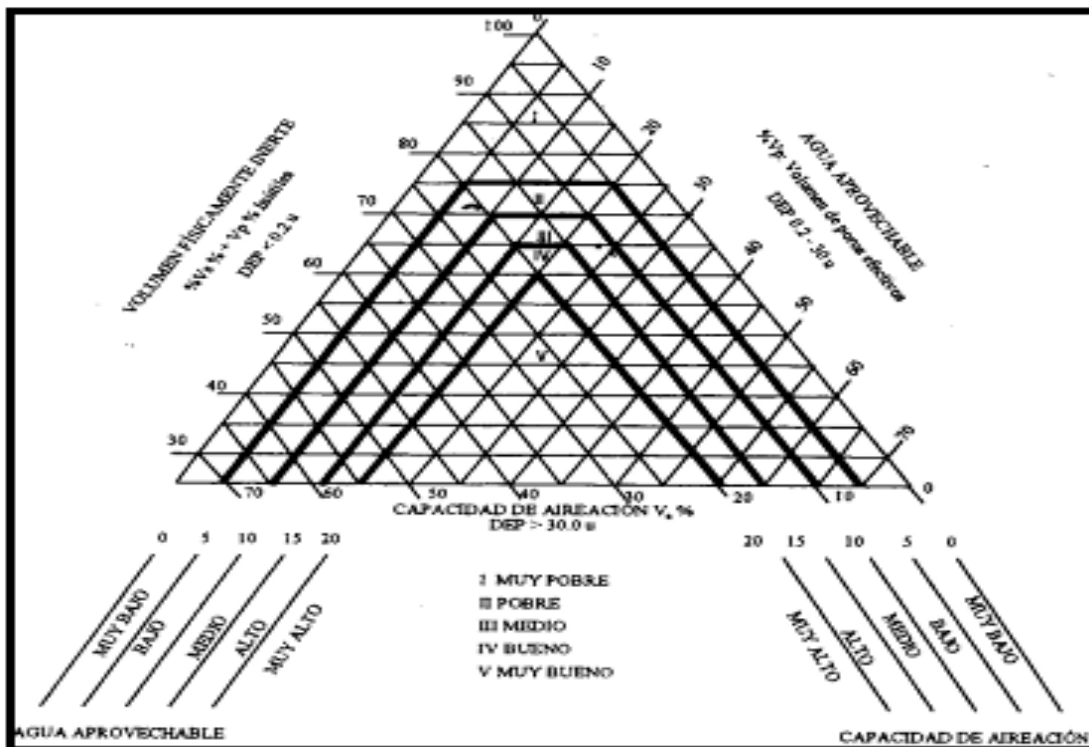


Figura 1. Diagrama Triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo.

Fuente: ILACO, B.V. 1981, (citado por Valarezo, et al., 1998).

4.7 Infiltración

Duque, (2009) sostiene que:

El total de agua precipitada sobre la superficie de la tierra, una parte queda detenida (almacenamiento superficial temporal), otra discurre por aquella (escorrentía superficial), y finalmente, una tercera parte penetra hacia el interior (infiltración). En virtud de este concepto, se define la infiltración como el proceso por el cual el agua penetra en el suelo, a través de la superficie de la tierra, y queda retenida por él, o alcanza un nivel acuífero, incrementando el volumen anteriormente acumulado.” (p.10).

Negro, (1998) menciona que:

La infiltración es el recorrido del agua al suelo, a través de la superficie del mismo, antes de que se alcancen condiciones de **saturación**. Inicialmente la infiltración depende de la Succión, que a su vez depende del contenido de humedad del suelo, mientras que el potencial de gravedad apenas influye. Esto explica que al comenzar el proceso de infiltración el valor de infiltración es alto, decreciendo más tarde cuando aumenta el contenido de humedad hasta alcanzar un valor casi constante. Por ello en suelos secos el agua se infiltra más rápidamente que en suelos húmedos. (p.1).

Cunalata e Inga, (2012) expresa que “la capacidad de infiltración es la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma al suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo”. (p.34).

4.7.1 Tasa de infiltración.

Duque, (2009) menciona que: “la tasa de infiltración también denominada como capacidad de infiltración de un suelo, es la máxima cantidad de agua de lluvia que el mismo puede absorber en la unidad de tiempo y en condiciones previamente definidas”. (p.10).

Rojas, (s. f) establece que:

La tasa de infiltración depende de varios factores fijos tales como: a) textura del suelo, b) estratificación del suelo, c) materia orgánica, d) cobertura y de factores circunstanciales tales como contenido de humedad del suelo y forma de aplicación del agua. Hay otros factores modificadores como: compactación, salinidad, encostramiento, etc., que limitan la entrada de agua. (p. 9).

4.7.2 Velocidad de infiltración.

Duque, (2009) indica que:

La capacidad que tiene un suelo para absorber agua se la mide a través de la velocidad de infiltración. La velocidad de penetración se hace cada vez más rápida, cuando el suelo no está humedecido, pero si el aporte de agua es permanente llega un momento en que la velocidad es constante, a ésta se la denomina velocidad de infiltración. (p.10).

Cunalata y Inga, (2012) especifica que:

La velocidad con que el agua pasa del exterior al interior del perfil. Es importante en la relación suelo planta. Si es pequeña: bajo porcentaje penetra al suelo, y escurre superficialmente favoreciendo procesos de erosión. Si es grande: se pueden originar problemas de exceso en presencia de horizontes impermeables. (p.123).

4.7.3 Infiltración básica.

Marano, (2011) explica:

La velocidad de infiltración básica, o estabilizada, corresponde a la velocidad de infiltración instantánea en el momento en que la variación o incremento entre 2 valores continuos es igual o menor a 10%.(p.29).

Cuadro 1. *Clasificación e interpretación de la velocidad de infiltración del suelo.*

CLASE	DENOMINACION	RANGO (mm(h))
1	Muy Rápida	> 250
2	Rápida	150 – 250
3	Moderadamente Rápida	65 – 150
4	Moderada	20 – 65
5	Moderadamente Lenta	5 – 20
6	Lenta	1,5 – 5
7	Muy Lenta	< 1,5

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2006).

4.7.4 Factores que afectan la infiltración.

Para que exista infiltración en el suelo se debe que tomar en cuenta los siguientes factores entre los cuales tenemos:

4.7.4.1 Cobertura vegetal.

Según la Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación (FAO, 1994) sostiene que:

El grado del contacto de la cobertura es importante especialmente en las pendientes inclinadas, en suelos con velocidades de infiltración naturalmente el grado baja, y en suelos degradados con costras superficiales o selladas de baja porosidad. Los efectos de conservación de los bosques son debidos no tanto a la presencia de los árboles, sino por la capa de hojas caídas, ramas grandes y pequeñas y cualquier vegetación de bajo crecimiento. Si la superficie del suelo no ha sido dañada por el pisoteo del ganado, se escurrirá menos agua de lluvia y se infiltrará más dentro del suelo. (p 12).

Bosque, (2005) manifiesta que:

La vegetación constituye un factor decisivo del ciclo hidrológico incluso en medios áridos y semiáridos porque condiciona tanto la evaporación, la infiltración y la escorrentía como la interceptación y la transpiración. En realidad, la vegetación se adapta al régimen termo-pluviométrico y, a su vez, es un control de la respuesta ante los aportes de la precipitación. (p. 1-2).

4.7.4.2 Pendiente del Terreno.

Sepúlveda, (2000) establece que:

La pendiente del terreno existe importantes implicaciones sobre las propiedades físicas del suelo al influir sobre el comportamiento hidrológico superficial de estos. Por una parte, se entiende, normalmente, que la mayor

pendiente favorece la formación de escorrentía y con ello la reducción de las tasas de infiltración, ya que la mayor pendiente de una ladera hace disminuir el tiempo de permanencia del agua sobre la superficie por lo que disminuye el tiempo que se dispone para la infiltración. (p. 55).

Para Cerda, (1995) manifiesta que:

Existe en este sentido una importante controversia, en la relación que existe entre pendiente e hidrología, con respecto a las tasas de infiltración que se registran en un suelo. Sobre este tema no se entrará por no ser un objetivo específico del trabajo, sin embargo, como, definitivamente, esta variable se convertirá en factor de diagnóstico del suelo. (p. 1-2).

4.7.4.3 Profundidad del perfil.

FAO, (1994) indica que:

El drenaje muchas veces continúa por algunas semanas dependiendo de la profundidad del horizonte más bajo y de la continuidad de los poros más grandes en profundidad. En suelos finos con buena textura y con grietas de drenaje, el agua descenderá a través de las grietas después de lluvias fuertes y antes que el suelo se sature; mientras tanto partes del perfil del suelo pueden estar aún secas. Si el agua de drenaje entra en un poro más pequeño mientras está pasando a través del suelo, será retenida, de lo contrario continuará hasta alcanzar el nivel de agua freática contribuyendo a la recarga de las aguas subterráneas. (p. 5).

4.7.4.4 Compactación del suelo.

Porta, et al. (1999) expresaron que “la compactación se la define como el proceso por el cual se produce una compresión del suelo como consecuencia de la aplicación de cargas o presiones, por lo que disminuye la fracción del volumen de huecos y aumenta la densidad aparente”. (p.788).

Gavande, (1982) explica que:

La compactación está también asociada a la baja estabilidad estructural del suelo frente al agua, lo cual causa el adensamiento. Un suelo con estructura débil aumenta su cohesión entre partículas, disminuyendo la independencia de cada agregado y micro agregado, con lo cual se reduce el espacio poroso y se hace más susceptible a la compactación o adensamiento. (p.351).

4.8 Contenido de agua en el suelo

De acuerdo a Valarezo, et al. (1998) sostiene que:

El suelo retiene agua en dos formas: como agua libre en los poros e intersticios que se encuentran en las partículas sólidas; y, como agua adherida o retenida por adsorción sobre las superficies solidas de las partículas coloidales orgánicas y de arcilla. El segundo tipo de agua no es aprovechable para las plantas y por ello no será tratado aquí. El crecimiento de las plantas es dependiente del contenido de agua de suelo; de igual, forma, algunas propiedades del suelo están directamente relacionadas con esta variable: consistencia, plasticidad, compactabilidad, adherencia, y trabajabilidad; así como los procesos de hinchamiento contracción de los suelos arcillosos. Adicionalmente el contenido de agua es determinante del contenido de aire y de intercambio gaseoso en los suelos, lo cual tiene directa relación con la respiración de las raíces, la actividad de los microorganismos; y, el potencial de óxido reducción del suelo. (p.29).

4.9 Curva de retención del agua

De acuerdo Valarezo, et al. (1988) indica que:

La carga de presión del agua del suelo cambia, también varía el contenido de humedad del suelo. El gráfico representa la relación entre la carga de presión negativa y el contenido de humedad se lo conoce con el nombre de curva de retención del agua del suelo o curva característica de la humedad del suelo. (p.42).

4.9.1 Principio.

Valarezo, et al. (1988) especifica que:

Cada vez que disminuye el contenido del agua en el suelo, aumenta exponencialmente el trabajo necesario para extraer una cantidad adicional de agua. El trabajo que se requiere ejercer para extraer el agua del suelo era numéricamente igual, pero opuesto en signo, al potencial del agua del suelo. Cada suelo se caracteriza por tener una relación diferente entre el contenido del agua y el trabajo necesario para extraer un pequeño incremento de agua. También se puede decir que cuando la carga de presión del suelo lo cambia, también varía el contenido de humedad del suelo. El gráfico que representa la relación entre la carga de presión negativa y el contenido de humedad del suelo. Después de someter una muestra de suelo a una carga cierta de presión (o succión), se puede determinar al momento de equilibrio el contenido de humedad. Aplicando diferentes cargas de presión, paso a paso, se obtiene una curva que relaciona la carga de presión (h) frente al contenido de humedad (θ_v). El rango de las cargas de presión varía desde 0 para la condición de saturación, a 10^{-7} para el suelo seco de la estufa, figura 2. Cuando el trabajo necesario para extraer una unidad de agua se expresa en términos de trabajo por volumen de agua, se obtiene unidades de presión, y a este trabajo se le conoce con el nombre de succión de humedad del suelo o tensión de humedad, que es igual al potencial del agua volumétrico pero con signo contrario. Debido a que la energía (trabajo) necesaria para extraer el agua del suelo aumenta exponencialmente, mientras que el contenido de agua disminuye linealmente, para la facilidad en la graficación e interpretación se prefiere utilizar el logaritmo de la tensión de la humedad del suelo expresando en función de cm de una columna de agua, que se conoce con el nombre pF (p = potencial, F = energía libre). Así, 1 atm= 1 bar= 100 cm de agua; pF = 3. El gráfico resultante se denomina curva del pF. En el siguiente cuadro.

Cuadro 2. *Valores de succión: atmosfera / bares y cm de columna de agua; y su equivalencia a valores de pF.*

atm/bar	Altura de agua cm	Pf
1/1000	1	0,0
1/100	10	1,0
1/10	100	2,0
1/3	346	2,54
1	1000	3,0
10	10000	4,0
15	15849	4,2
100	100000	5,0

Fuente: Valarezo, et al. (1988).

Estando relacionados funcionalmente el contenido de agua del suelo y el potencial mátrico ambos varían ampliamente en el espacio y el tiempo conforme el suelo es humedecido por lluvia o riego, drenado por gravedad, o secado por evaporación y extracción por las raíces.

La pendiente de la curva de retención del agua del suelo, que es el cambio del potencial mátrico, por unidad de cambio del contenido de agua, se la conoce con el nombre de la característica del agua del suelo, o capacidad diferencial de agua C.

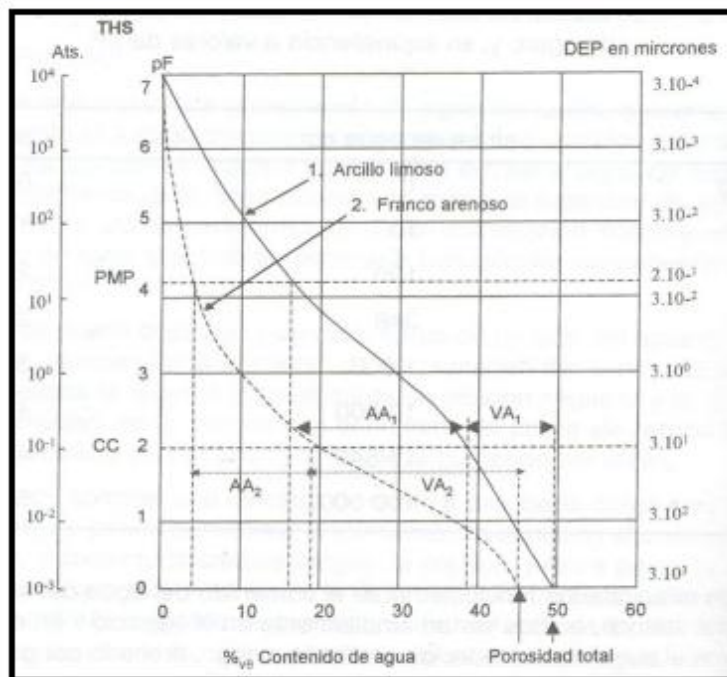


Figura 2. Curva de Retención del Agua.
Fuente: Valarezo et al. (1988).

4.9.2 Factores que determinan la forma de la curva de retención del agua del suelo.

Valarezo, et al. (1998), menciona que:

La cantidad de agua retenida a valores relativamente bajos de succión mátrica (0 y 1 bar), depende del efecto capilar y de la distribución del tamaño de poros; en consecuencia, es fuertemente afectada por la **estructura** del suelo. Por otro lado, la retención del agua en el rango más alto de succión en forma creciente se debe a la adsorción, siendo por consiguiente, menos afectada por la estructura pero por más por la **textura**; en otras palabras, por la superficie específica del material del suelo. La **textura** se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla del suelo. La clasificación de estas partículas se hace acuerdo a su tamaño. La arena representa las partículas con diámetro de 2,00 – 0,05 mm, el limo de 0,05 – 0,02 mm y la arcilla menores de 0,002 mm. La mayoría de suelos contienen una mezcla de arena, limo y arcilla. Si predomina la arena, los suelos se denominan arenosos. Si es la arcilla el elemento predominante los suelos se

denominan arcillosos. Los limos están comprendidos entre las arcillas y las arenas. Los suelos francos tienen textura media. La **estructura** se refiere al arreglo espacial y grado de agregación de las partículas del suelo, y a la naturaleza y cantidad de espacio poroso resultante entre y dentro de estas partículas es decir la fracción del volumen que está ocupada por aire y agua. En general, la curva característica de humedad es fuertemente afectada por la textura del suelo; así mientras mayor contenido de arcilla, mayor será el contenido de agua retenida a cualquier succión particular y más gradual será la pendiente de la curva. En el suelo arenoso, la mayoría de los poros son relativamente grandes, por lo que, una vez que estos poros han sido vaciados a una cierta succión, solamente queda retenida una pequeña cantidad de agua. En el suelo arcilloso, la repartición de poros es más uniforme, estando la mayoría de agua absorbida, de forma tal que, el acrecentamiento de la succión, directamente queda retenida una pequeña cantidad de agua.

Asimismo el contenido de materia orgánica tiene influencia sobre la forma de la curva y la retención del agua del suelo, el aumento en el contenido de materia orgánica del suelo, se refleja en un incremento de la capacidad total de retención de agua. Las aplicaciones de la curva de retención del agua en el suelo: puntos importantes es la información que se obtiene de la curva permite:

- Conocer el volumen total de poros y la distribución de los poros de los rangos de tamaño.
- Determinar la capacidad de aireación del suelo para las raíces y espacio poroso drenable.
- Determinar el rango de agua aprovechable para las plantas y el volumen de agua rápidamente aprovechable.
- Conocer el espacio poroso físicamente inerte. (p.44-45).

FAO (como se citó en Delgado, 2015), a la textura la define como “las diferentes proporciones de separados en la fracción mineral del suelo”:

- a) Arenas, si sus tamaños son de 2.00 a 0.05 mm de diámetro.
- b) Limos, si sus tamaños son de 0.05 a 0.002 mm de diámetro.
- c) Arcillas, si sus tamaños son menores de 0.002 mm de diámetro.

Los gránulos son más grandes en los suelos arenosos, éstos son sueltos y se trabajan con facilidad, pero los surcos se desmoronan y el agua se infiltra rápidamente, tienen pocas reservas de nutrientes aprovechables para las plantas. (p. 5).

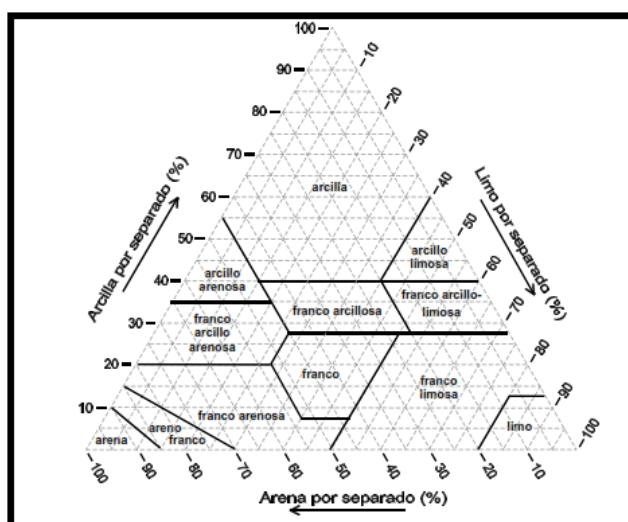


Figura 3. Diagrama Textural.

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) 1999.

4.9.3 La retención de agua a la capacidad de campo.

Duchaufour, Cassel & Nielsen, Bonneau & Souchier, Fuentes, Klute, Porta, (como se citó en Sepúlveda, 2000) “la retención de agua en el suelo a la capacidad de campo depende tanto de la textura como de la estructura, lo que junto con la materia orgánica del suelo se convierten en los factores de control de dicho potencial matricial”. (p.49).

Para Warren (como se citó en Sepúlveda, 2000) establece que:

Existe un diferente comportamiento del suelo frente a la carga ganadera dependiendo del estado de humedad en el que se encuentra. En relación a este aspecto el autor citado compara el efecto del pisoteo sobre un suelo seco y sobre un suelo húmedo. (p.61):

- a) El pisoteo sobre suelo seco, con una tasa de pastoreo creciente, causa un incremento en la alteración de los agregados del suelo, lo que desemboca en una compactación de la superficie.
- b) El pisoteo sobre suelo húmedo y a elevadas cargas ganaderas causa una progresiva deformación de los agregados existentes, lo que conduce a la creación de una costra, capa superficial impermeable compuesta de densos e inestables terrones.

4.10 Materia orgánica

Custode y Valarezo, (2002) indica que:

La materia orgánica cambia las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Dentro de las propiedades físicas, tiene un efecto positivo sobre la estructura del suelo mediante la formación de agregados estables, el aumento de la capacidad de retención de agua y la mejora del intercambio de gases y del drenaje. (p.11). En conclusión es el resultado de la descomposición de la materia orgánica animal y vegetal.

FAO, (2010) expresa que:

El contenido de materia orgánica de los suelos puede variar considerablemente, dependiendo del material madre, las condiciones climáticas y el manejo; los suelos ricos en materia orgánica, principalmente en regiones frías, pueden tener 60 – 70 % de humus, los suelos forestales contienen más de 5 % de materia orgánica, los suelos que han sido arados por un largo tiempo y los suelos tropicales contienen entre 0.5-1.5 % de materia orgánica. (p.1).

4.11 (*Gmelina arborea*) y su hábitat

Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF, 2002) comenta que “es una especie nativa del sureste asiático, la melina es hoy, una de las especies más promisorias para usar en diferentes procesos industriales y en programas de reforestación; en los que por su rápido crecimiento es fuente segura de materia prima”. (p.1-2).

Corporación de desarrollo forestal del Ecuador. (CORMADERA, 2002), nos comenta que:

La melina es un árbol originario de la India, bajo las condiciones adecuadas es una de las especies de mayor crecimiento en el mundo. Los frutos se emplean para preparación de champú, el follaje joven es apetecido por los animales, sus flores son bastante melíferas, las hojas, los frutos y la corteza se utilizan con fines medicinales, produce carbón de elevado poder calorífico, su turno para la pulpa es de 5 a 6 años y para madera 12 años. Ha sido cultivada en América Tropical. En el Ecuador se han venido estableciendo plantaciones en las zonas de Santo Domingo, Quevedo, Quinindé. (p 85-111). Su distribución natural abarca el nordeste de Pakistán hasta el sudeste de Camboya, India, Sri Lanka y el sur de China; en donde se conoce por los nombres comunes de so, so-maeo, kumhar, sewan, gumadi, shiva o shivani. (p. 1).

De acuerdo a la Clasificación taxonómica que hace referencia Mariño, (2006):

Clasificación taxonómica

Reino:	Vegetal.
División:	Angiosperphyta.
Clase:	Magnoliopsidae
Subclase:	Asteridae

Orden:	Labiales
Familia:	Verbenaceae.
Género:	<i>Gmelina Linn.</i>
Especie:	<i>Gmelina arborea (Roxb).</i>
Nombre común:	Melina, yemane, gamhar.

La (*Gmelina arborea roxb*), pertenece a la familia de las *Verbenaceae* y se caracteriza por ser una especie de corta vida cuya edad no supera los 30 años. Alcanza hasta 30 metros de altura y 60 o 100 centímetros de diámetro (rara vez). Su principal cualidad es su acelerado crecimiento hasta los cinco o seis años de haber sido plantada, ya que cuando alcanza la altura de los ejemplares adultos, su crecimiento se vuelve lento. (p. 8-11).

4.12 Carbón vegetal

Glaser, et al. (2002) comenta que:

Las investigaciones han demostrado que en los suelos antropogénicos, el carbón vegetal puede mantener altos niveles de materia orgánica y de nutrientes aprovechables para las plantas. En los suelos ácidos, la aplicación de carbón vegetal incrementa el pH y disminuye la saturación de Al, factores que a menudo constituyen las principales limitaciones de la productividad de los cultivos en los suelos altamente meteorizados de los trópicos húmedos. (p.1).

Organización Internacional de Trabajo (O.I.T., 1986) expresa que:

El carbón vegetal comparado con la leña, es más fácil para almacenar; no requiere disminuir su tamaño antes de usarlo y se quema sin emitir humo y a una temperatura mayor. El carbón vegetal es muy apreciado como combustible doméstico. También es usado por herreros y como un

combustible industrial, para reducir metales por ejemplo. El carbón vegetal activado es usado en filtros. (p.48).

Flores y Quinteros. (2008) describen que:

El carbón vegetal es un producto sólido, frágil y poroso con un alto contenido de carbono, del orden del 80%, que se produce por la carbonización de materiales carbonoso como la madera, a temperaturas de 400°C a 600°C, en ausencia de aire, bajo condiciones controladas, en un espacio cerrado, como es el horno tipo retorta. (p.1).

4.13 Método de Campo

Valarezo, et al.(1988) menciona:

Que al determinar el contenido de agua en muestras de suelo tomadas para diferentes valores de succión del suelo, que se registran en un tensiómetro instalado en el campo. Los valores de la lectura del tensiómetro y los correspondientes contenidos de agua en unidades de volumen se representan en un plano cartesiano para graficar parcialmente la curva; esto es para el rango de succión de 0 a 0,8 bar. (p.52).

4.13.1 Cubeta de succión.

Valarezo, et al.(1988) indica que:

El principio del funcionamiento de las cubetas de succión de arena y caolín es similar; esto es, disponer de una muestra de suelo inalterada contenido en un cilindro metálico y someterla a una succión específica, con un dispositivo como se indica en la figura 4, hasta que alcanza el equilibrio; o sea, cuando la pérdida de peso diario es menor a 0,01 g. Luego se somete la muestra a succiones más altas hasta llegar al final del rango de trabajo.

La cubeta de succión de la arena trabaja en el rango de 50 a 120 milibar; mientras que, la de la arcilla 120 a 400 milibar. Para este último caso de

succión se produce por acción de una bomba de vacío. Estos instrumentos son fáciles de construir con materiales comunes y corrientes.

Para los diferentes valores de succión se calcula el contenido de agua el contenido de agua en unidades de volumen y se procede a graficar en un eje de coordenadas, ubicando en las abcisas el contenido de agua ubicando en las abcisas el contenido de agua en unidades de volumen; y en las coordenadas el correspondiente valor de la succión de equilibrio.

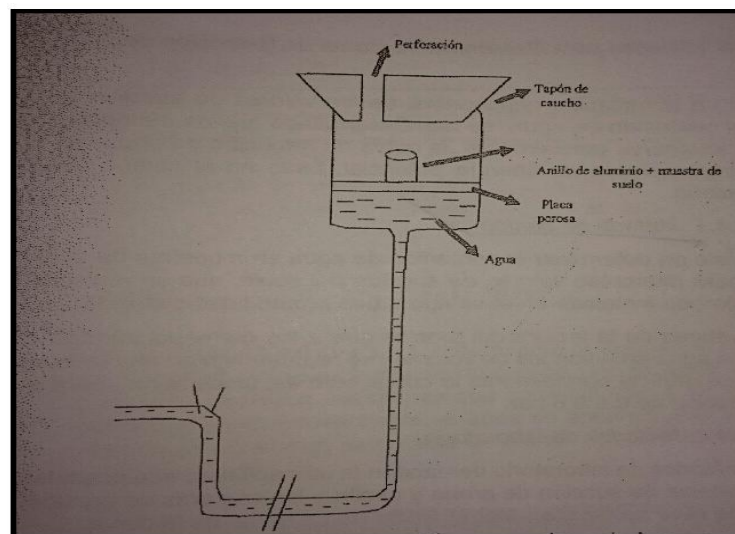


Figura 4. Sistema de succión para los valores bajos.

Fuente: Valarezo, et al. (1998).

En el laboratorio de suelos de la facultad de ciencias agrícolas de la Universidad Nacional de Loja, hace 10 años se construyeron y calibraron este tipo de cubetas, con buenos resultados en cuanto a operación y confiabilidad. (p.52-53).

4.13.2 Cámaras de presión.

Valarezo, C. et al.(1988), nos habla que:

El principio del método consiste en extraer el agua de la muestra de suelo mediante el aumento de la presión de aire en una cámara cerrada. Una placa porosa de cerámica sirve de enlace hidráulico para que el agua se mueva desde el suelo hacia el exterior de la cámara. El aire da alta presión no fluye

a través de los poros de la placa de cerámica por cuanto los poros están llenos de agua. A menor tamaño de los poros de la placa, mayor será la presión que se puede ejercer antes que el aire fluya por los mismos. Durante el proceso a cualquier presión seleccionada en la cámara de extracción, el agua del suelo fluirá alrededor de las partículas del suelo, luego atravesará la placa de cerámica porosa y será expulsada al exterior mediante un tubo de drenaje.

El equilibrio se alcanza cuando cesa el flujo de agua en el tubo de drenaje; en este momento, hay una correspondencia exacta entre la presión de aire en la cámara y el potencial mátrico en la muestra del suelo. En esta condición se abre la cámara, se registra el peso de la muestra del suelo, y se somete a la misma a una presión mayor. Al final se determina gravimétricamente el contenido de agua en la muestra. El sistema consta de una cámara de presión, una membrana o una placa a través de la cual pasa la solución del suelo, pero el aire y el material del suelo no pasan, un soporte para la membrana porosa y una salida para el agua como se ilustra en la siguiente figura 5.

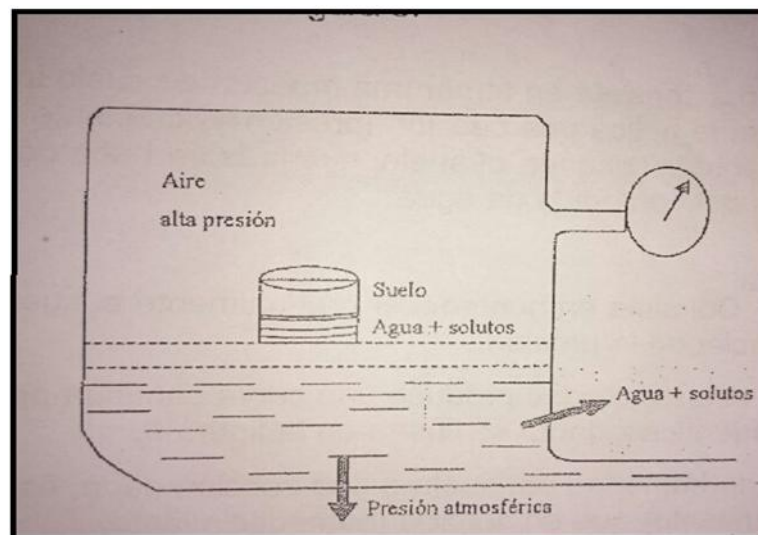


Figura 5. Esquema del equipo de succión para los valores medios y altos

Fuente: Valarezo, et al. (1998).

El equipo es adecuado para la determinación de la curva pF en el rango de pF 2 a 4.2 (succión de 0,1 a 15 bar). Se utilizan dos cámaras de extracción con placas de cerámica para 0,1 MPa, 0,3 MPa, y 1,5 MPa (1, 3 y 15 bar

respectivamente). Para el rango de hasta 5 bar de succión es necesario disponer de muestras de suelo inalteradas (que toman en cilindros de acero de volumen conocido con un equipo especial); por cuanto, en este la estructura ejerce su acción sobre la retención del agua. Para los rangos más altos se puede usar muestras alteradas.

La presión aplicada al suelo saturado ocasiona que aumente el potencial del agua en el suelo, por encima del potencial de la solución que está en contacto con el suelo a través de la membrana o de la placa porosa: En consecuencia, el agua se mueve desde el lugar de potencial más alto al de menor potencial; esto es, del suelo reservorio. A medida que el agua sale del suelo el potencial mátrico disminuye, (se hace más negativo), el agua sale del suelo hasta que se ha reducido el potencial mátrico a un valor tal, de compensar el potencial de presión debido a la presión aplicada.

Para graficar la curva de retención del agua se debe equilibrar la muestra del suelo húmedo a diferentes valores de presión; y, se tiene que determinar en cada uno de ellos el contenido de humedad. (p.53-54).

4.13.3 Histéresis.

Valarezo, C. et al.(1988), nos comenta:

La curva de retención del agua del suelo se la puede obtener de dos maneras: **Desorción.-** Consiste en tomar una muestra de suelo inicialmente saturada y se le aplica una succión (presión +) creciente de manera de gradualmente ir secando el suelo, mientras se hace determinaciones sucesivas del contenido de agua. **Sorción.-**Consiste en humedecer gradualmente el suelo inicialmente seco reduciendo la presión. Cada uno de estos métodos produce una curva continua pero en general no son idénticas como se ilustra en la figura 6. El contenido de humedad del suelo a una succión dada es mayor en desorción (secamiento) que en sorción (humedecimiento).Esta dependencia

del estado del agua del suelo sobre la dirección del proceso se conoce con el nombre de histéresis.

El efecto de histéresis se lo puede atribuir a diferentes factores: La uniformidad geométrica de los poros individuales, los cuales son generalmente de forma irregular interconectados por pasajes más pequeños, lo que resulta en el efecto del cuello del tintero. El efecto del ángulo de contacto, por el cual en ángulo de contacto es mayor (y también el radio de la curvatura) en el caso de un menisco que avanza. El aire atrapado que tiende a disminuir el contenido de agua del suelo que se humedece (hinchamiento y contracción).(p.55-56).

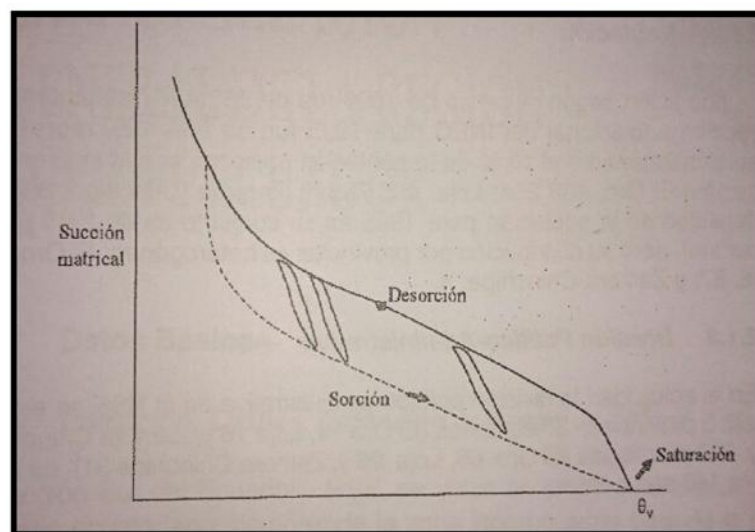


Figura 6. Histéresis de la humedad del suelo.

Fuente: Valarezo, et al. (1998).

4.13.4 Infiltrómetro de doble anillo.

Espinoza, C. 2004, nos menciona que:

Los anillos de infiltración sirven para hacer pruebas que determinan la permeabilidad en suelos, simulando el proceso de infiltración del agua en el

suelo desde áreas de inundación amplias. Su diámetro puede variar regularmente entre 30 y 60 cms y su altura entre 20 y 30 cms. Las pruebas se realizan enterrando verticalmente el anillo en el suelo unos centímetros, llenándolo con agua de calidad similar a la lluvia típica del terreno y midiendo la tasa de descenso de esta agua. Así se simula el área de inundación. (p.5).

4.14 Agroforestería

Gobierno del Estado de Chiapas-Secretaría de Desarrollo Rural. 2006, establece que:

Es el cultivo deliberado de árboles en la misma unidad de tierra que los cultivos agrícolas y/o la cría de animales, ya sea en forma de mezcla espacial o en secuencia temporal. Debe existir una interacción significativa entre los elementos arbóreos y no arbóreos del sistema, ya sea en términos ecológicos y/o económicos. (p.4).

López, (2007) menciona que:

Los sistemas agroforestales son una forma de uso de la tierra en donde leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando en principio de la sostenibilidad. (p.5).

4.15 Sistema silvopastoriles

Trujillo, (2008) comenta que:

La actividad silvopastoril se enfoca a optimizar la producción pecuaria, las oportunidades para la finca, a mejorar la calidad del alimento y a la vez, generan un ingreso adicional por la venta de la madera a través de la plantación de especies que permitan rehabilitar suelos degradados, que sean

de rápido crecimiento y que aseguren a los ganaderos competir, ventajosamente, en su mercado. (p.13).

Ruso, (1993), nos expresa que:

“cuando solo se presenta el componente arbóreo y animal son referidos como sistemas silvopastoriles, estas combinaciones pueden ser simultáneas o secuenciales en el tiempo y en el espacio y su objetivo es optimizar la producción del sistema y procurar un mejor rendimiento”. (p.1).

4.16 Investigaciones realizadas

Urrego, (2004), nos menciona que:

En un ensayo de crecimiento y rendimiento de *Gmelina arbórea*, en Colombia, evaluó la productividad potencial a los tres años de edad, concluyendo que la variación de la altura y del volumen de madera fueron el resultado de la diferencia en la textura del suelo y drenaje natural, correspondiendo las parcelas más productivas con $37 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y $31 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ a suelos franco arcillosos (CIC 46,4 - 49 cmol (+) kg^{-1} de suelo y precipitación de 1000 mm y 1300 mm, respectivamente) y el sitio de menor productividad con $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ un suelo arcilloso (CIC 4,28 cmol (+) kg^{-1} de suelo, mal drenado y con precipitación de 2000 mm. (p.269-276).

Según Ruck, García, Kaplan, Ponce, y Hill, (2004) indica que:

Son muy importantes las oscilaciones diarias de temperatura van creando gradientes que modifican periódicamente las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo que influyen en el comportamiento de las plantas y la vida del suelo; los intercambios de calorías que tiende a regularizar la temperatura. (p. 61-62).

De acuerdo Sepúlveda, (2000) expresa que:

Las diferentes características de los suelos se reflejan en las propiedades físicas del suelo, lo que determina una diferente capacidad de amortiguación

de los suelos al impacto que supone la pezuña del animal, es de fundamental importancia conocer, el relieve y la posición del mismo, para explicar la distribución de los suelos en la zona de estudio. (p. 46-48).

Mencías, (2015) menciona que:

El modelo de la ecuación de Kostiakov es altamente eficiente para describir el comportamiento de la velocidad de infiltración de agua en los suelos estudiados. Las diferencias observadas en las velocidades de infiltración se deben además de la clasificación del suelo, a otros factores tales como el uso y cobertura de la tierra, pendiente, calidad del agua, compactación de los suelos. (p. 93).

Wahent (citado por Pineda, 2014):

El estudio realizado en Alemania, reveló que después de 6 años de reforestación se pueden detectar cambios en las propiedades del suelo e incremento de la capacidad de infiltración y la capacidad de retención de agua en comparación con otros usos de la tierra. Este incremento de la capacidad de infiltración se puede atribuir a la interceptación de las gotas de lluvia por parte de la copa de los árboles, lo que reduce la fuerza de impacto sobre el suelo y previene su compactación. Asimismo, a mayor contenido de materia orgánica se genera una mejor estructura del suelo, y un alto contenido de macro poros derivados de la actividad radicular de los árboles. (p.69).

Según Moreno, (2010) encontró que:

El establecimiento de los sistemas ganaderos afecta la biodiversidad, modifica el balance de los nutrientes, aumenta la compactación en un tiempo relativamente corto (menor que 2 ó 3 años), reduce el volumen de los espacios porosos, disminuye la velocidad del flujo del agua y propicia la erosión. (p.1).

García (como se citó en Peterson, 1961) “el efecto directo en el suelo acerca del pastoreo. Se calcula que la presión de pisoteo de un bovino de 400 kilos es de 3.5 kilos por centímetro cuadrado” (p.1).

Peterson, (1961) menciona que:

La compactación del suelo se produce al destruirse los poros y los micro poros por acción del pisoteo. Los incrementos en la cobertura arbórea contribuyen a disminuir la escorrentía superficial con la consecuente disminución del potencial de erosión hídrica. La escorrentía superficial podría reducirse notablemente al transformar pasturas nativa sobre pastoreadas en pasturas mejoradas arborizadas; además, este sistema podría generar productos maderables para el consumo en la finca o la venta en mercados locales. (pp. 1-70).

4.17 Marco Legal.

4.17.1 Constitución de la República del Ecuador.

Constitución de la Republica del Política del Ecuador, (2008) se ha tomado como base legal los siguientes artículos:

En el capítulo segundo derechos del buen vivir, en la Sección segunda Ambiente Sano, **Art. 14.-** Se reconoce el derecho dela población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir Sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (p. 24).

En el capítulo segundo Derechos del Buen Vivir, en la Sección segunda Ambiente Sano, **Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, la aplicación de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas que no contaminan, generando un bajo impacto al ambiente. La

soberanía energética no afectara a la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos agroquímicos internacionales prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria a los ecosistemas, así como la introducción de residuos de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional. (p, 24-25).

En el capítulo séptimo de los Derechos de la naturaleza. **Art. 71.-** La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observaran los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema. (p.52).

En el capítulo séptimo de los Derechos de la naturaleza. **Art. 72.-** La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado deberá establecer mecanismos de remediación más eficaces para la restauración, y establecerá las medidas adecuadas para eliminar o mitigar los impactos ambientales nocivos. (p. 52).

En el capítulo séptimo derechos de la naturaleza **Art. 73.-** El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración

permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional. (p. 52).

En el capítulo cuarto régimen de competencias. **Art. 264.-** Los gobiernos municipales tendrán como obligación las siguientes competencias sin perjuicio de otras que determine la ley: 1.-Planificar el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural. (p, 130).

Sección quinta suelo. **Art. 409.-** Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona. (p. 181).

Sección quinta suelo. **Art. 410.-** El Estado brindará ayuda a los agricultores y a las comunidades rurales programas de conservación y restauración de los suelos, así como técnicas para el desarrollo de prácticas agroecológicas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria. (p.181).

En la sección sexta agua. **Art. 411.-** El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua. (p. 182).

En la sección sexta agua. **Art. 412.-** La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión

ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico. (p. 182).

4.17.2 Acuerdo Ministerial 028.

Según Acuerdo Ministerial 028 del Ministerio del Ambiente del Ecuador (2015):

- **Prevención de la contaminación al recurso suelo.** La prevención de la contaminación del recurso suelo se fundamenta en las buenas prácticas de manejo e ingeniería aplicadas a cada uno de los procesos productivos. Se evitará trasladar el problema de contaminación de los recursos agua y aire hacia el recurso suelo o viceversa así como también la remediación de los mismos. (p-113).

4.17.3 Código Orgánico Territorial Autonomía y Descentralización.

En el Capítulo IV Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales.

Artículo 133.- Ejercicio de la competencia de riego.- La competencia constitucional de planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego, está asignada constitucionalmente a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales. Al efecto, éstos deberán elaborar y ejecutar el plan de riego de su circunscripción territorial de conformidad con las políticas de desarrollo rural territorial y fomento productivo, agropecuario y acuícola que establezca la entidad rectora de esta materia y los lineamientos del plan nacional de riego y del plan de desarrollo del gobierno autónomo descentralizado respectivo, en coordinación con la autoridad única del agua, las organizaciones comunitarias involucradas en la gestión y uso de los recursos hídricos y los gobiernos parroquiales rurales.(p.76).

En el Capítulo IV Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales.

Artículo 135.- Ejercicio de la competencia de fomento de las actividades productivas y agropecuarias.- Para el ejercicio de la competencia de fomento de las actividades productivas y agropecuarias que la Constitución asigna a los gobiernos autónomos descentralizados regionales, provinciales y parroquiales rurales, se ejecutarán de manera coordinada y compartida, observando las políticas emanadas de las entidades rectoras en materia productiva y agropecuaria, y se ajustarán a las características y vocaciones productivas territoriales, sin perjuicio de las competencias del gobierno central para incentivar estas actividades. A los gobiernos autónomos descentralizados regionales, provinciales y parroquiales rurales les corresponde de manera concurrente la definición de estrategias participativas de apoyo a la producción; el fortalecimiento de las cadenas productivas con un enfoque de equidad; la generación y democratización de los servicios técnicos y financieros a la producción; la transferencia de tecnología, desarrollo del conocimiento y preservación de los saberes ancestrales orientados a la producción; la agregación de valor para lo cual se promoverá la investigación científica y tecnológica; la construcción de infraestructura de apoyo a la producción; el impulso de organizaciones económicas de los productores e impulso de emprendimientos económicos y empresas comunitarias; la generación de redes de comercialización; y, la participación ciudadana en el control de la ejecución y resultados de las estrategias productivas. Para el cumplimiento de sus competencias establecerán programas y proyectos orientados al incremento de la productividad, optimización del riego, asistencia técnica, suministro de insumos

agropecuarios y transferencia de tecnología, en el marco de la soberanía alimentaria, dirigidos principalmente a los micro y pequeños productores. (p.78).

En el Capítulo IV Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales. En el **Artículo 136.-** Ejercicio de las competencias de gestión ambiental. Los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales promoverán actividades de preservación de la biodiversidad y protección del ambiente para lo cual impulsarán en su circunscripción territorial programas y/o proyectos de manejo sustentable de los recursos naturales y recuperación de ecosistemas frágiles; protección de las fuentes y cursos de agua; prevención y recuperación de suelos degradados por contaminación, desertificación y erosión; forestación y reforestación con la utilización preferente de especies nativas y adaptadas a la zona; y, educación ambiental, organización y vigilancia ciudadana de los derechos ambientales y de la naturaleza. Estas actividades serán coordinadas con las políticas, programas y proyectos ambientales de todos los demás niveles de gobierno, sobre conservación y uso sustentable de los recursos naturales. Los gobiernos autónomos descentralizados regionales y provinciales, en coordinación con los consejos de cuencas hidrográficas podrán establecer tasas vinculadas a la obtención de recursos destinados a la conservación de las cuencas hidrográficas y la gestión ambiental; cuyos recursos se utilizarán, con la participación de los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales y las comunidades rurales, para la conservación y recuperación de los ecosistemas donde se encuentran las fuentes y cursos de agua.(p.80).

5 MATERIALES Y METÓDOS

5.1 Características Generales

5.1.1 Ubicación política.

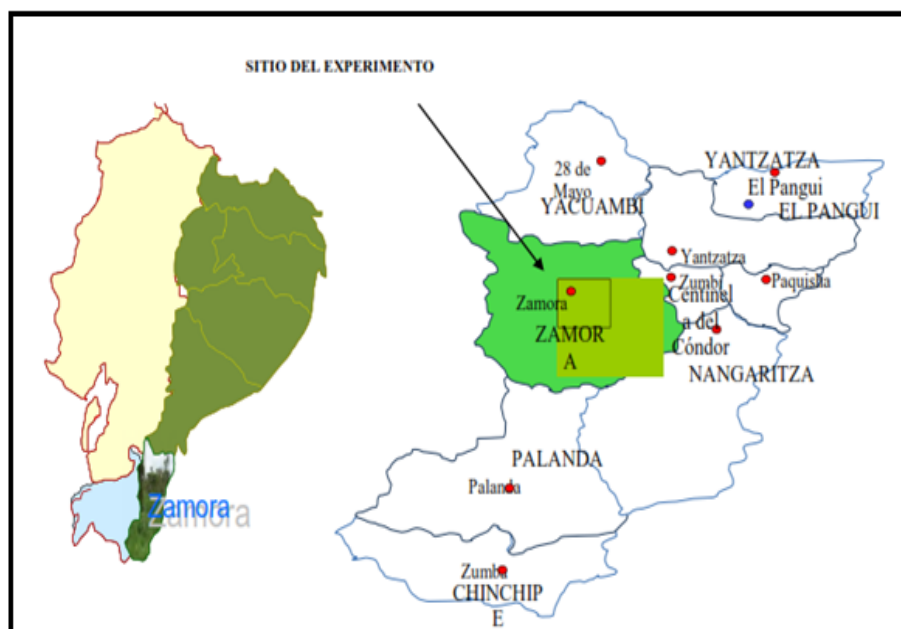
La presente investigación se llevó a cabo en el barrio la Victoria, ubicada en la parroquia Zamora, cantón Zamora y de provincia de Zamora Chinchipe, aproximadamente a 5 km al sur de la ciudad de Zamora.

5.1.2 Ubicación geográfica.

UTM EN X: 9 550 720 Y: 727745.

Altitud: 914 m.s.n.m.

Mapa 1. Mapa de Ubicación Política del ensayo experimental.



Fuente: Villamagua, (2014).

5.2 Clima y Ecología

5.2.1 Clima.

Según Salinas, (2012) explica que:

La precipitación en el sector tiene un valor promedio anual de 2.643,3 milímetros de lluvia, siendo el mes de abril, el mes de mayor registro (268,8 mm) y el mes de menor precipitación son octubre y noviembre con 137,9 mm y 182,2 mm. La humedad ambiental media anual registrada es de 89%, con mínimas variaciones anuales y rangos mayores de hasta 91%; (meses altamente nublados) y 87% de rangos menores registrado en el mes de noviembre. Los resultados puntualizados de los vientos su mayor dirección es norte – sur; registran un promedio de 1,0 m/s de velocidad, parámetro considerado como “moderado”; los mayores rangos se presentan entre los meses de agosto y octubre de cada año. La temperatura promedio oscila 21,5°C. (p. 29).

5.2.2 Clasificación Ecológica.

Según Ludeña, A (2009), comenta que:

La base de la Clasificación Zonas de Vida Natural del Mundo de L. R. Holdridge, la que considera a la biotemperatura y la temperatura como elementos básicos que inciden en la supervivencia y formación de las especies vegetales, que determinan las características eco climáticas de una zona de vida. Determinándose tres zonas de vida predominantes dentro del área que ocupa el cantón Zamora estas son: Bosque Muy Húmedo el que ocupa una superficie de 654,7 Km², Bosque Húmedo que ocupa una superficie de 917 Km² y Bosque Muy Seco que ocupa 372 Km².

5.3 Materiales

5.3.1 Materiales de campo.

Cilindros doble anillo; Cilindros koppeky de 100 cc (marca Eijkelkamp); Sistema de Posicionamiento Global (GPS); Marcadores permanentes; Cinta métrica 20m; Recipientes; Lamina de plástico; Cronometro; Fundas de plástico para las muestras; Moto Guadaña.

5.3.2 Materiales de Oficina.

Portátil.

5.3.3 Materiales de laboratorio.

Muestras de Suelos; Barreno extractor de muestras; Crisoles; Estufa; Balanza analítica; y, Ollas de presión.

5.3.4 Hipótesis.

5.3.4.1 Hipótesis General.

¿La curva de retención del agua y la velocidad de infiltración depende de las propiedades físicas y químicas del suelo en cada uno de los tratamientos propuestos?

5.3.4.2 Hipótesis específica.

5.3.4.2.1 Hipótesis de la Infiltración.

La velocidad de infiltración del agua se incrementara probablemente por el aporte de la materia orgánica proveniente de la biomasa de las hojas del cultivo de

la melina; y también por la disminución del pisoteo del ganado y por la reducción del golpe directo de las gotas de agua al suelo.

5.3.4.2.2 Hipótesis de las condiciones físicas.

El incremento de la materia orgánica proveniente de la biomasa de las hojas de la melina; y, la eliminación del pisoteo por la ganadería, favorecerá una mejor estructura del suelo, con una reducción de la densidad aparente y consecuentemente el incremento de la capacidad de aireación.

5.4 Métodos

5.4.1 Metodología para el primer objetivo.

Se determinará la evolución de la velocidad de infiltración del agua en el suelo, en un área forestal no intervenida.

5.4.1.1 Diseño de la investigación.

El diseño experimental es bifactorial (2x3) con bloques al azar, los factores: con fertilización y sin y carbón vegetal (0 t ha⁻¹, 3 t ha⁻¹ y 6 t ha⁻¹) (Cuadro 3 y 4) con seis tratamientos y cuatro repeticiones.

Cuadro 3. Factores y niveles del experimento.

Factores	Niveles
Especies arbóreas (A)	a1. pachaco, <i>Schizolobium parahybum</i>
	a2. melina, <i>Gmelina arborea</i>
Carbón Vegetal ©	c1. 0 t ha ⁻¹ carbón vegetal
	c2. 3,0 t ha ⁻¹ carbón vegetal
	c3. 6,0 t ha ⁻¹ carbón vegetal
Cal y fertilización (F)	f1. 0 t ha ⁻¹ cal + 0 kg ha ⁻¹ de nutrientes
	f2. cal (5 t ha ⁻¹), N (200 kg ha ⁻¹), P (150 kg ha ⁻¹), K (200 kg ha ⁻¹), Mg (118 kg ha ⁻¹), S (229 kg ha ⁻¹), Zn (40 kg ha ⁻¹).

Fuente: Villamagua, (2014).

Cuadro 4. Tratamientos del experimento.

TRATAMIENTOS
T7 = a2f1c1: melina + sin fertilización + 0 t ha ⁻¹ Carbón Vegetal
T8 = a2f2c1: melina + con fertilización + 0 t ha ⁻¹ Carbón Vegetal
T9 = a2f1c2: melina + sin fertilización + 3 t ha ⁻¹ Carbón Vegetal
T10= a2f2c2: melina + con fertilización + 3 t ha ⁻¹ Carbón Vegetal
T11= a2f1c3: melina + sin fertilización + 6 t ha ⁻¹ Carbón Vegetal
T12= a2f2c3: melina + con fertilización + 6 t ha ⁻¹ Carbón Vegetal

Fuente: Villamagua, (2014).

5.4.1.2 Modelo matemático.

$$Y_{ik} = \mu + \alpha_i + \delta_k + (\alpha\delta_{ik}) + \varepsilon_{ik}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera bajo el efecto del tipo de pendiente del terreno, soluciones nutritivas.

μ = Medida general del experimento

α_i = Mide el efecto de la fertilización

δ_k = Mide el efecto del carbón vegetal

$\alpha\delta_{ik}$ = Mide la interacción entre la fertilización y carbón vegetal.

ε_{ik} = Efecto del error experimental

5.4.1.3 Especificaciones del experimento.

Numero de repeticiones (bloques): 4

Número de plantas por subparcela de melina: 16 x 24 = 384

Área de la parcela: 36 m x 24 m = 864 m²

Area de subparcela: 12 x 12 m: 144 m²

Número de subparcelas: 36 x 144 m²

Área neta experimental: 3456 m²

5.4.1.4 Esquema general de ensayo experimental.

En el presente gráfico se muestran el esquema general de una parcela con los distintos tratamientos detallados en el cuadro 4, con las tres repeticiones propuestas

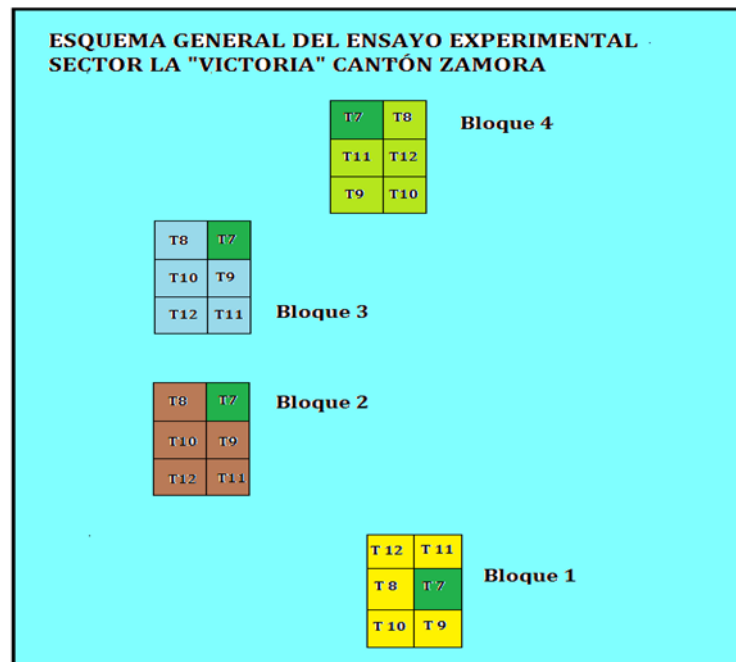


Figura 7. Esquema general del ensayo del experimental.

En la siguiente fig.8 muestra las dimensiones, los tratamientos, y las unidades forestales de un bloque.

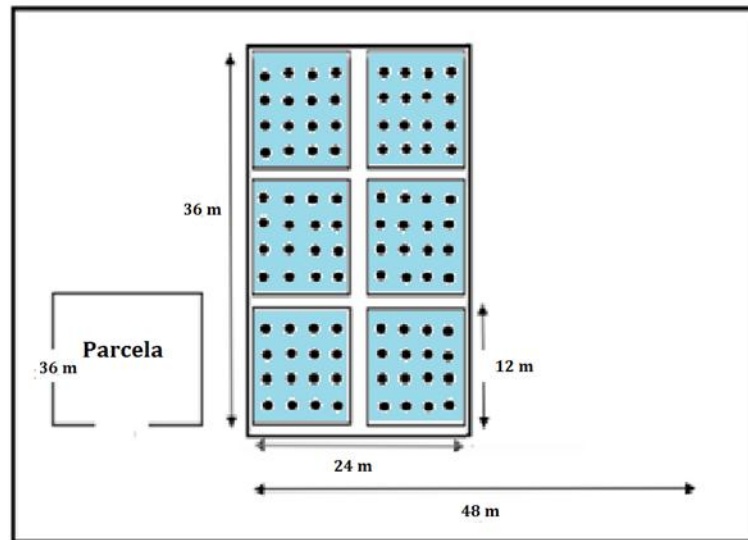


Figura 8. Esquema específico de un bloque.

Fuente: El autor.

5.4.2 Prueba de infiltración en campo.

Luego de realizar las pruebas de infiltración con los cilindros, mediante 4 horas, en los 4 bloques en los tratamientos T07, después se procedió a procesar los datos obtenidos en el campo. (Anexo 1).

5.4.2.1 Cálculo de infiltración básica.

Los datos que se obtuvieron en el campo se procesaron en una hoja electrónica.

Para el cálculo de la infiltración básica, se tomó el modelo de Kostiakov (1932), quien propone la siguiente ecuación.

$$L_{cum} = K.T^n$$

Donde:

L = velocidad de infiltración (cm/hora).

T = tiempo acumulado de infiltración (minutos).

K = parámetro que representa la velocidad de infiltración cuando el tiempo es 1 minuto.

n = parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo. Tiene valores entre -1.0 y 0 , siendo su valor más común -0.5 .

Se calcularon las velocidades de infiltración a media e instantánea en cm/min para cada uno de los tiempos; así como, la velocidad de infiltración básica en cm/h, utilizando la regresión lineal.

5.4.3 Metodología del Segundo Objetivo.

En cada tratamiento se tomó por duplicado muestras inalteradas, con los anillos Kopecky de 100 cm^3 , para la determinación en el laboratorio de la porosidad total, Capacidad de Campo a $1/10$ y $1/3$ de atmosfera, Punto de Marchitez Permanente y la densidad aparente. (Ver anexo 2).

Luego se calculó las siguientes formulas:

Capacidad de Aireación.

$$CA = P_t - CC$$

Agua Aprovechable

$$AA = (CC - PMP)$$

Volumen físicamente inerte.

$$VFI = (100 - Sat)$$

5.4.3.1 *Evaluación de las condiciones físicas.*

Se utilizó el diagrama triangular que presenta en la figura n°4, en la base del triángulo donde se encuentran valores porcentuales del volumen de la capacidad de aireación, en el lado derecho del triángulo se encuentran los valores porcentuales de agua aprovechable, en el lado izquierdo del triángulo contiene los valores porcentuales del volumen físicamente inerte del suelo. (Anexo 3).

5.4.3.2 *Técnicas de procesamiento y análisis de datos.*

Según Melgar, Morales y Quemé, (2009) menciona que:

Para realizar el análisis de la variancia (ADEVA) de los tratamientos, se utilizó el software InfoStat Di Rienzo donde se conoció la curva de retención del agua. También se realizó la prueba de Tukey para las variables estadísticamente significativas, con él se puede probar cualquier número de tratamientos (ya sean niveles de un solo factor o combinaciones de nivel de varios factores). (p.10).

6 RESULTADOS

6.1 Resultado del objetivo 1.

Determinar la evolución de la velocidad de infiltración del agua en el suelo, en la plantación maderable de Melina (*Gmelina arborea roxb*) establecida en el experimento del barrio la Victoria.

6.1.1 Determinación de la velocidad de la infiltración básica, bloque 1.

Para obtener la determinación de la velocidad se realizó cuatro pruebas en cada uno de los bloques, posterior a ello, posterior a ello se sacó un promedio de las cuatro logrando obtener un solo valor en taza de infiltración acumulada.

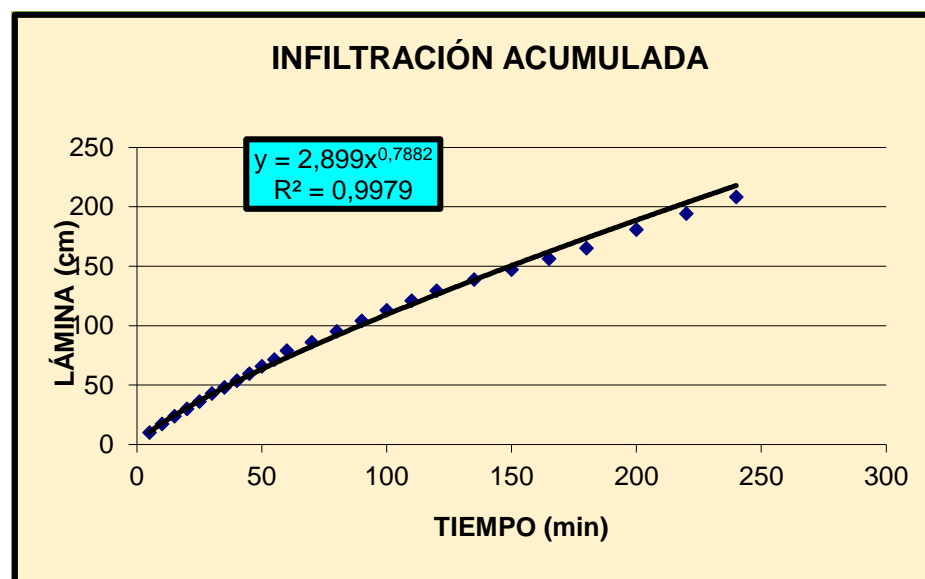


Figura 9.- Infiltración acumulada bloque 1.

Fuente: el autor.

Existe una correlación 0,9979 categorizada como muy alta en el tiempo de infiltración y lámina de agua. A mayor tiempo volumen mayor volumen de infiltración. El tiempo básico de infiltración es de 127,08 minutos que genera una infiltración básica 491,36 cm/h.

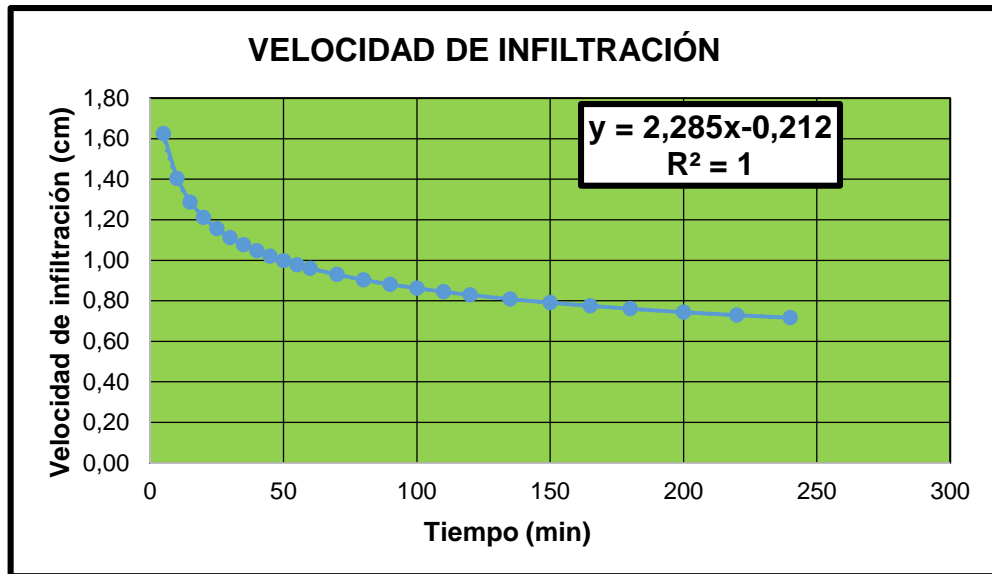


Figura 10.- Velocidad de infiltración bloque 1.
Fuente: El autor.

Existe una correlación perfecta entre el tiempo y velocidad de infiltración. Obteniendo en 5 minutos de evaluación una velocidad de infiltración de 0,21 cm³ aumentando el tiempo, la velocidad va aumentando. En el tiempo de evaluación de 240 minutos, la velocidad de infiltración fue de 2,90 cm³ la velocidad de infiltración. Conforme se incrementa el tiempo, la velocidad de infiltración se anula.

6.1.2 Determinación de la velocidad de la infiltración básica, bloque 2.

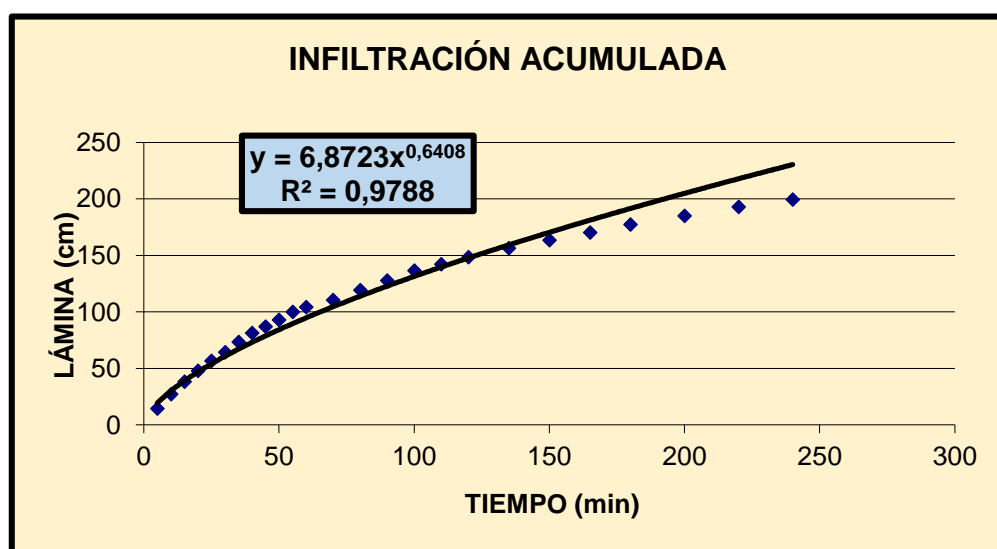


Figura 11.- Infiltración Acumulada bloque 2.
Fuente: el autor.

Existe una correlación 0,9788 categorizada como muy alta en el tiempo de infiltración y lámina de agua. A mayor tiempo volumen mayor volumen de infiltración. El tiempo básico de infiltración es de 215,52 minutos que genera una infiltración básica 38, 15 cm/h.

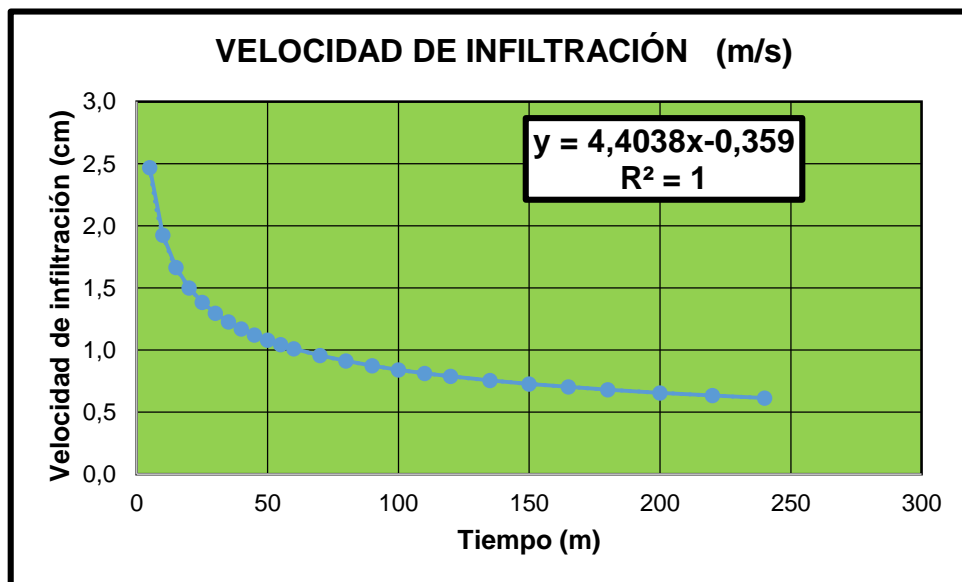


Figura 12.- velocidad de infiltración bloque 2.

Fuente: el autor.

Existe una correlación perfecta entre el tiempo y velocidad de infiltración. Obteniendo en 5 minutos de evaluación una velocidad de infiltración de 0.36 cm³ aumentando el tiempo, la velocidad va disminuyendo. En el tiempo de evaluación de 240 minutos, la velocidad de infiltración fue de 0,97 cm³ la velocidad de infiltración. Conforme se incrementa el tiempo, la velocidad de infiltración se anula.

6.1.3 Determinación de la velocidad de la infiltración básica, bloque 3.

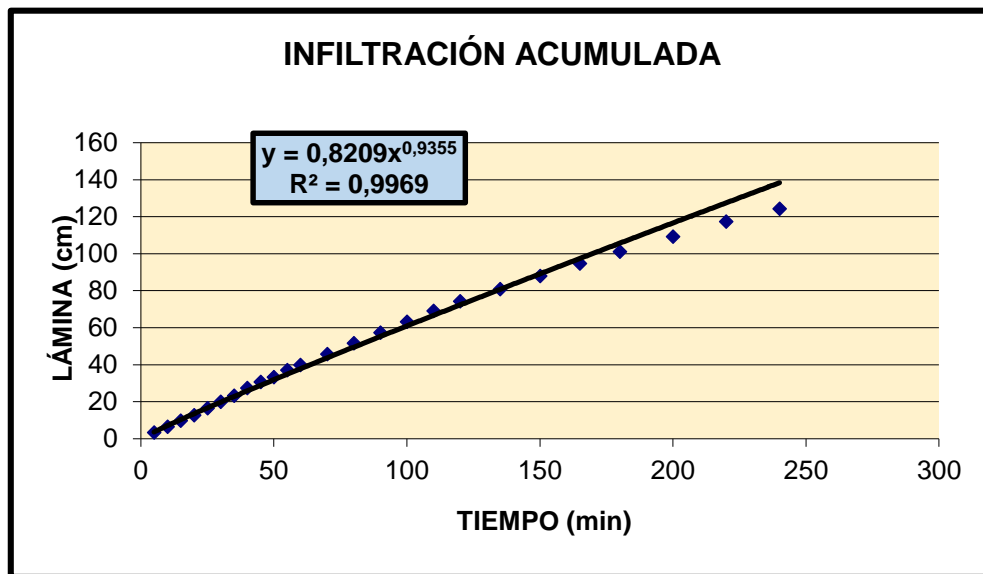


Figura 13.- Infiltración Acumulada bloque 3.

Fuente: el autor.

Existe una correlación 0,9969 categorizada como muy alta en el tiempo de infiltración y lámina de agua. A mayor tiempo volumen mayor volumen de infiltración. El tiempo básico de infiltración es de 38,7 minutos que genera una infiltración básica 36,39 cm/h.

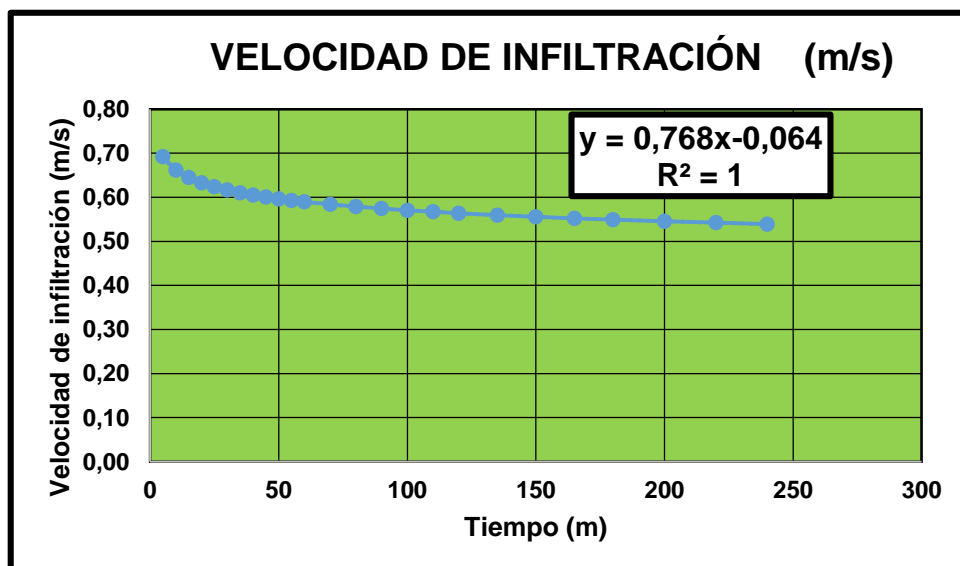


Figura 14.- Velocidad de infiltración bloque 3.

Fuente: el autor.

Existe una correlación perfecta entre el tiempo y velocidad de infiltración. Obteniendo en 5 minutos de evaluación una velocidad de infiltración de 0.06 cm^3 aumentando el tiempo, la velocidad va disminuyendo. En el tiempo de evaluación de 240 minutos, la velocidad de infiltración fue de $0,99 \text{ cm}^3$ la velocidad de infiltración. Conforme se incrementa el tiempo, la velocidad de infiltración se anula.

6.1.4 Determinación de la velocidad de la infiltración básica, bloque 4.

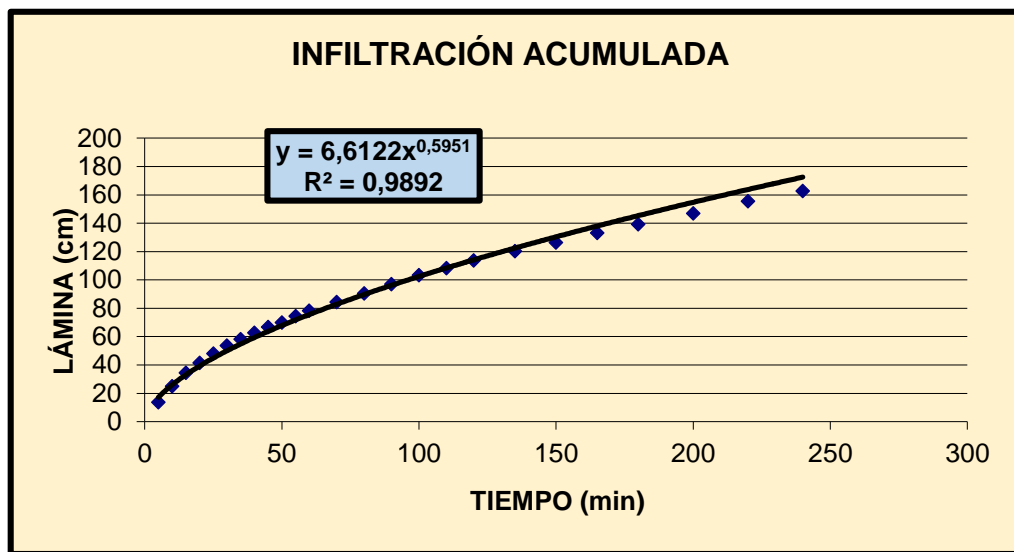


Figura 15.- Infiltración Acumulada bloque 4.

Fuente: el autor

Existe una correlación 0,9892 categorizada como muy alta en el tiempo de infiltración y lámina de agua. A mayor tiempo volumen mayor volumen de infiltración. El tiempo básico de infiltración es de 242,94 minutos que genera una infiltración básica 25,54 cm/h.

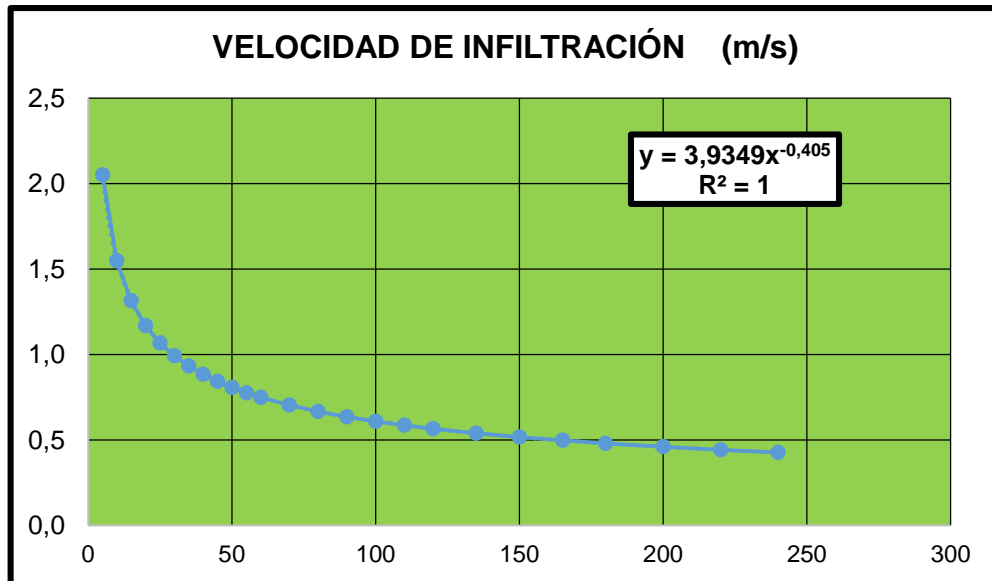


Figura 16.-Velocidad de infiltración bloque 4.

Fuente: el autor.

Existe una correlación perfecta entre el tiempo y velocidad de infiltración. Obteniendo en 5 minutos de evaluación una velocidad de infiltración de 2,1 cm³ aumentando el tiempo, la velocidad va disminuyendo. En el tiempo de evaluación de 240 minutos, la velocidad de infiltración fue de 0,99 cm³ la velocidad de infiltración. Conforme se incrementa el tiempo, la velocidad de infiltración se anula.

6.1.5 Determinación de la velocidad de infiltración básica promedio del ensayo del barrio la Victoria.

Para la determinación de la velocidad de infiltración promedio del ensayo del barrio la victoria se promedió los cuatro bloques obteniendo los siguientes datos.

Cuadro 5.- Velocidad de infiltración básica en los bloques del sitio experimental la Victoria (BS-62), cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe. Agosto 2016.

Bloque	PROMEDIO (cm/h)	CALIFICACIÓN (cm/h)
I	49,1	Muy. Rápida
II	38,4	Muy. Rápida
III	36,4	Muy. Rápida
IV	25,5	Muy. Rápida
PROMEDIO	37,4	Muy. Rápida

En el Cuadro 5, se muestran los valores promedios de la velocidad de infiltración básica que van desde 25,5 cm/h considerada como muy rápida a 49,1 cm/h considerada como muy rápida.

En la figura 17, se muestra el potencial de infiltración acumulada del ensayo del barrio la Victoria.

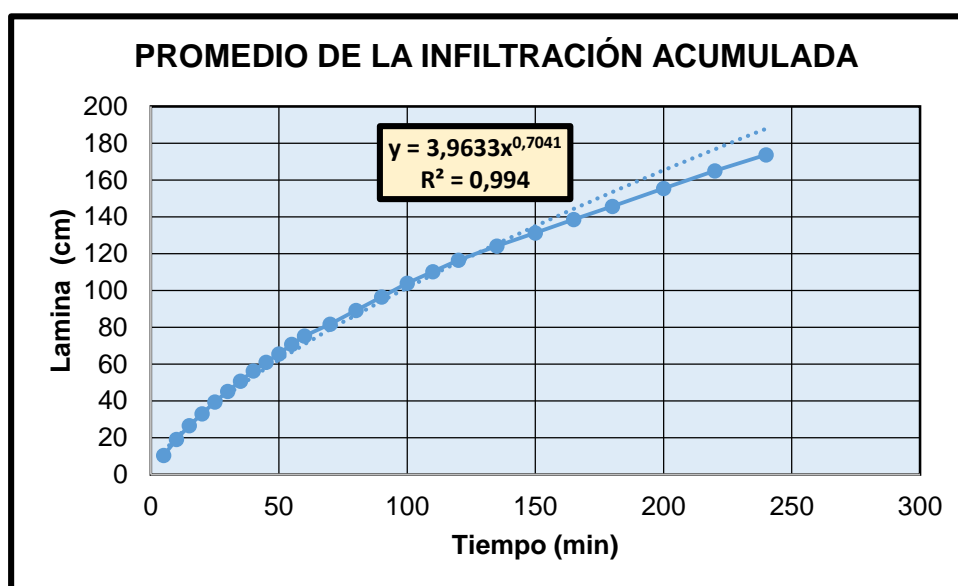


Figura. 17.- Infiltración acumulada promedio, ensayo del barrio la Victoria.

Fuente: el autor.

Existe una correlación 0.994 categorizada como muy alta entre el tiempo de infiltración y la lámina de agua. A mayor tiempo mayor volumen de infiltración. El tiempo básico de infiltración es de 177,54 minutos, que genera una infiltración básica de 36,16 cm/h.

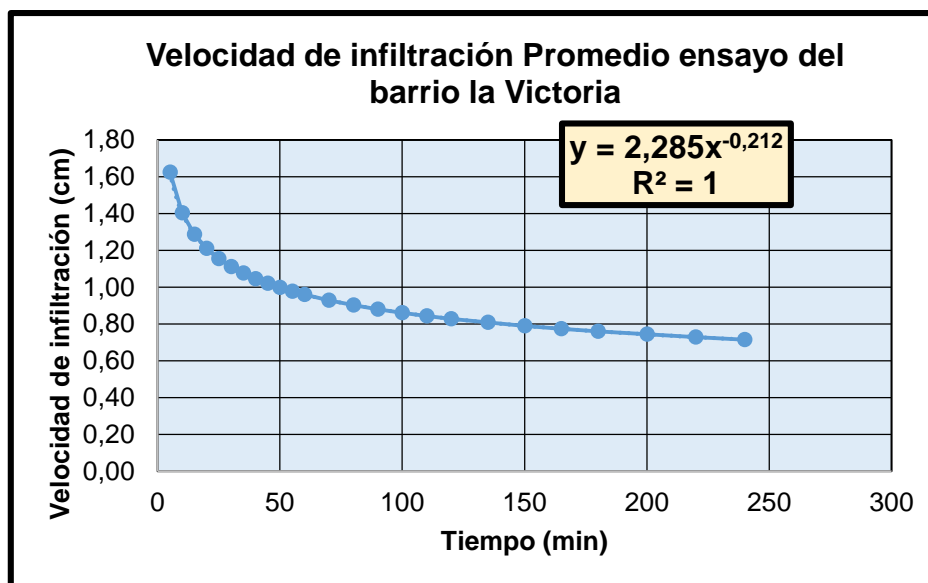


Figura. 18.- Velocidad de infiltración promedio, ensayo del barrio la Victoria.
Fuente: el autor.

Existe una correlación perfecta entre el tiempo y velocidad de infiltración. Obteniendo a los 5 minutos de evaluación una velocidad de infiltración de 1,71 cm³/min, mientras va aumentando el tiempo la velocidad va aumentando. En el tiempo de evaluación de 240 minutos la velocidad de infiltración fue de 3.96 cm³/min.

6.1.6 Velocidad de infiltración básica inicial del ensayo del barrio la Victoria.

Cuadro 6.- Velocidad de Infiltración básica (Villamagua, 2014).

Bloque	PRUEBA 1 (cm/h)	PRUEBA 2 (cm/h)	PROMEDIO (cm/h)	CALIFICACIÓN (cm/h)
I	1,4	1,9	1,7	Mod. Lenta
II	9,5	2,7	6,1	Lenta
III	10,3	3,4	6,9	Mod. Rápida
IV	3,9	5,5	4,7	Media
PROMEDIO	6,3	3,4	4,8	Media

En el Cuadro 6, se muestran los valores promedios de la velocidad de infiltración básica que van desde 1,7 cm/h considerada como moderadamente lenta a 6,9 cm/h considerada como moderadamente rápida.

6.2 Técnica de procesamiento y análisis de la hipótesis

6.2.1 Planteamiento de Hipótesis general.

La velocidad de infiltración de agua se incrementará en los lugares donde se ha instalado la especie forestal Melina (*Gmelina arborea roxb*), por la eliminación del pisoteo el ganado bovino.

6.2.1.1 Contraste de hipótesis.

Ho: Ha existido una mejora en la velocidad de infiltración durante el tiempo de implantación de la especie forestal Melina.

H1: Ha existido mejora en la velocidad de infiltración durante el tiempo de implantación de la especie forestal Melina.

Cuadro 7.- Resumen ANOVA, evolución de la velocidad de infiltración.

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
V. final.	20	149,4	37,35	0,00
V. inici.	20	19,4	4,85	0,00

Cuadro 8.- ANOVA, evolución de la velocidad de infiltración.

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F
FACTOR	2112,5	1	2112,50	42,79
ERROR	296,2	6	49,37	
TOTAL				

En el Cuadro 7 y 8, se muestra el análisis de varianza estadístico ANOVA, donde se obtuvo que la probabilidad es de 0.00 siendo menor que la significancia que es de 0.05 entonces se ubica en la zona de aceptación de la hipótesis alterna. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Ha existido un notable mejoramiento en la velocidad de infiltración durante el tiempo de implantación de la especie forestal Melina.

6.3 Objetivo 2

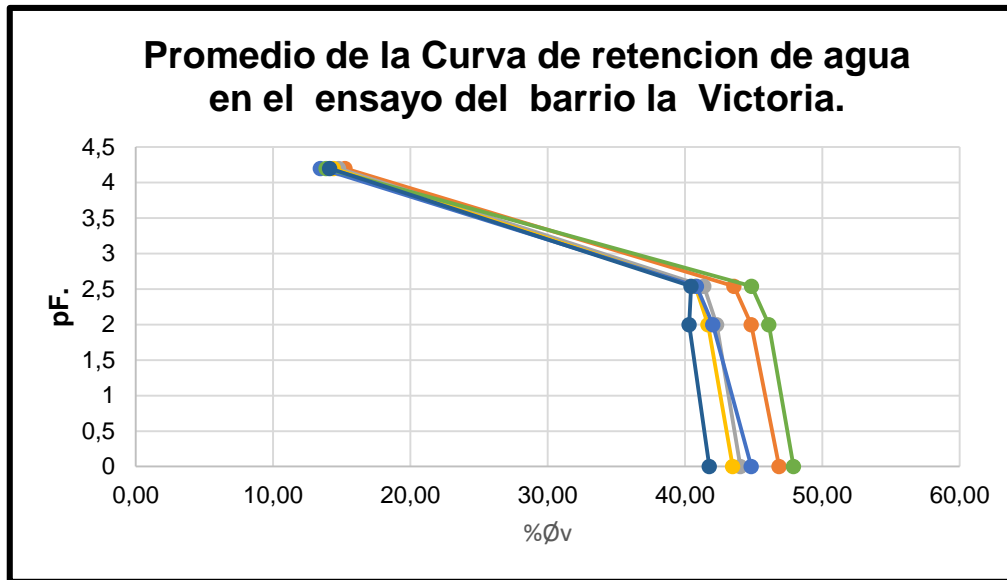


Figura 19.- Promedio de la curva de retención del agua.

Fuente: el autor.

En la figura 19, se presenta la retención de agua en el suelo y en el Cuadro 6, se muestran los valores que se consideró para la construcción de la curva y representación de la condiciones físicas del suelo; las cuales corresponde al análisis de muestras inalteradas no disturbadas, tomadas a 20 cm; el uso actual del suelo: experimento del barrio la Victoria.

Cuadro 9.- Evaluación de las condiciones físicas, ensayo del barrio la Victoria.

	Satu.	C.C 1/10	C.C 1/3	P.M.P	C.A 1/10	C.A 1/3	E.	A.A 1/10	A.A 1/3	E.	V.T.S	V.T.P	V.F.I	E.	Da.
	%														g/cm ³
T 07	46,86	44,83	43,56	15,24	2,03	3,30	Muy bajo	29,59	28,32	Muy alto	53,15	46,86	68,39	Muy pobre	1,17
T 08	44,04	42,31	41,38	14,78	1,73	2,65	Muy bajo	27,53	26,60	Muy alto	55,96	44,04	70,75	Muy pobre	1,20
T 09	43,48	41,67	40,75	14,41	1,81	2,74	Muy bajo	27,27	26,34	Muy alto	56,52	43,48	70,92	Muy pobre	1,24
T 10	44,82	42,04	40,84	13,45	2,78	3,99	Muy bajo	28,60	27,39	Muy alto	55,18	44,82	68,62	Muy pobre	1,19
T 11	47,92	46,10	44,86	13,86	1,82	3,06	Muy bajo	32,24	31,00	Muy alto	52,08	47,92	65,94	Muy pobre	1,16
T 12	41,77	40,31	40,45	14,12	1,46	1,32	Muy bajo	26,19	26,33	Muy alto	58,23	41,77	72,35	Muy pobre	1,25

En el Cuadro 9, se presentan valores los mismos que en todos los tratamientos la saturación se encuentra en un rango alto, mientras que la capacidad de aireación se encuentra en un rango muy bajo, el agua aprovechable se encuentra en un rango alto. Obteniendo un suelo muy pobre.

6.3.1 Procesamiento y análisis estadístico ANOVA.

6.3.1.1 Contraste de la hipótesis general.

Los suelos reforestados con Melina sembrados con cada uno de los tratamientos propuestos; la densidad aparente del suelo disminuirá por la eliminación del pisoteo contante del ganado bovino, se incrementará la capacidad de aireación y el agua aprovechable.

6.3.1.2 Planteamiento de Hipótesis Capacidad de Aireación.

Ho: La Capacidad de Aireación no difiere significativamente entre los tratamientos propuestos.

H1: La Capacidad de Aireación si difiere significativamente entre los tratamientos propuestos.

El nivel de significancia es de 5% con un nivel de confianza del 95%

Cuadro 10.- Capacidad de aireación de los suelos tratados, con fertilización y carbón vegetal en las plantaciones de melina.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CA	24	0,38	0,06	40,81

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,82	8	0,73	1,17	0,3780
Fert	0,06	1	0,06	0,10	0,7605
Carbón	1,82	2	0,93	1,50	0,2554
Rep	1,72	3	0,57	0,92	0,4536
Fert*Carbón	2,17	2	1,09	1,74	0,2086
Error	9,34	15	0,62		
Total	15,15	23			

6.3.1.3 Planteamiento de Hipótesis Agua Aprovechable.

Ho: El Agua Aprovechable no difiere significativamente entre los tratamientos propuestos.

H1: El Agua Aprovechable si difiere significativamente entre los tratamientos propuestos.

El nivel de significancia es de 5% con un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 11.- *Agua aprovechable de los suelos tratados, con fertilización y carbón vegetal en las plantaciones de melina.*

AA

Variable	N	R	Aj	CV
AA	24	0,58	0,36	12,63

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,69	8	33,74	2,59	0,0532
Fert	30,83	1	30,83	2,37	0,1447
Carbón	6,76	2	3,38	0,26	0,7746
Rep	178,20	3	59,40	4,56	0,0184
Fert*Carbón	54,16	2	27,08	2,08	0,1594
Error	195,26	15	13,02		
Total	465,21	23			

De acuerdo a la evaluación física de los suelos todos los tratamientos corresponden a condiciones físicas de muy pobres.

6.3.1.4 *Planteamiento de Hipótesis Volumen Físicamente Inerte.*

Ho: El Volumen físicamente inerte no difiere significativamente entre los tratamientos propuestos.

H1: El Volumen Físicamente inerte si difiere significativamente entre los tratamientos propuestos.

El nivel de significancia es de 5% con un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 12.- *Volumen físicamente Inerte de los suelos tratados, con fertilización y carbón vegetal en las plantaciones de melina.*

VPFI

Test: de tukey Alfa= 0,05 DMS= 8,28887				
Error: 0,6224 gl: 15				
FERT	CARBÓN	MEDIAS	n	E.E
SF	6	32,25	4	180
SF	0	29,58	4	180
CF	3	28,58	4	180
CF	0	27,53	4	180
SF	3	27,28	4	180
CF	6	26,20	4	180

Cuadro 13.- *Análisis de varianza (SC tipo III) tratados, con fertilización y carbón vegetal en las plantaciones de melina VPFI.*

VPFI

Variable	N	R	Aj	CV
AA	24	0,53	0,28	5,95

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Fert	27,95	1	27,95	1,64	0,2203
Carbón	1,66	2	0,83	0,05	0,9527
Rep	184,26	3	61,42	3,59	0,0388
Fert*Carbón	75,37	2	37,68	2,21	0,1447
Error	256,31	15	17,09		
Total	545,55	23			

7 DISCUSIÓN

En cuanto al resultado del primer objetivo se obtuvo en el bloque 1, la infiltración básica es de 37,54 cm/h, catalogada como muy rápida con un tiempo básico de 177,54 minutos, mientras que la infiltración inicial obtenida de Villamagua (2014) obtuvo una infiltración básica de 4,8 cm/h, catalogada como media y un tiempo básico de 222 minutos, se puede demostrar un aumento de 32,74 cm/h que representa 114.66 %.

En bloque 3, se presenció una infiltración básica de 0.60 cm/h catalogada como muy rápida, con un tiempo básico de 38.7 minutos, mientras que en la infiltración inicial obtenida por Villamagua (2014) obtuvo una infiltración básica de 6.9 cm/h, catalogada como moderadamente rápida, con un tiempo básico de 240 minutos el cual se puede demostrar un aumento progresivo de 31,8 cm/h, representando un 114,47 %.

En el bloque 4, se obtuvo una infiltración básica de 25,54 cm/h, catalogada como muy rápida con un tiempo básico de 242,94 minutos, mientras que en la infiltración inicial obtenida por Villamagua (2014) obtuvo una infiltración básica de 4,7 cm/h, catalogada como media demostrando un aumento progresivo de 20,8 cm/h, representado un 3740 %.

Con estos datos se puede generalizar y decir que la velocidad de infiltración básica promedio inicial (2010) fue de 4,8 cm/h, catalogándose como media y la velocidad de infiltración básica actual promedio fue 37,4 cm/h corresponde a muy alta, generándose un incremento del 374%. Esto probablemente se debe al incremento de la materia orgánica que paso del 1,97 % al 9,5 %, debido a que las

plantas de Melina aportan con biomasa a través de las hojas y las podas que permanentemente realizaron en el proyecto, lo que mejora la estructura del suelo y consecuentemente el movimiento del agua, deduciendo que si ha existido mejora durante este periodo 2010-2016.

En el tratamiento T07, la saturación es de 46.86 %, mientras que en el T 08 es de 44,04 %, el T 09 de 43.48 %, el T 10 de 44.82 %, el T11 47.92 % y el T 12 de 41.77 %, los mismos se clasifican como muy bajos, que es igual al volumen total del espacio poroso ocupado en el suelo, que se encuentra retenido con una fuerza de succión $pF=0$.

El volumen total de sólidos en el T 07 es de % 53.15, en el T 08 de % 55.96, el T 09 de % 56.52, el T 10 de % 55.18 el T 11 de 52.08 % y el T 12 de 58.23 %.

La Saturación a en el T 07 se obtuvo un valor de 46.86 %, mientras que en el T 08, se obtuvo un valor de 44.04 %, en el T 09 se obtuvo de 43.48 %, en el T 10 un valor de 44.82 %, en el T 11 de 47.92 % y finalmente en el T 12 es de 41.77 %, los mismos se clasifican como bajo, que es igual al volumen total del espacio poroso ocupado en el suelo, que se encuentra retenido con una fuerza de succión $pF =0$.

La Capacidad de aireación $a_{1/10}$ en el T 07 se obtuvo un valor de 2.03 %, mientras que en el T 08, se obtuvo un valor de 1,73 %, en el T 09 se obtuvo de 1.81 %, en el T 10 un valor de 2.78 %, en el T 11 de 1.82 % y finalmente en el T 12 es de 1.46 %, los mismos que se clasifican como muy bajos. Esto se debe por cuanto la textura del suelo fue franco al tacto, los mismos que por su diámetro de poros muy finos, generan una capacidad de aireación muy baja. La cantidad de carbón vegetal en 3 t/ha y 6 t/ha + la aplicación de la cal no influyeron en un incremento de

la capacidad de aireación. Por lo tanto esta propiedad influyó en que los suelos sean físicamente muy pobres. Según Valarezo et al. (1998), considera que la capacidad de aireación del 10 al 15 % es satisfactoria, para el normal desarrollo de las plantas.

La capacidad de aireación para los factores fertilización, carbón vegetal y la interacción fertilización*carbón vegetal, no presentan significancia estadística.

El θ_{bvCC} del T 07 a 1/10 se obtuvo un valor de 44.83 %, en el T 08 de 42.31 %, en el T09 un valor de 41.67 %, en el T 10 de 42.04 %, el T 11 de 46.10 %, y finalmente en el T 12 a un valor de 40.31 %. Este valor se clasifica como muy bajo, corresponde a la cantidad de agua que permanece en el suelo, una vez que el flujo gravitacional ha cesado, y empieza a estabilizarse.

El θ_{bvPMP} en el T 07 se obtuvo un valor de 15.24 %, mientras que en T 08 un valor de 14,78 %, en el T 09 de 14.41 %, el T 10 un valor de 13.41 %, el T 11 de 13.86 %, y finalmente en el T 12 un valor de 14.12 % que corresponde a la cantidad de agua del suelo, cuando las plantas se marchitan permanentemente.

El contenido de agua aprovechable AA a 1/10 en el T 07 se obtuvo un valor de 29.59.11 %, mientras que en el T 08 un valor de 27.53 %, en el T 09 se obtuvo de 27.27, en el T 10 de 28.80 %, en el T 11 de 32.24 %, y finalmente en el T 12 de 26.19 %. El Agua Aprovechable en todos los tratamientos se mantiene en el rango de muy altos, por la textura del suelo es igual en todos los tratamientos.

El Volumen Físicamente inerte en el T 07 se obtuvo un valor de 68.39 %, mientras que en T 08 un valor de 70.75 %, en el T 09 de 70.92 %, el T 10 un valor de 68.62, el T11 de 65.94 %, y finalmente en el T 12 un valor de 72.35 %.

La densidad aparente del suelo en el T 07 se obtuvo un valor de $1,17 \text{ g/cm}^3$ mientras que en T 08 un valor de $1,20 \text{ g/cm}^3$, en el T 09 de $1,24 \text{ g/cm}^3$, el T 10 un valor de $1,19 \text{ g/cm}^3$, el T 11 de $1,16 \text{ g/cm}^3$, y finalmente en el T 12 un valor de $1,25 \text{ g/cm}^3$. Valores que son menores al límite inferior del rango común para suelos de textura franco.

Deduciendo se puede decir que las dosis aplicada de $0,3 \text{ kg/m}^2$ y $0,6 \text{ kg/m}^2$ no influyeron para mejorar las condiciones físicas del suelo, obteniéndolo al suelo en la categoría de muy pobre (Zona I).

El incremento de la velocidad de infiltración de $4,8 \text{ cm/h}$ a $37,4 \text{ cm/h}$, se debió a que se eliminó la compactación por el pisoteo de la ganadería; así como también existió un incremento del contenido de materia de $1,97$ a $9,5\%$, esto por el aporte de la biomasa de las hojas y ramas de la melina, así como del pasto que se cortó trimestralmente; lo que probablemente mejoró la estructura del suelo. Nos menciona Gómez, Cerrón, Capcha y Villavicencio, (2014), que no existe diferencia estadística significativa entre la tasa de infiltración de tierras forestales y agrícolas, pero si existe diferencias de la tasa de infiltración de tierras forestales y agrícolas respecto a la tasa de infiltración de tierras de pastoreo. (p.1).

La capacidad de aireación de todos los tratamientos corresponden a muy bajo, por lo tanto ni el aporte del carbón vegetal en las dosis de 3 y 6 t/ha , ni el aporte de la materia orgánica, así como la reducción del pisoteo influyeron en el mejoramiento de los macro poros del suelo. En cambio Villamagua (2013), en un estudio sobre el efecto de granulometría de biocarbón sobre las condiciones físicas de los suelos y tensiones de humedad en el cultivo de tomate, concluye que al aplicar biocarbón en una dosis de 20 t/ha , incrementó la capacidad de aireación de bajo a medio y consecuentemente las condiciones física de los sustratos pasaron de pobre a medio. (p.98-112).

8 CONCLUSIONES

La velocidad de infiltración en los tratamientos con la especie *Gmelina arborea* pasó del rango media 4,8 cm/h a muy rápida 37,4 cm/h, durante los 8 años de implantación del cultivo.

La capacidad de aireación de los tratamientos se mantuvieron en el rango de muy bajo, el agua aprovechable en muy alto, consecuentemente las condiciones físicas de todos los tratamientos permanecieron en el rango de muy pobre.

Contrarrestando las hipótesis planteadas, nos arrojan resultados que; entre tratamientos la Da, CA, AA, no existe diferencia significativa.

La aplicación de carbón vegetal en 3 y 6 t/ha no afecto en el mejoramiento de la capacidad de aireación, manteniéndose en el rango de muy bajo, y agua aprovechable en rango de alto. Consecuentemente los suelos corresponden físicamente muy pobres.

9 RECOMENDACIONES

En el experimento en el barrio la Victoria, realizar nuevas evaluaciones de las condiciones físicas del suelo en las capas de 0 a 25 cm y de 25-50 cm., por cuanto en el sistema radicular de la especie arbórea y el aporte de la materia orgánica a través de la biomasa de la especie arbórea, se mineraliza y se lixivia a capas inferiores del perfil del suelo.

De igual manera los resultados de esta investigación se difundan a productores de la zona, por cuanto al momento de reforestar se mejora la velocidad de infiltración, el cual influye a la regulación del recurso hídrico de las micro cuencas.

Las pruebas de infiltración se deben realizar tanto en época de invierno y verano, para disponer de resultados promedios.

Continuar con el seguimiento de las propiedades físicas del experimento a fin de disponer de información confiable y poder difundir a las instituciones de desarrollo.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Asamblea Constituyente del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi. 218 pp.
- Arias, W. (2012). *Determinación del potencial turístico de la provincia de Zamora Chinchipe y su aprovechamiento*. Zamora Chinchipe, Ecuador. 174 pp.
- Ayora, A y Carpio, A. (2015). *Determinación del rendimiento hídrico en cuatro ecosistemas de la región sur del Ecuador*. Loja. Ecuador.
- Amézquita, E. (sf). *Propiedades de los suelos de los llanos orientales y sus requerimientos de labranza*. (p. 6).
- BAVER, et al. (1991): *Física de suelos*. Ed. Limusa. México.
- Bonneau, M. y Souchier, B. (1987). Edafología. Vol.II. *Constituyentes y propiedades del suelo*. Ed. Masson. (p.48).
- Bosque Valdia, (2005). *Influencia de las masas boscosas en el régimen hídrico de una cuenca semiárida*, Chile. (En Línea): Consultado 30 de Septiembre 2016. Recuperado en Bosque:http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002005000100008&script=sci_arttext
- Cerdá, A. (1995): *Factores y variaciones espacio temporales de la infiltración en los ecosistemas mediterráneos*. Ed. Geofoma. Logroño.(p.1-2).
- Asamblea Nacional del Ecuador, (2012). *Código Orgánico territorial, Autonomía y Descentralización*. Quito. Ecuador. 234 pp.

- Corporación de desarrollo forestal del Ecuador. CORMADERA, (2002). *Guías para las plantaciones forestales en el Ecuador. Quito. Ecuador. Gmelina arbórea.* (p-85-11).
- Cunalata y Inga,“(2012). *Cuantificación de carbono total almacenado en suelos de páramos en las comunidades shobol-Chimborazo, San Juan Chimborazo.* Escuela de ciencias químicas. Facultad de ciencias. (p.34).
- Custode, G.; Valarezo, C. (2002). *Los suelos serranos: características y sensibilidad a la erosión y capacidad de uso. Ecuador.* Universidad Nacional de Loja. Loja. Ecuador.134 pp.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), 199. *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo.* (p.77).
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), 2006. *Claves de la Taxonomía del Suelo.* Décima Edición. Servicio de Conservación de Recursos Naturales 332p.
- Delgado, A. 2015. *Evaluación del efecto de actividades agropecuarias sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en el Carmelo, Carchi. Ecuador.*148 pp.
- Duque, L. 2009. *Determinación experimental del “número de la curva” en cinco coberturas representativas de la provincia de Loja. Ecuador.* 97 pp.
- Espinoza, C. 2004. *Apuntes Curso CI51J Hidráulica de Aguas Subterráneas y su Aprovechamiento.* Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

- Flores y Quinteros, (2008), Diseño de horno tipo retorta para elaborar carbón vegetal. Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas. Antiguo Cuscatlán. El Salvador.(p.1).
- Galán, G. 1982. Caracterización Petrológica y Geoquímica de la granodiorita. Universidad de Oviedo.12. p. 133-151.
- Gobierno del Estado de Chiapas-Secretaría de Desarrollo Rural. 2006. *Prevención de incendios forestales y alternativas para recuperar la fertilidad de los suelos*. Guía de extensionista forestal. (18 p.)
- Garrido, M. 1994. *Guía práctica para muestrear los suelos e interpretar sus análisis*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Subsecretaria General de Estructuras Agrarias. Madrid. España. (p. 12-13)
- Gavande, A. 1982. *Física de suelos, principios y aplicaciones*. México, Ed. Limusa. (p. 351).
- García, J. (2010). *Compactación de los suelos*. Prosegran Productos & Servicios Ganaderos. (En Línea): Consultado 27 de febrero del 2016. Recuperado en <http://jairoserrano.com/2010/03/compactacion-de-los-suelos/>
- Gómez, Cerrón, Capcha y Villavicencio, (2014). *Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuencas del río Shullcas*. Universidad Continental. Perú.
- Glaser, B. 2002. Guggenberger, G., y Zech, W. Past anthropogenic influence on the present soil properties of anthropogenic dark earths (Terra Preta) in Amazonia (Brazil). *Geoarcheology* (in press). (p.1).

- Ibáñez, J. (2007, 1 de Noviembre). *El suelo como sistema natural y sus factores formadores*. Un Universo invisible bajo nuestros pies los suelos y la vida. (En Línea): Consultado 22 de Febrero del 2016, Recuperado en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/11/01/77889>
- López T. G. 2007. *Sistemas agroforestales*. SAGARPA. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Colegio de Post-graduados. Puebla. 8 p.
- Ludeña, A. (2009). "*Propuesta de Desarrollo Comunitario para la Parroquia de Guadalupe, Provincia De Zamora Chinchipe.*". 139 pp. Ecuador.
- Marano, R. (2011). Relación suelo-agua. Planificación y manejo del agua en la agricultura irrigada. (En Línea): Consultado el 20 de Octubre del 2016. Recuperado en <https://dytaguas.files.wordpress.com/2011/10/1-agua-en-suelo-marano-2011.pdf>
- Melgar, Morales y Quemé (2009). Infostat manual de usos. Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar. CENGICAÑA. Guatemala. (p. 10).
- Monagas, F. (2008, 4 de Noviembre). *Suelo Amazónico*. (En Línea): Consultado el 10 de Octubre del 2016. Recuperado en <http://flor-amazonas.blogspot.com/2008/04/suelo-amaznico.html>
- Morocho y Chillogallo. 2010. *Efecto de diferentes granulometrías de carbón vegetal en la aireación de un suelo franco, en el cultivo de tomate de mesa (solanum l y copersicum l.) bajo invernadero en la estación experimental "la Argelia", fase II. Loja. Ecuador.* 118 pp.

- Mariño, Y. (2006). *Evaluación del punto de marchitez permanente bajo las condiciones de invernadero como variable para la asignación de clones de gmelina arbórea (Robx) a sitios potenciales de plantación*. Bogotá, Colombia. 172 pp.
- Mencías, D. (2015). Determinación de la infiltración en el suelo, estudio de la calidad del agua para riego y manejo ambiental del sistema de riego el Pisque – Pichincha”.
- Ministerio del Ambiente (M.A.E 2015). *Acuerdo Ministerial No. 028 Sustituyese el libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria*. Quito. Ecuador.
- Moreno, F. (2014). *Compactación del suelo en la ganadería*. Universidad Nacional Experimental del Táchira U.N.ET. (En Línea): Consultado 25 de Febrero 2016. Recuperado en <http://www.unet.edu.ve/noticias/1589-compactacion-de-surelos-enganaderia.html>
- Negro, V. 1998. *Apuntes De Infiltración*. Universidad Nacional De Lomas De Zamora. Facultad de ingeniería y ciencias agrarias. Cátedra De Hidrología Agrícola. (p.1).
- Obregón, C. (sf). Gmelina arbórea Versatilidad, renovación y productividad sostenible para el futuro. *El mueble y la madera*. Consultado 20 de Julio del 2016. Recuperado en <http://www.revista-mm.com/ediciones/rev50/especie.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación F.A.O. (1994). *Manejo de la humedad del suelo*. 34 pp. Roma. Italia.

- Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación F.A.O. (2010). *Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible, Fertilidad*. (En Línea): Consultado 10 de Octubre del 2016. Recuperado de http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27spanish/sf/soil_fertility.pdf
- Organización Internacional de Trabajo O.I.T. 1986, *Producción de leña y carbón vegetal*. Manual de formación ilustrado sobre herramientas sencillas y técnicas para empresas de pequeña escala. (p.48). Ginebra. Suiza. (En Línea): Consultado 10 de Octubre del 2016. Recuperado en http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1985/85B09_217_span.pdf
- Pérez, R. y Díaz, F. (1988): *Resistencia del suelo y susceptibilidad a la compactación en terrenos a monte sometidos a pastoreo*". *Anales de Edafología y Agrobiología*. Tomo XLVII, 3-4: 547-560.
- Porta, J., López, M., Roquero, C. (1999). *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Oaxaca. Mexico.917 pp.
- Pineda, N. (2014). *Sostenibilidad Socio ecológica de la Reforestación y su Aporte a la Conservación del Agua en Balalaica, un análisis sistémico y participativo*. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza escuela de Posgrado. Costa Rica.74 pp.
- Rojas, R. (sf). *La relaciones agua suelo planta atmósfera en planificación, diseño y manejo de proyectos de aguas y tierras*. Merida. México. (p. 9).

- Rucks, L.; García, Kaplán, A. Ponce de León y M. Hill. 2004. *Propiedades físicas del suelo. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas, Montevideo, Uruguay.* 68 p.
- Ruso R, (1993, octubre). *Los sistemas agrosilvopastoriles en el contexto de una agricultura sostenible.* IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. Las Mercedes de Guácimo. San José. Costa Rica.
- Salinas. A, (2012). *Estudio de Impacto Ambiental al Camal Municipal de la ciudad de Zamora.* (p. 29).
- Sepúlveda R, 2000. *Propuesta metodológica para la aplicación del Análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos.* Málaga. España. 434 pp.
- Sadeghian, S. (2009). *Impacto de la ganadería sobre el suelo alternativas sostenible de manejo cenicafé.* Colombia. 6 pp.
- Trujillo N. E. 2008. *Silvopastoreo: árboles y ganado, una alternativa productiva.* Forestal. Revista-MM. Pp. 22-29.
- Urrego, J. 2004. *Growth potential of Gmelina arborea at tree years of age in Colombia.* New Forest 28: 269–276.
- Villamagua, A. 2013. *Efecto de la granulometría de biocarbón sobre las condiciones físicas del suelo y tensiones de humedad en el cultivo de tomate solanum lycopersicum bajo invernadero.* Loja, Ecuador. 114 pp.
- Villamagua, A. 2014. *Almacenamiento de carbono y evolución de la fertilidad de un suelo desarrollado sobre granodiorita, en la fase inicial de una plantación*

de gmelina arborea y schizolobium parahybum con enmiendas de carbón vegetal, en la zona sur de la amazonia ecuatoriana. Zamora Chinchipe, Ecuador.96 pp.

Conde J y Delgado S, (2015). Efecto de la fertilización y del biocarbón en el almacenamiento del carbono en las especies maderables de melina *gmelina arbórea* y pachaco *schizolobium parahybum*, en la zona sur de la amazonia ecuatoriana. Loja. Ecuador.

Valarezo, C. et al, 1998.Condiciones físicas de los Suelos de la región sur del Ecuador: 227 pp.

Valarezo et al (2014). Criterios en la instalación de los experimentos y caracterización de los sitios del proyecto “Gestión de la fertilidad del suelo en encomiendas de carbón vegetal en plantaciones de árboles maderables en el sur de la amazonia ecuatoriana”. Loja. Ecuador. (pp. 21).

Van B. (1983): "La densidad aparente del suelo influenciada por el pastoreo intensidad y tipo de suelo en una pradera de pastos cortos". J. Gestión de Rangos, 36: (p. 586 – 588).

11 ANEXOS

Anexo 1. Pruebas de infiltración en el campo.

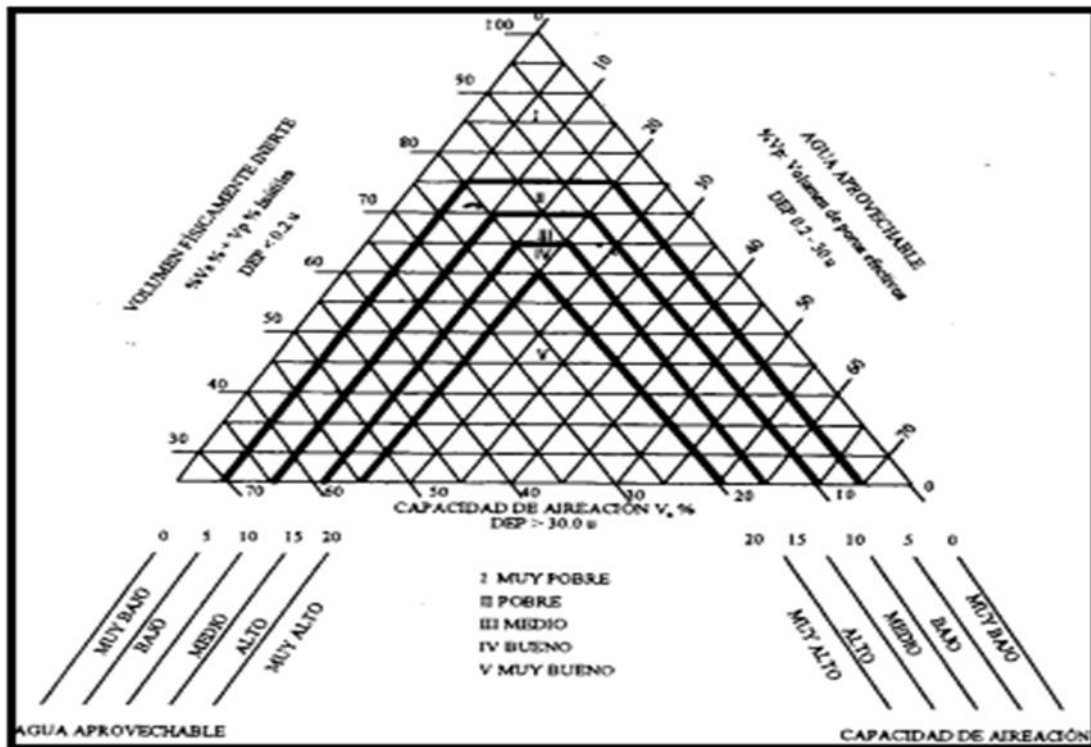




Anexo 2. Toma de muestra de suelos inalterados.



Anexo 3. Diagrama Triangular para la evaluación de las condiciones física del suelo.



Anexo 4. (Bloques 1-4).

Bloque 1

No. ORDEN	T. ACUMULAD (min)	I. ACUMULAD (cm)	V. INF. INST (cm/min)
1	5	10	1,62
2	10	17	1,40
3	15	24	1,29
4	20	30	1,21
5	25	36	1,16
6	30	43	1,11
7	35	48	1,08
8	40	54	1,05
9	45	59	1,02
10	50	66	1,00
11	55	71	0,98
12	60	79	0,96
13	70	86	0,93
14	80	95	0,90
15	90	104	0,88
16	100	113	0,86
17	110	121	0,84
18	120	129	0,83
19	135	139	0,81
20	150	147	0,79
21	165	156	0,77
22	180	165	0,76
23	200	184	0,74
24	220	194	0,73
25	240	208	0,72

Fuente: el autor.

Bloque 2.

No. ORDEN	T. ACUMULAD (min)	I. ACUMULAD (cm)	V. INF. INST (cm/min)
1	5	15	2,47
2	10	27	1,93
3	15	39	1,66
4	20	48	1,50
5	25	57	1,39
6	30	64	1,30
7	35	73	1,23
8	40	82	1,17
9	45	87	1,12
10	50	93	1,08
11	55	100	1,04
12	60	104	1,01
13	70	111	0,96
14	80	120	0,91
15	90	128	0,87
16	100	137	0,84
17	110	142	0,81
18	120	149	0,79
19	135	156	0,76
20	150	163	0,73
21	165	170	0,70
22	180	178	0,68
23	200	185	0,66
24	220	193	0,63
25	240	200	0,61

Fuente: el autor.

Bloque 3.

No. ORDEN	T. ACUMULAD (min)	I. ACUMULAD (cm)	V. INF. INST (cm/min)
1	5	3	0,69
2	10	7	0,66
3	15	10	0,64
4	20	13	0,63
5	25	17	0,62
6	30	20	0,62
7	35	23	0,61
8	40	28	0,61
9	45	31	0,60
10	50	33	0,60
11	55	37	0,59
12	60	40	0,59
13	70	46	0,58
14	80	52	0,58
15	90	57	0,57
16	100	63	0,57
17	110	69	0,57
18	120	74	0,56
19	135	81	0,56
20	150	88	0,56
21	165	95	0,55
22	180	104	0,55
23	200	109	0,55
24	220	117	0,54
25	240	124	0,54

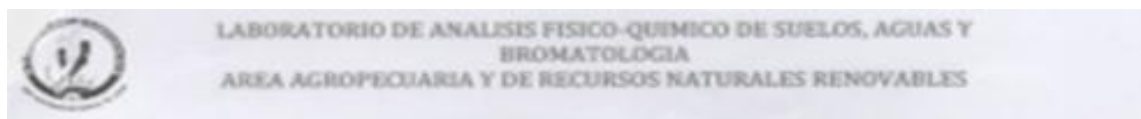
Fuente: el autor.

Bloque 4

No. ORDEN	T. ACUMULAD (min)	I. ACUMULAD (cm)	V. INF. INST (cm/min)
1	5	14	2,05
2	10	25	1,55
3	15	35	1,31
4	20	42	1,17
5	25	48	1,07
6	30	54	0,99
7	35	58	0,93
8	40	63	0,88
9	45	67	0,84
10	50	70	0,81
11	55	75	0,78
12	60	79	0,75
13	70	84	0,70
14	80	91	0,67
15	90	97	0,64
16	100	103	0,61
17	110	108	0,59
18	120	114	0,57
19	135	120	0,54
20	150	127	0,52
21	165	133	0,50
22	180	139	0,48
23	200	147	0,46
24	220	156	0,44
25	240	163	0,43

Fuente: el autor.

Anexo 5. Análisis de resultados en el Laboratorio de Suelos de la U.N.L.



Cód. Lab.	Cód. Campo	Análisis Mecánico % TFSA			Textura
		Ao	Lo	Ac	
2086	Testigo	46,4	33,0	20,6	Franco
2087	Tratamiento	77,6	14,8	7,6	Franco Arenoso

Cód. Lab.	Cod. Campo	% M.O	Interpretación
2086	Testigo	1,49	Bajo
2087	Tratamiento	9,5	Alto

LAB.	CAMPO / CILINDRO	% SATURACIÓN	% HUMEDAD A 1/10	% HUMEDAD A 1/3	PMP	DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)
10-21 V	T9B2M29	45,25	43,12	42,44	12,22	1,18
22 X	T8B2M28	37,84	36,26	35,55	14,04	1,27
17 C	T7B2M26	41,35	37,97	36,90	12,15	1,21
15 X	T10B2M31	39,86	37,54	36,42	11,54	1,25
1 V	T9B2M30	37,18	35,41	34,64	11,60	1,30
5-3V	T12B4M18	48,08	45,85	44,69	21,71	1,12
5-11	T7B2M25	40,35	38,38	37,36	13,14	1,27
11	T8B4M16	58,31	56,32	55,62	19,41	1,01
20	T7B3M1	44,32	42,99	42,15	16,18	1,20
15 V	T12B3M12	34,23	32,89	32,44	13,98	1,34
7. V	T7B4M14	55,69	53,43	51,93	19,53	1,06
5 X	T8B3M3	43,15	41,42	40,51	14,83	1,21
10	T7B3M2	44,49	42,49	41,74	15,82	1,20
6.	T8B2M27	38,68	36,71	35,69	12,15	1,27
24	T9B3M6	44,88	42,75	41,55	15,34	1,17
19	T9B4M20	47,13	45,50	44,22	18,08	1,17
13	T9B4 M19	49,38	48,24	47,10	17,44	1,14
1º 8 V	T9B3M5	41,35	40,03	39,54	13,66	1,22
16 V	T8B3M4	48,65	47,52	46,48	15,82	1,15
7	T12B4M17	47,50	46,36	46,01	17,51	1,14
	T11B3M9	39,71	37,96	37,32	12,50	1,25
13-J	T10B3M8	48,65	44,77	43,33	14,61	1,11
18-9	T10B3M7	45,24	43,09	42,66	14,59	1,17

21	T10B2M32	35,77	33,89	32,76	10,42	1,33
	T12B3M11	42,02	40,58	39,78	13,11	1,25
19V	T10B4M21	46,95	45,46	44,07	14,77	1,15
14	T11B4M23	56,79	55,18	54,04	20,00	1,05
10X	T8B4M15	51,15	49,82	48,93	19,10	1,13
/11V	T11B3M10	35,32	37,23	35,72	12,09	1,26
11V	T11B4M24	51,55	50,00	49,00	18,39	1,10
9^60	T7B4M13	61,43	59,84	57,85	19,66	1,01
20 Vertical	T10B4M22	58,40	55,21	53,76	16,37	1,04
° 17 8v	T11B1M39	56,42	53,66	52,05	14,74	1,05
15y	T11B2M33	48,94	46,82	45,14	12,76	1,13
23	T11B2M34	39,73	38,05	36,61	13,43	1,25
5.	T9B1M45	42,87	41,38	39,97	11,98	1,21
20v	T7B1M42	44,53	42,94	41,19	13,20	1,20
10vx	T8B1M44	40,02	38,42	37,62	10,45	1,25
23x	T12B2M36	37,05	35,59	34,82	12,00	1,30
16K	T12B1M37	42,66	41,34	39,85	12,89	1,21
13J	T11B1M40	57,87	54,43	52,17	14,21	1,02
24y	T8B1M43	34,49	32,01	30,65	12,44	1,33
16vx	T7B1M41	42,50	40,60	39,35	12,24	1,21
9-	T10B1M48	45,10	41,69	39,64	10,55	1,17
11x	T9 B1 M46	40,80	38,49	37,13	11,23	1,26
18v	T10B1M47	47,46	42,81	40,57	10,34	1,16
19v	T1	66,70	62,70	59,75	18,00	0,95
9vertical	T2	36,97	34,94	33,51	13,04	1,33
9	T12B1M38	35,46	34,11	33,06	10,99	1,33
3	T12B2M35	34,38	32,87	31,90	11,56	1,38





LABORATORIO DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS, AGUAS Y
BROMATOLOGÍA
ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Provincia:	Zamora Chinchipe	FECHA DE INGRESO:	12/07/2016
Cantón:	Zamora	FECHA DE EGRESO:	30/09/2016
Parroquia:	Zamora	RESPONSABLE:	Willian Alfonso Zambrano Jiménez
Sector:	La Victoria		

Convenio de Tesis "Evaluación de la incidencia del carbón vegetal, cal y nutrientes minerales sobre las condiciones físicas del suelo; en un área reforestada con pachaco y melina en Panguintza y Zamora "

1. RESULTADO DE ANÁLISIS

Cód. Lab.	Cód. Campo	Análisis Mecánico % TFSA			Textura
		Ao	Lo	Ac	
2086	Testigo	46.4	33.0	20.6	Franco
2087	Tratamiento	77.6	14.8	7.6	Franco - arenoso

Cód. Lab.	Cód. Campo	% M. O	Interpretación
2086	Testigo	1.49	Bajo
2087	Tratamiento	9.5	Alto

2. RESULTADO DE CONSTANTES HIDROFÍSICAS

Lab.	Campo/ cilindro	% SATURACIÓN	% HUMEDAD a 1/10	% HUMEDAD a 1/3	P.M.P. %	DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)
10-21 V	T9B2 M29	45,25	43,12	42,44	12,22	1,18
22 X	T8B2 M28	37,84	36,26	35,55	14,04	1,27
17 C	T7B2 M26	41,35	37,97	36,90	12,15	1,21
15 X	T10B3 M31	39,86	37,54	36,42	11,54	1,25
1 V	T9B2 M30	37,18	35,41	34,64	11,60	1,30
5-3V	T12B4 m18	48,08	45,85	44,69	21,71	1,12
5-11	T7B2 M25	40,35	38,38	37,36	13,14	1,27
11	T8B4 M16	58,31	56,32	55,62	19,41	1,01
20	T7B3 M1	44,32	42,99	42,15	16,18	1,20
15 V	T12B3 m12	34,23	32,89	32,44	13,98	1,34
7. V	T7B34 M14	55,69	53,43	51,93	19,53	1,06
5 X	T8B3 M3	43,15	41,42	40,51	14,86	1,21

METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES
Ph	= Suelo: agua (1:2.5)	Olsen Modificado
N,P	= Colorimetría	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn	= Absorción atómica	
Material Orgánica	= Walkley Black	A través del carbón Orgánico



LABORATORIO DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS, AGUAS Y
BROMATOLOGIA
AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

10	T7B3 M2	44,49	42,49	41,74	15,82	1,20
6.	T8B2 M27	38,68	36,71	35,69	12,15	1,27
24	T9B3 M6	44,88	42,75	41,55	15,34	1,17
19	T9B4M20	47,13	45,50	44,22	18,08	1,17
13	T9B4 M19	49,38	48,24	47,10	17,44	1,14
1° 8 V	T9B3 M5	41,35	40,03	39,54	13,66	1,22
16 V	T8B3 M4	48,65	47,52	46,48	15,82	1,15
7	T12B4 M17	47,50	46,36	46,01	17,51	1,14
	T11B3 M9	39,71	37,96	37,32	12,50	1,25
13-J	T19B3 M8	48,65	44,77	43,33	14,61	1,11
18-9	T9B3 M7	45,24	43,09	42,66	14,59	1,17
21	T10B2M32	35,77	33,89	32,76	10,42	1,33
	T12B3 M11	42,02	40,58	39,78	13,11	1,25
19V	T10B4 21	46,95	45,46	44,07	14,77	1,15
14	T11B4 M23	56,79	55,18	54,04	20,00	1,05
10X	T8B4 M15	51,15	49,82	48,93	19,10	1,13
/11V	T11B3 M10	35,32	37,23	35,72	12,09	1,26
11V	T11B34M24	51,55	50,00	49,00	18,39	1,10
9^60	T7B4M13	61,43	59,84	57,85	19,66	1,01
20 Verti	T10B4 M22	58,40	55,21	53,76	16,37	1,04
° 17 8v	T11B1 M39	56,42	53,66	52,05	14,74	1,05
15y	T11B2 M33	48,94	46,82	45,14	12,76	1,13
23	T11B2 M34	39,73	38,05	36,61	13,43	1,25
5.	T9 B1M45	42,87	41,38	39,97	11,98	1,21
20v	T7 B1 M42	44,53	42,94	41,19	13,20	1,20
10vx	T8B1 M44	40,02	38,42	37,62	10,45	1,25
23x	T12B2 M36	37,05	35,59	34,82	12,00	1,30
16K	T12B1 M37	42,66	41,34	39,85	12,89	1,21
13J	T11B1 M40	57,87	54,43	52,17	14,21	1,02
24y	T8 B1 M43	34,49	32,01	30,65	12,44	1,33
16vx	T7 B1 M41	42,50	40,60	39,35	12,24	1,21
9-	T10B1 M48	45,10	41,69	39,64	10,55	1,17
11x	T9 B1 M46	40,80	38,49	37,13	11,23	1,26
18v	T10B1 M47	47,46	42,81	40,57	10,34	1,16
19v	T1	66,70	62,70	59,75	18,00	0,95
9vertical	T2	36,97	34,94	33,51	13,04	1,33
9	T12B1 M38	35,46	34,11	33,06	10,99	1,33
3	T12 B2M35	34,38	32,78	31,90	11,56	1,38

Ing. Omar Ojeda Ochoa Mg
RESPONSABLE DEL LABORATORIO



METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES
Ph	= Suelo: agua (1:2.5)	Olsen Modificado
N,P	= Colorimetría	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn	= Absorción atómica	
Material Orgánica	= Walkley Black	A través del carbón Orgánico

INDICE

CERTIFICACIÓN.....	i
AUTORÍA.....	ii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
1 TÍTULO.....	1
2 RESUMEN.....	2
2.1 Summary.....	3
3 INTRODUCCIÓN.....	4
4 REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
4.1 Suelos Amazónicos.....	7
4.2 Suelos de la zona sur de la amazonia ecuatoriana.....	7
4.3 Los suelos del trópico húmedo formados a partir de granodiorita.....	8
4.4 Características de los suelos experimentales.....	8
4.5 Propiedades Física del Suelo.....	9
4.5.1 Densidad Real.....	9
4.5.2 Densidad Aparente.....	9
4.5.3 Porosidad total.....	11
4.5.4 Agua aprovechable.....	11
4.5.5 Capacidad de aireación.....	13
4.5.6 Volumen físicamente inerte.....	14

4.5.7 Saturación.....	15
4.5.8 Coeficiente higroscópico.....	15
4.5.9 Capacidad de Campo.....	15
4.5.10 Punto de Marchitez permanente.....	16
4.5.11 Consistencia.....	16
4.6 Evaluación de las condiciones física del suelo.....	16
4.7 Infiltración.....	17
4.7.1 Tasa de infiltración.....	18
4.7.2 Velocidad de infiltración.....	19
4.7.3 Infiltración básica.....	19
4.7.4 Factores que afectan la infiltración.....	20
4.8 Contenido de Agua en el suelo.....	22
4.9 Curva de retención del agua.....	22
4.9.1 Principio.....	23
4.9.2 Factores que determinan la forma de la curva de retención del agua del suelo. 25	
4.9.3 La retención de agua a la capacidad de campo.....	27
4.10 Materia orgánica.....	28
4.11 Gmelina Arbórea y su hábitat.....	29
4.12 Carbón vegetal.....	30
4.13 Método de Campo.....	31
4.13.1 Cubeta de succión.....	31

4.13.2	Cámaras de presión.....	32
4.13.3	Histéresis.	34
4.13.4	Infiltrómetro de doble anillo.	35
4.14	Agroforestería	36
4.15	Sistema silvopastoriles.....	36
4.16	Investigaciones realizadas	37
4.17	Marco Legal.	39
4.17.1	Constitución de la República del Ecuador.....	39
4.17.2	Acuerdo Ministerial 028.....	42
4.17.3	Código Orgánico Territorial Autonomía y Descentralización.....	42
5	MATERIALES Y METÓDOS.....	45
5.1	Características Generales.....	45
5.1.1	Ubicación política.....	45
5.1.2	Ubicación geográfica.	45
5.2	Clima y Ecología	46
5.2.1	Clima.....	46
5.2.2	Clasificación Ecológica.	46
5.3	Materiales	47
5.3.1	Materiales de campo.....	47
5.3.2	Materiales de Oficina.	47
5.3.3	Materiales de laboratorio.	47

5.3.4 Hipótesis.....	47
5.4 Métodos.....	48
5.4.1 Metodología para el primer objetivo.....	48
5.4.2 Prueba de infiltración en campo.....	52
5.4.3 Metodología del Segundo Objetivo.....	53
6 RESULTADOS.....	55
6.1 Resultado del objetivo 1.....	55
6.1.1 Determinación de la velocidad de la infiltración básica, bloque 1.....	55
6.1.2 Determinación de la velocidad de la infiltración básica, bloque 2.....	56
6.1.3 Determinación de la velocidad de la infiltración básica, bloque 3.....	58
6.1.4 Determinación de la velocidad de la infiltración básica, bloque 4.....	59
6.1.5 Determinación de la velocidad de infiltración básica promedio del ensayo del barrio la Victoria.....	60
6.1.6 Velocidad de infiltración básica inicial del ensayo del barrio la Victoria.....	62
6.2 Técnica de procesamiento y análisis de la hipótesis.....	63
6.2.1 Planteamiento de Hipótesis general.....	63
6.3 Objetivo 2.....	64
6.3.1 Procesamiento y análisis estadístico ANOVA.....	65
7 DISCUSIÓN.....	69
8 CONCLUSIONES.....	73
9 RECOMENDACIONES.....	74
10 BIBLIOGRAFÍA.....	75

11 ANEXOS.....	83
----------------	----

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. <i>Clasificación e interpretación de la velocidad de infiltración del suelo.....</i>	19
Cuadro 2. <i>Valores de succión: atmosfera / bares y cm de columna de agua; y su equivalencia a valores de pF.....</i>	24
Cuadro 3. <i>Factores y niveles del experimento.....</i>	49
Cuadro 4. <i>Tratamientos del experimento.....</i>	49
Cuadro 5. <i>Velocidad de infiltración básica en los bloques del sitio experimental la Victoria (BS-62), cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe. Agosto 2016.</i>	61
Cuadro 6. <i>Velocidad de Infiltración básica (Villamagua, 2014).....</i>	62
Cuadro 7. <i>Resumen ANOVA, evolución de la velocidad de infiltración.....</i>	63
Cuadro 8. <i>ANOVA, evolución de la velocidad de infiltración.....</i>	63
Cuadro 9. <i>Evaluación de las condiciones físicas, ensayo del barrio la Victoria.....</i>	65
Cuadro 10.- <i>Capacidad de aireación de los suelos tratados, con fertilización y carbón vegetal en las plantaciones de melina.....</i>	66
Cuadro 11. <i>Agua aprovechable de los suelos tratados, con fertilización y carbón vegetal en las plantaciones de melina.....</i>	67

Cuadro 12. *Volumen físicamente Inerte de los suelos tratados, con fertilización y carbón vegetal en las plantaciones de melina.....75*

Cuadro 13. *Análisis de varianza (SC tipo III) tratados, con fertilización y carbón vegetal en las plantaciones de melina VPFI.....68*

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama Triangular para la evaluación de las condiciones física del suelo..... 17

Figura 2. Curva de Retención del Agua..... 25

Figura 3. Diagrama Textural..... 27

Figura 4. Sistema de succión para los valores bajos..... 32

Figura 5. Esquema del equipo de succión para los valores medios y altos..... 33

Figura 6. Histéresis de la humedad del suelo..... 35

Figura 7. Esquema general del ensayo del experimental..... 51

Figura 8. Esquema específico de un bloque..... 52

Figura 9. Infiltración acumulada bloque 1.....55

Figura 10. Velocidad de infiltración bloque 1.....56

Figura 11. Infiltración acumulada bloque 2.....56

Figura 12. Velocidad de infiltración bloque 2.....57

Figura 13. Infiltración acumulada bloque 3.....58

Figura 14. Velocidad de infiltración bloque 3.....58

Figura 15. Infiltración acumulada bloque 4.....	59
Figura 16. Velocidad de infiltración bloque 4.....	60
Figura 17. Infiltración acumulada promedio, ensayo del barrio la Victoria.....	61
Figura 18. Velocidad de infiltración promedio, ensayo del barrio la Victoria.....	62
Figura 19. Promedio de la curva de retención del agua.....	64

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación Política del ensayo experimental.....	45
--	----

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Pruebas de infiltración en el campo.....	84
Anexo 2. Toma de muestra de suelos inalterados.....	86
Anexo 3. Evaluación de las condiciones físicas	87
Anexo 4. Análisis de los Bloques.....	88
Anexo 5. Resultados del Laboratorio de Suelos de la U.N.L.	95