

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Influencia de cuatro sistemas del uso
de la tierra (Teca, cítricos y café bajo
sombra manejado y en abandono), en la
sortividad en el IRD Selva Fundo la
Génova, Chanchamayo, Junín.**

Tesis para optar el Título de

INGENIERO FORESTAL

Ricardo Junior Reyes Pires

Lima – Perú

2014

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por el ex-alumno de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. **RICARDO JUNIOR REYES PIRES**, intitulado “**INFLUENCIA DE CUATRO SISTEMAS DEL USO DE LA TIERRA (TECA, CÍTRICOS Y CAFÉ BAJO SOMBRA MANEJADO Y EN ABANDONO), EN LA SORTIVIDAD EN EL IRD SELVA FUNDO LA GÉNOVA, CHANCHAMAYO, JUNÍN.**”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de

En consecuencia queda en condición de ser considerado APTO y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 11 de diciembre de 2013

Dr. Gilberto Domínguez Torrejón
Presidente

Ing. Juan Carlos Ocaña Canales
Miembro

Ing. Rosa María Hermoza Espezúa
Miembro

Dr. Carlos Alberto Llerena Pinto
Patrocinador

DEDICATORIA

A mis padres, Ricardo y Dalva, por brindarme su apoyo incondicional y desinteresado durante toda esta etapa y a lo largo de mi vida. Por enseñarme que para cada logro es necesario trabajar constantemente, aún cuando nos encontremos a un paso de tirar la toalla. Ya que en momentos como esos, nuestra fortaleza interna y el apoyo de nuestros seres queridos ayudarán a que logremos nuestras metas y podamos desarrollarnos como personas dispuestas a aceptar mayores desafíos.

A mis hermanos, Bruno y Rosangela, por mostrar un interés desinteresado durante cada una de las etapas por las que pasé en este proyecto. Cada uno, con su estilo particular, hacía que la carga sea más llevadera

A Angélica, por ser el complemento perfecto para esta aventura. Por cumplir múltiples roles aunque no te correspondía, desde mi asistente de campo pasando por asesora de tesis y hasta psicóloga. Gracias por ser esa barrera que no me dejaba salir del camino y volverse más resistente, aún cuando estaba más cerca de tí. Eres una gran protagonista en esta historia y en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Nunca me había pasado, sin embargo ahora entiendo lo difícil que escribir esta parte, ya que se te vienen tantos rostros, nombres, frases alentadoras, experiencias de gente a las que les debo un enorme gracias. Sin embargo trataré de que cada uno de los nombres mencionados represente y abarque a su vez un gran número de personas.

A mi patrocinador, el profesor Carlos Llerena, por ayudarme a llevar a cabo este proyecto. A mis jurados Rosa María, Juan Carlos, Gilberto por la buena disposición y agilidad en el trabajo. A mi tramitadora Blanca, al profesor Giorgio, al profesor Braulio la Torre, los técnicos del laboratorio de suelos, a la Ing. Edith y a todos los que asistieron a mi sustentación.

Finalmente a cada una de las personas que por tiempo no pudieron aparecer, esto es lo mejor que pude hacer. A cada uno de ustedes, que a pesar de no ser nombrados saben lo que significan para mí. Mil gracias por estar pendiente de como evolucionaba esta investigación.

RESUMEN

La presente investigación evaluó la infiltración inicial (conocida también como sortividad) en cuatro sistemas de uso de la tierra: teca (*Tectona grandis* L. f.), cítricos (*Citrus sinensis* & *Citrus reticulata*), cultivo de café (*Coffea arabica* L.) bajo sombra manejado y en abandono con la finalidad de conocer el grado de influencia relativa de la vegetación en la infiltración inicial. El estudio tuvo lugar en el IRD Selva, Fundo La Génova, en la provincia de Chanchamayo, departamento de Junín.

Se hizo una división previa dentro de cada sistema en base a la pendiente y textura del terreno, obteniéndose dos tipos dependientes: fuertemente inclinado y escarpado. Posteriormente se tomaron muestras de suelos en cada uno de los sistemas con la finalidad de conocer sus propiedades físicas y químicas, que son factores claves el interés central de estudio. Como la textura resultó ser igual en todos los sistemas, la pendiente fue la que finalmente determinó los estratos (fuertemente inclinado y escarpado). Para medir la sortividad, se empleó el método del anillo infiltrómetro individual que consiste en insertar un cilindro metálico en la superficie, llenarlo de agua e ir midiendo el nivel del agua cada cinco segundos durante los primeros dos minutos. Finalmente se procesaron los registros obtenidos mediante una gráfica de dispersión con la que se obtuvo una línea de tendencia cuya pendiente representa la infiltración inicial o sortividad. Dentro de cada estrato se hicieron tres mediciones como mínimo.

El mayor valor de sortividad se encontró en el sistema de cítricos con 0,4882 mm/seg0.5 seguido del sistema teca con 0,4864 mm/seg0.5, a continuación el sistema de café en estado de abandono con 0,4629 mm/seg0.5 y finalmente el sistema café manejado con 0,3871 mm/seg0.5.

Los valores obtenidos de sortividad serán un paso inicial para determinar el volumen de agua requerido por cada sistema y así elaborar un diseño de riego adecuado. Así mismo, nos dará una noción de la capacidad que tienen los diferentes sistemas para la captación de agua sobre todo en el periodo de lluvias donde hay mayor riesgo de erosión.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	V
ÍNDICE.....	VI
LISTA DE CUADROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 YUNGAS PERUANAS.....	4
2.2 AGUA EN EL SUELO.....	7
2.3 INFLUENCIA DE LA VEGETACIÓN EN EL CICLO HIDROLÓGICO.....	8
2.4 INFILTRACIÓN.....	9
2.4.1 DEFINICIÓN.....	9
2.4.2 PARÁMETROS.....	10
2.4.3 TIPOS DE INFILTRACIÓN.....	11
2.4.4 MÉTODOS PARA MEDIR LA INFILTRACIÓN BÁSICA.....	12
2.5 SORTIVIDAD.....	14
2.5.1 DEFINICIÓN.....	14
2.5.2 PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SORTIVIDAD.....	15
2.5.3 MÉTODOS PARA MEDIR LA SORTIVIDAD.....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 SORTIVIDAD O TASA DE INFILTRACIÓN INICIAL.....	21
3.1.1 MATERIALES.....	21
3.2 METODOLOGIA DE ESTUDIO.....	25
3.2.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	25
3.2.2 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE USO DE LA TIERRA.....	32
3.2.3 Toma de muestras para Suelos.....	43
3.2.4 medida de la sortividad (infiltración inicial).....	44
3.2.5 descripción del trabajo para la obtención y procesamiento de datos.....	45
3.2.6 medición de la sortividad y humedad inicial en el suelo.....	45
3.2.7 determinación de las características edáficas.....	46
3.2.8 análisis estadística de la información.....	52
4.1 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....	53
4.1.1 HUMEDAD TOTAL DEL SUELO.....	53
4.1.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO.....	54
4.2 SORTIVIDAD.....	56
4.2.1 diagrama de cajas DE SORTIVIDAD.....	64
4.2.2 Prueba T-Student.....	65
5. CONCLUSIONES.....	68
6. RECOMENDACIONES.....	70
ANEXO 1.....	76
CARTILLAS DE SORTIVIDAD Y GRÁFICAS DE DISPERSIÓN.....	76

SISTEMA DE CÍTRICOS 85
SISTEMA DE TECA..... 100
SISTEMA DE CAFÉ MANEJADO 111

Lista de cuadros

Página

CUADRO 1	SUPERFICIE POR CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LAS TIERRAS DE LA PROVINCIA DE CHANCHAMAYO.....	32
CUADRO 2	DATOS GENERALES DE LOS SISTEMAS ANALIZADOS.	33
CUADRO 3	COORDENADAS UTM DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DEL SISTEMA DE TECA.	36
CUADRO 4	COORDENADAS UTM DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DEL SISTEMA DE CAFÉ BAJO SOMBRA MANEJADO.....	38
CUADRO 5	COORDENADAS UTM DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DEL SISTEMA DE CAFÉ BAJO SOMBRA EN ABANDONO.....	40
CUADRO 6	COORDENADAS UTM DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DEL SISTEMA DE CÍTRICOS.	42
CUADRO 7	CLASIFICACIÓN EMPLEADA PARA LA ESTRATIFICACIÓN DE LOS CULTIVOS.	44
CUADRO 8	CÁLCULO PARA HALLAR TEXTURA.....	47
CUADRO 9	CLASIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE MO.	50
CUADRO 10	CLASIFICACIÓN DE PH EN EL SUELO.	51
CUADRO 11	HUMEDAD DEL SUELO POR MÉTODO DE BLOQUES DE YESO. CEA: CAFÉ BAJO SOMBRA EN ABANDONO, T. TECA, CM: CAFÉ BAJO SOMBRA MANEJADO, C:CÍTRICOS.	53
CUADRO 12	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO CAFÉ BAJO SOMBRA MANEJADO: CM; CAFÉ BAJO SOMBRA EN ESTADO DE ABANDONO: CEA; PLANTACIÓN DE TECA: T Y CULTIVO DE CÍTRICOS: C.	54
CUADRO 13	SORTIVIDAD DE CADA SISTEMA ANALIZADO EN EL FUNDO LA GÉNOVA. CEA: CAFÉ BAJO SOMBRA EN ABANDONO, T. TECA, C: CÍTRICOS; CM: CAFÉ BAJO SOMBRA MANEJADO.	56
CUADRO 14	ESTADÍSTICOS DEL ESTRATO FUERTEMENTE INCLINADO.....	65
CUADRO 15	PRUEBA T-STUDENT PARA LOS SISTEMAS: CÍTRICOS Y CAFÉ BAJO SOMBRA MANEJADO.	65
CUADRO 16	ESTADÍSTICOS DEL ESTRATO ESCARPADO.	66
CUADRO 17	PRUEBA T-STUDENT PARA LOS SISTEMAS: CAFÉ BAJO SOMBRA EN ESTADO DE ABANDONO Y TECA.	66

Lista de figuras

Página

FIGURA 1	MAPA DE YUNGAS EN EL PERÚ. FUENTE: CDC-UNALM & TNC 2006	6
FIGURA 2	GRÁFICA DEL PROCESO DE INFILTRACIÓN.	12
FIGURA 3	A: ESQUEMA GENERAL DEL SIMULADOR DE LLUVIA. B: SIMULADOR DE LLUVIA EN FUNCIONAMIENTO.....	13
FIGURA 4	A: VISTA FRONTAL DEL FUNCIONAMIENTO DEL DOBLE ANILLO. B: INSTALACIÓN DE DOBLE ANILLO EN CAMPO.....	14
FIGURA 5	CILINDRO INFILTRÓMETRO INDIVIDUAL.	19
FIGURA 6	PERMEÁMETRO DE GUELP.	20
FIGURA 7	MAPA DEL FUNDO LA GÉNOVA.	25
FIGURA 8	PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA ESTACIÓN SAN RAMÓN.....	27
FIGURA 9	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE LA ESTACIÓN SAN RAMÓN.....	27
FIGURA 10	UBICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE USO DE LA TIERRA EN LA GÉNOVA.	34
FIGURA 11	PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA SORTIVIDAD EN EL SISTEMA DE TECA DEL FUNDO GÉNOVA.	36
FIGURA 12	VISTA PANORÁMICA DE UN BLOQUE DEL SISTEMA DE TECA.	37
FIGURA 13	PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA SORTIVIDAD EN EL SISTEMA DE CAFÉ BAJO SOMBRA DEL FUNDO LA GÉNOVA.....	38
FIGURA 14	VISTA PANORÁMICA DEL SISTEMA DE CAFÉ MANEJADO.	39
FIGURA 15	PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA SORTIVIDAD EN EL SISTEMA DE CAFÉ EN ESTADO DE ABANDONO DEL FUNDO LA GÉNOVA. 40	
FIGURA 16	VISTA PANORÁMICA DEL SISTEMA DE CAFÉ EN ESTADO DE ABANDONO.	41
FIGURA 17	MEDICIONES DE SORTIVIDAD EN EL DEL SISTEMA DE CÍTRICOS DEL FUNDO GÉNOVA.	42
FIGURA 18	VISTA LATERAL DEL SISTEMA DE CÍTRICOS.	43
FIGURA 19	INSTALACIÓN DEL CILINDRO INFILTRÓMETRO EN CAMPO.	45
FIGURA 20	INSTALACIÓN DE LOS BLOQUES DE YESO.	46
FIGURA 21	MEDICIÓN CON HIDRÓMETRO.	47
FIGURA 22	TITULACIÓN DEL MÉTODO WALKLEY-BLACK.....	50
FIGURA 23	PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA MEDICIÓN DE PH.	51
FIGURA 24	HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE LOS CUATRO SISTEMAS. SISTEMAS DE: CAFÉ BAJO SOMBRA EN ESTADO DE ABANDONO (CEA), CAFÉ BAJO SOMBRA MANEJADO (CM), TECA (T) Y CÍTRICOS (C).	57
FIGURA 25	GRÁFICO DE DISPERSIÓN DE LOS CUATRO SISTEMAS ANALIZADOS. SISTEMA DE: CÍTRICOS (C), CAFÉ BAJO SOMBRA MANEJADO (CM), TECA (T) Y CAFÉ BAJO SOMBRA EN ESTADO DE ABANDONO (CEA).	58
FIGURA 26	GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE DATOS PARA ESTRATO FUERTEMENTE INCLINADO.	59
FIGURA 27	GRÁFICA DE DISPERSIÓN PARA EL ESTRATO ESCARPADO.	60
FIGURA 28	IZQUIERDA: LÁMINA INFILTRADA PROMEDIO POR CADA SISTEMA. DERECHA: SORTIVIDAD PROMEDIO PARA CADA SISTEMA.	60
FIGURA 29	DIAGRAMA DE CAJAS O BOXPLOT DE SORTIVIDAD DE LOS CUATROS SISTEMAS ANALIZADOS.	64

1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país se ha hecho cotidiano que año tras año, a través de los diferentes medios de comunicación, se difundan noticias sobre desastres naturales y los daños ocasionados por los mismos en las diferentes regiones del país. Es por eso que las instituciones gubernamentales relacionadas como el Instituto Nacional de Defensa Civil (2007, citado por el VIVIENDA, 2011) señale que eventos como deslizamientos, derrumbes o huaycos, generan la pérdida de numerosas hectáreas de cultivos, destrozan costosas obras de infraestructura y afectan importantes áreas urbanas, con impactos negativos de mayor magnitud en zonas vulnerables como laderas, quebradas, áreas inundables, entre otras.

Por otro lado, la Sociedad de Urbanistas del Perú (2011) señala que los desastres naturales ocurridos con mayor frecuencia son los huaycos e inundaciones, los cuales son ocasionados por las lluvias torrenciales del período húmedo entre enero y marzo; que dan origen a los “huaycos” en las cuencas de las vertientes del Pacífico y en las cuencas de la zona de la Sierra de la vertiente del Atlántico. Estos eventos son los que afectan más significativamente la vida económica del país, debido a la falta de defensas ribereñas, especialmente en las zonas urbanas.

Los llamados desastres naturales tienen impactos negativos a nivel económico, ambiental y social. Para el Perú, los impactos en el aspecto económico, según un estudio realizado durante el 2008 por el Ministerio de Economía y Finanzas (VIVIENDA, 2011) estimó que las pérdidas económicas hasta el año 2025 serían aproximadamente 4 veces el PBI de dicho año; es por ello que existe una inversión por parte del Estado para poder prevenir y contrarrestar estos desastres. Para tener una referencia, el gobierno de Junín en el año 2012 asignó S/. 1 320 000 nuevos soles; sin embargo, no es significativo en comparación con las pérdidas económicas ocasionadas, sumándole a esto los daños indirectos como los bienes y servicios que se dejarán de producir durante la fase de recuperación (Bambarén, 2002). A nivel social, Junín está considerado dentro de zonas de alto y muy alto riesgo involucrando a 908 853 habitantes y 258 071 viviendas según el Programa de Gestión Territorial (VIVIENDA, 2011). Prueba de ello son los registros elaborados por el INDECI (2012) en los cuales indica que durante el 2011 en la región Junín ocurrieron 203 emergencias, afectando a un total 28 965 personas y dañando a 5230 viviendas. Por último, a nivel ambiental ocasionan la pérdida parcial o total del suelo, es

por eso que el INDECI (2012) establece que durante el 2011 se reportaron, en Junín, pérdidas totales de 251 ha de cultivos y 333 ha de cultivos afectados; además de los efectos ya conocidos como son arrastre de sedimentos en cuerpos de agua y modificación de propiedades físico-químicas del agua entre otros.

En la parte norte del departamento de Junín se encuentra el valle de Chanchamayo muy conocido por sus atractivos turísticos y su actividad agrícola de gran importancia en la zona, tiene como productos característicos a los cítricos (principalmente naranja y mandarina) y el café. Sin embargo, a pesar de todas las bondades que presenta, año tras año es sometido a fuertes lluvias que ocasionan erosión y pérdidas de cultivos, sin olvidar que históricamente la provincia de Chanchamayo viene sufriendo una depredación de sus suelos por la expansión no planificada de la frontera agrícola, a lo que se le suma el manejo irracional de los recursos forestales que han producido una gran deforestación, deviniendo en un agotamiento sistemático y consecuente disminución de su aporte a la economía.

En consecuencia, luego de analizar la problemática del área de estudio se pensó que para minimizar el efecto negativo de las lluvias, se debería lograr una mayor captación de agua en el suelo ocasionando una disminución en la escorrentía superficial. Para evaluar este factor, la infiltración inicial o también conocida como sortividad, es un arámetro de gran utilidad ya que permite calcular la velocidad de infiltración y da un alcance de las propiedades físicas del suelo como la conductividad hidráulica, capacidad máxima de retención entre otros. De esto modo guarda relación con elementos de interés como la escorrentía, la cobertura vegetal, la evapotranspiración entre otros. Cabe mencionar que la sortividad es la capacidad que tiene un determinado suelo para absorber agua durante un proceso de humedecimiento mientras que la infiltración viene a ser el flujo de agua a través de la superficie del suelo.

A pesar de lo mencionado, hasta la fecha no se cuenta con una importante serie de estudios relacionados a este tema. Así mismo, se desconoce los efectos que tienen los cultivos característicos de la zona sobre la sortividad, sin dejar de mencionar a la única plantación forestal de Teca del lugar, teniendo en cuenta el potencial que implica ya que es una especie exótica y de alto valor comercial. Es por eso, que el presente trabajo de tesis busca conocer el grado de influencia relativa de cuatro sistemas de uso de la tierra (plantación de teca, cultivo de cítricos, cultivo de café bajo sombra manejado y cultivo de café bajo sombra en abandono) en

la infiltración inicial o sortividad. Para poder determinarla se empleará el “método del anillo infiltrómetro individual” (Moll, 2001) que consiste en realizar mediciones directas durante un periodo corto de tiempo en parcelas con diferentes tipos de vegetación.

Este método se aplicó en el IRD Selva – Fundo “Génova” y para complementariedad se llevó a cabo estudios del suelo y de la vegetación instalada en el sitio. Con todo esto, se obtuvo información cuantitativa relacionada a la sortividad de los cuatro sistemas de uso de la tierra presentes en el fundo y cuál de estos, teniendo en cuenta las condiciones de sitio (cobertura vegetal, propiedades edáficas, entre otros) y la estratificación que se hizo en base a la pendiente, presentó un mayor valor de sortividad. Esto servirá como referencia inicial para conocer la eficiencia de los sistemas, respecto a la captación de agua en el suelo durante el periodo de lluvias debido a que en este periodo, la zona de Chanchamayo aumenta su vulnerabilidad frente a los eventos extremos. Así mismo, será de gran utilidad para realizar estudios posteriores de mayor alcance sobre el tema como la determinación de la conductividad hidráulica necesaria para diseñar los sistemas de riego respectivos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 YUNGAS PERUANAS

A esta ecoregión también se le conoce con el nombre de Selva Alta o Ceja de Selva principalmente, es por eso que Brack (1976, citado por CDC-UNALM & TNC 2006) las ubica en todo el flanco oriental de los Andes, penetrando en el norte del Perú profundamente en ambos flancos del valle del Marañón, pasa a las vertientes occidentales de los Andes desde los 7°20' Latitud Sur hacia el norte en las cuencas de los ríos Jequetepeque, Zaña, La Leche, Piura y Chira. Esta abarca alrededor del 14% del territorio nacional, siendo la segunda ecoregión más extensa seguida de los Bosques Húmedos de la Amazonia Sur Occidental (CDC-UNALM & TNC 2006). Los niveles altitudinales según Brack (1976 citado por CDC-UNALM & TNC 2006) oscilan entre los 600 msnm – 800 msnm y 3500 msnm – 3800 msnm, con leves variaciones hacia el norte.

CDC-UNALM & TNC (2006) indican que las Yungas Peruanas se caracterizan por tener una vegetación densa y una estructura vertical organizada en múltiples estratos, que se desarrollan sobre terrenos que presentan fisiografía en extremo accidentada, debido a sus grandes pendientes, y clima particularmente húmedo (el récord nacional de precipitación pluvial ha sido registrado en esta ecoregión: 8 000 mm, en Quincemil, Cusco). Presenta suelos por lo general pobres y susceptibles a la erosión, posee una abundante diversidad biológica escasamente conocida, sin embargo algunas especies son muy populares como el árbol de la quina, el diablo fuerte, el gallito de las rocas y el oso de anteojos principalmente.

La orografía de esta ecoregión es sumamente compleja y escarpada, con incidencia de neblinas casi permanentes y alta humedad atmosférica facilitando la presencia de bromelias, orquídeas, helechos y otras plantas epífitas. Así mismo concentra valles estrechos y profundos cañones por donde discurren ríos que forman a menudo grandes caídas de agua.

Por otro lado la hidrografía, está constituida por la mayoría de las cuencas medias de los ríos principales y sus tributarios que van desde la Cordillera Andina y desembocan en la Amazonia;

estos son: Huallaga, Alto Mayo, Monzón, Pachitea, Pozuzo, Palcazu, Pichis, Tambo, Apurímac, Ene, Perené, Urubamba, Yavero, Alto Madre de Dios, Alto Manu, entre otros.

Presenta un clima variable, con predominancia de condiciones altamente húmedas a lo largo de toda la ecoregión. La ONERN (1976 citado por el CDC-UNALM & TNC 2006) señala que los promedios de temperatura anual tienden a ser menores en el sur que en el norte (más o menos a partir de 12° Latitud Sur) a causa de los friajes o surazos que son masas de aire provenientes del sureste del continente que hacen descender las temperaturas hasta valores cercanos a 10°C entre los meses de mayo a setiembre. Es por eso que las temperaturas anuales promedio en los pisos altitudinales superiores oscilan en el orden de 7 a 15°C mientras que en los pisos inferiores varían entre 15 y 19°C (Young & León 1999 citado por CDC-UNALM & TNC 2006).

La precipitación media anual fluctúa entre 1500 y 3000 mm, sin embargo en algunas zonas cuando se considera el agua de neblinas interceptada por la vegetación en los bosques nublados y bosques enanos estos valores pueden llegar a ser el doble.

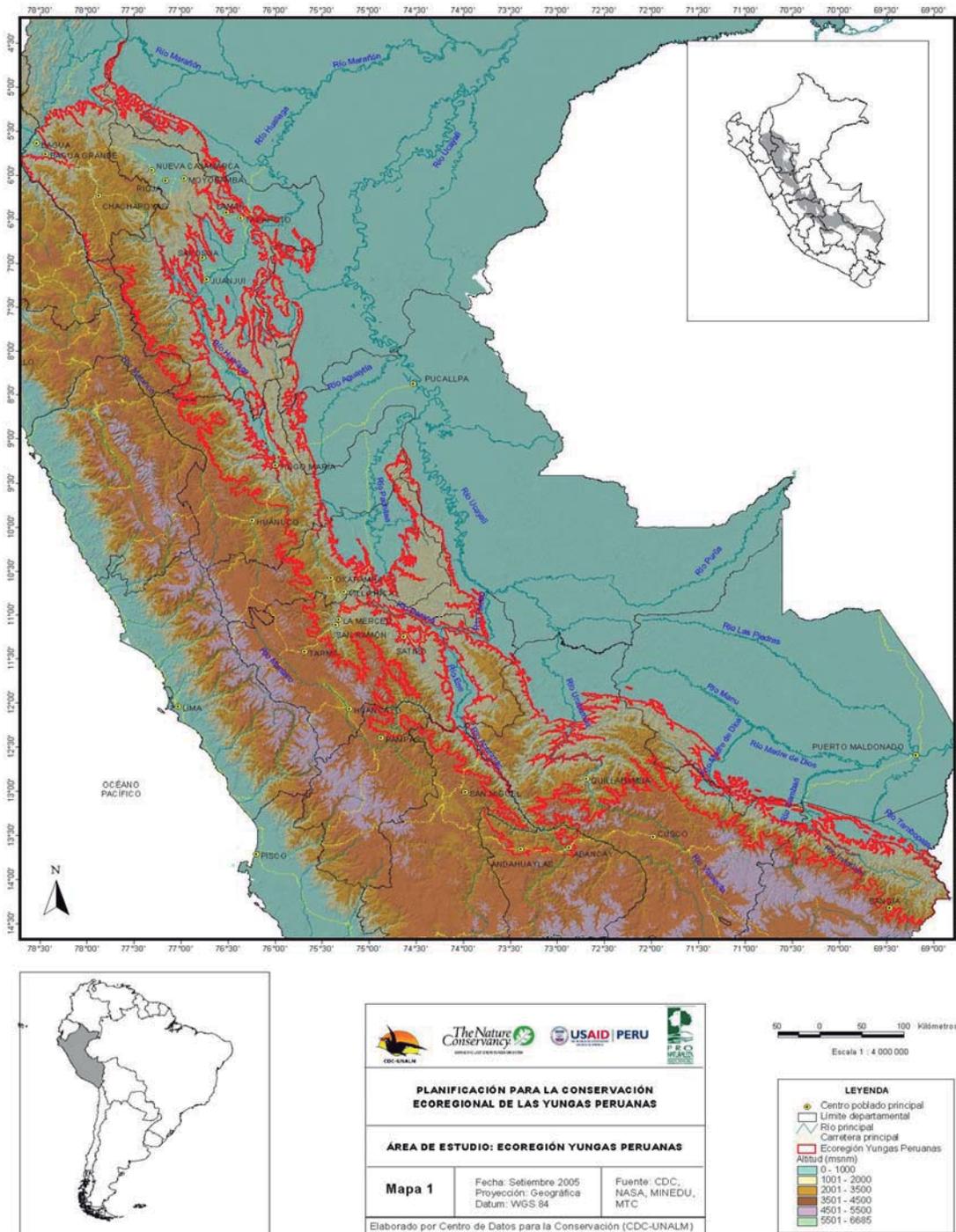


Figura 1 Mapa de Yungas en el Perú. Fuente: CDC-UNALM & TNC 2006

2.2 AGUA EN EL SUELO

El agua pasa por una serie de fases y procesos dentro del ambiente, a esto se le denomina el ciclo natural o movimiento del agua en la tierra. Es por eso que Prieto (2004) lo define como el orden de sucesión de los acontecimientos debidos al comportamiento del agua en la atmósfera, en la superficie del suelo y el subsuelo. Este movimiento del agua es influenciado por los suelos y la vegetación natural, ya que esta refleja todos los factores climáticos y edáficos.

El ingreso de agua al suelo dentro del ciclo del agua se da principalmente por la precipitación efectiva que es aquella que logra llegar al suelo directa o indirectamente siendo la que mayor interés genera.

Según Prieto (2004) la cantidad que llega al suelo se distribuye en:

- Agua que penetra al suelo.
- Agua de escorrentía o que escurre por sobre la superficie del suelo y llega directamente a los ríos, etc.
- Agua de estancamiento o que permanece en las capas superficiales del suelo.
- Agua que se fija en los tejidos vegetales que cubren la tierra.
- Agua que se evapora directamente de la superficie de la tierra o indirectamente por mediación de los vegetales (transpiración).

En base a toda la bibliografía consultada sobre el movimiento del agua en el suelo; se identificaron para diferentes instantes y bajo ciertas condiciones, diferentes procesos y cada uno asociado a diversos conceptos y términos, de ahí es donde vienen términos netamente teóricos como infiltración, percolación, conductividad hidráulica y sortividad mientras que por otro lado hay términos asociados a la obtención de datos en campo como la infiltración básica o acumulada, capacidad de infiltración, tasa de infiltración entre otros.

Todos los conceptos mencionados se complementan a la hora de explicar el movimiento del agua dentro del suelo ya que cada uno abarca aspectos puntuales.

Según los objetivos planteados, el siguiente trabajo se enfocó en la sortividad que se da en el inicio de la infiltración. Para tener mayor alcance se dará a conocer en los ítems 2.4 y 2.5 el proceso de infiltración y el parámetro de sortividad respectivamente.

2.3 INFLUENCIA DE LA VEGETACIÓN EN EL CICLO HIDROLÓGICO

La vegetación cumple un importante rol dentro del ciclo hidrológico ya que actúa como un canal entre la atmósfera y el suelo. La vegetación es responsable de la captación y fijación del agua en el suelo, por otro lado también se encarga de retornarla a la atmósfera en forma gaseosa mediante la evapotranspiración.

La FAO (1995, citado por Shaxson y Larber, 2005) dice que en cualquier tipo de suelo, cuanto mayor sea la profundidad de enraizamiento también será mayor la cantidad de agua disponible para el cultivo, teniendo mayor importancia para los cultivos anuales ya que tienen menos tiempo que las especies perennes para desarrollar raíces profundas y extensas. Es así que Prieto (2004) afirma que la profundidad a la que el agua se encuentra, está en relación con el desarrollo de las raíces. El agua que no asciende por las raíces, sigue un movimiento descendente hacia una capa de humedad estable, permanente y en definitiva hacia la capa o manto acuoso. Las raíces son un factor de gran importancia en el contenido de humedad del suelo. En un suelo húmedo se forman raíces muy ramificadas mientras que en suelos saturados no se desarrollan raíces, por otro lado en suelos secos se desarrollan las raíces principales con muy escasa ramificación. Así mismo, las plantas de sistema radicular más desarrollado encuentran más fácilmente el agua necesaria.

Además, León (2001) menciona también el efecto relacionado con el mejoramiento del proceso de infiltración gracias al crecimiento y desarrollo de las raíces a través del perfil del suelo

incrementando su porosidad y con ello la infiltración; asimismo la materia orgánica y el humus favorecen la porosidad y la capacidad de retención de agua de los terrenos.

En la mayoría de los suelos forestales la capacidad de infiltración supera la intensidad de las lluvias, lo que significa que la mayor parte del agua que llega al suelo bajo cobertura infiltra. Estas altas tasas de infiltración favorecen aguas de alta calidad provenientes de cuencas con cobertura forestal (Moll, 2001).

Por otra parte, se tienen registros de que las coberturas vegetales consistentes de varios estratos favorecen en mayor medida al proceso de infiltración del agua a diferencia de los monoestratificados (pastos o suelos desnudos) en donde la infiltración es menor según León (2001).

Asimismo, Suárez (1980, citado por León 2001) indica que una hora después de iniciado el proceso de infiltración, los bosques presentaron valores que fueron dos veces mayor en comparación con los pastos y 11 veces con respecto a suelos desnudos. Por consiguiente las pérdidas de suelo en un bosque fueron mucho menores (0.001 ton/ha/año) en comparación con los cultivos agrícolas como el café (1,4 ton/ha/año) y el algodón (36 ton/ha/año).

2.4 INFILTRACIÓN

2.4.1 DEFINICIÓN

La infiltración según Campos (1984) establece que es el flujo de agua a través de la superficie del suelo; de una forma más amplia se puede decir que la infiltración es el proceso por el cual el agua penetra en el suelo a través de su superficie y queda retenida en él o alcanza un manto acuífero incrementando el volumen de este, acumulado anteriormente. Aunque el movimiento del agua involucra dos o tres direcciones, el flujo dominante es en dirección vertical es por ello que se considera como flujo unidimensional (Junes, 1987). Además de esto Hillel (1982) dice que la infiltración del suelo y su variación con el tiempo dependen de la humedad inicial, la capacidad de succión, así como la textura, la estructura y la uniformidad del perfil. Por lo

general esta presenta un valor inicial alto y va disminuyendo durante las lluvias continuas, hacia una magnitud reducida y prácticamente constante.

Por otro lado, Forsythe (1985) menciona que el conocimiento de la infiltración permite evaluar la lluvia efectiva infiltrada y el escurrimiento causado por la misma, así como el tiempo de estancamiento de agua sobre la superficie del suelo. Además Maderey (2005) argumenta que del agua infiltrada se proveen casi todas las plantas terrestres y muchos animales, alimenta al agua subterránea y a la mayoría de las corrientes en el periodo de estiaje, reduce las inundaciones y la erosión del suelo.

Así mismo Forsythe (1985) señala que la importancia de la infiltración radica en su utilidad para escoger y diseñar los sistemas de riego adecuados en un determinado suelo. Por ejemplo, la longitud del recorrido del agua guarda relación con la pendiente y el flujo disponible en un sistema de aplicación por gravedad y la tasa máxima de la aplicación de agua permisible, esto puede no causar un escurrimiento durante un riego de aspersión.

Finalmente, los factores que influyen en el proceso de infiltración son: el tipo de suelo, contenido inicial de humedad, el contenido de materia orgánica, la cobertura superficial, el uso de la tierra entre otros. Estos son los mismos para el caso de sortividad, sobre los cuales se dará mayor alcance en el acápite 2.5.2.

2.4.2 PARÁMETROS

Molina (1975) afirma que **la velocidad o tasa de infiltración** es la rapidez con la que el agua se infiltra en el suelo. Esta varía durante el transcurso de una tormenta ya que en un comienzo, la velocidad será más grande e irá disminuyendo en el transcurso de la precipitación. Lo que ocurre es que al comienzo de la tormenta, el suelo seco absorbe inmediatamente toda el agua caída, sin embargo con el transcurrir del tiempo se irá llenando los intersticios ocasionando una disminución en su circulación, haciendo que al final adopte un valor constante. Entonces si la

intensidad de la precipitación es menor que la capacidad de infiltración, la velocidad de infiltración será suficiente para que no haya escorrentía y viceversa.

La **capacidad de infiltración** (expresada en mm/hora) según Molina (1975) es el volumen máximo de agua con la que el agua se introduce en el suelo en un momento determinado. Es de vital importancia para que se forme la escorrentía ya que a mayor capacidad de infiltración habrá menos rapidez para la formación de la escorrentía superficial y viceversa. Esta varía en el suelo de acuerdo al curso de una tormenta y presenta un máximo valor al comienzo de ella, luego va disminuyendo hasta hacerse una recta en un momento dado de acuerdo con la naturaleza de suelo y con la intensidad de la lluvia.

Un término también asociado a la infiltración es la **infiltración acumulada** por lo que Baringolli (2006) se refiere a la cantidad total de agua que se ha infiltrado en la unidad de superficie de un suelo a lo largo de determinado lapso de tiempo.

2.4.3 TIPOS DE INFILTRACIÓN

A la **infiltración básica** se le ha definido como aquella velocidad de infiltración que permanece más o menos constante en el tiempo. Para efecto de cálculo se dice que se ha llegado a la velocidad de infiltración si es igual o menor a una centésima de ella. Puede determinarse derivando la ecuación de velocidad de infiltración instantánea e igualando la derivada a una centésima de la misma. De esta forma se puede determinar a qué tiempo de iniciar la infiltración de un suelo, se ha alcanzado la infiltración básica.

Por otro lado, la **infiltración inicial** también conocida como **sortividad** se da al inicio del proceso de infiltración en general y se define como la capacidad que tiene un cuerpo poroso, en este caso el suelo, para poder absorber agua bajo un proceso de humedecimiento. Se dará mayor alcance con respecto a su definición y la metodología empleada para poder calcularla en el ítem 2.5.

Es así que para fines demostrativos, en la figura 2 se incorporan e identifican claramente los conceptos mencionados anteriormente. Estos resultados pertenecen a una prueba de infiltración en un suelo con vegetación de porte bajo realizada el 2011 en el rodal de tangarana de la facultad de Ciencias Forestales en la UNALM.

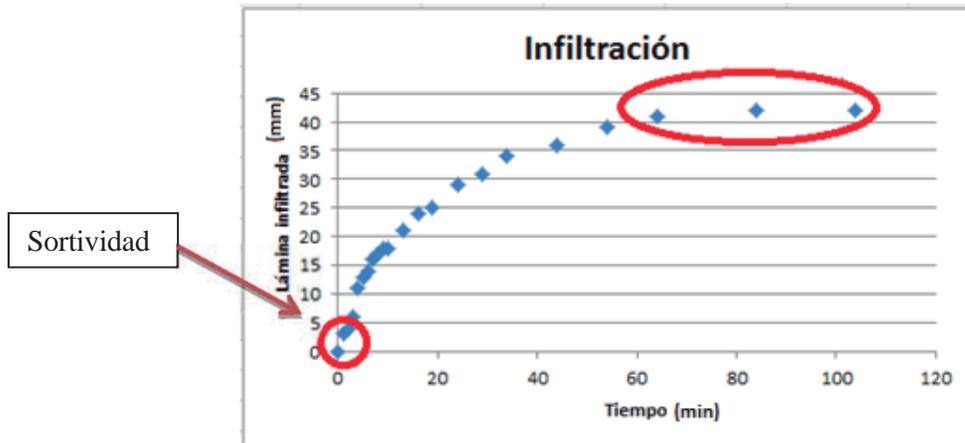


Figura 2 Gráfica del proceso de infiltración.

Fuente y elaboración: propia

2.4.4 MÉTODOS PARA MEDIR LA INFILTRACIÓN BÁSICA

Existen un sinnúmero de métodos que se utilizan para medir la infiltración en el campo, sin embargo la decisión del método a usar va a depender de las condiciones físicas del suelo y de la disponibilidad de equipo, materiales y servicios adecuados; según Gurovich (1985) todos los métodos para medir la infiltración en condiciones de campo se basan en aplicación de agua por aspersión e inundación y estancamiento de agua en la superficie. A continuación se muestra los dos métodos más usados:

- Los **simuladores de lluvia** buscan simular la distribución del tamaño de las gotas y la velocidad terminal de la lluvia natural y consiste en un equipo de aspersión que origina una lluvia artificial. Este método actúa de forma más semejante a la lluvia natural con respecto al

método por inundación y produce un impacto en la superficie del suelo que reduce la infiltración. Como en este caso no se puede medir directamente la cantidad de agua que penetra en el suelo, se calcula la infiltración como la diferencia entre el agua aplicada y la escorrentía directa medida. Aunque este método nos proporciona datos más aproximados tiene como limitantes el alto costo de adquisición del equipo y por otro lado la instalación es mucho más compleja pudiéndose no adecuar a las condiciones físicas de cualquier terreno (Moll, 2001).

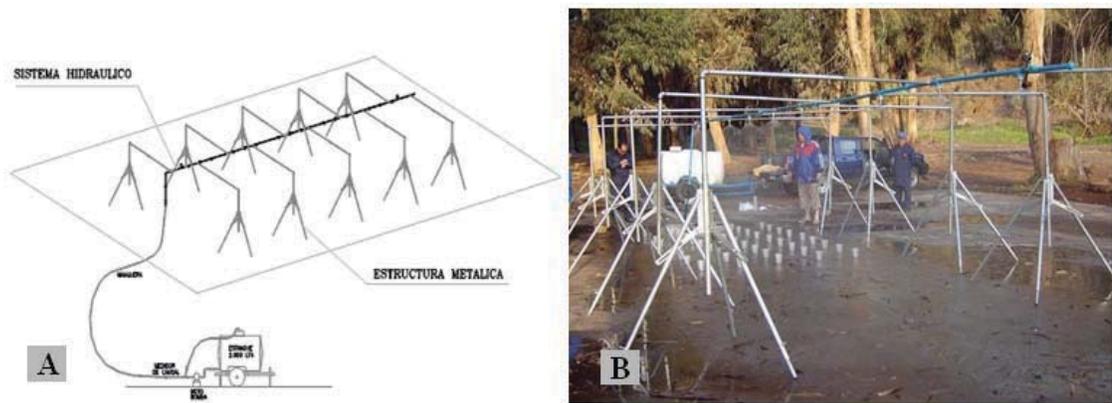


Figura 3 A: Esquema general del Simulador de Lluvia. B: Simulador de Lluvia en funcionamiento.

Fuente: CAZALAC (2007).

- El **método del doble anillo** (Valverde, 2007) es usado para realizar mediciones puntuales. El movimiento de agua desde el cilindro se produce en dirección descendente a causa de la aplicación de una lámina de agua que es medida a diferentes tiempos. Para su aplicación se emplean dos anillos concéntricos de 30 cm y 45 cm de diámetro y 45 cm de altura, el anillo exterior sirve para controlar el mojado del borde del suelo bajo estudio reduciendo los errores que puedan surgir si un borde de suelo seco provoca el flujo horizontal del agua que penetra en el suelo del cilindro interior.

El procedimiento consiste en introducir los anillos de manera concéntrica aproximadamente a 10 cm de profundidad. A continuación se llena de agua, primero el cilindro externo y después el interno hasta que el agua alcance el nivel de 10 cm en la regla graduada previamente

colocada (marcando en cero a nivel de la superficie) y finalmente se mide el nivel del agua cada 10 min hasta que se obtenga un nivel constante.

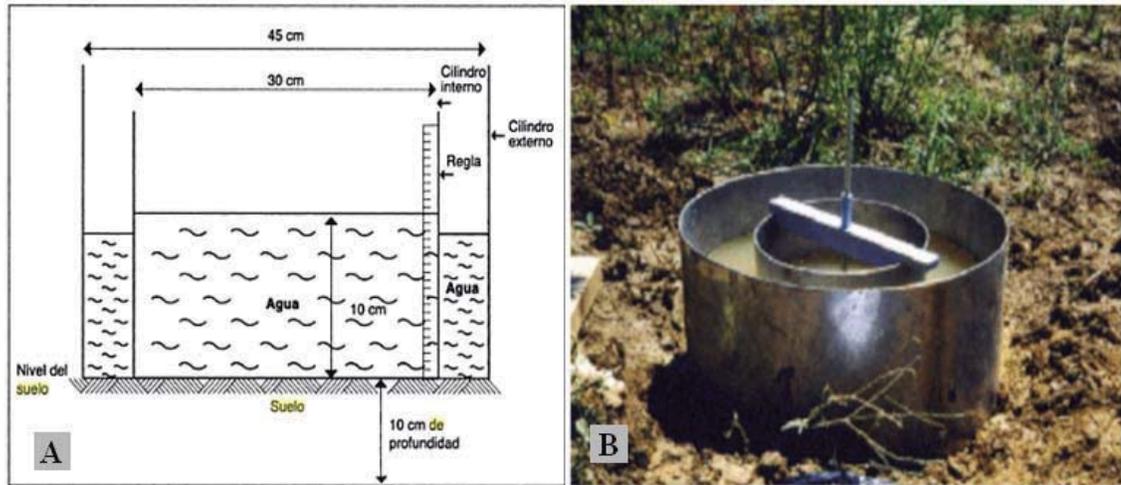


Figura 4 A: Vista frontal del funcionamiento del doble anillo. B: Instalación de doble anillo en campo.

Fuente: Velarde, 2007.

Este método presenta dos limitaciones importantes, la primera es que altera en cierto grado las condiciones naturales (destrucción de estructura o compactación) y la segunda, es el aire tapado que tiene no puede ser liberado creando un impedimento para el movimiento vertical del agua (Gurovich, 1985).

2.5 SORTIVIDAD

2.5.1 DEFINICIÓN

La sortividad según Carter y Steed (1992, citado por Oscuna y Padilla 1998) es una medida de la habilidad que tiene un determinado suelo para absorber el agua durante el proceso de humedecimiento. En aspectos generales, Gil (2002, citado por Gómez en 2011) indica que

cuanto mayor es la sortividad, mayor será el volumen de agua que puede ser absorbida y en forma más rápida (longitud/ tiempo $^{1/2}$). Por lo que también ha sido empleada para caracterizar el arreglo de las unidades estructurales en el suelo. En términos físicos significa la entrada de agua en el suelo principalmente por efecto del potencial mátrico que viene a ser la fuerza de atracción propia de las partículas del suelo (Arriaga et al, 1999) y sin influencia de la gravedad. Para complementar nos dice Ogden et al (1997, citados por Oscuna y Padilla 1998) que se puede considerar a la sortividad de cada suelo como una medición integral de las propiedades hidráulicas del mismo.

2.5.2 PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SORTIVIDAD

La sortividad depende de muchos factores, por lo que su estimación confiable es bastante difícil y es imposible obtener una relación única entre todos los parámetros que la condicionan. Sin embargo, en base a toda la bibliografía consultada se pudo determinar que los factores más importantes que afectan el proceso de infiltración son los siguientes:

- El **tipo de suelo (textura y estructura)**, Campos (1984) afirma que la textura del suelo se entiende como las proporciones relativas de los variados agregados del suelo mientras que la estructura se define como el acomodo o agrupación de las partículas primarias del suelo en agregado; ambos tienen notable influencia en el suelo. Así mismo la cantidad de limos y arcillas pueden rellenar sus poros profundos al ser estos materiales disgregados y arrastrados por el agua que se infiltra, mientras que la estructura definirá el tamaño y distribución de los poros. Es por eso que Gurovich (1985) encontró que los suelos de texturas finas tienden a partirse cuando se secan ya que al aplicarse agua, las partículas del suelo comienzan a aumentar de tamaño, sellando las partículas hasta disminuir considerablemente la velocidad de infiltración. Además, afirma que las partículas de limo y arcilla que se mantienen en suspensión afectan la calidad del agua de riego y producen un encostramiento en el suelo, haciendo que disminuya en forma notoria la infiltración del agua en el suelo. Esto puede ser beneficioso en suelos arenosos pero es muy perjudicial en los de texturas finas. Aplicando lo mencionado, Skaggs y Khaleel (1982, citado por Muñoz y Ritter 2005) designan que estos parámetros

influyen en la conductividad hidráulica saturada, esta a su vez condiciona en todas sus etapas el proceso de infiltración y por ende a mayor conductividad mayor la velocidad de infiltración.

- El **contenido inicial de humedad** en el suelo tiene un rol muy importante; es por eso que Campos (1984) nos dice que cuando el suelo está seco al inicio de una lluvia, se crea una fuerte capilaridad que al humedecer las capas superiores y sumándole el efecto de la gravedad hace que se incremente la velocidad de infiltración; después a medida que se humedece el suelo, este se hincha por hidratación ocasionando que las arcillas y coloides cierren las grietas reduciendo la infiltración.

- El **contenido de materia orgánica** mantiene la porosidad del suelo durante periodos largos, teniendo en cuenta que dependen del estado de descomposición en que esta se encuentre. De ese modo la velocidad de infiltración puede aumentar mediante la siembra vegetación o utilizando prácticas que aumenten el contenido de materia orgánica en el suelo (Gurovich, 1985). Es por eso que Seguel et al (2003 citado por Landini et al 2007) encontró para suelos de textura gruesa tratados con enmiendas orgánicas (bioabono y estiércol bovino) presentan un incremento significativo de la infiltración respecto de los mismos suelos sin tratar. Además Lado et al (2004, citado por Landini et al 2007) hallaron que para suelos de textura franco arenosa, los cuales tenían un bajo contenido de materia orgánica, menor al 2,3%, presentaban una ruptura de los agregados, apareciendo capas sellantes, con una consecuente disminución de la tasa de infiltración básica. Es por eso que a mayor contenido de materia orgánica mayor será la infiltración en general.

- La **cobertura vegetal y costra superficial** afectan el proceso de infiltración, es por eso que Gurovich (1985) señala que la formación de una capa fina y compacta sobre la superficie del suelo, reduce rápidamente la penetración de agua a través de la superficie. Además afirma que las partículas de limo y arcilla que se mantienen en suspensión afectan la calidad del agua de riego y producen un encostramiento en el suelo disminuyendo en forma notoria la infiltración.

Esto puede ser beneficioso en suelos arenosos pero es muy perjudicial en suelos de texturas finas. Por otro lado Campos (1984) afirma que las condiciones de la superficie y arrastre de los materiales finos, por las gotas de lluvia, evitan o retardan la entrada del agua al terreno disminuyendo la infiltración. Así, un suelo con excelente drenaje, puede presentar una capacidad de infiltración baja debido al sellado de su superficie y estratos superiores. Por el contrario, cuando el suelo está cubierto por vegetación, esta lo protege del impacto de la lluvia frenando el recorrido del agua sobre la superficie estando más tiempo expuesta a infiltrarse. Además, las raíces de las plantas al penetrar en el suelo abren grietas que mejoran la incorporación y entrada del agua; es por eso que las raíces y la densidad de cobertura vegetal de la especie cultivada tiene importantes efectos en la infiltración.

- Con respecto al **uso de la tierra**, Campos (1984) resalta la influencia del uso del terreno sobre la infiltración, en especial, el manejo de los suelos y las prácticas de conservación. Además Gurovich (1985) indica que la velocidad de infiltración puede ser aumentada a través de araduras, rastrajes u otros procedimientos, sin embargo el efecto beneficioso en la porosidad del suelo dura solamente hasta que el terreno vuelve a su condición anterior de densidad, como consecuencia de riegos o lluvias subsecuentes. Es necesario mencionar que la pendiente del terreno influye en el tiempo de permanencia del escurrimiento sobre la superficie y en el espesor de la lámina del flujo sobre el terreno (Campos, 1984). Por último Taboada y Micucci (2002, citado por Landini et al 2007) afirman que los suelos sometidos a pisoteo animal presentan menor aireación e infiltración.

- Las **características del agua** como la turbidez del agua afecta el proceso de infiltración. Campos (1984) indica que los materiales finos en suspensión que contiene el agua afecta en forma directa a la infiltración, pues tales materiales bloquean los poros. Por otro lado, el contenido de sales favorece la formación de flóculos con los coloides del suelo, reduciéndose por colmatación su permeabilidad y por tanto, su velocidad de infiltración. Otra característica es la temperatura del agua que afecta su viscosidad y por ello se han obtenido para el mismo suelo, una velocidad de infiltración menor en invierno que en verano.

- Finalmente Campos (1984) señala que si la **intensidad de la lluvia** presenta valores superiores a la capacidad de infiltración potencial provocan exceso de lluvia en la superficie, entendiéndose por encharcamiento o escorrentía; pero no afectan a la infiltración real. La tasa de

infiltración real será igual a la intensidad de lluvia si esta última es inferior a la infiltración potencial.

2.5.3 MÉTODOS PARA MEDIR LA SORTIVIDAD

A continuación se explicarán dos métodos, el primero es de aplicación directa y el segundo es un método de aplicación indirecta frecuentemente mencionado en estudios relacionados previamente revisados.

- El **método del anillo infiltrómetro individual** (Moll, 2001) en el cual se emplea un tubo o cilindro metálico con la finalidad de aislar una determinada sección de suelo. Este cilindro presenta dimensiones de 11cm de diámetro y 22cm de altura incluyendo un centímetro de bisel en un extremo para mayor facilidad a la hora de introducirlo en el suelo.

El método consiste en insertar el anillo individual en el suelo con ayuda de un martillo y una tabla, luego se llena de agua y a continuación se va registrando el descenso de agua cada cinco segundos durante dos minutos. Es un método práctico y de fácil aplicación ya que se puede hacer un mayor número de mediciones en comparación de otros métodos con la finalidad de obtener una muestra más grande, no toma mucho tiempo, no necesita gran cantidad de agua y es fácil de transportar, factores de vital importancia para el trabajo en campo sobre todo en zonas de difícil acceso.

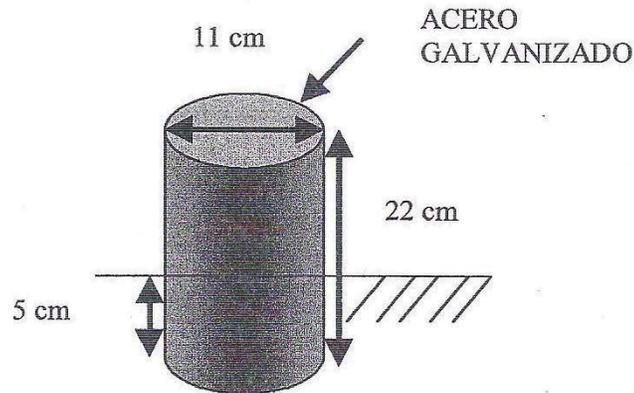


Figura 5 Cilindro Infiltrómetro Individual.

Fuente: Moll, 2001

Una vez realizada la medición, se obtendrá los niveles de agua cada cinco segundos. Con esto se procederá a elaborar una gráfica de dispersión de datos cuya pendiente de la línea de tendencia será el valor de sortividad. Hasta la fecha no se cuenta con rangos de clasificación sobre este parámetro sin embargo se tiene como referencia que los valores entre 0,45 y 0,55 (mm/seg^{0.5}) son los óptimos para este parámetro (Alegre, 2013).

- El **permeámetro de Guelp** es un instrumento fácil de usar para una medida exacta in-situ de la conductividad hidráulica; además puede evaluarse la adsorción del suelo y el potencial de flujo matricial en todos los tipos de suelo. El equipo puede ser transportado, montado, operado fácilmente por una persona. Las medidas pueden hacerse entre ½ a 2 horas, según el tipo de suelo. Las medidas pueden hacerse en la horquilla de 15cm a 75cm bajo la superficie del suelo.

Una vez que se tienen los resultados de conductividad hidráulica de acuerdo al modelo matemático que se esté empleando es necesario realizar una serie de procesamiento de datos con los software adecuados para poder encontrar el valor de la sortividad. En otras palabras podría decirse que no es un método directo para calcular el valor de sortividad sin embargo es de gran aceptación para calcular el valor de sortividad.

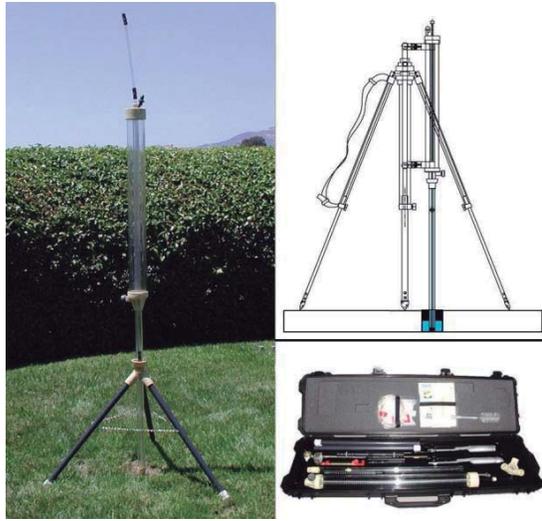


Figura 6 Permeámetro de Guelp.

Fuente: Alemmar s/f

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 SORTIVIDAD O TASA DE INFILTRACIÓN INICIAL

Teniendo en cuenta que la infiltración es el ingreso de agua a la superficie del suelo, va a depender entonces de otros factores del suelo, tanto físicos como químicos y sobre todo el tipo de cobertura vegetal que pueda tener el sistema de uso de la tierra.

En el Perú, no se han encontrado estudios similares sin embargo la UNESCO (1977, citada por Moll, 2001) nos dice que la estructura del suelo bajo el bosque es generalmente buena y mantiene un buen nivel de infiltración. Solamente, cuando la vegetación es degradada surgen problemas debido a la exposición del suelo a altas temperaturas y lluvias intensas.

3.1.1 MATERIALES

Los materiales e instrumentos empleados fueron:

PARA EL MARCADO DE CADA PUNTO EN EL TERRENO

- Clinómetro
- Cinta métrica
- GPS
- Estacas
- Cinta fosforescente
- Libreta y lápiz para anotar resultados

PARA LA MEDIDA DE SORTIVIDAD

- Cilindro metálico
- Cronómetro
- Cinta adhesiva
- Bolsa plástica
- Regla de 30 cm
- Lápiz y cartillas de registro
- Martillo
- Tabla de madera para instalar el cilindro
- Botellas de agua (2 litros)
- Cartilla y lápiz para anotar resultados

HUMEDAD DEL SUELO IN SITU

- Bloques de yeso
- Medidor de Resistencia Eléctrica modelo KS-1
- Batería de 9v
- Libreta y lápiz para anotar resultados

PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE SUELOS

- Bolsas impermeables ziploc
- Pala recta
- Cuchillo

- Balde
- Etiquetas y marcadores

PARA EL ANÁLISIS DE SUELOS EN EL LABORATORIO

TEXTURA

- Densímetro de Bouyoucos
- Probeta graduada
- Varilla
- Batidora
- Termómetro
- Libreta y lápiz para anotar resultados
- Agente dispersante (37.5g de hexametáfosfato de sodio $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{40}$ y 7.94g carbonato de sodio Na_2CO_3)

HUMEDAD TOTAL

- Estufa
- Balanza de precisión
- Cápsula de porcelana
- Libreta y lápiz para anotar resultados

DENSIDAD APARENTE

- Estufa
- Balanza de precisión
- Embudo

- Papel filtro
- Cilindro metálico
- Libreta y lápiz para anotar resultados

CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

- Vaso de 250ml
- Bureta
- Pipeta
- Agua destilada
- Libreta y lápiz para anotar resultados
- Reactivos:
- Dicromato de potasio N (0,167 M)
- Sulfato ferroso 0.5 N (0,5 M)
- Difenil amina sulfúrica
- Ácido sulfúrico Q.P 96%, d = 1,84 g/cc

POTENCIAL DE HIDROGEANIÓN (pH)

- Agua destilada
- Varilla de agitación
- Vaso de 50ml
- Potenciómetro Consort C860
- Solución Ácida de pH 4,0

- Solución Neutra de pH 7,0

3.2 METODOLOGIA DE ESTUDIO

3.2.1 ÁREA DE ESTUDIO

A) UBICACIÓN

El área de estudio, fundo La “Génova” de la Universidad Nacional Agraria la Molina, se encuentra ubicada en el departamento de Junín, provincia de Chanchamayo, distrito de San Ramón, entre las coordenadas geográficas 11° 5′ latitud sur y 75° 20′ longitud oeste y las cotas de 900 msnm y 1500 msnm. Sus coordenadas UTM son: Zona 18L, 459,500 – 463,500 Oeste y 8 777,500 – 8 774 500 Norte (Antón y Reynel, 2004). Abarca un área de 577 ha, con 344 ha con aptitud para cultivos y 233 ha para protección, que abarca desde el río Chanchamayo hasta las colinas altas localizadas tras de la casa hacienda.

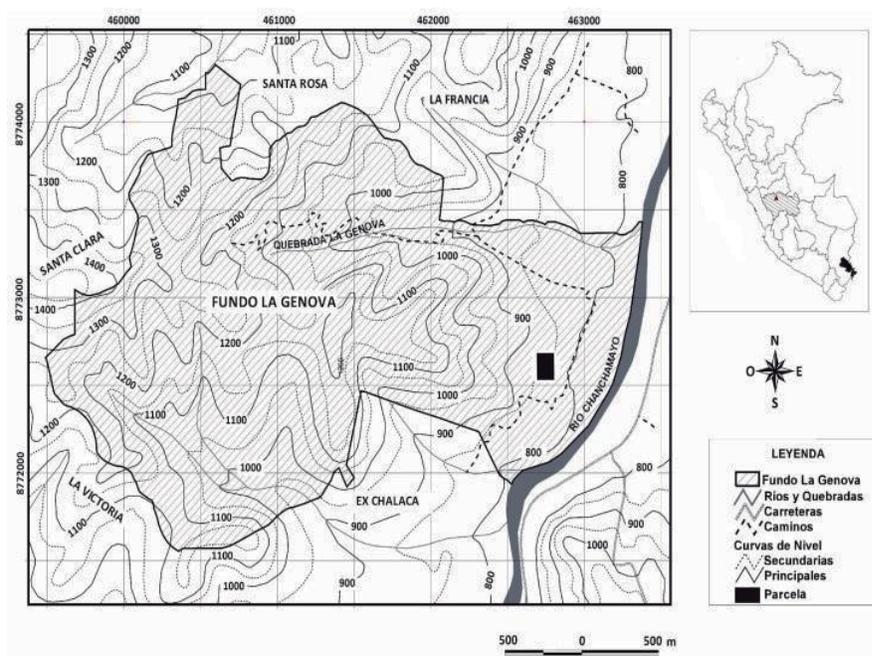


Figura 7 Mapa del fundo La Génova.

Fuente: Anton y Reynel, 2004.

B) ACCESIBILIDAD

Se puede llegar por vía terrestre desde Lima, siguiendo la Carretera Central, hasta la Oroya; luego se toma el desvío hacia Tarma y se sigue hasta San Ramón (310 Km).

C) CLIMA

El clima que presenta la zona de estudio es característico de la vertiente oriental de los andes peruanos, a esta también se le conoce como ceja de selva. La principal característica de estos es que las condiciones climáticas son bastantes irregulares, con presencia continua de altas nubosidades y precipitaciones mucho mayores al resto de la cuenca. Además toda esta región de topografía muy quebrada se encuentra cubierta por una densa vegetación con suelos permanentemente húmedos, saturados por las continuas precipitaciones y densas neblinas.

Para poder describir a la precipitación, esta fue analizada durante un periodo de 10 años desde 1968 hasta 1978. Como se muestra en la gráfica a continuación, presenta dos periodos bien marcados. El primero va desde octubre hasta abril en donde se presentan los valores más altos, sobre todo en las lluvias que ocurren entre enero y abril ya que estas son consideradas como las lluvias más importantes debido a que originan desbordes e inundaciones en algunos tramos de las áreas aledañas a los ríos (INDECI, 2007). En el segundo periodo, o época de estiaje, se nota una notable disminución por parte de la precipitación entre los meses de mayo y setiembre. Finalmente la compañía Asesores y Consultores Mineros (s/f) señala que la precipitación media anual es de 1921mm.

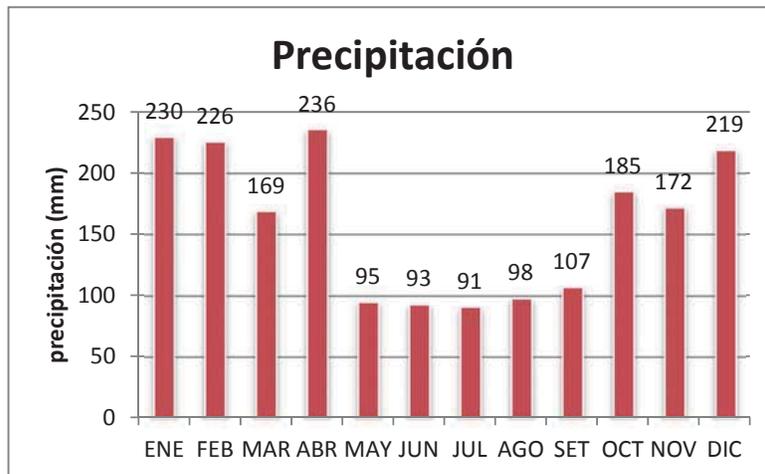


Figura 8 Precipitación media mensual de la Estación San Ramón.

Fuente: SENHAMI.

Por otro lado, la temperatura fue analizada también en un periodo de 10 años entre 1968 y 1978; cuyos valores oscilan entre valores máximos de 33,8°C que se dan en setiembre y noviembre; y valores mínimos de 11,9°C en el mes de julio. En líneas generales, presenta un promedio anual máximo de 32,6°C y mínimo de 15°C; con esto se calcula que la media anual es de 22,7°C.

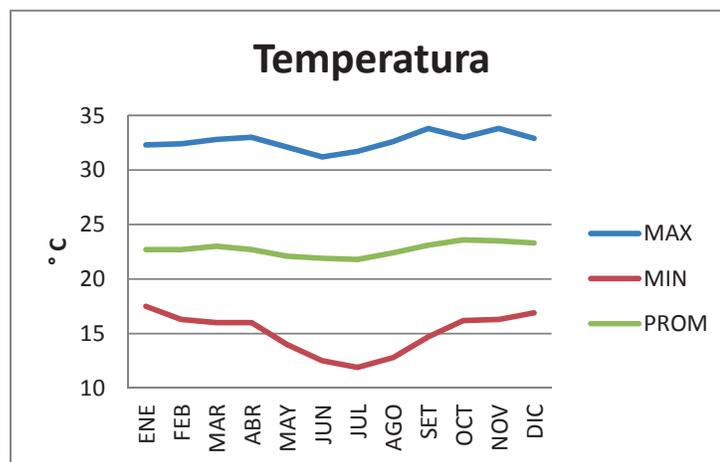


Figura 9 Temperatura media mensual de la Estación San Ramón.

Fuente: INRENA

D) ECOLOGÍA

De acuerdo al sistema Holdridge, la Génova presenta dos zonas de vida: bosque húmedo - Premontano Tropical (bh – PT) y bosque muy húmedo - Premontano Tropical (bmh – PT). De acuerdo a la clasificación de Brack (1986 citado por Antón y Reynel 2004) se ubica en la formación de Selva Alta o Ceja de Montaña con altitudes que oscilan entre los 1800 msnm y 2000 msnm. Tovar et al (2010) denomina la zona como ecorregión Yungas. Por otro lado Alba (2009) señala que los bosques de la cuenca del río Chanchamayo en donde se encuentra la Génova, cumplen servicios ecosistémicos muy importantes que benefician a la población.

E) FISIOGRAFÍA

El fundo la Génova presenta las características propias de lo que tradicionalmente se conoce como Yungas peruanas, bosques montanos de la vertiente oriental de los Andes del Perú (Tovar et al 2010) o Amazonia andina. Posee un paisaje forestal montañoso de topografía compleja con pendientes fuertemente marcadas en las zonas de San Ramón y La Merced que varían entre 60 % y 100 %; estas abarcan alrededor del 80% de la superficie total. Es por eso que una buena proporción del área es considerada como bosques de protección, aunque varias de estas zonas han sido fuertemente intervenidas con fines agropecuarios y otros (Alba 2009).

Particularmente el Fundo la Génova como señala Silva (2005 citado por Carbonel 2009) muestra un paisaje conformado por montañas. En las partes bajas se observa una pequeña planicie adyacente al río Chanchamayo, en la cual se cultivan principalmente cítricos (naranjas y mandarinas) además de algunos frutales como papaya, plátano, etc. En las partes medias y altas del terreno se observa algunas zonas bastante escarpadas, motivo por el cual no ha sido intervenido por el hombre.

F) HIDROGRAFÍA

Se conoce que el sistema hidrográfico para el Valle de Chanchamayo se origina en Tarma a 50km de San Ramón. En un inicio el Río Palca, cuyo caudal es angosto además de torrentoso, se junta con el Río Oxabamba, que tiene un mayor caudal, 10km antes de llegar a San Ramón y forman el Río Chanchamayo; el cual posee un caudal amplio típico en un río de Selva. Este se une al río Paucartambo y dan origen al río Perené, principal colector que atraviesa el área de estudio de oeste a este. Prosigue su cauce hacia Satipo para unirse con ríos de mayor caudal e importancia como el Tambo que junto al Urubamba formando el Ucayali. Para terminar, se conoce que estos ríos son muy torrentosos y de cauces estrechos haciendo difícil su utilización para el transporte fluvial (Silva, 2005).

G) SUELOS

Dance (1982, citado por Silva, 2005) hizo un estudio de los suelos presentes en la zona y los clasificó de acuerdo a su origen y su posición fisiográfica en tres tipos: Suelos aluviales recientes en terrazas altas, Suelos coluvio – aluviales locales y Suelos residuales en ladera y cima de los cerros.

Suelos aluviales recientes en terrazas altas

Estos suelos han sido formados a partir de sedimentos aluviales de una antigüedad media, por lo general ocupan una posición de terrazas altas a lo largo del río Perené. Son pardos francos, de fertilidad moderada, generalmente se hallan bajo cultivos o cubiertos por purmas.

Suelos coluvio-aluviales locales

Están formados generalmente a partir de materiales gruesos o medios que se acumulan debido a la gravedad causada por las fuertes pendientes de la zona, o acarreadas desde lugares cercanos por acción del agua de escorrentía. Se encuentran distribuidos principalmente a lo largo de las

quebradas estrechas. Presentan una coloración pardo - rojiza aunque también pueden ser oscuros. Son de textura media a gruesa y con un pH que van desde extremadamente ácida hasta neutro. Generalmente la mayoría de estas tierras se encuentran bajo cultivo permanente debido a las aptitudes del suelo.

Suelos residuales en ladera y cima de los cerros

Son aquellos que tuvieron una formación in situ, la mayor parte de la superficie se encuentra cubierta por vegetación natural. Presentan una topografía quebrada, textura pesada, ácidos, de baja fertilidad y productividad. Además por encontrarse en zona de pendiente, los suelos están sometidos a un equilibrio entre la velocidad de formulación y la velocidad de erosión laminar, de modo que la profundidad del suelo se mantiene constante a través del tiempo.

H) VEGETACIÓN

Con respecto a la vegetación, Antón y Reynel (2004) indican que dentro del Fundo la Génova existen bosques naturales, estos presentan principalmente tres estratos bien definidos que son el nivel emergente del dosel, el estrato arbóreo intermedio y el estrato arbustivo o sotobosque.

Por otro lado hay una presencia relativamente baja de Orquídeas, Bromelias y Aráceas; además existe una gran proliferación de árboles estranguladores del género *Ficus* mientras que los helechos arbóreos están ausentes y hay predominancia de especies esciófitas características del bosque maduro. Es necesario mencionar que existe gran cantidad de familias arbóreas, principalmente las Lauraceae, Fabaceae, Moraceae, Cecropiaceae, Rubiaceae, Clusiaceae, Ulmaceae entre otras. En cuanto a palmeras, se observa frecuentemente las especies *Socratea exorrhiza* y *Phytelephas macrocarpa* (Antón y Reynel, 2004).

Para complementar dicha información, Malleux (1982) sostiene que existen 3 tipos de bosques para el Valle de Chanchamayo: los Bosques de colinas clase III, los Bosques de protección clase I y los Bosques de protección clase II. Además el fundo cuenta con cultivos agrícolas de cítricos y café principalmente además de una plantación de teca.

I) ACTIVIDAD ECONÓMICA

Cano (2003) señala que la economía de la provincia de Chanchamayo tiene las mismas connotaciones que la del departamento de Junín al cual pertenece, es decir que se basa fundamentalmente en la actividad primaria que comprende la agricultura, caza y silvicultura, seguida de la terciaria (comercio y servicios) y con poca significancia la actividad secundaria que abarca pequeños procesos de transformación.

Sin embargo Cano (2003) considera que el sector agrícola y en menor escala la forestación son los que mayormente contribuyen a la formación de los volúmenes y valores de producción de la Provincia, siendo los que absorben la mayor cantidad de la PEA. En tal sentido, la actividad agrícola constituye uno de los principales centros de abastecimientos de frutas (en su mayoría cítricos y café) a las ciudades de Lima, Huancayo y Tarma constituyendo el 40% de la producción de la Selva Central (Antón y Reynel, 2004).

J) CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LAS TIERRAS

Silva (2005) señala que el potencial mayoritario de uso del suelo en el Valle de Chanchamayo es forestal, sin embargo la cubierta original de bosques nativos fue deforestada a gran escala retirando finalmente una superficie mayor al 80%. Actualmente los bosques que han quedado se encuentran localizados en zonas de difícil acceso permitiendo que se conserven. Por ello, Cano (2003) indica que actualmente la mayoría de la superficie son tierras de protección como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1 Superficie por Capacidad de Uso Mayor de las Tierras de la Provincia de Chanchamayo.

Capacidad de Uso Mayor de los Suelos			
Clase	Capacidad de Uso	Hectáreas	%
A	Tierras aptas para cultivos en limpio	1,320	2,82
C	Tierras aptas para cultivos permanentes	33,867	7,17
P	Tierras aptas para pastoreo	8,691	1,84
F	Tierras aptas para producción forestal	158,990	33,66
X	Tierras de protección	257,472	54,51

Fuente: Plan director, La Merced 2016.

En el caso del Fundo la Génova se caracteriza por tener las zonas bajas destinadas a los cultivos permanentes mientras las zonas altas son exclusivamente de aptitud forestal.

3.2.2 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE USO DE LA TIERRA

A continuación se muestra una breve descripción de los cuatro sistemas de usos de la tierra que fueron estudiados. Estos sistemas fueron escogidos por la representatividad que implica, no sólo a nivel de IRD sino también a nivel de provincia, ya que estos sistemas se han venido trabajando en la zona tal como se mencionó anteriormente. Así mismo estos sistemas han sido hasta la fecha, objeto de diferentes investigaciones por lo que el presente trabajo complementaría y aportaría los datos que se tienen sobre estos sistemas. A continuación se muestra información de los sistemas estudiados.

Cuadro 2 Datos generales de los sistemas analizados.

N°	Sistema	Altitud promedio (msnm)	Superficie (ha)	Pendiente	Abreviatura usada en el trabajo	Puntos de medición	Estrato (FAO)
1	Cítricos	863	25	14%	C	15	Fuertemente inclinado
3	Café bajo sombra manejado	896	1,25	10%	CM	8	
4	Café bajo sombra en estado de abandono	1183	1	32%-42%	CEA	9	Escarpado
2	Teca	836	5,8	42% -50%	T	9	

Fuente: Elaboración propia

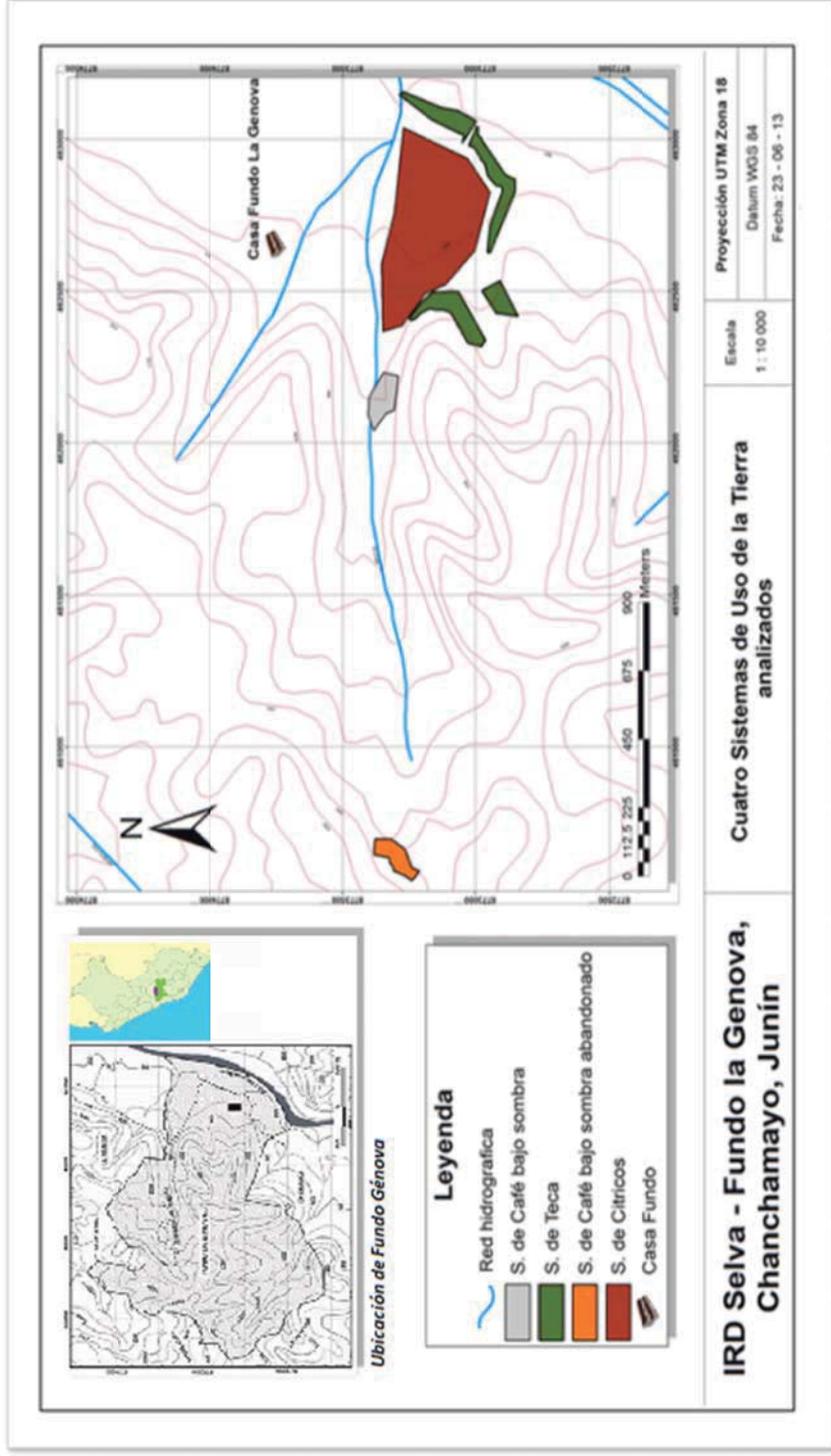


Figura 10 Ubicación de los sistemas de uso de la tierra en la Génova.

Fuente: colaboración de Ocaña J.C. Elaboración: propia

A) *SISTEMA DE TECA (TECTONA GRANDIS, VERBENACEAE)*

La plantación de teca se instaló hace aproximadamente 28 años con fines de investigación y producción, abarca 5.8 ha distribuidos en cuatro macizos de más de 1 ha aproximadamente. Se encuentra ubicada en las laderas próximas a las plantaciones de cítricos, comprendido desde el río Chanchamayo hasta las colinas altas localizadas atrás de la casa hacienda del fundo, donde existen campos de cultivo de naranja en las zonas bajas y bosques de protección en las partes altas (Llave 2008, citado por Zúñiga, 2012). Posee pronunciadas pendientes que oscilan entre 42% y 50%. Han sido plantadas a un distanciamiento de 2 m x 2.5m y solo han recibido un raleo selectivo y sistemático en el 2007 con una intensidad de 50% de los individuos inicialmente establecidos, incluyendo a los árboles muertos como parte de la población inicial.

Las copas de los árboles forman un dosel cerrado generando un microclima con menores tasas de evapotranspiración. El suelo, que presenta poca pedregosidad, se encuentra cubierto por una gruesa capa de hojarasca proveniente de la caída de las hojas de las tecas (oscila entre 25 y 35cm de longitud), esta capa tiene aproximadamente 20cm de espesor. Según el muestreo realizado a 50 árboles por Zuñiga (2012) señala que el diámetro a la altura del pecho y la altura promedio fue de 26,4cm y 14,1m respectivamente.

Este sistema produce por hectárea 5,34 t de hojarasca en total (Carbonel, 2009). Sin embargo esto contradice a lo señalado por Reddy (2002, citado por Carbonel, 2009) quien afirma que la acumulación de residuos en plantaciones de especies de hoja ancha como la teca no es común, ya que la vegetación del sotobosque se ve suprimida haciendo que las hojas sufran un proceso de descomposición acelerado. Esta contradicción puede deberse a que al tratarse de una plantación, esta se encuentra en condiciones diferentes (climáticas, edáficas, flora, microfauna, entre otras) a las de un bosque natural ocasionando una lenta descomposición de la hojarasca

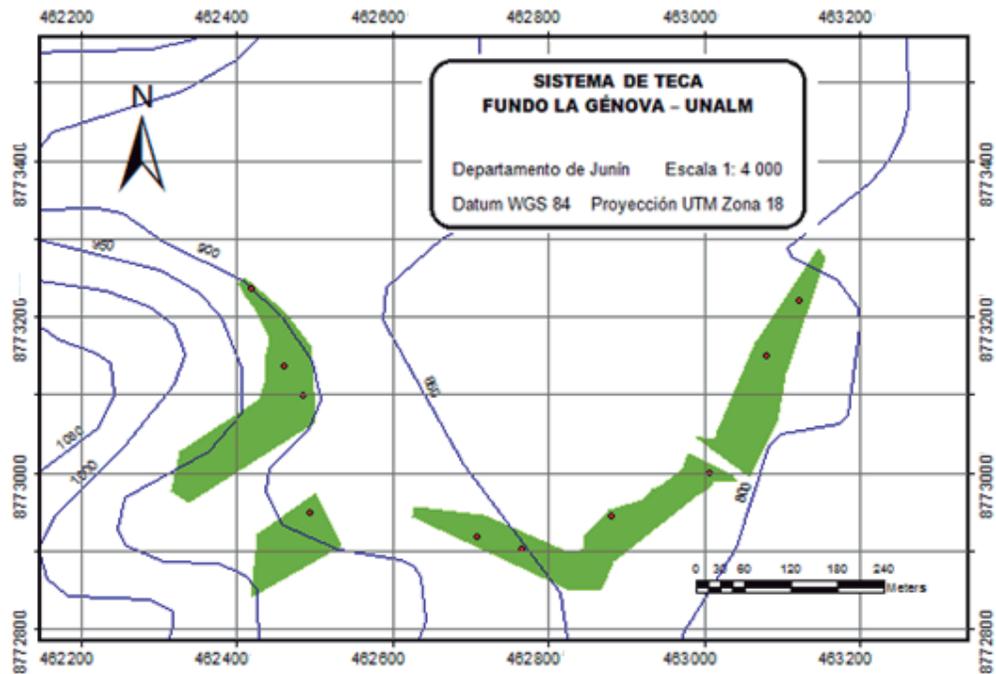


Figura 11 Puntos de medición de la sortividad en el sistema de teca del fundo Génova.

Fuente: colaboración de Ocaña J.C. Elaboración: propia.

Cuadro 3 Coordenadas UTM de los puntos de medición del sistema de teca.

Número	X	Y
1	462418	8773237
2	462460	8773138
3	462485	8773101
4	462494	8772949
5	462707	8772918
6	462767	8772902
7	462877	8772946
8	463005	8773001
9	463079	8773151

Fuente: Elaboración propia

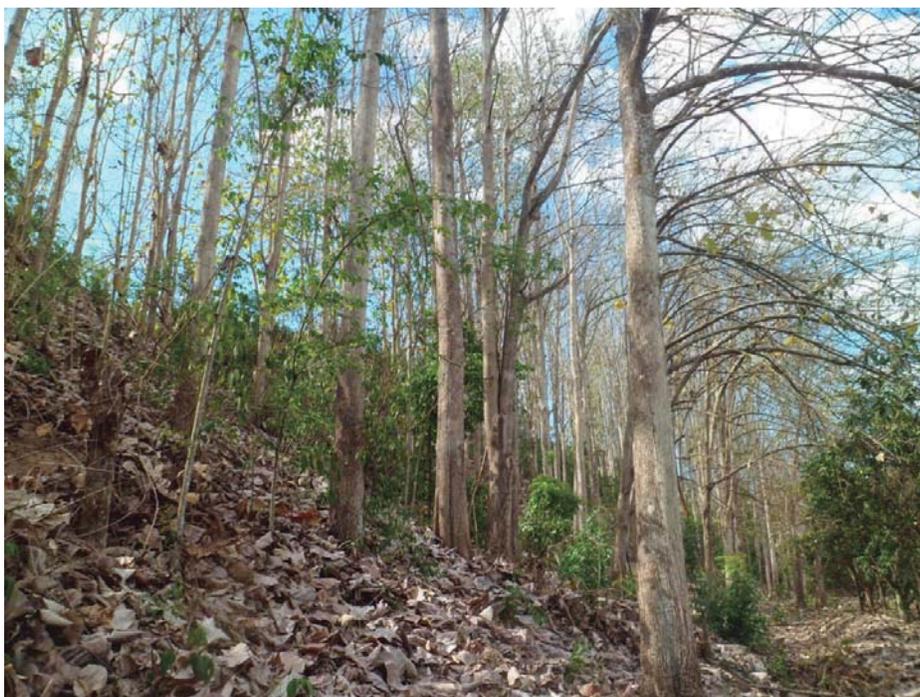


Figura 12 Vista panorámica de un bloque del sistema de teca.

Fuente: Elaboración propia.

B) SISTEMA DE CAFÉ BAJO SOMBRA MANEJADO (*COFFEA ARABICA*, RUBIACEAE)

Este sistema tiene una extensión alrededor de 1,25 ha cuyo manejo comenzó como experimento a inicios del mes de octubre del 2006 y finalizó en diciembre del 2008, desde esa fecha no ha vuelto a ser manejado. Los árboles de café guaba (*Inga* sp.) fueron instalados a un distanciamiento de 1,5m x 2m y 10m x 10m respectivamente. Se encuentra ubicada al costado de la carretera que lleva a la casona del fundo, aproximadamente 10m más arriba del sistema de guaba. Este sistema fue parte de una investigación en que Julca (2009, citado por Zuñiga, 2012) buscaba investigar la influencia de diferentes fertilizantes naturales (guano de isla, roca fosfórica, sulfato de potasio, kieserita y ulexita) con la finalidad de mejorar los niveles de productividad y calidad del café en el marco de una agricultura orgánica.

Los árboles de *inga* dentro de este sistema no cierran el dosel debido al distanciamiento como si ocurre en el caso de la teca. Por otro lado el terreno tiene una pendiente de 10% y los suelos observados son oscuros con poca pedregosidad.

Con respecto a la producción de hojarasca Carbonel (2009) señala que el sistema de café ha producido una cantidad muy pequeña de hojarasca (0,07 t/ha) lo que puede deberse a que es una especie perennifolia ocasionando que no se aprecie hojarasca en el suelo.

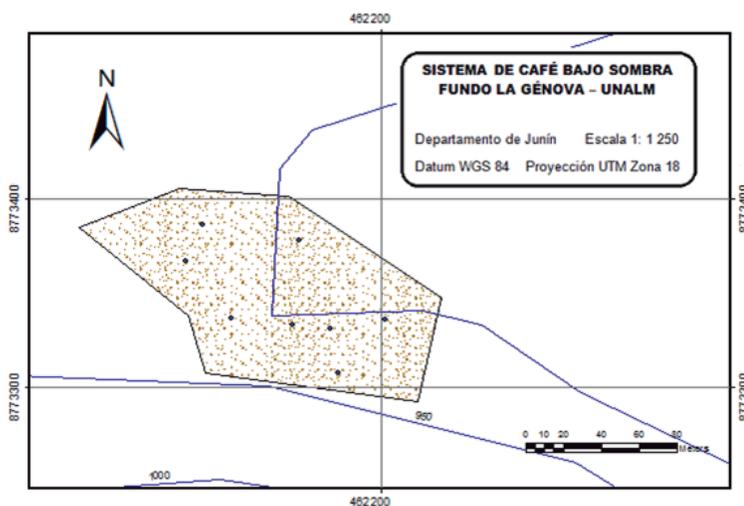


Figura 13 Puntos de medición de la sortividad en el sistema de café bajo sombra del fundo la Génova.

Fuente y elaboración: propia.

Cuadro 4 Coordenadas UTM de los puntos de medición del sistema de café bajo sombra manejado

PUNTO	X	Y
1	46180	8773340
2	461785	8773262
3	462023	8773310
4	461885	8773142
5	462014	8773131
6	462091	8773123
7	462205	8773146
8	462110	8773032

Fuente: Elaboración propia



Figura 14 Vista panorámica del sistema de café manejado.

Fuente: Elaboración propia.

C) SISTEMA DE CAFÉ BAJO SOMBRA EN ABANDONO (COFFEA ARABICA, RUBIACEAE)

Este sistema no cuenta con registro de instalación. Tiene una superficie de aproximadamente 1 ha y se encuentra ubicado a ambos lados en un punto de sendero, camino al “Ojé” (punto referencial dentro de la red de caminos del fundo) a unos 20 minutos de la casa del fundo. El terreno cuenta con pendientes pronunciadas que oscilan entre 35% y 42%. Además presenta

individuos de café con una altura promedio de 2.5m sin diseño aparente de plantación, puede ser que haya tenido un diseño inicial sin embargo debido al crecimiento de la regeneración natural y a la falta de manejo por parte del cultivo no se aprecia diseño alguno. También presenta especies de bosques secundarios e individuos de Pacae (*Inga sp.*) con la finalidad de brindarle sombra, distanciados entre 7m y 10m igualmente sin diseño aparente.

En cuanto a los suelos, estos presentaban una capa de hojarasca de 6cm de espesor y con mayor pedregosidad que los otros sistemas encontrándose piedras de 4cm de diámetros y en algunos casos piedras que van desde los 6cm hasta los 9cm.

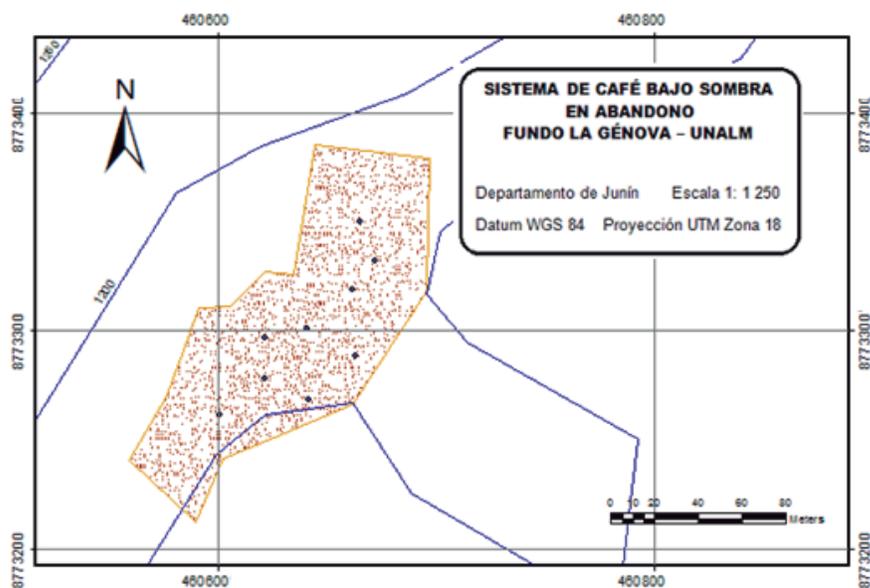


Figura 15 Puntos de medición de la sortividad en el sistema de café en estado de abandono del Fundo la Génova.

Fuente y elaboración: propia.

Cuadro 5 Coordenadas UTM de los puntos de medición del sistema de café bajo sombra en abandono.

Número	X	Y
1	460600	8773261
2	460641	8773269
3	460620	8773278
4	460620	8773297
5	460640	8773301
6	460662	8773289
7	460660	8773319
8	460671	8773332
9	460665	8773350

Fuente : Elaboración propia



Figura 16 Vista Panorámica del sistema de café en estado de abandono.

Fuente: Elaboración propia.

**D) SISTEMA DE CITRICOS (*CITRUS SINENSIS* & *CITRUS RETICULATA*,
RUTACEAE)**

Este sistema está conformado por dos cultivos: naranjas (*Citrus sinensis*) y mandarinas (*Citrus reticulata*). Ambos abarcan una superficie alrededor de 25 hectáreas, ubicados en la parte baja del fundo, que colinda con las plantaciones de teca y el sistema de café bajo sombra, ambos considerados dentro del estudio. Los individuos del sistema en cuestión fueron instalados hace 15 años con un distanciamiento de 10m x 10m, teniendo una altura y diámetro promedio 4 m y 15cm respectivamente.

El terreno tiene una pendiente de 14% y en ciertas partes los suelos que se observaron presentaron piedras cuyos diámetros oscilan entre 8 y 12cm. Además no se observó una capa de hojarasca claramente definida debido a que es un cultivo perennifolio y no cuenta con abundante hojarasca como es el caso de otros sistemas como la teca. A esto se le suma las labores culturales y de mantenimiento que se realizan periódicamente a este sistema.

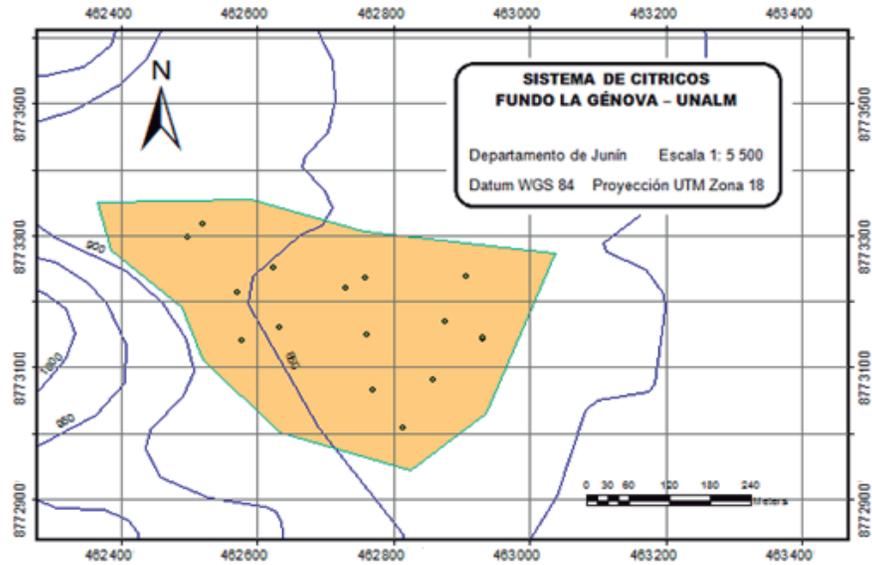


Figura 17 Mediciones de sortividad en el del sistema de cítricos del Fundo Génova.

Fuente y elaboración: propia.

Cuadro 6 Coordenadas UTM de los puntos de medición del sistema de cítricos.

Número	X	Y
1	462519	8773317
2	462498	8773297
3	462569	8773215
4	462622	8773250
5	462576	8773140
6	462632	8773162
7	462727	8773220
8	462756	8773237
9	462759	8773150
10	462903	8773237
11	462873	8773171
12	462929	8773143
13	462855	8773081
14	462767	8773065
15	462810	8773010

Fuente: Elaboración propia



Figura 18 Vista lateral del sistema de cítricos.

Fuente: propia.

3.2.3 TOMA DE MUESTRAS PARA SUELOS

Para poder conocer mejor los parámetros de sortividad era necesario conocer los suelos sobre los cuales se estaban haciendo las mediciones, ya que estos abarcan una serie de variables como las propiedades físicas y químicas que más adelante se tratarán. Es por eso, que a continuación se hablará de la metodología empleada para la obtención de muestras de suelos.

Para obtener las muestras de suelo dentro de cada estrato (Buduba, 2004) se esboza previamente un croquis de cada cultivo, con el cual se pueda identificar las zonas de condiciones homogéneas (pendientes, paisaje, condiciones de uso entre otros), una vez que se tiene el croquis se toma un punto inicial y a partir de ahí se hará un recorrido en zigzag abarcando la mayor cantidad de superficie. Para tomar la submuestra en cada punto será necesario retirar toda cobertura vegetal existente, luego con la pala, que debe estar limpia libre agroquímicos se va cavando en “V” para los primeros 20cm y a continuación con ayuda de la pala se retira una porción de suelo y con el cuchillo se retira los bordes y se deposita en un balde limpio.

Finalmente una vez que se tienen todas las sub-muestras en el balde se mezclan y se obtiene la muestra final que debe pesar aproximadamente 1 Kg.

3.2.4 MEDIDA DE LA SORTIVIDAD (INFILTRACIÓN INICIAL)

Para hacer las mediciones en cada punto dentro cada cultivo fue necesariamente elaborar una estratificación previa en base a la pendiente y a la textura. Para hacer dicha estratificación en cada cultivo, teniendo en cuenta que Carbonel (2009) señala que los suelos son de textura franco arenoso; lo primero que se hizo fue determinar la pendiente, para esto fue necesario encontrar el eje principal en casa sistema que podía ser el camino interno o caso contrario un transecto, que abarque la mayor cantidad de superficie. Una vez que se tuvo el transecto definido se fue midiendo cada 25 metros la pendiente, con ayuda del clinómetro para ver como variaba y de acuerdo a la clasificación empleada por la FAO (2009) para poder describir a los suelos (ver cuadro 2). Es así que se obtuvieron dos estratos: fuertemente inclinado y escarpado, en el primero se encuentran los sistemas de cítricos y café bajo sombra manejado mientras que el segundo abarca los sistemas de teca y café bajo sombra en abandono. Una vez que se tuvieron los estratos definidos para cada sistema, se procedió a tomar la muestra de sortividad mediante muestreo aleatorio en bloques, en el cual cada bloque o estrato debía tener una muestra que estaba compuesta de 3 mediciones como mínimo dependiendo de la disponibilidad de recursos y las condiciones del terreno.

Cuadro 7 Clasificación empleada para la estratificación de los cultivos.

DESCRIPCION	%
<i>Fuertemente inclinado</i>	10 - 15
<i>Moderadamente escarpado</i>	16 - 30
<i>Escarpado</i>	31 - 60
<i>Muy escarpado</i>	61 <

Fuente: FAO ,2009. Elaboración: propia.

3.2.5 DESCRIPCION DEL TRABAJO PARA LA OBTENCION Y PROCESAMIENTO DE DATOS

El análisis que se hizo para este trabajo de tesis fue en tres fases. La primera, la fase de campo en donde se hicieron mediciones in situ de la humedad del suelo y se hicieron las mediciones de la sortividad. La segunda fue fase de laboratorio en donde se hicieron los ensayos respectivos para calcular principalmente las propiedades físicas y algunas químicas. Finalmente, la fase de gabinete fue donde se procesaron los datos obtenidos en campo y se hicieron las pruebas estadísticas correspondientes.

3.2.6 MEDICION DE LA SORTIVIDAD Y HUMEDAD INICIAL EN EL SUELO

- METODO DEL ANILLO INFILTROMETRO INDIVIDUAL (Moll, 2001) fue empleado para calcular la **sortividad**. Consiste en fijar el anillo en la superficie del suelo con la ayuda del martillo y la tabla de madera a una profundidad de 5cm como mínimo y 10cm como máximo para que pueda quedar 15cm por encima de la superficie del suelo, ya que de lo contrario habría dificultad para hacer las mediciones. Una vez que esté bien fijado al suelo, se adhiere la regla con la cinta adhesiva y se coloca el plástico dentro del cilindro para que luego se pueda verter el agua hasta llenarlo. Finalmente se retira el plástico y se va haciendo el registro del nivel de agua a los 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120 segundos; los cuales fueron escritos en las cartillas.



Figura 19 Instalación del cilindro infiltrómetro en campo.

Fuente: propia

- MÉTODO DE BLOQUES DE YESO (Olalla M. et al, 2005) para hallar la **humedad inicial del suelo**. Estos fueron enterrados con ayuda de la pala a una profundidad de 15cm aproximadamente. Funciona con dos alambres de cobre que están conectados a los polos de una batería seca a través de un tensiómetro modelo KS-1 que mide la corriente que fluye en el circuito cuando se humedece el bloque. Una vez que se realicen las lecturas pueden interpretarse en términos del contenido de humedad del suelo in situ.



Figura 20 Instalación de los Bloques de yeso.

Fuente: propia

3.2.7 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS EDAFICAS

Determinación de la **textura**: para esto se empleó el **método del hidrómetro o bouyoucos modificado** (Forsythe, 1947). Inicialmente se pesa 50 gr de la muestra y se coloca en el vaso de la batidora, allí se le adiciona 5ml del agente dispersante y agua destilada hasta los 2/3 del vaso, dejándolo reposar por unos minutos con la finalidad de separar las partículas para después usar la batidora por unos 5 o 6 minutos si son suelos arenosos o 10 minutos si son suelos medios o finos. A continuación se vertió el contenido del vaso en el cilindro de sedimentación y con el hidrómetro densímetro adentro se llenó hasta la marca inferior. Posteriormente se mezcla con una varilla para obtener una solución homogénea y hacer dos mediciones, la primera a los

40seg donde se obtendrá el % de arena y 4 horas después donde se tendrá el % de arcilla y en cada una se medirá la temperatura con la finalidad de obtener el factor de corrección. Finalmente se realizaron los cálculos necesarios para hallar los porcentajes respectivos:

Cuadro 8 Cálculo para hallar textura

$\% \text{ de arena} = 100 - (\text{lectura corregida a 40 seg} \times 100 / \text{peso de la muestra})$
$\% \text{ de arcilla} = \text{lectura corregida a las 4 horas} \times 100 / \text{peso de la muestra}$
$\% \text{ de limo} = 100 - (\% \text{ de arena} + \% \text{ de arcilla})$

Fuente: propia



Figura 21 Medición con Hidrómetro.

Fuente: propia.

- Determinación de la **humedad total** del suelo: se hizo mediante el **método gravimétrico** (Forsythe, 2007), para estofue necesario conocer el peso inicial de la muestra (procurando que conserve las condiciones in situ) y el peso seco de la misma. En primer lugar se pesó 20gr de la muestra y se colocó en una crásula para luego ponerla en la estufa a 105°C hasta que se consiga registrar un peso constante, luego se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(mh - ms) * 100\%}{ms}$$

donde:

mh = masa húmeda en gramos

ms = masa seca en gramos

- Determinación de la **densidad aparente**: esta se hizo mediante el **método del cilindro metálico individual** (Forsythe, 1947). Inicialmente se saturó con agua destilada el suelo dentro de un embudo con papel filtro por 24 horas. A continuación con la ayuda del cilindro metálico, que cuenta con un volumen definido, se extrae la muestra y se pone a la estufa a unos 105°C hasta obtener un peso constante. Una vez obtenido el peso seco y conociendo el volumen se aplicó la siguiente fórmula:

$$Dap \text{ (gr/cm}^3\text{)} = \frac{ms \text{ (gr)}}{Vs \text{ (cm}^3\text{)}}$$

Vs (cm³)

donde:

ms = masa seca

vs = volumen saturado

- La **densidad real o peso específico** viene a ser según Thompson y Troeh (2002), la densidad media, exclusivamente de las partículas del suelo, es por eso que se excluye el volumen de los poros siendo innecesario saturar al suelo como es en el caso de la densidad aparente y constituye un reflejo de las densidades de los minerales más abundantes en los suelos y rocas. Esta no se altera por diferencias en el tamaño de las partículas ni por cambios en el volumen de poros. Según Arias (2007) los valores de la densidad real en la mayoría de los suelos oscilan entre 2,6 y 2,7 g/cm³, por ello se toma un valor promedio de 2,65 gr/ cm³.

- Determinación de la **porosidad** de los suelos minerales, esta viene a ser el espacio de los poros en el suelo que está ocupado por aire y por agua en proporciones constantemente variables. Esta se determina principalmente por el estado estructural o sea por las influencias interrelacionadas de la textura, la compactación y la agregación sin excluir el contenido de materia orgánica del suelo (Moll, 200). Esta según Forsythe (1974) se calculará a partir de la densidad aparente y real mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porosidad (\%)} = 100 - \frac{(\text{Dap} \times 100)}{\text{Dr}}$$

Dr

Donde:

Dap = densidad aparente (gr/cc)

Dr = densidad real 2,65 gr/cc

- Cálculo del contenido de **materia orgánica**, se hizo con el **método de walkley-black** (Chicaiza, 2001) y se basa en la cantidad de carbono orgánico presente en la muestra. Para esto inicialmente se pesó 1gr de suelo y se colocó en un Erlenmeyer. A continuación se adicionó 10ml de dicromato de potasio para oxidarlo y ácido sulfúrico concentrado para obtener el exceso de ácido crómico que se había formado, ya que este último no es reducido por la materia orgánica, y se deja reposar por dos horas. A continuación se agrega 30ml de agua destilada y titulará dicha solución frente al sulfato ferroso amoniacal, usando di fenilamina como indicador hasta que cambie de color una vez que se dé el cambio se detiene la titulación, con esto se pudo conocer el porcentaje de carbono y así el contenido de materia orgánica. Sin embargo es necesario tener una Erlenmeyer sin muestra, que vendría a ser nuestro blanco para poder titularlo y conocer la normalidad de Sulfato de ferroso y poder aplicar la fórmula a continuación:

$$\% \text{ de MO} = \frac{1.724 \times 0.39 \times N \times (V1 - V2)}{\text{Peso del suelo en gr.}}$$

Peso del suelo en gr.

Donde:

N = normalidad del sulfato ferroso

V1 = volumen del sulfato ferroso requerido por el blanco

V2 = volumen del sulfato ferroso requerido por la muestra

Cuadro 9 Clasificación del contenido de MO.

Materia Orgánica	
Baja	< 2%
Media	2% - 4%
Alta	4% >

Fuente: Moll, 2001.



Figura 22 Titulación del método Walkley-Black.

Fuente: propia.

- Determinación del **pH (potencial de hidrogenión)**: para esto, se utilizó el **método de diluciones 1:1**(Forsythe, 1974), en primer lugar se pesa 20g de muestra de suelo en el vaso y a continuación se le agrega 20 ml de agua destilada formando así una solución de igual proporción (de ahí el nombre dilución 1:1). Por otro lado se procede a calibrar el potenciómetro Consort C860; para esto se introduce el potenciómetro en la solución acida (pH 4.0) y se presiona el botón “calibrar”. Luego se retira y se lava el potenciómetro con agua destilada para introducirlo en la solución neutra (pH 7.0) y presionar nuevamente el botón “calibrar”, una vez realizado esto el potenciómetro está listo para hacer las mediciones respectivas. Se introduce el potenciómetro en el vaso con la solución (previamente mezclada con la varilla para lograr homogeneidad) y se presiona el botón “medir” y en la pantalla aparecerá el valor del pH de dicha solución.

Cuadro 10 Clasificación de pH en el suelo.

<i>Reacción del suelo (pH)</i>	
<i>Fuertemente ácido</i>	5,1 – 5,5
<i>Moderadamente ácido</i>	5,6 -6,0
<i>Ligeramente ácido</i>	6,1 -6,5
<i>Neutro</i>	6,6 – 7,3
<i>Ligeramente alcalino</i>	7,4 – 7,8
<i>Moderadamente alcalino</i>	7,9 – 8,4

Fuente: Moll, 2001.



Figura 23 Preparación de muestras para medición de pH.

Fuente: propia.

3.2.8 ANALISIS ESTADÍSTICA DE LA INFORMACION

- La **Prueba T-Student**; es una prueba estadística paramétrica que se deriva de las distribuciones t, estas son una familia de distribuciones simétricas en forma de campana también conocida como distribución normal. Gómez (2006) indica que esta prueba sirve para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias sobre una misma variable.

Para realizar esta prueba Moncana (2005) señala que debe cumplir ciertos requisitos como: las muestras deben seleccionarse aleatoriamente, la variable dependiente debe estar lo más normalmente distribuida en la población, las desviaciones estándar deben ser bastante similares y los valores de la variable dependiente deben ser medidos al nivel de intervalo o razón.

Así como esta prueba, la mayor parte estadística se hizo con ayuda del programa IBM SPSS Statistics 20 ya que es un software bastante difundido en el campo de la investigación y de fácil manejo.

- El **Diagrama de cajas o Boxplot** según Vicente (s/f) fue inventado por J. Tukey, es un método gráfico que mediante una simple inspección visual nos permite tener una idea aproximada de la tendencia central (a través de la mediana), de la dispersión (a través del recorrido intercuartílico), de la simetría de la distribución (a través de la simetría del gráfico) y de los posibles valores atípicos o también conocidos como los “outliers”. Además, permite la comparación de varios grupos situando varios boxplots en el mismo gráfico.

Hay diversas formas de construirlo, en este caso se hizo con la ayuda del programa Excel 2010. Para construirlo se calculó primero el primer y el tercer cuartil (Q1 y Q3) y la mediana M. Se dibujó una caja que termine en Q1 y Q3 y se situó la mediana dentro de la caja. En el centro de los extremos de la caja se añadió líneas (whiskers) que van hasta los puntos más extremos sin embargo no son outliers.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

A continuación se mostrarán los resultados que se obtuvieron de las mediciones realizadas en campo, como la humedad in situ mediante el método de los bloques de yeso y los resultados obtenidos en el laboratorio que vendrían a ser las propiedades físico-químicas del suelo.

4.1.1 HUMEDAD TOTAL DEL SUELO

El parámetro, correspondiente a suelos, que fue medido en campo fue la Humedad mediante el método de los bloques de yeso, los resultados son mostrados en el cuadro 6.

Cuadro 11 Humedad del suelo por método de bloques de yeso. CEA: café bajo sombra en abandono, T. teca, CM: café bajo sombra manejado, C:cítricos.

<i>Punto</i>	<i>Sistema</i>	<i>Lectura</i>	<i>% Humedad</i>	<i>Punto</i>	<i>Sistema</i>	<i>Lectura</i>	<i>% Humedad</i>
1	CEA	8,75	12	16	CM	8,5	14
2		8,75	12	17		8,5	14
3		8,75	12	18		8,25	16
4		8,75	12	19		8,75	12
5		8,5	14	20		8,75	12
6		8,75	12	21		8,75	12
7		8,75	12	22		8,75	12
8	T	8,75	12	23	C	8,75	12
9		8,75	12	24		8,25	16
10		8,75	12	25		8,75	12
11		8,75	12	26		8,75	12
12		8,75	12	27		8,75	12
13		8,5	14	28		8,75	12
14		8,75	12	29		8,75	12
15		8,75	12	30		8	17,5

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro número 11 los porcentajes de humedad que se obtuvieron con este método no muestran una diferencia importante ya que oscilan en promedio entre 11,68% y 13,14% de humedad; el sistema que presentó mayor valor fue el café bajo sombra manejado con 13,14% seguido por el café en estado de abandono con 12,28% muy similar al de la teca con 12,25% y finalmente los cítricos con 11,68%.

Estos valores que se obtuvieron in situ sirvieron solamente como una referencia, es por eso que en laboratorio se empleó el método gravimétrico en donde se encontraron valores más precisos de humedad, los cuales se mostrarán a continuación.

4.1.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

En el cuadro 12 se aprecian los resultados del análisis físico del suelo como textura, clase textural, humedad, densidad aparente y porosidad del suelos; además algunas propiedades químicas como el pH y el porcentaje de materia orgánica para cada uno de los sistemas evaluados.

Cuadro 12 Características físicas y químicas del suelo Café bajo sombra manejado: CM; Café bajo sombra en estado de abandono: CEA; Plantación de Teca: T y Cultivo de cítricos: C.

Cultivo	pH	(% Materia Orgánica	Tipo se Suelo				Humedad (%)		Dap (gr/cc)	Porosidad (%)
			% Arena	% Limo	% Arcilla	Suelo	Gravimétrica	In situ		
CM	5,02	3,55	65,14	14,87	19,99	Franco Arenoso	19,7	13,14	1,05	60,3
C	4,47	3,37	67,14	14,87	17,99	Franco Arenoso	8,3	11,68	0,91	65,8
CEA	5,52	2,47	65,18	14,85	19,96	Franco Arenoso	10,80	12,28	1,13	57,36
T	5,24	2,75	61,15	15,87	22,98	Franco Arenoso	5,8	12,25	1,19	55,0

Fuente: Elaboración propia

Toda el área de muestreo con cada uno de los sistemas corresponden a suelos Coluviales, estos poseen una textura bastante uniforme a pesar de contar con diferentes sistemas de uso de la

tierra debido a que esta variable física del suelos es la más estable y es difícil que varíe cuando se realizan diferentes prácticas agrícolas o forestales (Alegre et. al 2006).

Para el pH los valores van desde 4,47, para los cítricos, hasta los 5,52 para el café bajo sombra en estado de abandono y en general todos considerados como suelos fuertemente ácidos. En el caso de la materia orgánica, a pesar de estar dentro del rango medio existen diferencias entre los sistemas del estrato fuertemente inclinado que presentan valores superiores y los del estrato escarpado cuyos valores son inferiores, esto puede deberse a la pendiente ya que en el segundo estrato están más expuestos al lavado de nutrientes por acción mecánica de las lluvias y no poseen un manejo constante del suelo.

Respecto a la humedad, el sistema de café manejado presenta el valor más alto seguido del café en estado de abandono, posiblemente se deba a que la recolección de muestras se realizó en días posteriores a una lluvia leve mientras que los sistemas de teca y cítricos se realizó en los primeros días en donde no se había registrado precipitación alguna; aun así las diferencias son bastante significativas entre el mayor y menor valor de humedad.

La porosidad, que incorpora a la densidad aparente, oscila entre el 55% y el 66% presentando valores superiores los sistemas del estrato fuertemente inclinado y valores inferiores los del estrato escarpado; esto puede justificarse por la falta de prácticas agronómicas que mejoren los suelos como la remoción del mismo, la incorporación de materia orgánica, entre otras.

4.2 SORTIVIDAD

En el cuadro 8 se muestran los valores de sortividad que se obtuvieron de los diferentes sistemas de uso de la tierra. Los sistemas de teca (T), café bajo sombra manejado (CM) y café bajo sombra en abandono (CEA) presentan similar número de mediciones ya que abarcan una superficie similar mientras que el sistema de cítricos (C) tiene mayor número de medidas a causa de que abarca una mayor extensión.

Cuadro 13 Sortividad de cada sistema analizado en el Fundo la Génova. CEA: café bajo sombra en abandono, T. teca, C: cítricos; CM: café bajo sombra manejado.

<i>Estrato Fuertemente inclinado</i>		<i>Estrato Escarpado</i>		
<i>CEA</i>	<i>T</i>	<i>C</i>		<i>CM</i>
0,3389	0,4304	0,4061	0,2921	0,2045
0,2876	0,4304	0,3519	0,2640	0,4356
0,0914	0,1702	0,7258	0,3381	0,3980
0,6943	0,6991	0,8328	0,5600	0,3483
0,6665	0,2582	0,6381	0,8505	0,4233
0,6544	0,0665	0,5298	0,5961	0,5084
0,8978	0,4214	0,4265		0,3600
0,2524	0,7947	0,2121		0,4193
0,2826	0,5148	0,2121		
Promedios				
0,4088	0,4206	0,4882		0,3871

Fuente: Elaboración propia

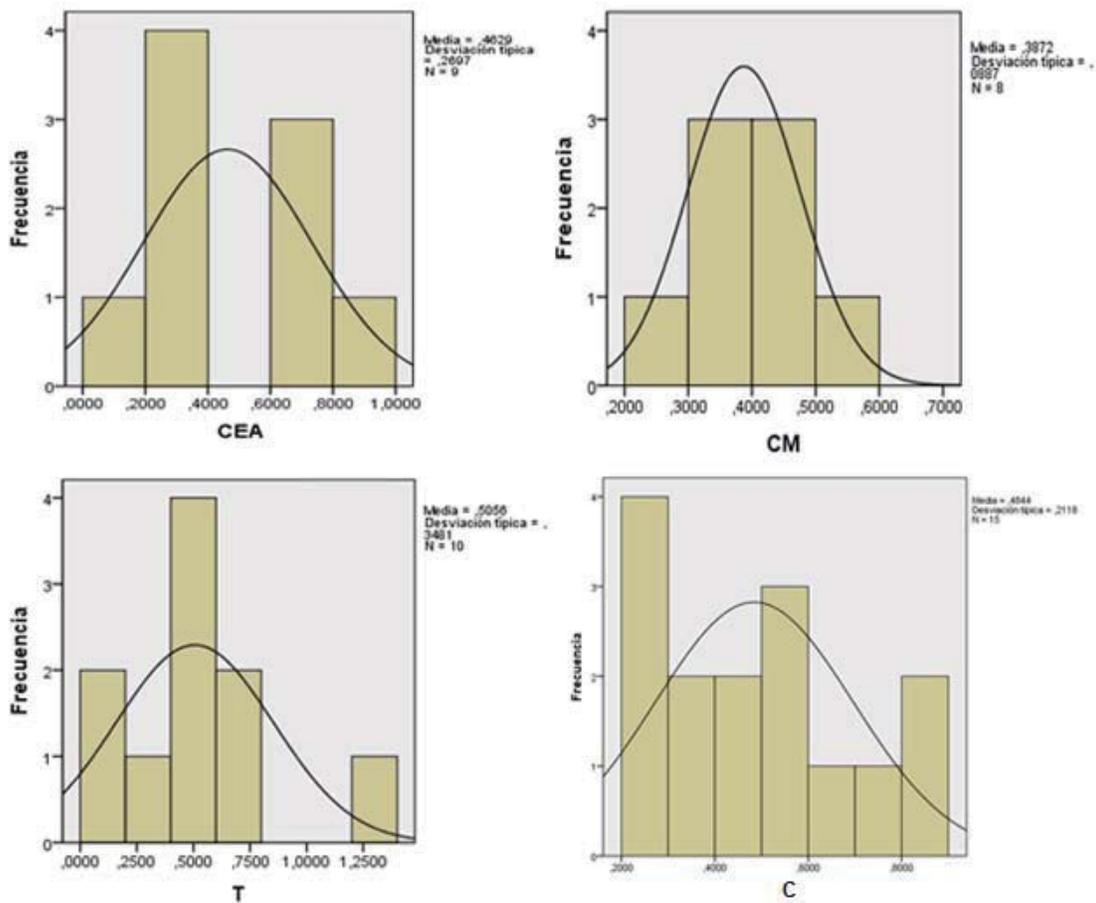


Figura 24 Histograma de Frecuencias de los cuatro sistemas. Sistemas de: café bajo sombra en estado de abandono (CEA), café bajo sombra manejado (CM), teca (T) y cítricos (C).

Fuente: Elaboración propia

En figura 24 se aprecian los histogramas de frecuencias de los cuatro sistemas; se puede observar que los cuatro sistemas muestran una distribución normal ya que tienen una forma acampanada. El histograma del café bajo sombra manejado (CM) presenta la mejor distribución de datos ya que la mayoría de datos se concentran en la parte central haciendo más homogénea la muestra. El café bajo sombra en estado abandono (CEA) presenta también una distribución de datos cercana al sistema café manejado (CM) sin embargo no es tan homogénea ya que los datos no se concentran en la parte central. Con respecto a los histogramas de teca (T) y cítricos (C) presentan una distribución también normal pero no en el mismo grado que los CEA y CM ya que los datos están más dispersos.

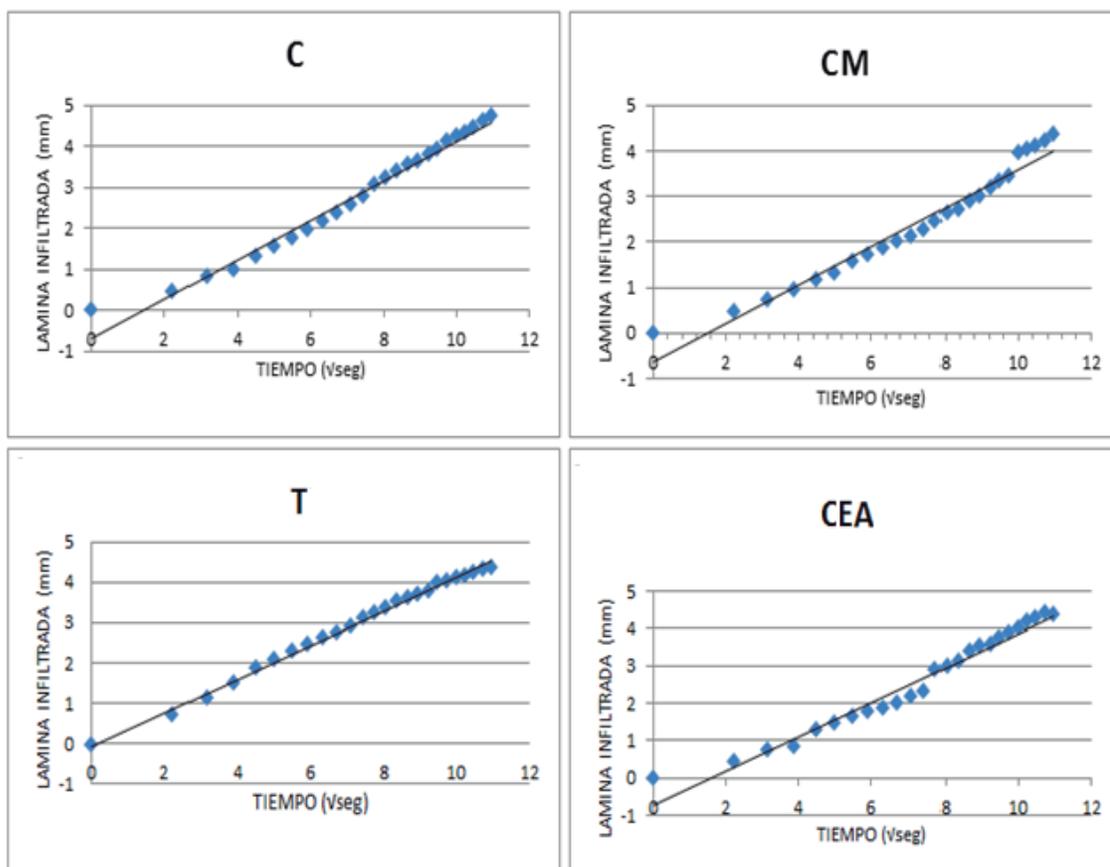


Figura 25 Gráfico de dispersión de los cuatro sistemas analizados. Sistema de: cítricos (C), café bajo sombra manejado (CM), teca (T) y café bajo sombra en estado de abandono (CEA).

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se muestran las gráficas de dispersión promedio para cada uno de los sistemas analizados. Se construyó a partir del promedio de las medidas tomadas cada cinco segundos durante las mediciones en cada sistema. Se observa que tienen una tendencia similar siendo la Teca (T) y los Cítricos (C) los que más se ajusta a la línea de tendencia.

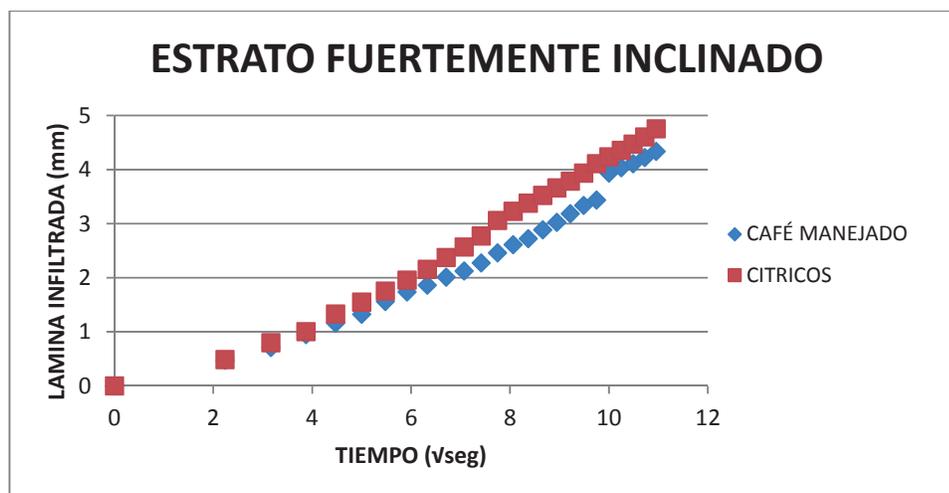


Figura 26 Gráfica de dispersión de datos para estrato fuertemente inclinado.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 26 se muestra la gráfica de dispersión de datos para el estrato fuertemente inclinado, en esta se observa una tendencia similar en los dos sistemas, sin embargo los cítricos presentan a partir de la mitad de la toma aproximadamente, una mayor infiltración, reflejándose en que presentan un mayor valor de sortividad de la que se hablará más adelante.

Con respecto al estrato escarpado, como se muestra en la figura 27, la teca presenta una gráfica de dispersión de datos con una tendencia más uniforme con respecto al café bajo sombra en estado de abandono. A pesar de que este último comienza a presentar una mayor infiltración en la etapa final del proceso, termina teniendo una mayor lámina de agua infiltrada; sin embargo como se observa en la figura 28 el sistema de café en estado de abandono tiene un valor ligeramente menor a la teca.

Es por eso que para poder encontrar la sortividad en nuestros sistemas, tiene mayor prioridad conocer la velocidad de infiltración antes que conocer el volumen total de agua que se ha infiltrado en cada medida (Alegre et. al 1986).

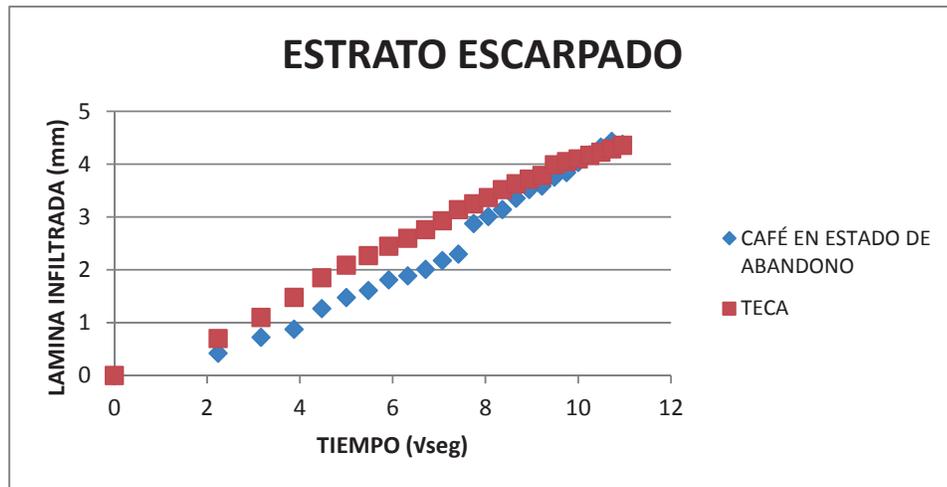


Figura 27 Gráfica de dispersión para el estrato escarpado.

Fuente: propia

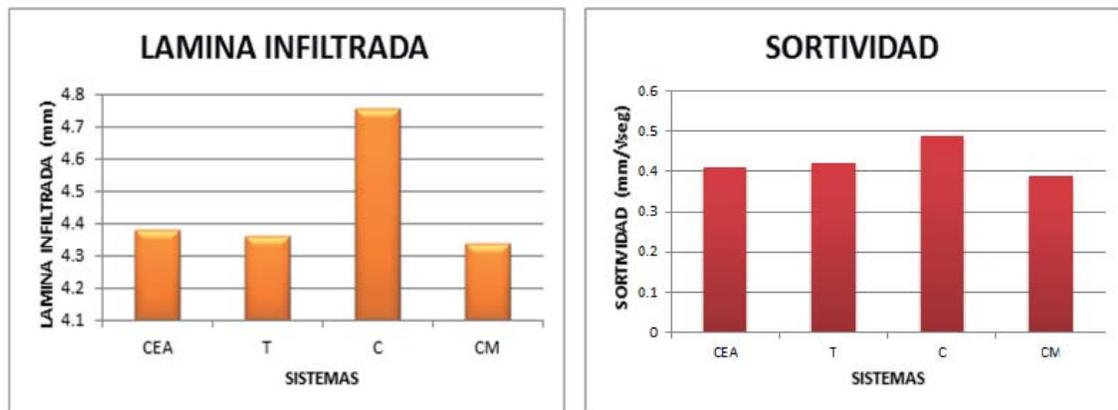


Figura 28 Izquierda: Lámina infiltrada promedio por cada sistema. Derecha: Sortividad promedio para cada sistema.

Fuente: propia

Se observa en la figura 28 que la lámina de agua infiltrada fue similar en tres de los sistemas, cuyos valores oscilan entre 4,3mm y 4,4mm; sin embargo el sistema de cítricos logró un mayor valor llegando a 4,8mm aproximadamente de agua infiltrada. Esto puede deberse a dos factores principalmente, en primer lugar es que dicho sistema contaba con mayor cantidad de espacios vacíos, esto se refleja en que presenta el mayor valor de porosidad y en segundo lugar es que presenta uno de los valores más bajos de humedad, en otras palabras había espacio libre y sus poros no estaban ocupados por agua.

Con respecto a la sortividad presenta valores similares para los cuatro sistemas como se observa en la figura 28 sin embargo los cítricos con 0,4882 mm/seg0.5 presentaron el valor más alto seguido de la teca con 0,4206 mm/seg0.5, a continuación el café bajo sombra en estado de abandono con 0,4088 mm/seg0.5 y finalmente el café bajo sombra manejado con 0,3871 mm/seg0.5.

Como ya se mencionó, el sistema de Teca presentó el valor más alto de sortividad para el estrato escarpado. Esto puede deberse a que la sortividad tiene varios factores influyentes, los cuales fueron tratados en la parte de revisión bibliográfica. Comenzando por el tipo de vegetación, un árbol con aptitud maderable de porte alto como la teca, presenta un sistema radicular con mayor amplitud y alcance en comparación con respecto a los otros sistemas ya que para este caso, representa el componente forestal. Por otro lado el contenido de materia orgánica sumado a la hojarasca presente en el suelo, cumplen un rol fundamental debido a que influyen en todas las propiedades analizadas en laboratorio; lo cual va de la mano con lo señalado por Stefano y Fournier (2005, citado por Carbonel, 2009) quienes encontraron que especies con hojas que presentaban altas relaciones de C/N, lignina o contenidos de compuestos secundarios como taninos y fenoles, se descomponían lentamente en el bosque; siendo una de las razones por las que el sistema de teca, en comparación con los otros sistemas, ha presentado menor contenido de materia orgánica.

Por otro lado, la abundante hojarasca que se observó en el suelo puede deberse a que la teca es una especie caducifolia, con hojas de tamaño grande y textura gruesa; sin olvidar mencionar que esta especie se encuentra en macizos. La lenta descomposición de la hojarasca genera un suelo con bajo contenido de materia orgánica en comparación con otros sistemas; sin embargo el gran tamaño de hoja genera un colchón de hojarasca de gran espesor que amortigua y retiene una mayor cantidad de agua por mayor tiempo ocasionando que haya una mayor sortividad.

Con respecto al sistema de cítricos, perteneciente al estrato fuertemente inclinado, presentó también un alto valor de sortividad. Posiblemente esto se deba a que contaba con gran contenido de materia orgánica, aunque se considere dentro del rango medio según el cuadro 4. Además de esto, es necesario recordar que este sistema estuvo sujeto a un adecuado manejo del suelo, característico de los cultivos agrícolas y sobre todo por tratarse de un frutal que tiene un mayor número de intervenciones en comparación con un cultivo forestal. Esto se traduce en un mejoramiento de las propiedades del suelo expuestas en el cuadro 7, en donde muestra el mayor porcentaje de porosidad y materia orgánica.

Para los cítricos, la capa de hojarasca presente en el suelo no tuvo un rol fundamental ya que no era una capa de gran espesor como lo fue en el caso de la teca; esto se debe a que los cítricos son perennifolios y no se caracterizan por tener una elevada caída de hojas.

Es necesario mencionar, que a pesar que los cítricos tienen un mayor valor de lámina infiltrada de agua, no implican que también van a presentar una mayor sortividad, es por eso necesario analizar el gráfico de dispersión que se obtiene a partir de los registros obtenidos durante los dos minutos.

El café bajo sombra manejado, que se encuentra dentro del estrato fuertemente inclinado, obtuvo el menor valor de sortividad; a pesar de ser el sistema con mayor contenido de materia orgánica. Esto puede deberse a que las demás propiedades del suelo y condiciones no eran las más adecuadas para que se produzca una buena infiltración y esto se observa en la figura 28 en la cual el café bajo sombra manejado presenta también el menor valor de lámina infiltrada.

Finalmente el café bajo sombra en estado de abandono presentó menor valor de sortividad aunque no difería significativamente con respecto a la teca. Esto se debía a que por un lado, tenía el más bajo contenido de materia orgánica (teniendo en cuenta que el café es una especie perennifolia) y si a esto le sumamos la falta de manejo del suelo; encontraremos condiciones edáficas que no son idóneas para una buena infiltración.

Sin embargo, algo similar a la teca estaba ocurriendo en el café ya que si bien era una especie perennifolia, se encontraba dentro de un entorno natural haciendo que presente una capa de hojarasca, no solo con hojas de café sino de especies asociadas a esta; además se observaron especies arbustivas de porte bajo. Todo eso hace que, al igual que la teca, tenga mayor capacidad para retener el agua por más tiempo y así logre tener una mayor infiltración.

4.2.1 DIAGRAMA DE CAJAS DE SORTIVIDAD

En el diagrama de cajas de la figura 29 también se puede ver la distribución de datos en cada uno de los sistemas analizados; observando claramente que el café bajo sombra manejado presenta un menor rango de datos lo cual significa que sus datos son bastante homogéneos y presentan menor variabilidad. Mientras que los sistemas de café bajo sombra en estado de abandono y la teca presentan mayor rango de datos como se observa en la figura haciendo que las muestras sean menos homogéneas. Algo muy similar ocurre con los cítricos pero en menor medida. Sin embargo es bastante representativa la muestra que se obtuvo según Alegre (2013).

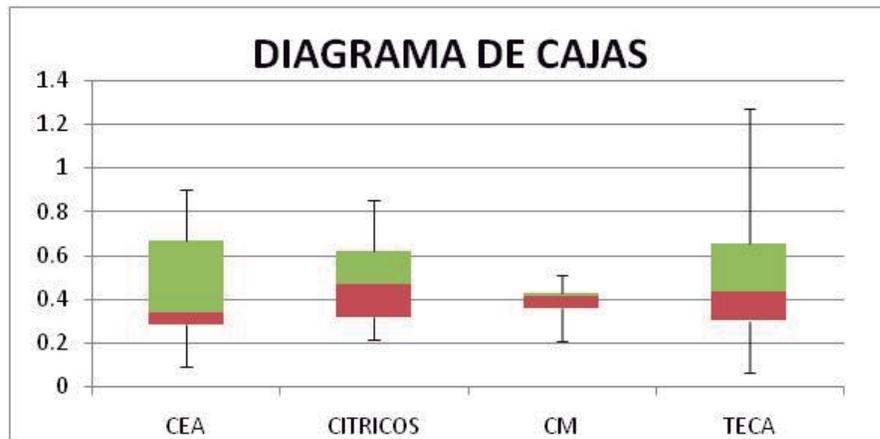


Figura 29 Diagrama de Cajas o Boxplot de sortividad de los cuatro sistemas analizados.

Fuente: propia

4.2.2 PRUEBA T-STUDENT

Cuadro 14 Estadísticos del estrato fuertemente inclinado.

Estadísticos de grupo

	GRUPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
SORTIVIDAD	Cítricos	15	,488200	,2150761	,0555324
	Café manejado	8	,387175	,0887328	,0313718

Fuente: propia

El cuadro 9 nos indica que el sistema de cítricos presenta una media mayor de 0,4888 mm/seg0.5 con respecto al café bajo sombra manejado que presenta 0,3871 mm/seg0.5; por otro lado observando la desviación estándar, esta es bastante mayor en los cítricos ya que presenta 0,2150 mientras que en el café bajo sombra manejado tiene 0,0887 lo cual afirma lo señalado en ítems anteriores.

Cuadro 15 Prueba T-Student para los sistemas: Cítricos y Café bajo sombra manejado.

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
SORTIVIDAD	Se han asumido varianzas iguales	7,830	,011	1,261	21	,221	,1010250	,0800858	-,0655226	,2675726
	No se han asumido varianzas iguales			1,584	20,239	,129	,1010250	,0637812	-,0319195	,2339695

Fuente: propia

En primer lugar, hemos de comprobar el test de Levene. Como el p-valor (sig.) es $0,011 < 0,05$; rechazamos la hipótesis nula de igualdad de varianzas, por lo que consideraremos los datos de la fila “no se han asumido varianzas iguales”. Para la prueba t vemos que el valor de p-valor (sig. Bilateral) es $0,129 > 0,05$ por lo que aceptamos la hipótesis nula de la prueba, según el cual no existen diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de cítricos y café

bajo sombra manejado. Esta comprobación también puede hacerse examinando el intervalo de confianza. Vemos que este intervalo incluye el valor 0, con lo cual puede concluirse que las diferencias no son significativas.

Cuadro 16 Estadísticos del estrato escarpado.

Estadísticos de grupo				
GRUPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
SORTIVIDAD Café en estado de abandono	8	,408863	,2481544	,0877358
Teca	9	,4206	,2696632	,0898877

Fuente: propia

Como se observa en el cuadro 11 nos indica que ambos sistemas presentan medias similares, sin embargo la teca presenta una media superior de 0,4206 mm/seg^{0.5} versus el café bajo sombra en estado de abandono con 0,4088 mm/seg^{0.5}; ocurre algo similar con la desviación estándar ya que presentan valores similares.

Cuadro 17 Prueba T-Student para los sistemas: Café bajo sombra en estado de abandono y Teca.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
SORTIVIDAD	Se han asumido varianzas iguales	,729	,407	-428	15	,675	-,0540153	,1262631	-,3231388	,2151083
	No se han asumido varianzas iguales			-430	14,973	,673	-,0540153	,1256080	-,3217847	,2137541

Fuente: propia.

En el cuadro 12 comprobamos con el test de Levene en el cual aceptamos la hipótesis nula con respecto a la igualdad de varianzas ya que p-valor (sig.) es $0,407 < 0,05$; con esto usaremos los datos de la fila “se han asumido varianzas iguales”. Para la prueba t vemos que el valor de p-valor (sig. Bilateral) es $0,675 > 0,05$ por lo que aceptamos la hipótesis nula de la prueba, según el cual no existen diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de café bajo sombra en estado de abandono y teca.

5. CONCLUSIONES

- Los valores de humedad del suelo tomados in situ en el mes setiembre no presentaron una notable variación ya que fueron tomados en condiciones muy similares de humedad. Sin embargo en laboratorio, mediante el método gravimétrico de mayor exactitud se encontraron valores con un rango de variación de 11,1%.
- Luego de hacer un análisis de las diferentes propiedades del suelo estudiadas, sin tomar en cuenta la textura que fue la misma para los diferentes sistemas, el contenido de materia orgánica fue la propiedad edáfica que tuvo mayor influencia ya que condiciona en gran medida a las demás propiedades.
- La sortividad es un indicador físico del suelo y los rangos más eficientes están entre 0,45 y 0,6. De los sistemas de uso evaluados, el sistema de cítricos fue el único que está dentro de este rango debido a las intervenciones periódicas que se realizan para mejorar el suelo.
- El estrato fuertemente inclinado mostró un valor promedio de sortividad superior (0,4377 mm/seg0.5) frente al del estrato escarpado (valor promedio 0,4147 mm/seg0.5). Esta diferenciase debe a la pendiente en la que se encuentran los sistemas del estrato escarpado (42% en promedio) en comparación con el estrato fuertemente inclinado (valor promedio de 12%). Además según las pruebas estadísticas correspondientes, no se encontraron diferencias significativas entre los valores de sortividad dentro de cada estrato.
- Dentro del estrato escarpado, el sistema de teca presentó mayor valor de sortividad (con una media de 0,4206 mm/seg0.5) debido a que posee una mayor protección del suelo por la abundante cantidad de hojarasca evitando la degradación y compactación por efecto directo de las altas intensidades de las lluvias. En cambio el café bajo sombra en estado de abandono presentó un menor valor promedio (0,4088 mm/seg0.5) en respuesta a que posee una cobertura vegetal menos abundante con respecto a la teca y además que las condiciones del suelo son menos propicias para la captación de agua.

- En el estrato fuertemente inclinado, fue el sistema de cítricos (valor promedio de 0,4882 mm/seg^{0,5}) quien presentó mayor sortividad en respuesta a que este sistema recibe un manejo más regular del suelo y se traduce en su alto porcentaje de porosidad permitiendo que el agua ingrese más fácilmente. Por otro lado el café manejado bajo sombra (con un valor promedio de 0,3871 mm/seg^{0,5}) obtuvo un valor de sortividad más bajo a pesar de contar con un alto contenido de materia orgánica, sin embargo el manejo del suelo fue escaso para este sistema.
- El sistema de cítricos presentó el valor más alto de sortividad (0,4882 mm/seg^{0,5}) debido a las condiciones del relieve, ya que al estar en un terreno de poca pendiente el agua no escurre superficialmente tan rápido como ocurre en uno de mayor inclinación manteniéndose más tiempo en la superficie para su captación, y también a las condiciones del manejo del suelo a las cuales está sometido debido a que genera un suelo con mejores propiedades como un alto porcentaje de porosidad y contenido de materia orgánica. Mientras que el sistema de café bajo sombra manejó presentó el valor más bajo (0,3871 mm/seg^{0,5}) debido al escaso manejo que se le impartió a dicho sistema.
- El mayor valor obtenido de lámina infiltrada fue para el caso de cítricos (4,8 mm) lo que se confirma con el valor de sortividad obtenido en el trabajo.
- La cobertura vegetal en la superficie es de vital importancia para la sortividad. Mientras más abundante sea la cobertura vegetal, mayor retención del agua en el suelo se logrará, disminuyendo la escorrentía superficial y por ende el riesgo de erosión. Especialmente en los sistemas de teca y café bajo sombra en abandono ya que al encontrarse en una pendiente pronunciada tienen una probabilidad mayor de que ocurra un proceso significativo de erosión.

6. RECOMENDACIONES

- Extender la superficie de estudio con la finalidad de tener los mismos sistemas en ambos estratos y así poder una comparar los valores de sortividad entre estratos y no solo a nivel interno.
- Incluir otros usos de la tierra como suelos desnudos, bosques secundarios y suelos donde se haya practicado agricultura de rosa, tumba y quema. Así se espera encontrar diferentes clases texturales para ver como varia el comportamiento de la sortividad.
- Estudiar el balance hídrico en la zona y el efecto en los diferentes sistemas de uso, la infiltración básica y poder relacionarnos con el proceso de erosión que se acrecienta entre los meses de enero y marzo.
- Realizar un estudio más detallado de la influencia de las propiedades físico-químicas del suelo sobre el proceso de infiltración. A partir de esto, se puede diseñar un sistema de riego para cada sistema.
- Realizar un análisis multitemporal con la finalidad de conocer el comportamiento que presenta la sortividad en los diferentes periodos, tanto en la época seca como en la de lluvias.

BIBLIOGRAFÍA

- Alba C.** (Coord.) 2009. Gestión territorial. Aportes desde la gestión sostenible de los recursos productivos en la región andina y amazónica. Zabalketa y asociados, ICO. 151p.
- Alegre J. C.**, 2013. Valores óptimos de sortividad (entrevista). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Alegre J. C.**, PASHANASI, B and LAVELLE, P. 1996. Dynamics of soil physical properties in Amazonian agroecosystems inoculated with earthworms. *Soil Science Society of America Journal* 60: 1522-1529.
- Alegre J. C.; Casell D. and Bandy D.** 1986. Effects of Land Clearing and Subsequent Management on Soil Physical Properties. *Soil Science Society of America Journal* 50: 1379-1383.
- Alemmar, BR.** s/f. Permeámetro de Guelp (en línea). Consultado el 28 de Junio del 2013. Disponible en <http://www.alemmar.com.br/main.asp?menu=3&submenu=58>
- Alvarez R.** 1995. Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS: Aplicación a las ciencias de la salud. Madrid. Díaz de Santos, S.A. 386p.
- Anton, D; Reynel C.** 2004. Relictos de Bosques de Excepcional Diversidad en los Andes Centrales del Perú. Lima, Perú. UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina). 324p.
- Arias A.C.**, 2007. Suelos Tropicales (en línea). Eds. C Zamora. Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia. Consultado el 5 de Noviembre de 2012. Disponible en http://books.google.com.pe/books?id=L6TaVpWk8goC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- Arriaga A., De la Cruz G. H., Ortiz G.** 1999. Relaciones Hídricas en Las Plantas: Teoría y Ejercicios. México. Plaza y Valdez Editores. 117p.

- Asesores y Consultores Mineros S.A.** s/f. Estudio Hidrológico del Área del Proyecto Pichita-Caluga (en línea). Compañía Minera Los Chunchos S.A.C. 35pp. Consultado el 10 de Mayo del 2013. Disponible en <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaam/estudios/pichita/TextoHidrologico.pdf>.
- Barioglio, C.** 2006. Diccionario de las Ciencias Agropecuarias. Córdoba. Encuentro Grupo Editor. 496p. Disponible en <http://books.google.com.pe/books?id=xzLQnBU6DOKC&pg=PA238&dq=infiltracion+acumulada+definicion&hl=es&sa=X&ei=9KWmUa-yIK2-4AOB6YDADg&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=infiltracion%20acumulada%20definicion&f=false>.
- Brack A.** 1986. Ecología de un país complejo. En: Manfer y Mejía Baca (Eds.). Gran Geografía del Perú, Naturaleza y Hombre. Volumen 2: 175-314. Barcelona.
- Buduba C.** 2004. Muestro de Suelos. Criterios Básicos. Patagonia Forestal 10(1): 9-12.
- Campos A. D.F.** 1984. Procesos del Ciclo Hidrológico. 3 ed. San Luis de Potosí, México. Editorial Universitaria Potosina.
- Campos V.** 2003. Plan Vial Rural de la Provincia de Chanchamayo. Junín, PE. 199p.
- Carbonel D. E.** 2009. Diagnóstico de Micorrizas en 5 sistemas de uso del suelo en el Valle de Chanchamayo. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria la Molina. 85p.
- Chicaiza E,** 2001. Correlación y Calibración de Métodos de Análisis Químico y Determinación del Nivel Crítico de Calcio en Suelos Ecuatorianos, Ecuador, pág. 106.
- CDC – UNALM y TNC.** 2006. Planificación para la Conservación Ecoregional de las Yungas Peruanas: Conservando la Diversidad Natural de la Selva Alta del Perú. Informe Final. Lima, PE. 234 p.
- DE Santa Olalla M.F.M., Lopez F.P. y Calera B.A.** 2005. Agua y Agronomía. Universidad de Castilla-La Mancha, Madrid, 606pp.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura), 2009.**
 Guía para la Descripción de Suelos (en línea). Trad. R Vargas. 4 ed. Roma.
 Consultado el 14 de Febrero del 2013. Disponible en
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a0541s/a0541s00.pdf>.
- Forsythe, W.** 1985. Física de Suelos: Manual de Laboratorio (en línea). 2a reimpresión. San José, CR. IICA. Consultado el 25 de octubre de 2012. Disponible en http://books.google.com.pe/books?id=C5kOAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. (Serie de Libros y Materiales Educativos/ IICA, no. 25).
- Gómez, K.** 2011. Incidencia de compactación ocasionada por el tractor en las propiedades físicas en un adisol. Tesis Mg. Sc. (Ing. Agrícola). Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. 104p. Consultada el 25 de octubre de 2012. Disponible en http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.bdigital.unal.edu.co%2F6417%2F1%2F822133.2011.pdf&ei=mj8tUuO1Oo_u9ASMgoGwDg&usg=AFQjCNFF2U-ibtsSR8eY8kbf7j2BRwV0g&bvm=bv.51773540,d.eWU
- Gómez, M.M.** 2006. Introducción a la metodología científica. Córdoba. Brujas. 160p.
- Gurovich, L.A.** 1985. Fundamentos y diseños de Sistemas de Riego. San José. IICA. 433p. Serie de libros y materiales educativos IICA, nro. 59.
- Hillel, D.** 1982. Indrotuction to Soil Physics. Massachusetts. AcademicPress, 364pp.
- Holdridge L.R.**1987. Ecología basada en zonas de vida, Colección Libros y Materiales Educativos No. 83, IICA, 216 pp.
- Junes D.A.** 1987. Predicción de la Sortividad e Infiltración del Agua en el Suelo. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria la Molina. 85p.
- León J.P.** 2001. Estudio y Control de la Erosión Hídrica. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Pág. 40-41.
- Maderey R.L.E.** 2005. Principios de Hidrogeografía: Estudio del Ciclo Hidrológico. México. Universidad Autónoma de México. Serie Textos Universitarios Numero 1.

- Malleux J.** 1982. Inventarios forestales en bosques tropicales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, PE. 441p.
- Moll M.E.** 2001. Estudio de la Infiltración en las dos Microcuencas de Investigación del Proyecto AARAM-PERÚ (Wara y Killa) en San Alberto, Oxapampa. Tesis (Ing. Forestal) Lima, PE. Universidad Nacional Agraria la Molina. 109 p.
- Moncana J.** 2005. Estadística para ciencias del movimiento humano. San José, CR. Universidad de Costa Rica. 210p.
- Morales P.** 2011. Análisis de Varianza para varias Muestras Independientes. Madrid. Universidad Pontificia Comillas. 48p.
- Muñoz R. y Rittler A.** 2005. Hidrología Agroforestal. Madrid, ES. Editorial Mundi Prensa. 349p.
- Oscuna E.S. y Padilla J.S.** 1998. Estimación de la Sortividad e Infiltración usando Datos de Simulación de Lluvia para Tres Tipos de Suelos de la Zona Semiárida de México. Terra Latinoamericana 16(4): 293-302.
- Prieto C.J.** 2004. El agua: sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación. 2da. Ed. Bogotá, CO. Ecoe Ediciones. 380p.
- Shaxson F. y Barber R.** 2005. Optimización de la humedad del Suelo para la Producción Vegetal: El Significado de la Porosidad en el Suelo. Roma. FAO. Pág. 19 (Boletín de Suelos de la FAO no. 79).
- Silva M.** 2005. Estudio y Caracterización dendrológica de las familias botánicas del Orden Malvales en el Fundo la Génova (Chanchamayo). Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 237p.
- Tovar A., Tovar C., Saito J., Soto A., Regal F., Cruz Z., Véliz C., Vásquez P. y Rivera G.** 2010. Yungas Peruanas - Bosques montanos de la vertiente oriental de los Andes del Perú: una perspectiva ecorregional de conservación. Centro de Datos para la Conservación, UNALM, 150p.
- Valverde J.** 2007. Riego y Drenaje. 2da reimpresión. San José, CR. EUNED. 224p.

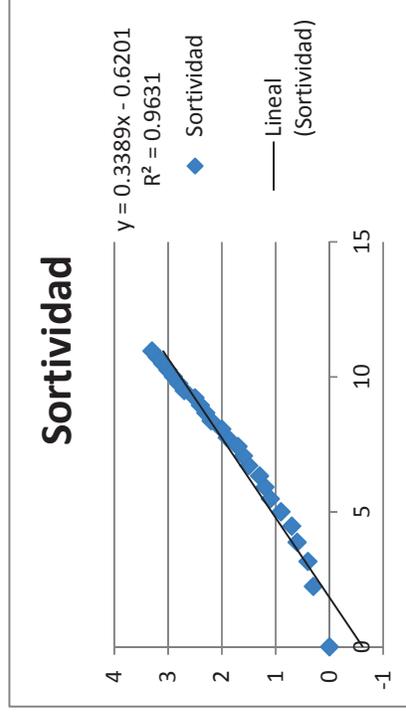
- Vicente J.** s/f. Estadística Descriptiva con SPSS 13 (en línea). Salamanca, ES. Universidad de Salamanca. 70p. Consultado el 10 de mayo del 2013. Disponible en <http://biplot.usal.es/DOCTORADO/3CICLO/BIENIO-06-08/SPSS%20Estadistica.pdf>.
- Vivienda (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, PE).** 2011. Experiencias de Gestión de Riesgo desde el Estado (en línea). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento), Lima. 61 diapositivas. Consultado el 18 de setiembre del 2012. Disponible en <http://www.cenepred.gob.pe/es/noticias/foro/08-MVCS.pdf>.
- Zuñiga C.** 2012. Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de *Tectona grandis* Lf. Procedente del Fundo Génova – Junín. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria la Molina. 85p.

ANEXO I

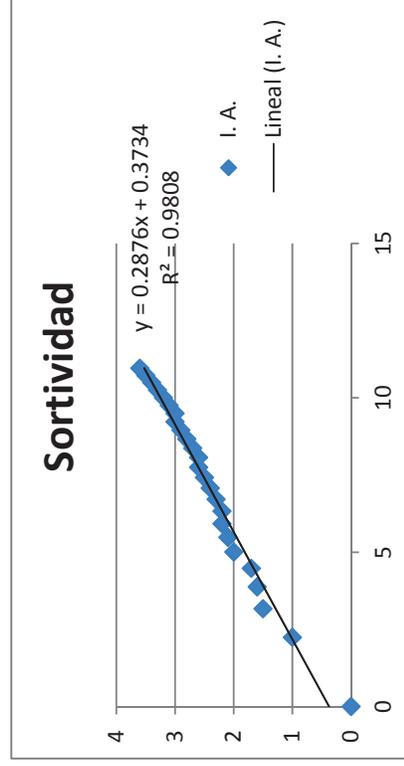
CARTILLAS DE SORTIVIDAD Y GRÁFICAS DE DISPERSIÓN

SISTEMA DE CAFÉ EN ESTADO DE ABANDONO

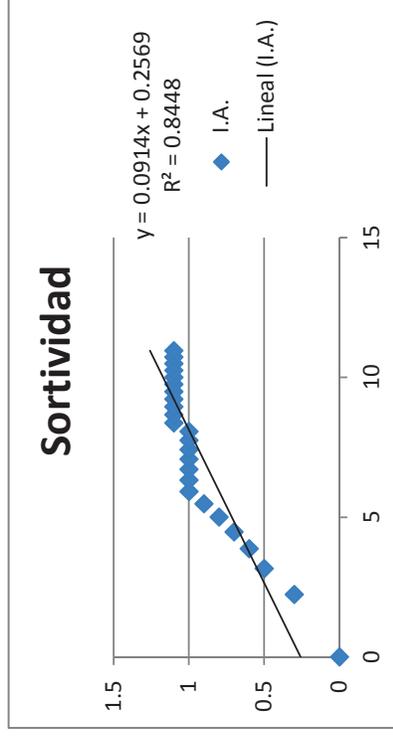
PUNTO 1						
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			Infiltración acumulada	seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Altura anterior		
0	0	9	0	0	0	0.00
5	5	8.7	0.3	0.3	0.3	2.24
10	5	8.6	0.1	0.4	0.4	3.16
15	5	8.4	0.2	0.6	0.6	3.87
20	5	8.3	0.1	0.7	0.7	4.47
25	5	8.1	0.2	0.9	0.9	5.00
30	5	7.9	0.2	1.1	1.1	5.48
35	5	7.8	0.1	1.2	1.2	5.92
40	5	7.7	0.1	1.3	1.3	6.32
45	5	7.5	0.2	1.5	1.5	6.71
50	5	7.4	0.1	1.6	1.6	7.07
55	5	7.3	0.1	1.7	1.7	7.42
60	5	7.1	0.2	1.9	1.9	7.75
65	5	7	0.1	2	2	8.06
70	5	6.8	0.2	2.2	2.2	8.37
75	5	6.7	0.1	2.3	2.3	8.66
80	5	6.6	0.1	2.4	2.4	8.94
85	5	6.5	0.1	2.5	2.5	9.22
90	5	6.3	0.2	2.7	2.7	9.49
95	5	6.2	0.1	2.8	2.8	9.75
100	5	6.1	0.1	2.9	2.9	10.00
105	5	6	0.1	3	3	10.25
110	5	5.9	0.1	3.1	3.1	10.49
115	5	5.8	0.1	3.2	3.2	10.72
120	5	5.7	0.1	3.3	3.3	10.95



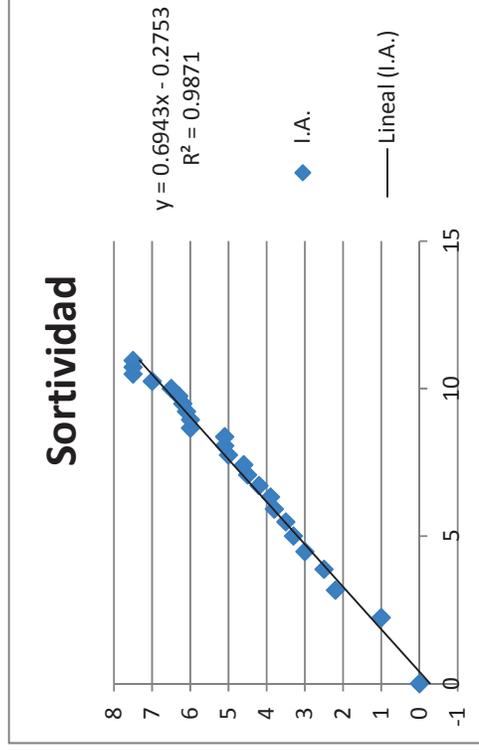
PUNTO 2					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	7	0	0	0.00
5	5	6	1	1	2.24
10	5	5.5	0.5	1.5	3.16
15	5	5.4	0.1	1.6	3.87
20	5	5.3	0.1	1.7	4.47
25	5	5	0.3	2	5.00
30	5	4.9	0.1	2.1	5.48
35	5	4.8	0.1	2.2	5.92
40	5	4.8	0	2.2	6.32
45	5	4.7	0.1	2.3	6.71
50	5	4.6	0.1	2.4	7.07
55	5	4.5	0.1	2.5	7.42
60	5	4.4	0.1	2.6	7.75
65	5	4.4	0	2.6	8.06
70	5	4.3	0.1	2.7	8.37
75	5	4.2	0.1	2.8	8.66
80	5	4.1	0.1	2.9	8.94
85	5	4	0.1	3	9.22
90	5	4	0	3	9.49
95	5	3.9	0.1	3.1	9.75
100	5	3.8	0.1	3.2	10.00
105	5	3.7	0.1	3.3	10.25
110	5	3.6	0.1	3.4	10.49
115	5	3.5	0.1	3.5	10.72
120	5	3.4	0.1	3.6	10.95



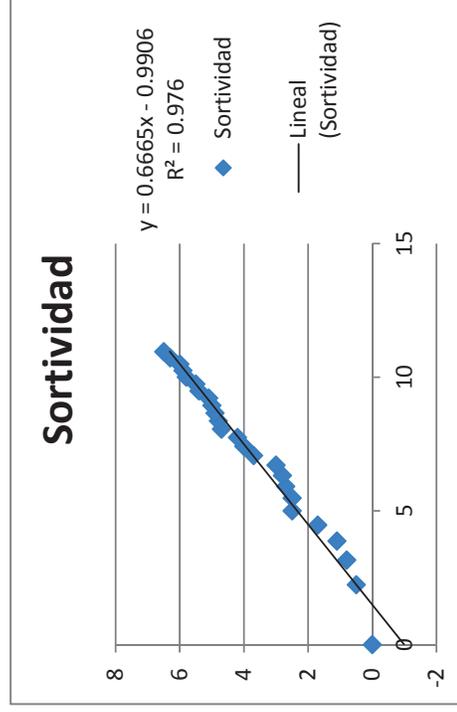
PUNTO 3					
Tiempo de infiltración	Tiempo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	9	0	0	0.00
5	5	8.7	0.3	0.3	2.24
10	5	8.5	0.2	0.5	3.16
15	5	8.4	0.1	0.6	3.87
20	5	8.3	0.1	0.7	4.47
25	5	8.2	0.1	0.8	5.00
30	5	8.1	0.1	0.9	5.48
35	5	8	0.1	1	5.92
40	5	8	0	1	6.32
45	5	8	0	1	6.71
50	5	8	0	1	7.07
55	5	8	0	1	7.42
60	5	8	0	1	7.75
65	5	8	0	1	8.06
70	5	7.9	0.1	1.1	8.37
75	5	7.9	0	1.1	8.66
80	5	7.9	0	1.1	8.94
85	5	7.9	0	1.1	9.22
90	5	7.9	0	1.1	9.49
95	5	7.9	0	1.1	9.75
100	5	7.9	0	1.1	10.00
105	5	7.9	0	1.1	10.25
110	5	7.9	0	1.1	10.49
115	5	7.9	0	1.1	10.72
120	5	7.9	0	1.1	10.95



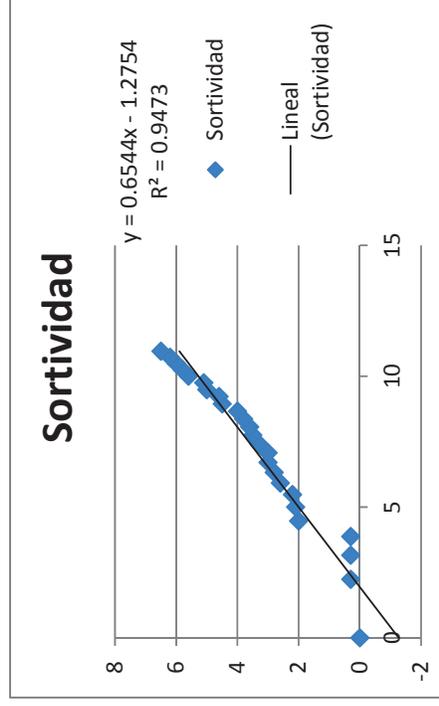
PUNTO 4					
Tiempo de infiltración	Intervalo	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	7.5	0	0	0.00
5	5	6.5	1	1	2.24
10	5	5.3	1.2	2.2	3.16
15	5	5	0.3	2.5	3.87
20	5	4.5	0.5	3	4.47
25	5	4.2	0.3	3.3	5.00
30	5	4	0.2	3.5	5.48
35	5	3.7	0.3	3.8	5.92
40	5	3.6	0.1	3.9	6.32
45	5	3.3	0.3	4.2	6.71
50	5	3	0.3	4.5	7.07
55	5	2.9	0.1	4.6	7.42
60	5	2.5	0.4	5	7.75
65	5	2.4	0.1	5.1	8.06
70	5	2.4	0	5.1	8.37
75	5	1.5	0.9	6	8.66
80	5	1.5	0	6	8.94
85	5	1.4	0.1	6.1	9.22
90	5	1.3	0.1	6.2	9.49
95	5	1.2	0.1	6.3	9.75
100	5	1	0.2	6.5	10.00
105	5	0.5	0.5	7	10.25
110	5	0	0.5	7.5	10.49
115	5	0	0	7.5	10.72
120	5	0	0	7.5	10.95



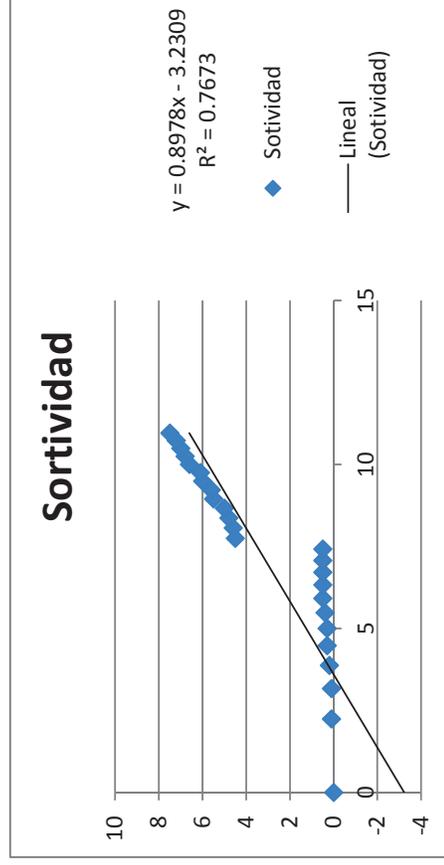
PUNTO 5					
Tiempo de infiltración	Intervalo	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	10	0	0	0.00
5	5	9.5	0.5	0.5	2.24
10	5	9.2	0.3	0.8	3.16
15	5	8.9	0.3	1.1	3.87
20	5	8.3	0.6	1.7	4.47
25	5	7.5	0.8	2.5	5.00
30	5	7.5	0	2.5	5.48
35	5	7.3	0.2	2.7	5.92
40	5	7.2	0.1	2.8	6.32
45	5	7	0.2	3	6.71
50	5	6.3	0.7	3.7	7.07
55	5	6	0.3	4	7.42
60	5	5.8	0.2	4.2	7.75
65	5	5.3	0.5	4.7	8.06
70	5	5.2	0.1	4.8	8.37
75	5	5.1	0.1	4.9	8.66
80	5	5	0.1	5	8.94
85	5	4.9	0.1	5.1	9.22
90	5	4.6	0.3	5.4	9.49
95	5	4.5	0.1	5.5	9.75
100	5	4.2	0.3	5.8	10.00
105	5	4.1	0.1	5.9	10.25
110	5	4	0.1	6	10.49
115	5	3.7	0.3	6.3	10.72
120	5	3.5	0.2	6.5	10.95



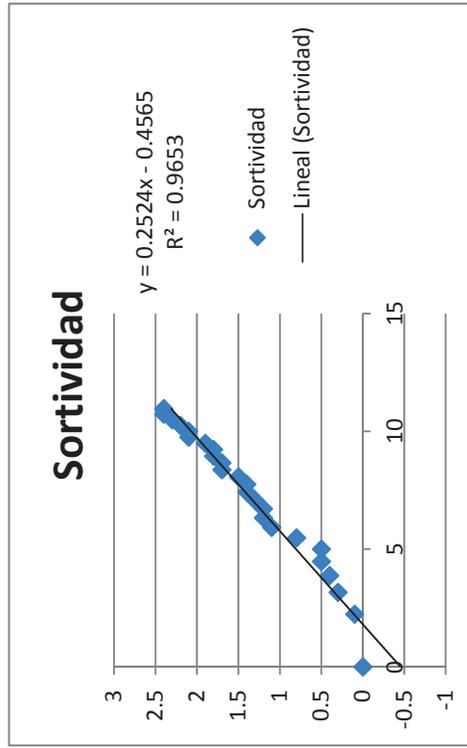
PUNTO 6					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	9.5	0	0	0.00
5	5	9.2	0.3	0.3	2.24
10	5	9.2	0	0.3	3.16
15	5	9.2	0	0.3	3.87
20	5	7.5	1.7	2	4.47
25	5	7.4	0.1	2.1	5.00
30	5	7.3	0.1	2.2	5.48
35	5	6.9	0.4	2.6	5.92
40	5	6.7	0.2	2.8	6.32
45	5	6.5	0.2	3	6.71
50	5	6.5	0	3	7.07
55	5	6.2	0.3	3.3	7.42
60	5	6	0.2	3.5	7.75
65	5	5.9	0.1	3.6	8.06
70	5	5.7	0.2	3.8	8.37
75	5	5.5	0.2	4	8.66
80	5	5	0.5	4.5	8.94
85	5	4.9	0.1	4.6	9.22
90	5	4.5	0.4	5	9.49
95	5	4.4	0.1	5.1	9.75
100	5	3.9	0.5	5.6	10.00
105	5	3.7	0.2	5.8	10.25
110	5	3.5	0.2	6	10.49
115	5	3.3	0.2	6.2	10.72
120	5	3	0.3	6.5	10.95



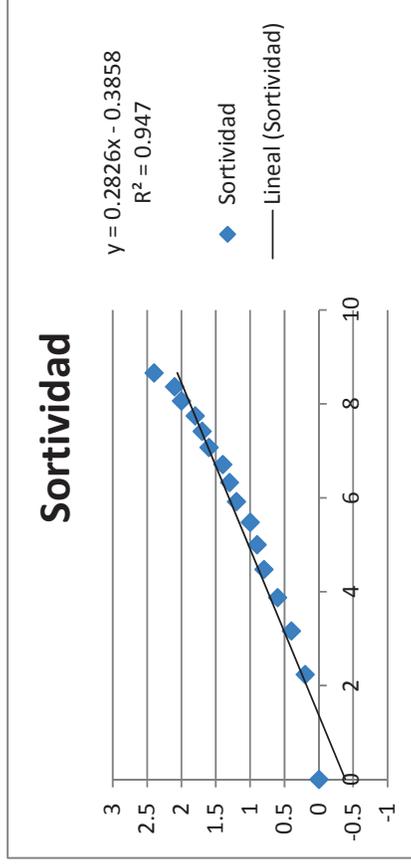
PUNTO 7					
Tiempo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5	
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	10.5	0	0	0.00
5	5	10.4	0.1	0.1	2.24
10	5	10.4	0	0.1	3.16
15	5	10.3	0.1	0.2	3.87
20	5	10.2	0.1	0.3	4.47
25	5	10.2	0	0.3	5.00
30	5	10.1	0.1	0.4	5.48
35	5	10	0.1	0.5	5.92
40	5	10	0	0.5	6.32
45	5	10	0	0.5	6.71
50	5	10	0	0.5	7.07
55	5	10	0	0.5	7.42
60	5	6	4	4.5	7.75
65	5	5.9	0.1	4.6	8.06
70	5	5.7	0.2	4.8	8.37
75	5	5.5	0.2	5	8.66
80	5	5	0.5	5.5	8.94
85	5	4.9	0.1	5.6	9.22
90	5	4.5	0.4	6	9.49
95	5	4.4	0.1	6.1	9.75
100	5	3.9	0.5	6.6	10.00
105	5	3.7	0.2	6.8	10.25
110	5	3.5	0.2	7	10.49
115	5	3.3	0.2	7.2	10.72
120	5	3	0.3	7.5	10.95



PUNTO 8					
Tiempo (segundos)	Nivel del Agua (cm)				seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	7.7	0	0	0.00
5	5	7.6	0.1	0.1	2.24
10	5	7.4	0.2	0.3	3.16
15	5	7.3	0.1	0.4	3.87
20	5	7.2	0.1	0.5	4.47
25	5	7.2	0	0.5	5.00
30	5	6.9	0.3	0.8	5.48
35	5	6.6	0.3	1.1	5.92
40	5	6.5	0.1	1.2	6.32
45	5	6.5	0	1.2	6.71
50	5	6.4	0.1	1.3	7.07
55	5	6.3	0.1	1.4	7.42
60	5	6.3	0	1.4	7.75
65	5	6.2	0.1	1.5	8.06
70	5	6	0.2	1.7	8.37
75	5	6	0	1.7	8.66
80	5	5.9	0.1	1.8	8.94
85	5	5.9	0	1.8	9.22
90	5	5.8	0.1	1.9	9.49
95	5	5.6	0.2	2.1	9.75
100	5	5.6	0	2.1	10.00
105	5	5.5	0.1	2.2	10.25
110	5	5.4	0.1	2.3	10.49
115	5	5.3	0.1	2.4	10.72
120	5	5.3	0	2.4	10.95

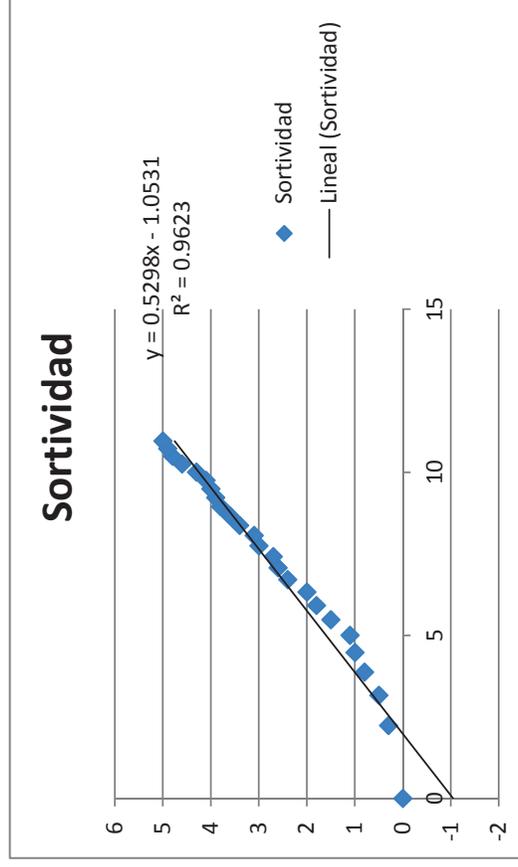


PUNTO 9					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	2.5	0	0	0.00
5	5	2.3	0.2	0.2	2.24
10	5	2.1	0.2	0.4	3.16
15	5	1.9	0.2	0.6	3.87
20	5	1.7	0.2	0.8	4.47
25	5	1.6	0.1	0.9	5.00
30	5	1.5	0.1	1	5.48
35	5	1.3	0.2	1.2	5.92
40	5	1.2	0.1	1.3	6.32
45	5	1.1	0.1	1.4	6.71
50	5	0.9	0.2	1.6	7.07
55	5	0.8	0.1	1.7	7.42
60	5	0.7	0.1	1.8	7.75
65	5	0.5	0.2	2	8.06
70	5	0.4	0.1	2.1	8.37
75	5	0.1	0.3	2.4	8.66
80	5	0	0.1	2.5	8.94
85	5	0	0	2.5	9.22
90	5	0	0	2.5	9.49
95	5	0	0	2.5	9.75
100	5	0	0	2.5	10.00
105	5	0	0	2.5	10.25
110	5	0	0	2.5	10.49
115	5	0	0	2.5	10.72
120	5	0	0	2.5	10.95

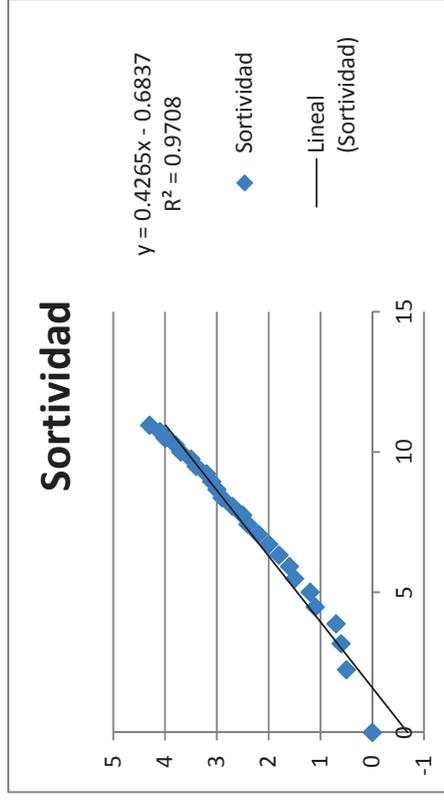


SISTEMA DE CÍTRICOS

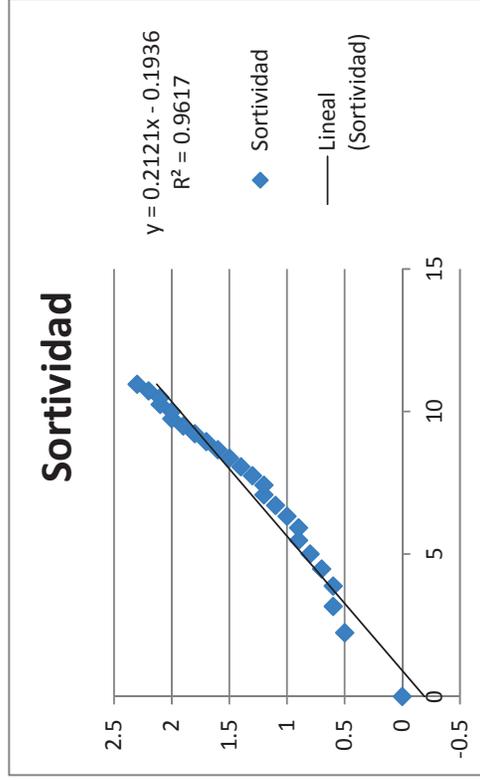
PUNTO 1					
Tiempo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5	
	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada		
0	13.3	0	0	0.00	
5	13	0.3	0.3	2.24	
10	12.8	0.2	0.5	3.16	
15	12.5	0.3	0.8	3.87	
20	12.3	0.2	1	4.47	
25	12.2	0.1	1.1	5.00	
30	11.8	0.4	1.5	5.48	
35	11.5	0.3	1.8	5.92	
40	11.3	0.2	2	6.32	
45	10.9	0.4	2.4	6.71	
50	10.7	0.2	2.6	7.07	
55	10.6	0.1	2.7	7.42	
60	10.3	0.3	3	7.75	
65	10.2	0.1	3.1	8.06	
70	9.9	0.3	3.4	8.37	
75	9.7	0.2	3.6	8.66	
80	9.5	0.2	3.8	8.94	
85	9.4	0.1	3.9	9.22	
90	9.3	0.1	4	9.49	
95	9.2	0.1	4.1	9.75	
100	9	0.2	4.3	10.00	
105	8.7	0.3	4.6	10.25	
110	8.5	0.2	4.8	10.49	
115	8.4	0.1	4.9	10.72	
120	8.3	0.1	5	10.95	



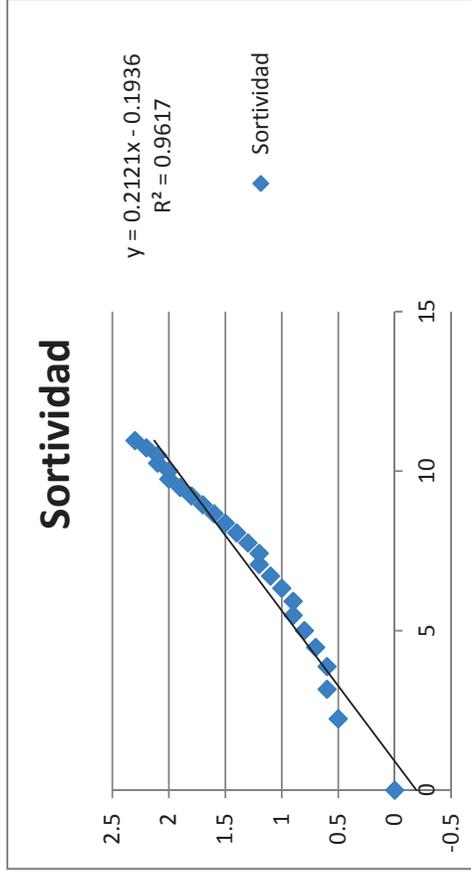
PUNTO 2					
Tiempo de infiltración	Intervalo	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	11	0	0	0.00
5	5	10.5	0.5	0.5	2.24
10	5	10.4	0.1	0.6	3.16
15	5	10.3	0.1	0.7	3.87
20	5	9.9	0.4	1.1	4.47
25	5	9.8	0.1	1.2	5.00
30	5	9.5	0.3	1.5	5.48
35	5	9.4	0.1	1.6	5.92
40	5	9.2	0.2	1.8	6.32
45	5	9	0.2	2	6.71
50	5	8.8	0.2	2.2	7.07
55	5	8.6	0.2	2.4	7.42
60	5	8.5	0.1	2.5	7.75
65	5	8.3	0.2	2.7	8.06
70	5	8.1	0.2	2.9	8.37
75	5	8	0.1	3	8.66
80	5	7.9	0.1	3.1	8.94
85	5	7.8	0.1	3.2	9.22
90	5	7.6	0.2	3.4	9.49
95	5	7.5	0.1	3.5	9.75
100	5	7.3	0.2	3.7	10.00
105	5	7.2	0.1	3.8	10.25
110	5	7	0.2	4	10.49
115	5	6.9	0.1	4.1	10.72
120	5	6.7	0.2	4.3	10.95



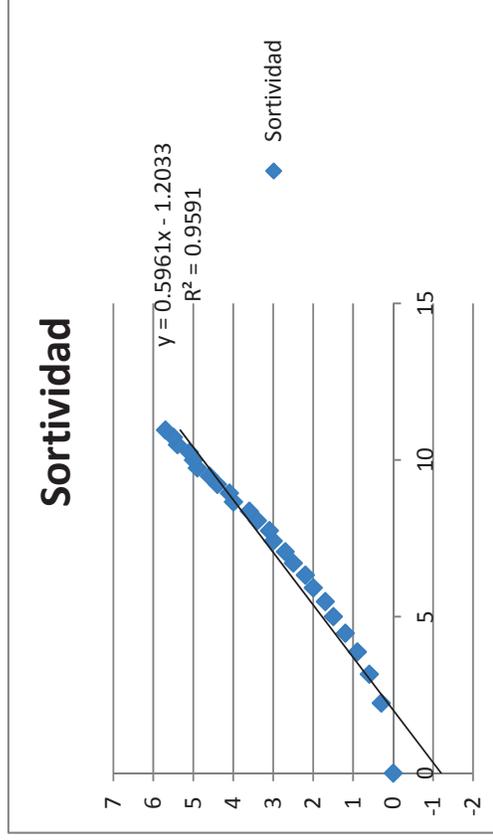
PUNTO 3					
Tiempo de infiltración	Intervalo	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	9	0	0	0.00
5	5	8.5	0.5	0.5	2.24
10	5	8.4	0.1	0.6	3.16
15	5	8.4	0	0.6	3.87
20	5	8.3	0.1	0.7	4.47
25	5	8.2	0.1	0.8	5.00
30	5	8.1	0.1	0.9	5.48
35	5	8.1	0	0.9	5.92
40	5	8	0.1	1	6.32
45	5	7.9	0.1	1.1	6.71
50	5	7.8	0.1	1.2	7.07
55	5	7.8	0	1.2	7.42
60	5	7.7	0.1	1.3	7.75
65	5	7.6	0.1	1.4	8.06
70	5	7.5	0.1	1.5	8.37
75	5	7.4	0.1	1.6	8.66
80	5	7.3	0.1	1.7	8.94
85	5	7.2	0.1	1.8	9.22
90	5	7.1	0.1	1.9	9.49
95	5	7	0.1	2	9.75
100	5	7	0	2	10.00
105	5	6.9	0.1	2.1	10.25
110	5	6.9	0	2.1	10.49
115	5	6.8	0.1	2.2	10.72
120	5	6.7	0.1	2.3	10.95



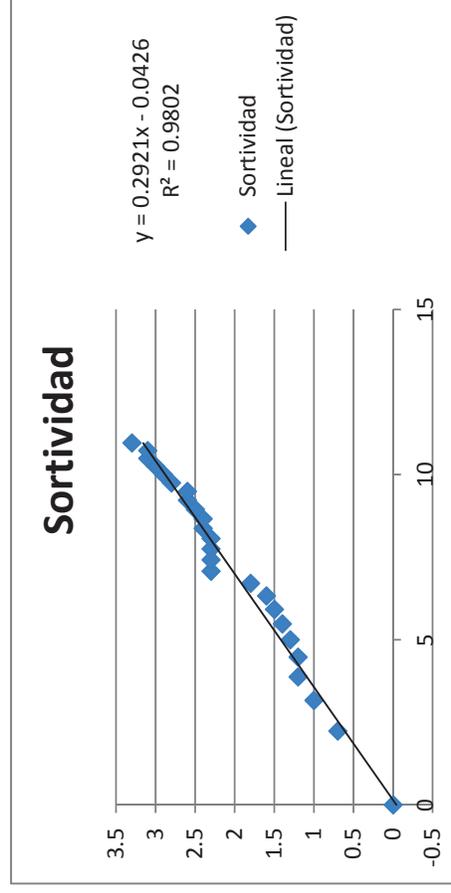
PUNTO 4					
Tiempo de infiltración	Intervalo	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	11.5	0	0	0.00
5	5	11.2	0.3	0.3	2.24
10	5	10.9	0.3	0.6	3.16
15	5	10.6	0.3	0.9	3.87
20	5	10.3	0.3	1.2	4.47
25	5	10	0.3	1.5	5.00
30	5	9.8	0.2	1.7	5.48
35	5	9.5	0.3	2	5.92
40	5	9.3	0.2	2.2	6.32
45	5	9	0.3	2.5	6.71
50	5	8.8	0.2	2.7	7.07
55	5	8.5	0.3	3	7.42
60	5	8.4	0.1	3.1	7.75
65	5	8.1	0.3	3.4	8.06
70	5	7.9	0.2	3.6	8.37
75	5	7.5	0.4	4	8.66
80	5	7.4	0.1	4.1	8.94
85	5	7.1	0.3	4.4	9.22
90	5	6.9	0.2	4.6	9.49
95	5	6.6	0.3	4.9	9.75
100	5	6.5	0.1	5	10.00
105	5	6.4	0.1	5.1	10.25
110	5	6.1	0.3	5.4	10.49
115	5	6	0.1	5.5	10.72
120	5	5.8	0.2	5.7	10.95



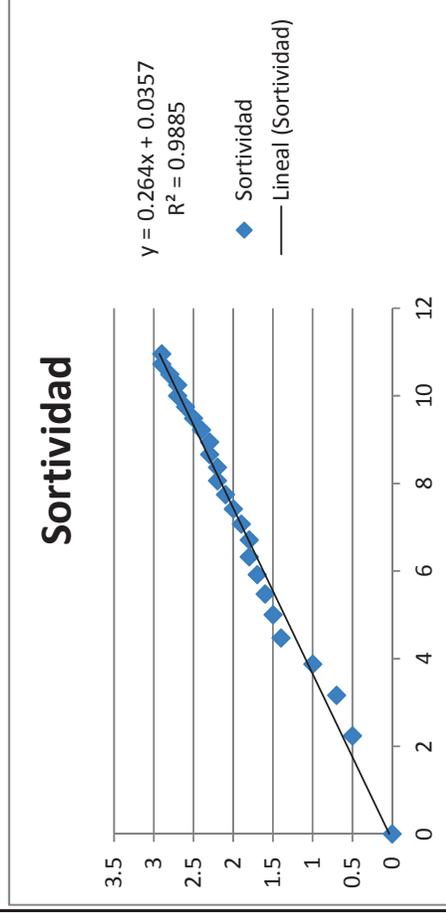
PUNTO 5					
Tiempo de infiltración	Intervalo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	11	0	0	0.00
5	5	10.3	0.7	0.7	2.24
10	5	10	0.3	1	3.16
15	5	9.8	0.2	1.2	3.87
20	5	9.8	0	1.2	4.47
25	5	9.7	0.1	1.3	5.00
30	5	9.6	0.1	1.4	5.48
35	5	9.5	0.1	1.5	5.92
40	5	9.4	0.1	1.6	6.32
45	5	9.2	0.2	1.8	6.71
50	5	8.7	0.5	2.3	7.07
55	5	8.7	0	2.3	7.42
60	5	8.7	0	2.3	7.75
65	5	8.7	0	2.3	8.06
70	5	8.6	0.1	2.4	8.37
75	5	8.6	0	2.4	8.66
80	5	8.5	0.1	2.5	8.94
85	5	8.4	0.1	2.6	9.22
90	5	8.4	0	2.6	9.49
95	5	8.2	0.2	2.8	9.75
100	5	8.1	0.1	2.9	10.00
105	5	8	0.1	3	10.25
110	5	7.9	0.1	3.1	10.49
115	5	7.9	0	3.1	10.72
120	5	7.7	0.2	3.3	10.95



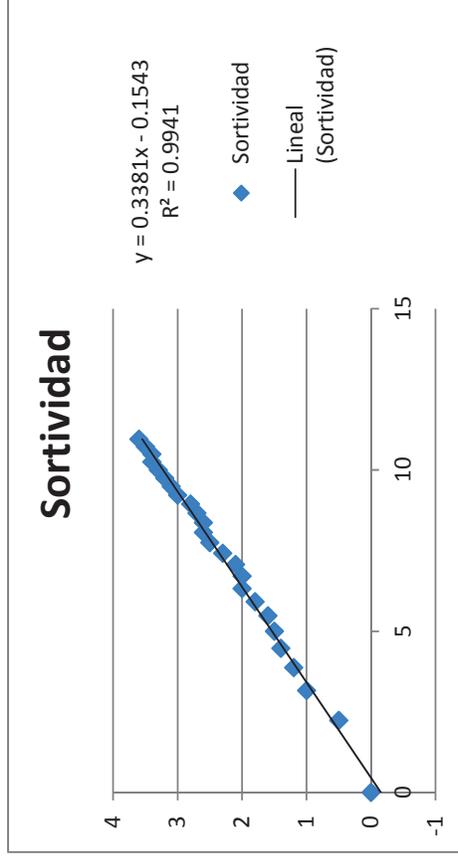
PUNTO 6					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	13.5	0	0	0.00
5	5	13	0.5	0.5	2.24
10	5	12.8	0.2	0.7	3.16
15	5	12.5	0.3	1	3.87
20	5	12.1	0.4	1.4	4.47
25	5	12	0.1	1.5	5.00
30	5	11.9	0.1	1.6	5.48
35	5	11.8	0.1	1.7	5.92
40	5	11.7	0.1	1.8	6.32
45	5	11.7	0	1.8	6.71
50	5	11.6	0.1	1.9	7.07
55	5	11.5	0.1	2	7.42
60	5	11.4	0.1	2.1	7.75
65	5	11.3	0.1	2.2	8.06
70	5	11.3	0	2.2	8.37
75	5	11.2	0.1	2.3	8.66
80	5	11.2	0	2.3	8.94
85	5	11.1	0.1	2.4	9.22
90	5	11	0.1	2.5	9.49
95	5	10.9	0.1	2.6	9.75
100	5	10.8	0.1	2.7	10.00
105	5	10.8	0	2.7	10.25
110	5	10.7	0.1	2.8	10.49
115	5	10.6	0.1	2.9	10.72
120	5	10.6	0	2.9	10.95



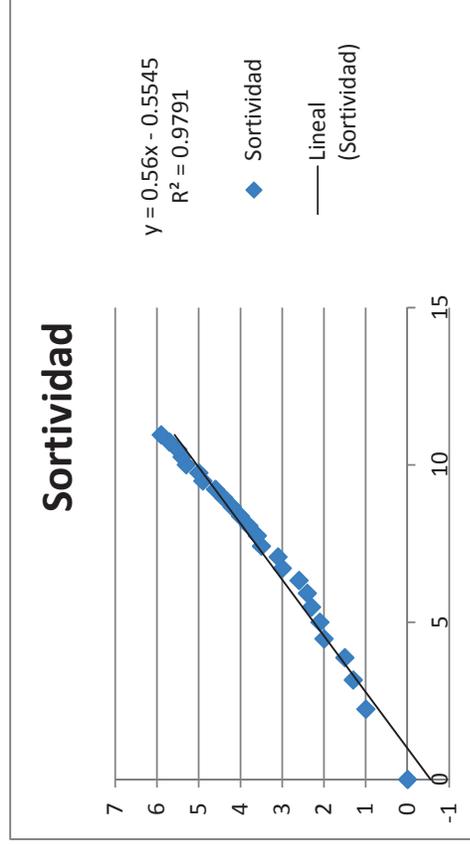
PUNTO 7					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	9	0	0	0.00
5	5	8.5	0.5	0.5	2.24
10	5	8	0.5	1	3.16
15	5	7.8	0.2	1.2	3.87
20	5	7.6	0.2	1.4	4.47
25	5	7.5	0.1	1.5	5.00
30	5	7.4	0.1	1.6	5.48
35	5	7.2	0.2	1.8	5.92
40	5	7	0.2	2	6.32
45	5	7	0	2	6.71
50	5	6.9	0.1	2.1	7.07
55	5	6.7	0.2	2.3	7.42
60	5	6.5	0.2	2.5	7.75
65	5	6.4	0.1	2.6	8.06
70	5	6.4	0	2.6	8.37
75	5	6.3	0.1	2.7	8.66
80	5	6.2	0.1	2.8	8.94
85	5	6	0.2	3	9.22
90	5	5.9	0.1	3.1	9.49
95	5	5.8	0.1	3.2	9.75
100	5	5.7	0.1	3.3	10.00
105	5	5.6	0.1	3.4	10.25
110	5	5.6	0	3.4	10.49
115	5	5.5	0.1	3.5	10.72
120	5	5.4	0.1	3.6	10.95



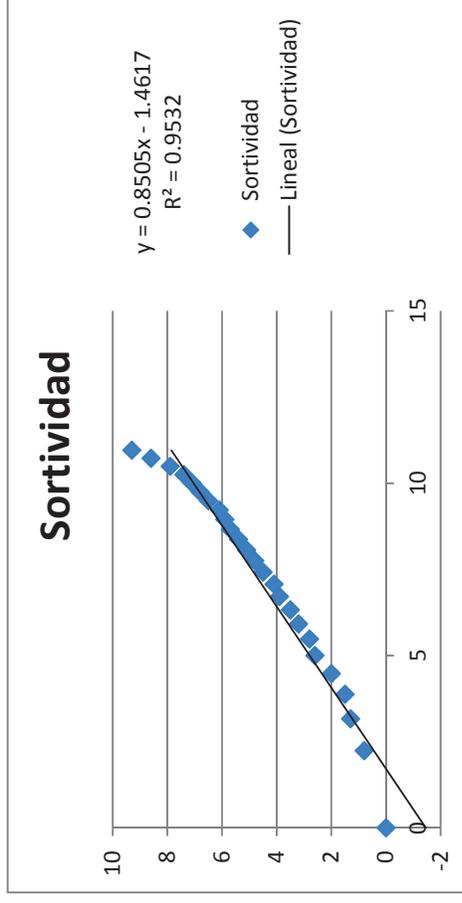
PUNTO 8					
Tiempo de infiltración	Intervalo	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	14	0	0	0.00
5	5	13	1	1	2.24
10	5	12.7	0.3	1.3	3.16
15	5	12.5	0.2	1.5	3.87
20	5	12	0.5	2	4.47
25	5	11.9	0.1	2.1	5.00
30	5	11.7	0.2	2.3	5.48
35	5	11.6	0.1	2.4	5.92
40	5	11.4	0.2	2.6	6.32
45	5	11	0.4	3	6.71
50	5	10.9	0.1	3.1	7.07
55	5	10.5	0.4	3.5	7.42
60	5	10.4	0.1	3.6	7.75
65	5	10.2	0.2	3.8	8.06
70	5	10	0.2	4	8.37
75	5	9.8	0.2	4.2	8.66
80	5	9.6	0.2	4.4	8.94
85	5	9.4	0.2	4.6	9.22
90	5	9.1	0.3	4.9	9.49
95	5	9	0.1	5	9.75
100	5	8.7	0.3	5.3	10.00
105	5	8.6	0.1	5.4	10.25
110	5	8.5	0.1	5.5	10.49
115	5	8.3	0.2	5.7	10.72
120	5	8.1	0.2	5.9	10.95



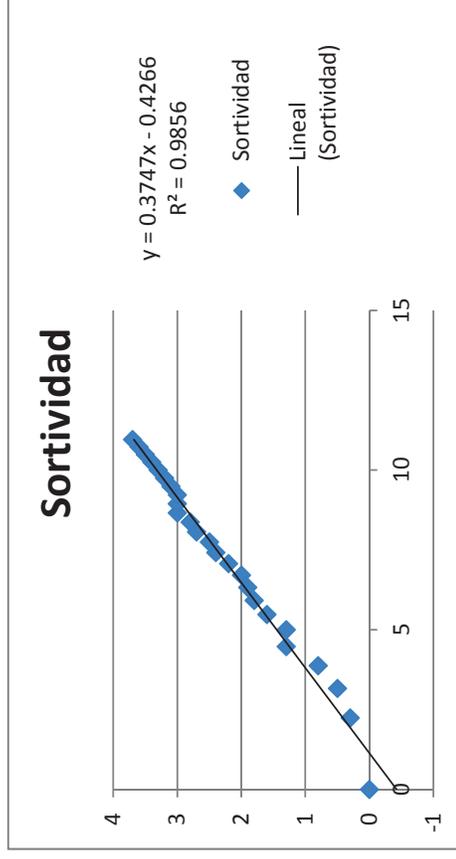
PUNTO 9					
Tiempo de infiltración	Intervalo	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	9.3	0	0	0.00
5	5	8.5	0.8	0.8	2.24
10	5	8	0.5	1.3	3.16
15	5	7.8	0.2	1.5	3.87
20	5	7.3	0.5	2	4.47
25	5	6.7	0.6	2.6	5.00
30	5	6.5	0.2	2.8	5.48
35	5	6.1	0.4	3.2	5.92
40	5	5.8	0.3	3.5	6.32
45	5	5.4	0.4	3.9	6.71
50	5	5.2	0.2	4.1	7.07
55	5	4.8	0.4	4.5	7.42
60	5	4.5	0.3	4.8	7.75
65	5	4.2	0.3	5.1	8.06
70	5	3.9	0.3	5.4	8.37
75	5	3.6	0.3	5.7	8.66
80	5	3.4	0.2	5.9	8.94
85	5	3.2	0.2	6.1	9.22
90	5	2.8	0.4	6.5	9.49
95	5	2.5	0.3	6.8	9.75
100	5	2.2	0.3	7.1	10.00
105	5	1.9	0.3	7.4	10.25
110	5	1.4	0.5	7.9	10.49
115	5	0.7	0.7	8.6	10.72
120	5	0	0.7	9.3	10.95



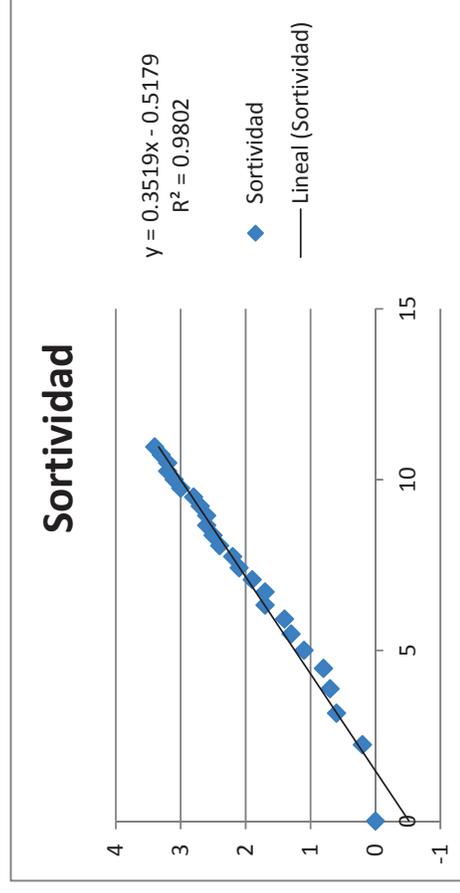
PUNTO 10					
Tiempo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5	
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	10	0	0	0.00
5	5	9.7	0.3	0.3	2.24
10	5	9.5	0.2	0.5	3.16
15	5	9.2	0.3	0.8	3.87
20	5	8.7	0.5	1.3	4.47
25	5	8.7	0	1.3	5.00
30	5	8.4	0.3	1.6	5.48
35	5	8.2	0.2	1.8	5.92
40	5	8.1	0.1	1.9	6.32
45	5	8	0.1	2	6.71
50	5	7.8	0.2	2.2	7.07
55	5	7.6	0.2	2.4	7.42
60	5	7.5	0.1	2.5	7.75
65	5	7.3	0.2	2.7	8.06
70	5	7.2	0.1	2.8	8.37
75	5	7	0.2	3	8.66
80	5	7	0	3	8.94
85	5	7	0	3	9.22
90	5	6.9	0.1	3.1	9.49
95	5	6.8	0.1	3.2	9.75
100	5	6.7	0.1	3.3	10.00
105	5	6.6	0.1	3.4	10.25
110	5	6.5	0.1	3.5	10.49
115	5	6.4	0.1	3.6	10.72
120	5	6.3	0.1	3.7	10.95



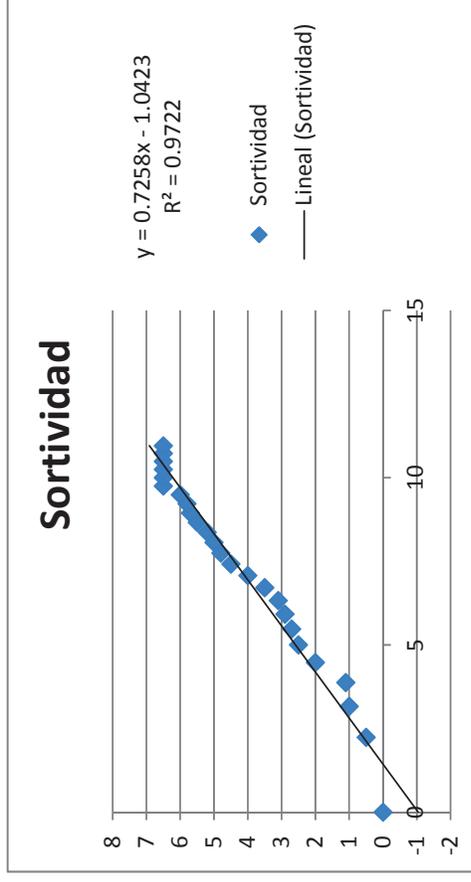
PUNTO 11					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	9.5	0	0	0.00
5	5	9.3	0.2	0.2	2.24
10	5	9	0.3	0.5	3.16
15	5	8.8	0.2	0.7	3.87
20	5	8.5	0.3	1	4.47
25	5	8.3	0.2	1.2	5.00
30	5	8.1	0.2	1.4	5.48
35	5	7.9	0.2	1.6	5.92
40	5	7.7	0.2	1.8	6.32
45	5	7.5	0.2	2	6.71
50	5	7.4	0.1	2.1	7.07
55	5	7.3	0.1	2.2	7.42
60	5	7.2	0.1	2.3	7.75
65	5	6.9	0.3	2.6	8.06
70	5	6.7	0.2	2.8	8.37
75	5	6.7	0	2.8	8.66
80	5	6.5	0.2	3	8.94
85	5	6.4	0.1	3.1	9.22
90	5	6.3	0.1	3.2	9.49
95	5	6.1	0.2	3.4	9.75
100	5	6	0.1	3.5	10.00
105	5	5.9	0.1	3.6	10.25
110	5	5.8	0.1	3.7	10.49
115	5	5.7	0.1	3.8	10.72
120	5	5.6	0.1	3.9	10.95



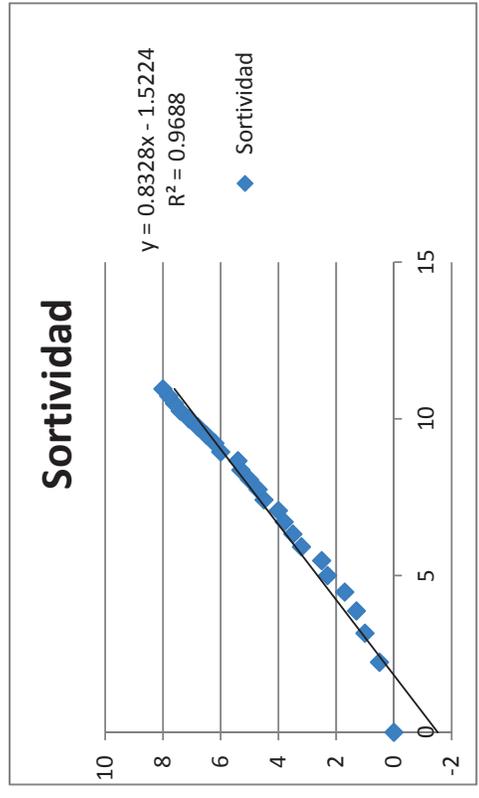
PUNTO 12					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	10	0	0	0.00
5	5	9.8	0.2	0.2	2.24
10	5	9.4	0.4	0.6	3.16
15	5	9.3	0.1	0.7	3.87
20	5	9.2	0.1	0.8	4.47
25	5	8.9	0.3	1.1	5.00
30	5	8.7	0.2	1.3	5.48
35	5	8.6	0.1	1.4	5.92
40	5	8.3	0.3	1.7	6.32
45	5	8.3	0	1.7	6.71
50	5	8.1	0.2	1.9	7.07
55	5	7.9	0.2	2.1	7.42
60	5	7.8	0.1	2.2	7.75
65	5	7.6	0.2	2.4	8.06
70	5	7.5	0.1	2.5	8.37
75	5	7.4	0.1	2.6	8.66
80	5	7.4	0	2.6	8.94
85	5	7.3	0.1	2.7	9.22
90	5	7.2	0.1	2.8	9.49
95	5	7	0.2	3	9.75
100	5	6.9	0.1	3.1	10.00
105	5	6.8	0.1	3.2	10.25
110	5	6.8	0	3.2	10.49
115	5	6.7	0.1	3.3	10.72
120	5	6.6	0.1	3.4	10.95



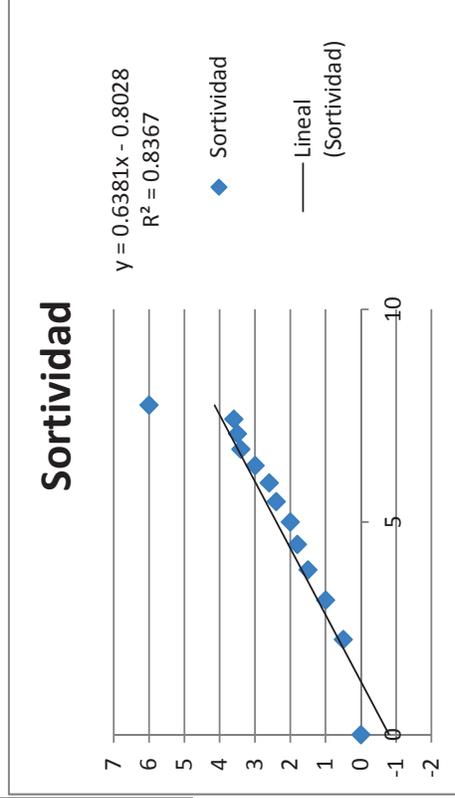
PUNTO 13					
Tiempo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5	
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	6.5	0	0	0.00
5	5	6	0.5	0.5	2.24
10	5	5.5	0.5	1	3.16
15	5	5.4	0.1	1.1	3.87
20	5	4.5	0.9	2	4.47
25	5	4	0.5	2.5	5.00
30	5	3.8	0.2	2.7	5.48
35	5	3.6	0.2	2.9	5.92
40	5	3.4	0.2	3.1	6.32
45	5	3	0.4	3.5	6.71
50	5	2.5	0.5	4	7.07
55	5	2	0.5	4.5	7.42
60	5	1.7	0.3	4.8	7.75
65	5	1.5	0.2	5	8.06
70	5	1.3	0.2	5.2	8.37
75	5	1	0.3	5.5	8.66
80	5	0.8	0.2	5.7	8.94
85	5	0.7	0.1	5.8	9.22
90	5	0.5	0.2	6	9.49
95	5	0	0.5	6.5	9.75
100	5	0	0	6.5	10.00
105	5	0	0	6.5	10.25
110	5	0	0	6.5	10.49
115	5	0	0	6.5	10.72
120	5	0	0	6.5	10.95



PUNTO 14					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	15	0	0	0.00
5	5	14.5	0.5	0.5	2.24
10	5	14	0.5	1	3.16
15	5	13.7	0.3	1.3	3.87
20	5	13.3	0.4	1.7	4.47
25	5	12.7	0.6	2.3	5.00
30	5	12.5	0.2	2.5	5.48
35	5	11.8	0.7	3.2	5.92
40	5	11.5	0.3	3.5	6.32
45	5	11.2	0.3	3.8	6.71
50	5	11	0.2	4	7.07
55	5	10.5	0.5	4.5	7.42
60	5	10.3	0.2	4.7	7.75
65	5	10	0.3	5	8.06
70	5	9.7	0.3	5.3	8.37
75	5	9.6	0.1	5.4	8.66
80	5	9	0.6	6	8.94
85	5	8.8	0.2	6.2	9.22
90	5	8.5	0.3	6.5	9.49
95	5	8.2	0.3	6.8	9.75
100	5	7.9	0.3	7.1	10.00
105	5	7.6	0.3	7.4	10.25
110	5	7.4	0.2	7.6	10.49
115	5	7.2	0.2	7.8	10.72
120	5	7	0.2	8	10.95

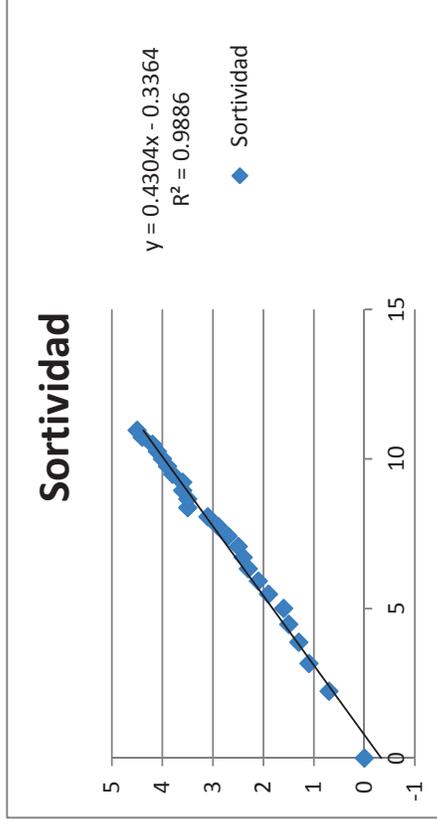


PUNTO 15					
Tiempo (segundos)	Nivel del Agua (cm)				seg ^ 0.5
Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada		
0	6	0	0	0.00	
5	5.5	0.5	0.5	2.24	
10	5	0.5	1	3.16	
15	4.5	0.5	1.5	3.87	
20	4.2	0.3	1.8	4.47	
25	4	0.2	2	5.00	
30	3.6	0.4	2.4	5.48	
35	3.4	0.2	2.6	5.92	
40	3	0.4	3	6.32	
45	2.6	0.4	3.4	6.71	
50	2.5	0.1	3.5	7.07	
55	2.4	0.1	3.6	7.42	
60	0	2.4	6	7.75	
65	0	0	6	8.06	
70	0	0	6	8.37	
75	0	0	6	8.66	
80	0	0	6	8.94	
85	0	0	6	9.22	
90	0	0	6	9.49	
95	0	0	6	9.75	
100	0	0	6	10.00	
105	0	0	6	10.25	
110	0	0	6	10.49	
115	0	0	6	10.72	
120	0	0	6	10.95	

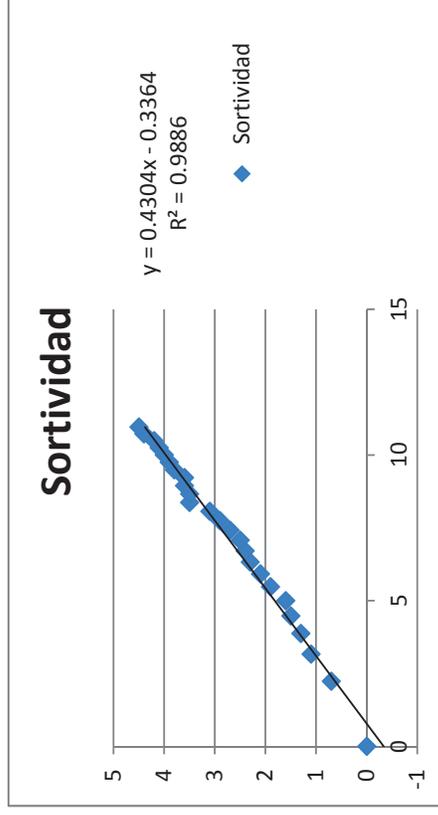


SISTEMA DE TECA

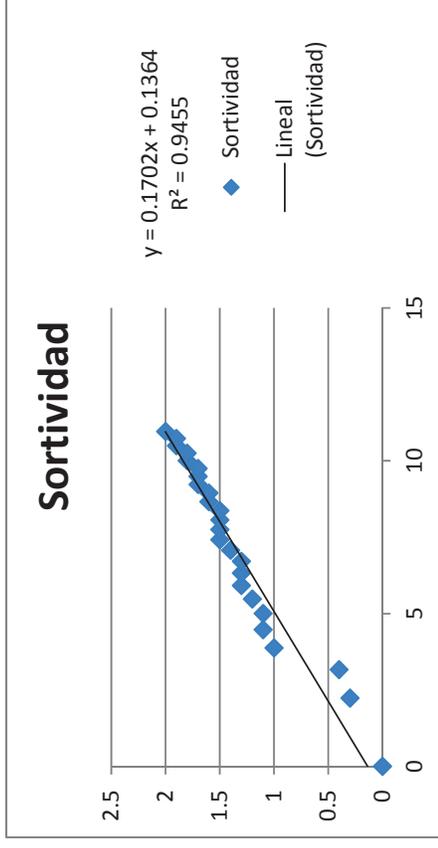
PUNTO 1					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	9	0	0	0.00
5	5	8.3	0.7	0.7	2.24
10	5	7.9	0.4	1.1	3.16
15	5	7.7	0.2	1.3	3.87
20	5	7.5	0.2	1.5	4.47
25	5	7.4	0.1	1.6	5.00
30	5	7.1	0.3	1.9	5.48
35	5	6.9	0.2	2.1	5.92
40	5	6.7	0.2	2.3	6.32
45	5	6.6	0.1	2.4	6.71
50	5	6.5	0.1	2.5	7.07
55	5	6.3	0.2	2.7	7.42
60	5	6.1	0.2	2.9	7.75
65	5	5.9	0.2	3.1	8.06
70	5	5.5	0.4	3.5	8.37
75	5	5.5	0	3.5	8.66
80	5	5.4	0.1	3.6	8.94
85	5	5.4	0	3.6	9.22
90	5	5.2	0.2	3.8	9.49
95	5	5.1	0.1	3.9	9.75
100	5	5	0.1	4	10.00
105	5	4.9	0.1	4.1	10.25
110	5	4.8	0.1	4.2	10.49
115	5	4.6	0.2	4.4	10.72
120	5	4.5	0.1	4.5	10.95



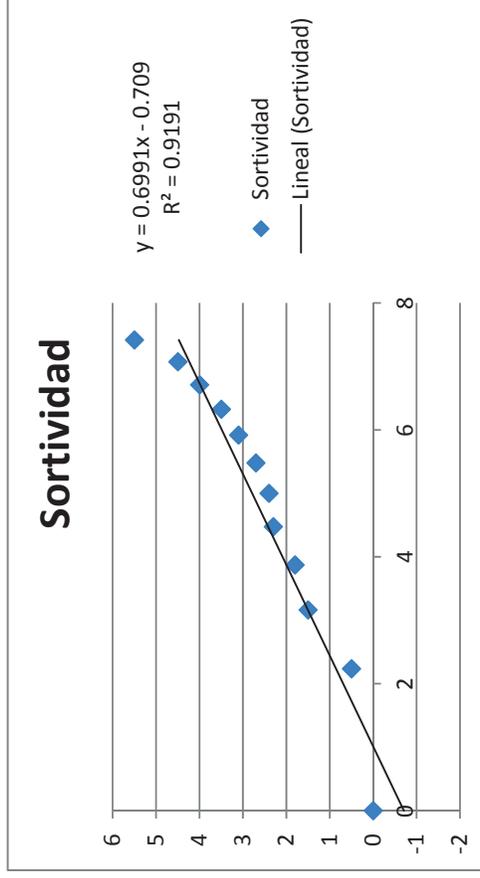
PUNTO 2					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	9	0	0	0.00
5	5	8.3	0.7	0.7	2.24
10	5	7.9	0.4	1.1	3.16
15	5	7.7	0.2	1.3	3.87
20	5	7.5	0.2	1.5	4.47
25	5	7.4	0.1	1.6	5.00
30	5	7.1	0.3	1.9	5.48
35	5	6.9	0.2	2.1	5.92
40	5	6.7	0.2	2.3	6.32
45	5	6.6	0.1	2.4	6.71
50	5	6.5	0.1	2.5	7.07
55	5	6.3	0.2	2.7	7.42
60	5	6.1	0.2	2.9	7.75
65	5	5.9	0.2	3.1	8.06
70	5	5.5	0.4	3.5	8.37
75	5	5.5	0	3.5	8.66
80	5	5.4	0.1	3.6	8.94
85	5	5.4	0	3.6	9.22
90	5	5.2	0.2	3.8	9.49
95	5	5.1	0.1	3.9	9.75
100	5	5	0.1	4	10.00
105	5	4.9	0.1	4.1	10.25
110	5	4.8	0.1	4.2	10.49
115	5	4.6	0.2	4.4	10.72
120	5	4.5	0.1	4.5	10.95



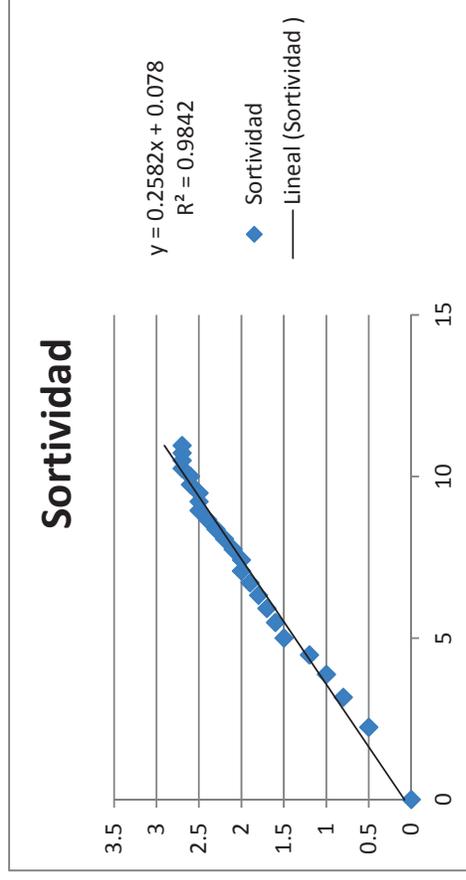
PUNTO 3					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	10	0	0	0.00
5	5	9.7	0.3	0.3	2.24
10	5	9.6	0.1	0.4	3.16
15	5	9	0.6	1	3.87
20	5	8.9	0.1	1.1	4.47
25	5	8.9	0	1.1	5.00
30	5	8.8	0.1	1.2	5.48
35	5	8.7	0.1	1.3	5.92
40	5	8.7	0	1.3	6.32
45	5	8.7	0	1.3	6.71
50	5	8.6	0.1	1.4	7.07
55	5	8.5	0.1	1.5	7.42
60	5	8.5	0	1.5	7.75
65	5	8.5	0	1.5	8.06
70	5	8.5	0	1.5	8.37
75	5	8.4	0.1	1.6	8.66
80	5	8.4	0	1.6	8.94
85	5	8.3	0.1	1.7	9.22
90	5	8.3	0	1.7	9.49
95	5	8.3	0	1.7	9.75
100	5	8.2	0.1	1.8	10.00
105	5	8.2	0	1.8	10.25
110	5	8.1	0.1	1.9	10.49
115	5	8.1	0	1.9	10.72
120	5	8	0.1	2	10.95



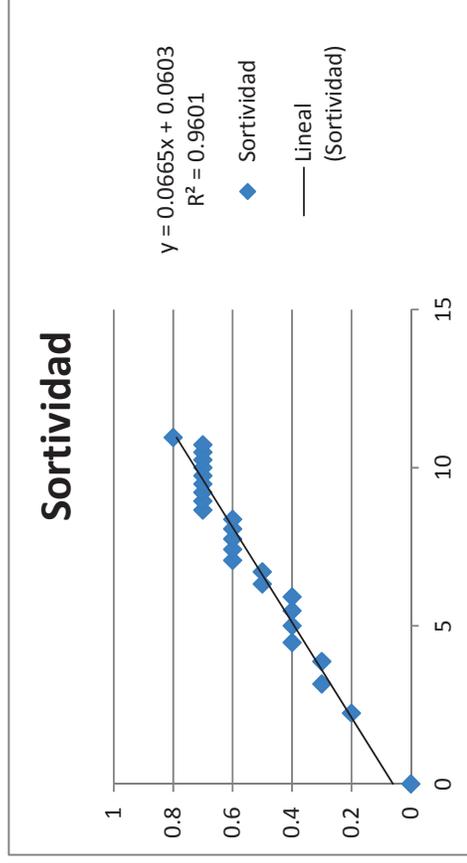
PUNTO 4					
Tiempo de infiltración	Intervalo	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	11.5	0	0	0.00
5	5	11	0.5	0.5	2.24
10	5	10	1	1.5	3.16
15	5	9.7	0.3	1.8	3.87
20	5	9.2	0.5	2.3	4.47
25	5	9.1	0.1	2.4	5.00
30	5	8.8	0.3	2.7	5.48
35	5	8.4	0.4	3.1	5.92
40	5	8	0.4	3.5	6.32
45	5	7.5	0.5	4	6.71
50	5	7	0.5	4.5	7.07
55	5	6	1	5.5	7.42
60	5	6	0	5.5	7.75
65	5	6	0	5.5	8.06
70	5	6	0	5.5	8.37
75	5	6	0	5.5	8.66
80	5	6	0	5.5	8.94
85	5	6	0	5.5	9.22
90	5	6	0	5.5	9.49
95	5	6	0	5.5	9.75
100	5	6	0	5.5	10.00
105	5	6	0	5.5	10.25
110	5	6	0	5.5	10.49
115	5	6	0	5.5	10.72
120	5	6	0	5.5	10.95



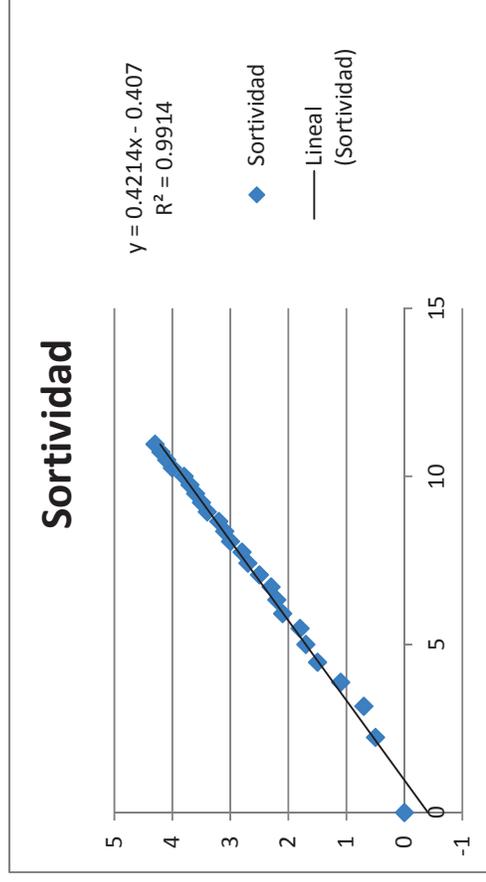
PUNTO 5					
Tiempo de infiltración	Intervalo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	11.5	0	0	0.00
5	5	11	0.5	0.5	2.24
10	5	10.7	0.3	0.8	3.16
15	5	10.5	0.2	1	3.87
20	5	10.3	0.2	1.2	4.47
25	5	10	0.3	1.5	5.00
30	5	9.9	0.1	1.6	5.48
35	5	9.8	0.1	1.7	5.92
40	5	9.7	0.1	1.8	6.32
45	5	9.6	0.1	1.9	6.71
50	5	9.5	0.1	2	7.07
55	5	9.5	0	2	7.42
60	5	9.4	0.1	2.1	7.75
65	5	9.3	0.1	2.2	8.06
70	5	9.2	0.1	2.3	8.37
75	5	9.1	0.1	2.4	8.66
80	5	9	0.1	2.5	8.94
85	5	9	0	2.5	9.22
90	5	9	0	2.5	9.49
95	5	8.9	0.1	2.6	9.75
100	5	8.9	0	2.6	10.00
105	5	8.8	0.1	2.7	10.25
110	5	8.8	0	2.7	10.49
115	5	8.8	0	2.7	10.72
120	5	8.8	0	2.7	10.95



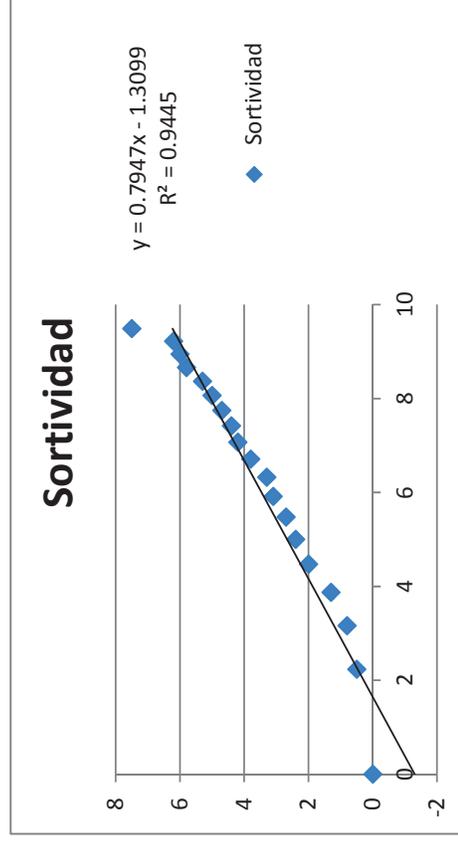
PUNTO 6				
Tiempo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	
0	0	8.5	0	0.00
5	5	8.3	0.2	2.24
10	5	8.2	0.1	3.16
15	5	8.2	0	3.87
20	5	8.1	0.1	4.47
25	5	8.1	0	5.00
30	5	8.1	0	5.48
35	5	8.1	0	5.92
40	5	8	0.1	6.32
45	5	8	0	6.71
50	5	7.9	0.1	7.07
55	5	7.9	0	7.42
60	5	7.9	0	7.75
65	5	7.9	0	8.06
70	5	7.9	0	8.37
75	5	7.8	0.1	8.66
80	5	7.8	0	8.94
85	5	7.8	0	9.22
90	5	7.8	0	9.49
95	5	7.8	0	9.75
100	5	7.8	0	10.00
105	5	7.8	0	10.25
110	5	7.8	0	10.49
115	5	7.8	0	10.72
120	5	7.7	0.1	10.95



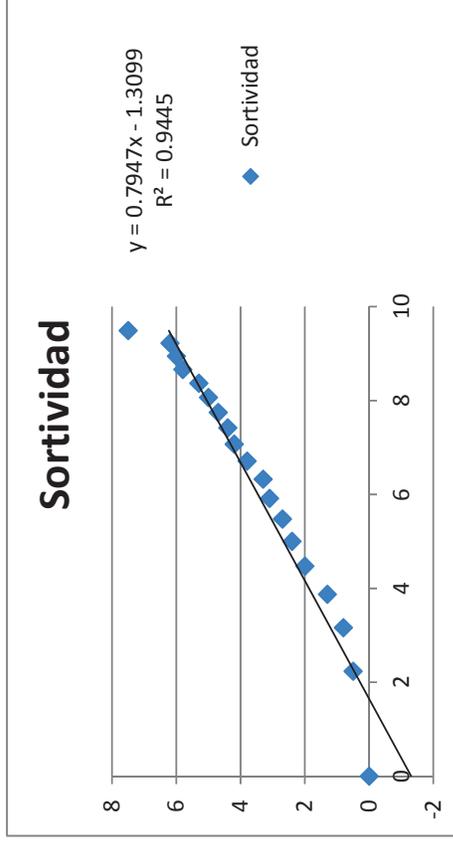
PUNTO 7					
Tiempo de infiltración	Intervalo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	8	0	0	0.00
5	5	7.5	0.5	0.5	2.24
10	5	7.3	0.2	0.7	3.16
15	5	6.9	0.4	1.1	3.87
20	5	6.5	0.4	1.5	4.47
25	5	6.3	0.2	1.7	5.00
30	5	6.2	0.1	1.8	5.48
35	5	5.9	0.3	2.1	5.92
40	5	5.8	0.1	2.2	6.32
45	5	5.7	0.1	2.3	6.71
50	5	5.5	0.2	2.5	7.07
55	5	5.3	0.2	2.7	7.42
60	5	5.2	0.1	2.8	7.75
65	5	5	0.2	3	8.06
70	5	4.9	0.1	3.1	8.37
75	5	4.8	0.1	3.2	8.66
80	5	4.6	0.2	3.4	8.94
85	5	4.5	0.1	3.5	9.22
90	5	4.4	0.1	3.6	9.49
95	5	4.3	0.1	3.7	9.75
100	5	4.2	0.1	3.8	10.00
105	5	4	0.2	4	10.25
110	5	3.9	0.1	4.1	10.49
115	5	3.8	0.1	4.2	10.72
120	5	3.7	0.1	4.3	10.95



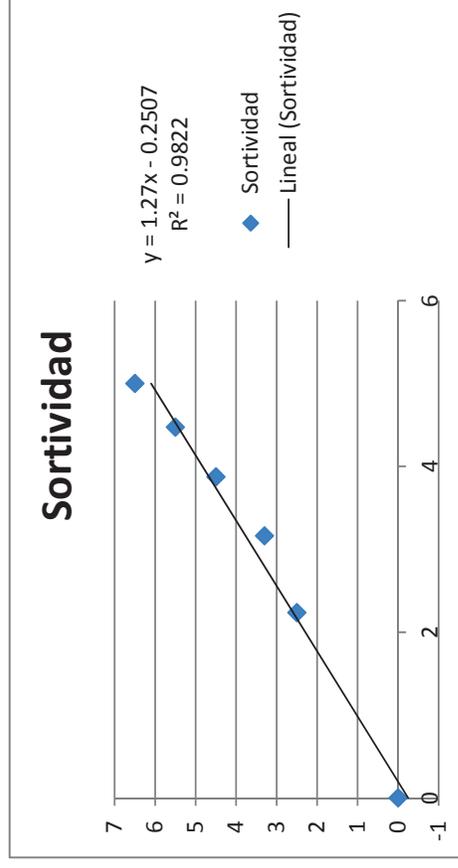
PUNTO 8					
Tiempo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5	
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	7.5	0	0	0.00
5	5	7	0.5	0.5	2.24
10	5	6.7	0.3	0.8	3.16
15	5	6.2	0.5	1.3	3.87
20	5	5.5	0.7	2	4.47
25	5	5.1	0.4	2.4	5.00
30	5	4.8	0.3	2.7	5.48
35	5	4.4	0.4	3.1	5.92
40	5	4.2	0.2	3.3	6.32
45	5	3.7	0.5	3.8	6.71
50	5	3.3	0.4	4.2	7.07
55	5	3.1	0.2	4.4	7.42
60	5	2.8	0.3	4.7	7.75
65	5	2.5	0.3	5	8.06
70	5	2.2	0.3	5.3	8.37
75	5	1.7	0.5	5.8	8.66
80	5	1.5	0.2	6	8.94
85	5	1.3	0.2	6.2	9.22
90	5	0	1.3	7.5	9.49
95	5	0	0	7.5	9.75
100	5	0	0	7.5	10.00
105	5	0	0	7.5	10.25
110	5	0	0	7.5	10.49
115	5	0	0	7.5	10.72
120	5	0	0	7.5	10.95



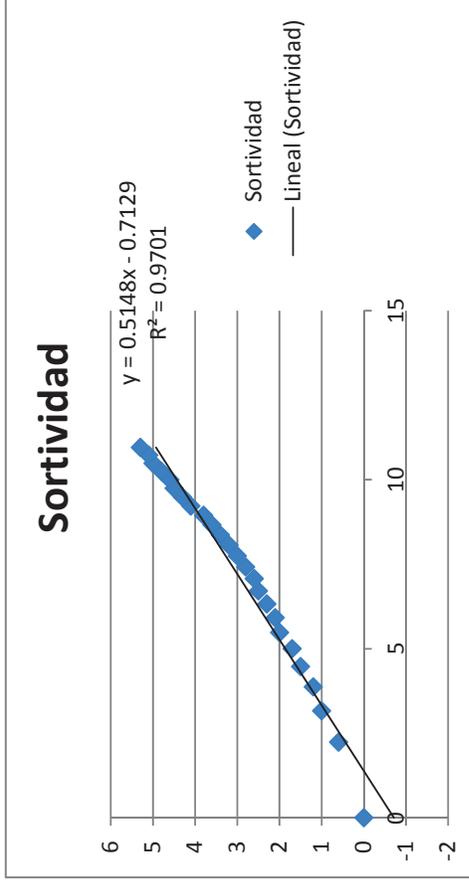
PUNTO 8					
Tiempo de infiltración	Intervalo	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	7.5	0	0	0.00
5	5	7	0.5	0.5	2.24
10	5	6.7	0.3	0.8	3.16
15	5	6.2	0.5	1.3	3.87
20	5	5.5	0.7	2	4.47
25	5	5.1	0.4	2.4	5.00
30	5	4.8	0.3	2.7	5.48
35	5	4.4	0.4	3.1	5.92
40	5	4.2	0.2	3.3	6.32
45	5	3.7	0.5	3.8	6.71
50	5	3.3	0.4	4.2	7.07
55	5	3.1	0.2	4.4	7.42
60	5	2.8	0.3	4.7	7.75
65	5	2.5	0.3	5	8.06
70	5	2.2	0.3	5.3	8.37
75	5	1.7	0.5	5.8	8.66
80	5	1.5	0.2	6	8.94
85	5	1.3	0.2	6.2	9.22
90	5	0	1.3	7.5	9.49
95	5	0	0	7.5	9.75
100	5	0	0	7.5	10.00
105	5	0	0	7.5	10.25
110	5	0	0	7.5	10.49
115	5	0	0	7.5	10.72
120	5	0	0	7.5	10.95



PUNTO 9					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	6.5	0	0	0.00
5	5	4	2.5	2.5	2.24
10	5	3.2	0.8	3.3	3.16
15	5	2	1.2	4.5	3.87
20	5	1	1	5.5	4.47
25	5	0	1	6.5	5.00
30	5	0	0	6.5	5.48
35	5	0	0	6.5	5.92
40	5	0	0	6.5	6.32
45	5	0	0	6.5	6.71
50	5	0	0	6.5	7.07
55	5	0	0	6.5	7.42
60	5	0	0	6.5	7.75
65	5	0	0	6.5	8.06
70	5	0	0	6.5	8.37
75	5	0	0	6.5	8.66
80	5	0	0	6.5	8.94
85	5	0	0	6.5	9.22
90	5	0	0	6.5	9.49
95	5	0	0	6.5	9.75
100	5	0	0	6.5	10.00
105	5	0	0	6.5	10.25
110	5	0	0	6.5	10.49
115	5	0	0	6.5	10.72
120	5	0	0	6.5	10.95

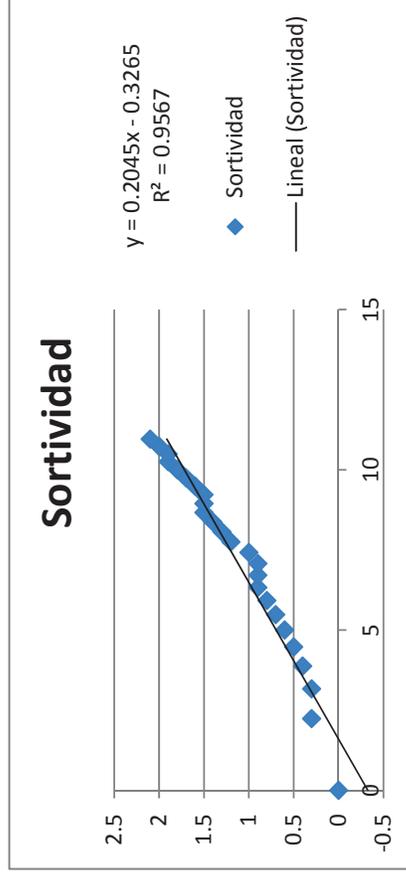


PUNTO 10					
Tiempo de infiltración	Intervalo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	9	0	0	0.00
5	5	8.4	0.6	0.6	2.24
10	5	8	0.4	1	3.16
15	5	7.8	0.2	1.2	3.87
20	5	7.5	0.3	1.5	4.47
25	5	7.3	0.2	1.7	5.00
30	5	7	0.3	2	5.48
35	5	6.9	0.1	2.1	5.92
40	5	6.7	0.2	2.3	6.32
45	5	6.5	0.2	2.5	6.71
50	5	6.4	0.1	2.6	7.07
55	5	6.2	0.2	2.8	7.42
60	5	6	0.2	3	7.75
65	5	5.8	0.2	3.2	8.06
70	5	5.6	0.2	3.4	8.37
75	5	5.4	0.2	3.6	8.66
80	5	5.2	0.2	3.8	8.94
85	5	4.9	0.3	4.1	9.22
90	5	4.7	0.2	4.3	9.49
95	5	4.5	0.2	4.5	9.75
100	5	4.4	0.1	4.6	10.00
105	5	4.2	0.2	4.8	10.25
110	5	4	0.2	5	10.49
115	5	3.9	0.1	5.1	10.72
120	5	3.7	0.2	5.3	10.95

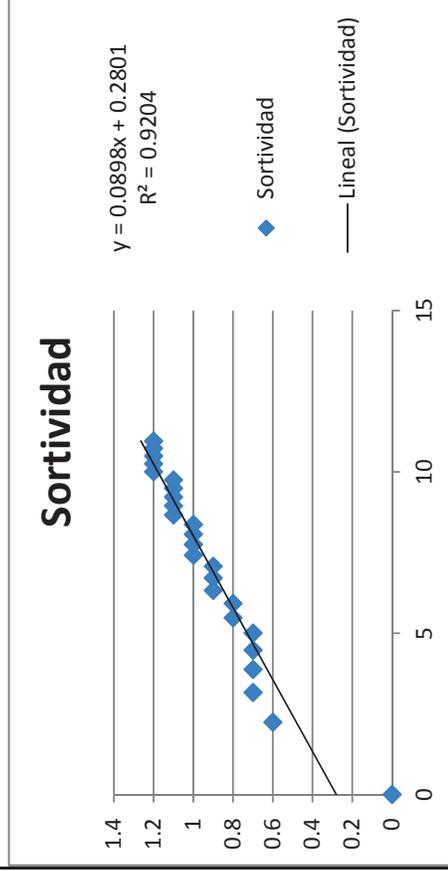


SISTEMA DE CAFÉ MANEJADO

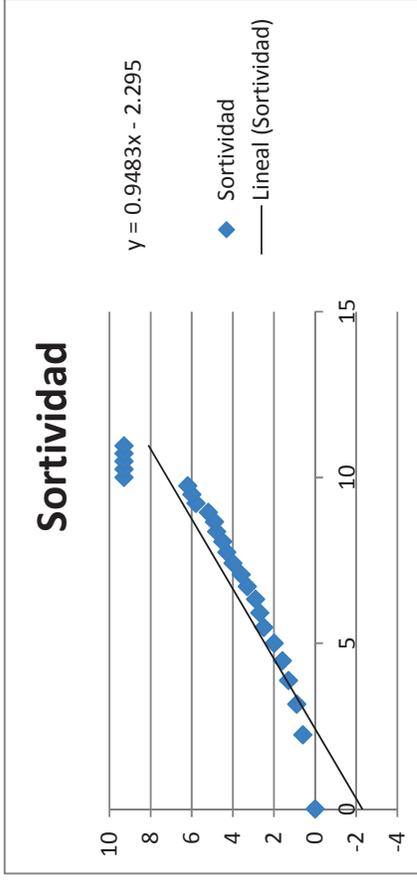
PUNTO 1					
Tiempo de infiltración	Intervalo	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	11.2	0	0	0.00
5	5	10.9	0.3	0.3	2.24
10	5	10.9	0	0.3	3.16
15	5	10.8	0.1	0.4	3.87
20	5	10.7	0.1	0.5	4.47
25	5	10.6	0.1	0.6	5.00
30	5	10.5	0.1	0.7	5.48
35	5	10.4	0.1	0.8	5.92
40	5	10.3	0.1	0.9	6.32
45	5	10.3	0	0.9	6.71
50	5	10.3	0	0.9	7.07
55	5	10.2	0.1	1	7.42
60	5	10	0.2	1.2	7.75
65	5	9.9	0.1	1.3	8.06
70	5	9.8	0.1	1.4	8.37
75	5	9.7	0.1	1.5	8.66
80	5	9.7	0	1.5	8.94
85	5	9.7	0	1.5	9.22
90	5	9.6	0.1	1.6	9.49
95	5	9.5	0.1	1.7	9.75
100	5	9.4	0.1	1.8	10.00
105	5	9.3	0.1	1.9	10.25
110	5	9.3	0	1.9	10.49
115	5	9.2	0.1	2	10.72
120	5	9.1	0.1	2.1	10.95



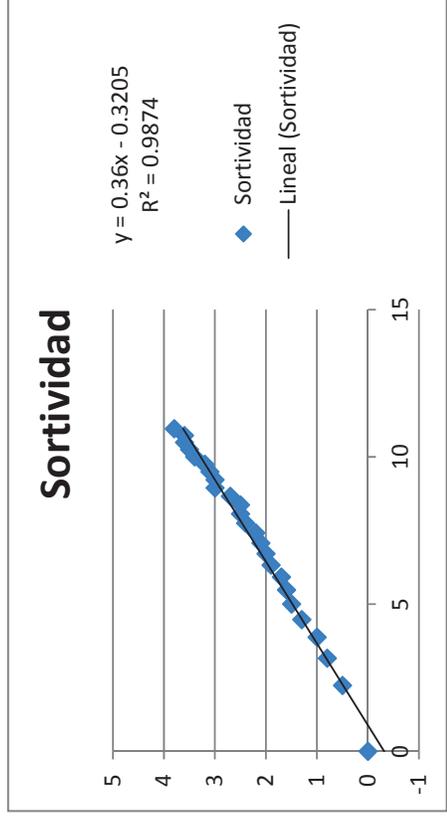
PUNTO 2					
Tiempo (segundos)	Nivel del Agua (cm)				seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	12	0	0	0.00
5	5	11.4	0.6	0.6	2.24
10	5	11.3	0.1	0.7	3.16
15	5	11.3	0	0.7	3.87
20	5	11.3	0	0.7	4.47
25	5	11.3	0	0.7	5.00
30	5	11.2	0.1	0.8	5.48
35	5	11.2	0	0.8	5.92
40	5	11.1	0.1	0.9	6.32
45	5	11.1	0	0.9	6.71
50	5	11.1	0	0.9	7.07
55	5	11	0.1	1	7.42
60	5	11	0	1	7.75
65	5	11	0	1	8.06
70	5	11	0	1	8.37
75	5	10.9	0.1	1.1	8.66
80	5	10.9	0	1.1	8.94
85	5	10.9	0	1.1	9.22
90	5	10.9	0	1.1	9.49
95	5	10.9	0	1.1	9.75
100	5	10.8	0.1	1.2	10.00
105	5	10.8	0	1.2	10.25
110	5	10.8	0	1.2	10.49
115	5	10.8	0	1.2	10.72
120	5	10.8	0	1.2	10.95



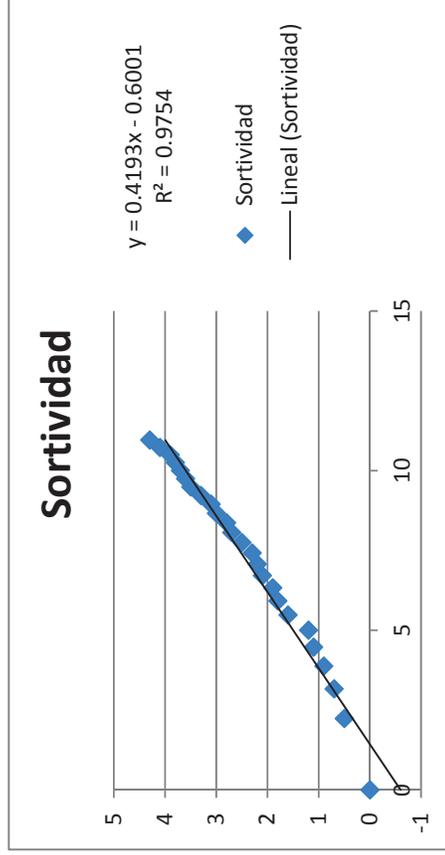
PUNTO 3					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	9.3	0	0	0.00
5	5	8.7	0.6	0.6	2.24
10	5	8.4	0.3	0.9	3.16
15	5	8	0.4	1.3	3.87
20	5	7.7	0.3	1.6	4.47
25	5	7.3	0.4	2	5.00
30	5	6.8	0.5	2.5	5.48
35	5	6.6	0.2	2.7	5.92
40	5	6.4	0.2	2.9	6.32
45	5	6	0.4	3.3	6.71
50	5	5.7	0.3	3.6	7.07
55	5	5.3	0.4	4	7.42
60	5	5	0.3	4.3	7.75
65	5	4.8	0.2	4.5	8.06
70	5	4.5	0.3	4.8	8.37
75	5	4.4	0.1	4.9	8.66
80	5	4.1	0.3	5.2	8.94
85	5	3.5	0.6	5.8	9.22
90	5	3.3	0.2	6	9.49
95	5	3.1	0.2	6.2	9.75
100	5	0	3.1	9.3	10.00
105	5	0	0	9.3	10.25
110	5	0	0	9.3	10.49
115	5	0	0	9.3	10.72
120	5	0	0	9.3	10.95



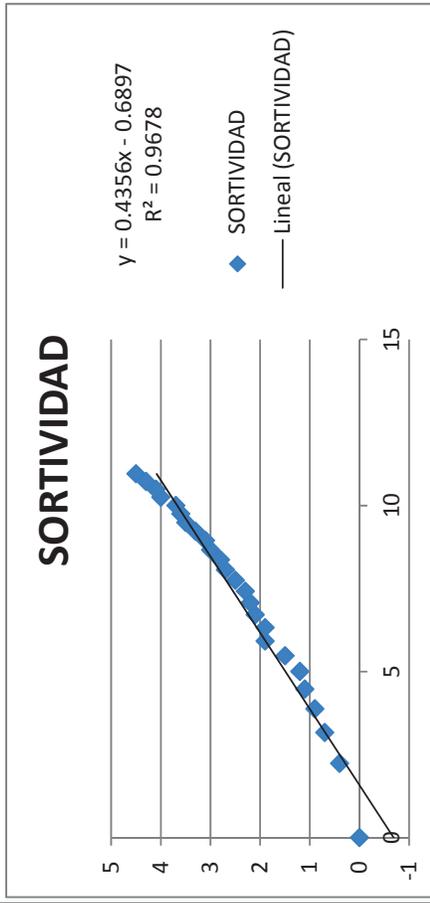
PUNTO 4					
Tiempo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5	
	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada		
0	10.5	0	0	0.00	
5	10	0.5	0.5	2.24	
10	9.7	0.3	0.8	3.16	
15	9.5	0.2	1	3.87	
20	9.2	0.3	1.3	4.47	
25	9	0.2	1.5	5.00	
30	8.9	0.1	1.6	5.48	
35	8.8	0.1	1.7	5.92	
40	8.6	0.2	1.9	6.32	
45	8.5	0.1	2	6.71	
50	8.4	0.1	2.1	7.07	
55	8.3	0.1	2.2	7.42	
60	8.1	0.2	2.4	7.75	
65	8	0.1	2.5	8.06	
70	8	0	2.5	8.37	
75	7.8	0.2	2.7	8.66	
80	7.5	0.3	3	8.94	
85	7.5	0	3	9.22	
90	7.4	0.1	3.1	9.49	
95	7.3	0.1	3.2	9.75	
100	7.1	0.2	3.4	10.00	
105	7	0.1	3.5	10.25	
110	6.9	0.1	3.6	10.49	
115	6.9	0	3.6	10.72	
120	6.7	0.2	3.8	10.95	



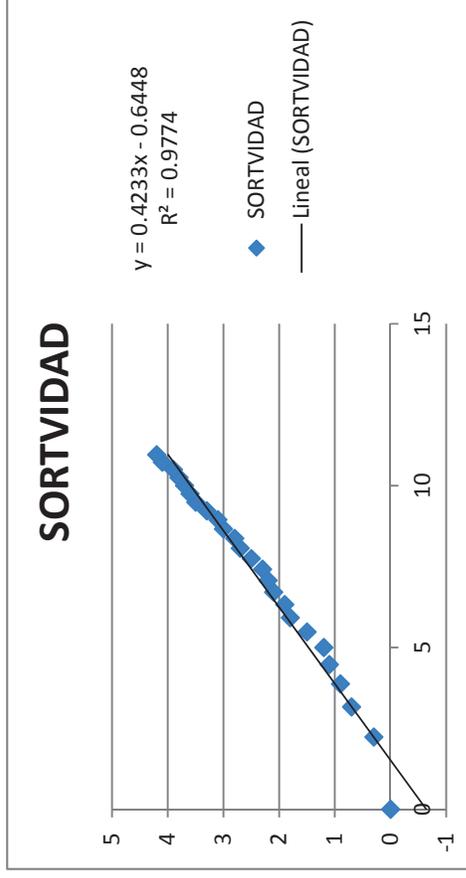
PUNTO 5					
Tiempo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5	
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	10.3	0	0	0.00
5	5	9.8	0.5	0.5	2.24
10	5	9.6	0.2	0.7	3.16
15	5	9.4	0.2	0.9	3.87
20	5	9.2	0.2	1.1	4.47
25	5	9.1	0.1	1.2	5.00
30	5	8.7	0.4	1.6	5.48
35	5	8.5	0.2	1.8	5.92
40	5	8.4	0.1	1.9	6.32
45	5	8.2	0.2	2.1	6.71
50	5	8.1	0.1	2.2	7.07
55	5	8	0.1	2.3	7.42
60	5	7.8	0.2	2.5	7.75
65	5	7.6	0.2	2.7	8.06
70	5	7.5	0.1	2.8	8.37
75	5	7.3	0.2	3	8.66
80	5	7.2	0.1	3.1	8.94
85	5	7	0.2	3.3	9.22
90	5	6.8	0.2	3.5	9.49
95	5	6.7	0.1	3.6	9.75
100	5	6.6	0.1	3.7	10.00
105	5	6.5	0.1	3.8	10.25
110	5	6.4	0.1	3.9	10.49
115	5	6.2	0.2	4.1	10.72
120	5	6	0.2	4.3	10.95



PUNTO 6					
Tiempo de infiltración	Intervalo	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
		Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	11.6	0	0	0.00
5	5	11.2	0.4	0.4	2.24
10	5	10.9	0.3	0.7	3.16
15	5	10.7	0.2	0.9	3.87
20	5	10.5	0.2	1.1	4.47
25	5	10.4	0.1	1.2	5.00
30	5	10.1	0.3	1.5	5.48
35	5	9.7	0.4	1.9	5.92
40	5	9.7	0	1.9	6.32
45	5	9.5	0.2	2.1	6.71
50	5	9.4	0.1	2.2	7.07
55	5	9.3	0.1	2.3	7.42
60	5	9.1	0.2	2.5	7.75
65	5	8.9	0.2	2.7	8.06
70	5	8.8	0.1	2.8	8.37
75	5	8.6	0.2	3	8.66
80	5	8.5	0.1	3.1	8.94
85	5	8.3	0.2	3.3	9.22
90	5	8.1	0.2	3.5	9.49
95	5	8	0.1	3.6	9.75
100	5	7.9	0.1	3.7	10.00
105	5	7.6	0.3	4	10.25
110	5	7.5	0.1	4.1	10.49
115	5	7.3	0.2	4.3	10.72
120	5	7.1	0.2	4.5	10.95



PUNTO 7					
Tiempo (segundos)	Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5	
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	9.8	0	0	0.00
5	5	9.5	0.3	0.3	2.24
10	5	9.1	0.4	0.7	3.16
15	5	8.9	0.2	0.9	3.87
20	5	8.7	0.2	1.1	4.47
25	5	8.6	0.1	1.2	5.00
30	5	8.3	0.3	1.5	5.48
35	5	8	0.3	1.8	5.92
40	5	7.9	0.1	1.9	6.32
45	5	7.7	0.2	2.1	6.71
50	5	7.6	0.1	2.2	7.07
55	5	7.5	0.1	2.3	7.42
60	5	7.3	0.2	2.5	7.75
65	5	7.1	0.2	2.7	8.06
70	5	7	0.1	2.8	8.37
75	5	6.8	0.2	3	8.66
80	5	6.7	0.1	3.1	8.94
85	5	6.5	0.2	3.3	9.22
90	5	6.3	0.2	3.5	9.49
95	5	6.2	0.1	3.6	9.75
100	5	6.1	0.1	3.7	10.00
105	5	6	0.1	3.8	10.25
110	5	5.9	0.1	3.9	10.49
115	5	5.7	0.2	4.1	10.72
120	5	5.6	0.1	4.2	10.95



PUNTO 8					
Tiempo (segundos)		Nivel del Agua (cm)			seg ^ 0.5
Tiempo de infiltración	Intervalo	Lectura del agua en cada intervalo	Altura anterior menos altura	Infiltración acumulada	
0	0	12.2	0	0	0.00
5	5	11.6	0.6	0.6	2.24
10	5	11.3	0.3	0.9	3.16
15	5	10.7	0.6	1.5	3.87
20	5	10.3	0.4	1.9	4.47
25	5	10	0.3	2.2	5.00
30	5	9.9	0.1	2.3	5.48
35	5	9.8	0.1	2.4	5.92
40	5	9.6	0.2	2.6	6.32
45	5	9.5	0.1	2.7	6.71
50	5	9.3	0.2	2.9	7.07
55	5	9.1	0.2	3.1	7.42
60	5	8.9	0.2	3.3	7.75
65	5	8.7	0.2	3.5	8.06
70	5	8.5	0.2	3.7	8.37
75	5	8.3	0.2	3.9	8.66
80	5	8.1	0.2	4.1	8.94
85	5	8	0.1	4.2	9.22
90	5	7.8	0.2	4.4	9.49
95	5	7.7	0.1	4.5	9.75
100	5	7.5	0.2	4.7	10.00
105	5	7.4	0.1	4.8	10.25
110	5	7.2	0.2	5	10.49
115	5	7	0.2	5.2	10.72
120	5	6.9	0.1	5.3	10.95

