

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

COLÉGIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

Efectos de diferentes tipos de vegetación sobre la capacidad de infiltración de agua en suelos de páramo en la Reserva Privada Paluguillo (Ecuador)

Cristhian A. Moreno Vallejo

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Licenciatura en Ecología Aplicada al Manejo de Recursos

Quito, 10 de Mayo de 2012

Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Efectos de diferentes tipos de vegetación sobre la capacidad de infiltración de agua
en suelos de páramo en la Reserva Privada Paluguillo (Ecuador)**

Cristhian A. Moreno Vallejo

Esteban Suárez, Ph.D.

Mentor y Director -----

Andrea Encalada, Ph.D.

Miembro del Comité -----

Pablo Riera, Ed.D.

Miembro del Comité -----

Stella de la Torre, Ph.D

Decana del Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales -----

Quito, 10 de Mayo de 2012

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Licenciatura en
Ecología Aplicada al Manejo de Recursos.

© Derechos de Autor

Cristhian Alexander Moreno Vallejo

2011

RESUMEN

Los ecosistemas de montaña son ecosistemas de importancia global, en la región andina los ecosistemas de páramo, son una fuente importante de agua para grandes urbes, debido a la gran capacidad de estos ecosistemas para captar y regular flujos hídricos. Pese a su importancia se desconocen los efectos de diferentes tipos de vegetación sobre la capacidad de infiltración de agua en suelos de páramo. Esta investigación se llevo a cabo en la Reserva Privada Paluguillo, ubicada en Papallacta, Pichincha Ecuador. El estudio analizo la variación de la tasa de infiltración en relación con diferentes tipos de vegetación siguiendo un gradiente de alteraciones antropogénicas. Los resultados sugieren que el tipo de vegetación tiene influencia en la capacidad de infiltración, los parches de chaparros y *Polylepis*, presentan una alta tasa de infiltración; Y los parches dominados por pajonal, poseen una tasa de infiltración menor, similar a las tasas de infiltración presentadas en las áreas con alteraciones antropogénicas.

ABSTRACT

Mountain ecosystems are of global importance. In the Andean region the páramo ecosystems, are an important source of water for large cities, due to the higher capacity of these ecosystems to capture and regulate water flows; despite its importance the effects of different types of vegetation on the infiltration of water in soils of páramo, are unknown. This study was conducted in Reserva Privada Paluguillo, located in Papallacta, Pichincha, Ecuador. The study analyzed the variation of infiltration rate in relation to different types of vegetation along a gradient of anthropogenic disturbance. The results suggest that the type of vegetation influences the infiltration capacity. Patches of Chaparro and Polylepis, have a high infiltration rate, than patches dominated by grassland, these have an infiltration rates, similar to those presented in areas with anthropogenic disturbances.

TABLA DE CONTENIDO

1.....	
Introducción.....	
2.....	
Justificación	7
3.....	
Metodología	8
4.....	
Resultados.....	11
5.....	
Conclusiones.....	12
6.....	
Bibliografía.....	14
7.....	
Tablas y anexos	16

LISTA DE FIGURAS

1. Diferencia tasas de infiltración
2. Biomasa
3. Humedad
4. Densidad relativa
5. Materia orgánica

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de montaña son ecosistemas de importancia global (Price 1998), que ocupan cerca de la quinta parte de la masa continental (Price 1998), y de los que depende cerca del 40 % de la población mundial (Buytaert et al 2006a). Al mismo tiempo, estos ecosistemas cumplen importantes roles ecológicos y económicos para las poblaciones cercanas (Buytaert et al 2006^a), pese a lo cual su relevancia ha sido reconocida solo recientemente (Hanspeter and Rolf, 1998; Price, 1998). Más aun, el rol de estos ecosistemas contrasta con su vulnerabilidad y el deterioro que están sufriendo (Buytaert et al 2006^a), especialmente debido a las actividades antropológicas que afectan estos ecosistemas, (Price 1998), disminuyendo su diversidad, incrementando la erosión del suelo, y generando cambios irreversibles en el sistema (Buytaert et al 2006^a).

En Suramérica, los ecosistemas de páramo cubren la parte alta de los Andes del norte (Buytareert et al 2006^b; Bregje et al 2003), en la región alto-andina de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (Buytaert et al 2007), entre los 3000 m y el límite inferior de los glaciares, alrededor de los 5000 m (Buytaert et al 2006^a; Bregje et al 2003). Son un conjunto de ecosistemas dominados por pastizales y zonas de vegetación arbustiva (Buytaert et al 2006^a); que ocupan paisajes de topografía irregular, producto de una combinación de factores geológicos, altitudinales y climáticos. De la combinación de estas características climáticas y geográficas, ha surgido uno de los ecosistemas de alta-montaña más diversos y ecológicamente complejos del planeta.

Además de ser reconocidos por su importancia ecológica y biológica, los páramos también se destacan por los servicios ambientales que prestan, especialmente por la gran capacidad de captación de agua y su función de regulación hídrica (Celleri et al 2007).

En el Ecuador, al igual que otros países de la región andina, los ecosistemas de páramo representan una fuente importante de agua para las grandes urbes como Quito, Cuenca y Riobamba (Farley et al 2004). Entre otras características, la capacidad de regulación hídrica del páramo está dada por las propiedades de los suelos que predominantemente corresponden a Andosoles formados a partir de cenizas volcánicas (Poulenard et al 2001; Farley et al 2004), un profundo horizonte orgánico de color oscuro, alto contenido de materia orgánica (Buytaert et al 2002; Poulenard et al 2001) y alta porosidad (Poulenard et al 2001). Esta estructura del suelo, sumada a las condiciones climáticas de la región, baja presión atmosférica y bajas temperaturas generan bajas tasas de descomposición, y una rápida acumulación de materia orgánica (Buytaert et al 2007), que contribuyen a la estructura y capacidad del suelo para infiltrar, retener y regular grandes volúmenes de agua (Buytaert et al 2007; Thompson et al 2010).

A pesar de que existe mucha información sobre el rol del suelo en la capacidad de regulación de agua en los páramos andinos, estudios anteriores se han concentrado solamente en páramos de pajonal, que presentan una vegetación más o menos homogénea (Hofstede 2002); Sin embargo, los páramos andinos generalmente presentan una alta heterogeneidad en tipos de vegetación y cobertura del suelo, desde zonas dominadas por pajonales, hasta bosques o zonas arbustivas que presentan grandes contrastes en estructura y composición de sus comunidades. Hasta donde se conoce, ningún estudio anterior ha discriminado la capacidad de estos tipos de vegetación de páramo en términos de regulación hídrica. Desde esta perspectiva el objetivo de esta investigación es estudiar la variación de la tasa de infiltración de agua en el suelo, en relación con diferentes tipos de vegetación siguiendo un gradiente de alteraciones antropogénicas.

METODOLOGÍA

Área de Estudio

Este estudio fue realizado en la estación científica Paluguillo, ubicada en la cordillera oriental de los Andes ecuatorianos. La zona específica en la que se desarrolló esta investigación se encuentra entre 3600 y 3900 m, el clima experimenta variaciones de temperatura diaria de más de 20 °C (Hedberg en Buytaert et al 2006^a; Buytaert et al 2007), que frecuentemente oscilan entre -2 °C y 18 °C. La precipitación promedio anual suele alcanzar los 1100 mm, condiciones que han dado como resultado múltiples zonas ecológicas.

La zona de estudio posee una vegetación heterogénea dominada por pajonales (*Festuca* sp. y *Calamagrostis* sp.), áreas de matorrales (*Hipericum laricifolium*, *Diplostephium* sp. *Braccharis* sp. y *Loricaria* sp.) y parches boscosos dominados por *Polylepis* sp. y *Gynoxis* sp. Adicionalmente, el área presenta un mosaico con diferentes grados de alteraciones antropogénica, especialmente relacionados con la expansión agrícola, con la consecuente remoción de la cobertura vegetal (Papa, maíz), áreas de pastoreo caracterizadas por pajonales tiernos a consecuencia de las quemadas, plantaciones forestales (*Pinus* sp. y *Eucalyptus* sp.), así como senderos y caminos dominados por densos parches de *Lachemilla orbiculata*.

Dentro de la zona se seleccionaron cinco diferentes áreas, tres de las cuales fueron parches de vegetación nativa (pajonal, bosque de *Polylepis* y zona de matorrales chaparro), mientras que las dos restantes fueron parches con alteraciones antropogénicas (Bosque de pino y un camino). Estas áreas se seleccionaron con el fin de determinar posibles diferencias en la capacidad de infiltración de agua en el suelo, relacionados con los diferentes tipos de vegetación o usos del suelo.

Metodología de campo

Para realizar las pruebas de infiltración, se realizaron ensayos de campo utilizando un anillo de infiltración (Thompson et al 2010). El anillo utilizado fue construido a partir de un cilindro metálico de 17 cm de diámetro por 25 cm de altura, con uno de sus bordes afilados para facilitar su inserción en el suelo. Para cada ensayo, se introdujo el cilindro en el suelo hasta la marca establecida a 3 cm del borde inferior, y luego se vertió 1 litro de agua en el cilindro, contabilizando con un cronómetro el tiempo que transcurrió hasta que toda el agua se infiltrara en el suelo. Si el tiempo de infiltración excedía los 10 minutos, se realizaron dos mediciones de la altura (la más alta y la más baja) del agua sobrante en el interior del cilindro para estimar el volumen de agua restante y por diferencia calcular el volumen de agua que se había infiltrado. Las tasas de infiltración resultantes se expresaron en cm/segundo, de acuerdo a la relación $I = (Q/A*t)$ propuesta por Brady & Weil (1999), en donde I es la tasa de infiltración, Q es el volumen de agua vertido en el cilindro, A es el área de la abertura del cilindro, y t es el tiempo transcurrido hasta que se infiltrara toda el agua en el cilindro.

Las pruebas de infiltración se realizaron entre el 28 de julio y 29 de septiembre de 2010, en una época caracterizada por escasa precipitación, durante la cual se realizaron diez ensayos de infiltración en cada tipo de vegetación, en puntos escogidos aleatoriamente a lo largo de cada parche. Adicionalmente, y para evaluar posibles diferencias debidas a la humedad del suelo, se repitió el muestreo en las zonas de pajonal y chaparro en el mes de abril de 2011, durante un período de intensas lluvias.

Adicionalmente, de forma aleatoria se colectó diez muestras en cada tipo de vegetación, para determinar la densidad de los diferentes tipos de suelo. Para esto se utilizó un barreno equipado con un cilindro extraíble con un volumen de 94,7 cm³. Las muestras se transportaron inmediatamente al laboratorio en fundas ziplock, y allí fueron

secadas al horno (48 horas; 70°C) para la determinación final de su peso. La densidad de cada tipo de suelo se estimó mediante la relación entre el peso de cada muestra y su volumen (g/cm^3). Este mismo protocolo se utilizó para estimar el porcentaje de humedad presente en las muestras de suelo de los diferentes tipos de vegetación.

Finalmente, las muestras de suelo de cada tipo de vegetación fueron enviadas al laboratorio Agrobiolab, en donde se estimó su contenido de materia orgánica mediante el método de Walkley and Black.

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico Stat View; Se aplicó la prueba Análisis de Co-Varianza (ANCOVA), para determinar si existe o no una diferencia entre el tipo de vegetación y el uso del suelo; para tener una distribución normal de los datos de infiltración, éstos fueron transformados a raíz cuadrada. Adicionalmente se realizó un análisis de Man-Withney entre las épocas seca y lluviosa en los tipos de vegetación muestreados, para evaluar si hay diferencia en la tasa de infiltración debido a la saturación del suelo en las diferentes estaciones.

RESULTADOS

Los análisis muestran que existen diferencias significativas en la tasa de infiltración entre los diferentes tipos de vegetación ($F_{(4,1)} = 10,23$; $P < 0,0001$). En los parches de vegetación alterada la tasa de infiltración es cuatro veces menor que en los parches de vegetación en buen estado de conservación (Figura 1); sin embargo, hay que resaltar que la tasa de infiltración en parches con predominancia de pajonales en buen estado de conservación fue similar a la de áreas disturbadas.

La comparación de las tasas de infiltración en las dos épocas (Figura 2), no revela diferencias significativas en las tasa de infiltración en pajonal ($Z = -1,00$; $P = 0,3173$), ni en Chaparro ($Z = -1,00$; $P = 0,3173$).

Finalmente se realizó una correlación para analizar posibles relaciones entre la variabilidad en la tasa de infiltración y el contenido de materia orgánica del suelo. Este análisis mostró una relación fuerte entre tasa de infiltración y materia orgánica, según la cual los mayores valores de materia orgánica están asociados a una mayor tasa de infiltración (Figura 3). La vegetación de pajonal muestra un porcentaje de materia orgánica tres veces menor al de los parches de chaparro y *Polylepis* y un porcentaje de materia orgánica similar al de los parches de vegetación disturbada.

El análisis de correlación entre la tasa de infiltración y la densidad del suelo, muestra una relación inversa entre densidad y tasa de infiltración; los suelos menos densos poseen una capacidad de infiltración más alta que los suelos más densos (Figura 4); La vegetación de pajonal muestra una densidad del suelo similar a la de los parches de vegetación de chaparro y *Polylepis*.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio sugieren que el tipo de vegetación en el páramo tiene una influencia significativa en la capacidad de infiltración del suelo de páramo. En la zona estudiada, los parches de vegetación nativa en los que predominan los chaparros y *Polylepis*, presentan una alta tasa de infiltración. Por el contrario, los parches de vegetación dominados por pajonal, poseen una tasa de infiltración menor, similar a las tasas de infiltración presentadas en las áreas con alteraciones antropogénicas. Este resultado llama la atención debido a que este tipo de vegetación ha sido comúnmente asociado a páramos bien conservados, y con ello se asume una alta capacidad de regulación hídrica y un alto aporte de servicios ambientales. Desde esta perspectiva, nuestro estudio sugiere que los páramos con un mayor componente de vegetación arbustiva podrían tener mayor capacidad de regulación hídrica.

Esta investigación, al igual que otros estudios realizados por Podwojewski et al (2002) y Buytaert et al (2007), muestra que la presencia de altos contenidos de materia orgánica en el suelo está generalmente asociada a una alta tasa de infiltración y almacenamiento de agua en el suelo. Así, las áreas con parches de chaparro y *Polylepis*, mostraron un mayor porcentaje de materia orgánica y mayores tasas de infiltración corroborando estas investigaciones; por el contrario, las áreas cubiertas por pajonal o las áreas sometidas a alteraciones antropogénicas mostraron una reducción significativa de la capacidad de regulación hídrica del sistema.

Si bien en este estudio no fueron analizados los mecanismos que podrían explicar estas diferencias, se puede especular i) que las zonas de *Polylepis* o de vegetación arbustiva crean un micro-clima mucho más propicio para la acumulación de materia orgánica (Buytaert et al 2007), y/o ii) que las zonas alteradas están perdiendo materia orgánica debido a la compactación del suelo, o su desecamiento como consecuencia de

la remoción de la vegetación y el cambio de uso del suelo (Buytaert et al 2007; Buytaert et al. 2002). Desde este punto de vista, se sugiere que la influencia del tipo de vegetación de páramo sobre la capacidad de infiltración, está mediada por el balance entre el aporte de MO de la vegetación hacia el suelo, la creación de microclimas que favorezcan o no la descomposición de MO, y la acumulación de MO en el suelo (Figura 5; Hofstede 1995a; Podwojewski et al 2008; Poulénard et al. 2001; Farley y Kelly 2004; Buytaert et al. 2002). Esta hipótesis está parcialmente apoyada por el estudio de Buytaert et al. (2007) quienes señalan que la pérdida de la capacidad de retención de agua del suelo, produce pérdida de humedad y desecamiento, que se relaciona con un incremento en las tasas de descomposición empobreciendo el suelo.

En cuanto a la densidad del suelo, pese a no presentar un patrón claro, nuestros resultados concuerdan con observaciones previas que muestran que contenidos altos materia orgánica, generalmente están asociados a menores densidades del suelo y mayores tasas de infiltración (Brady et al. 1999a). En el caso de las zonas que han sido impactadas, la pérdida de la estructura natural del suelo puede alterar los flujos de agua (Buytaert et al. 2007; Brady et al. 1999a; Brady et al. 1999b). Estos cambios pueden ser drásticos en la hidrodinámica superficial del suelo (Poulénard et al. 2001; Brady et al. 1999a). Resultados similares ya han sido reportados por Poulénard et al. (2001), quienes reportan que un cambio de comportamiento en los flujos de agua puede aumentar la velocidad de la escorrentía superficial y de los flujos de agua, arrastrando materia orgánica y nutrientes, empobreciendo los suelos.

En conclusión, las tasas de infiltración en diferentes tipos de vegetación parecen estar ligadas a diferencias en el porcentaje de acumulación de materia orgánica, las mismas que podrían deberse a variaciones naturales, o a alteraciones antropogénicas. La variación natural puede ser causada por variaciones en el aporte de MO, diferencias en

los sistemas radiculares (Buytaert et al. 2007), o por la creación de un microclima que favorece a la acumulación de MO. A su vez, estas variaciones podrían originarse por el cambio de uso del suelo, asociado con eliminación de la cubierta vegetal, quemas, compactación del suelo y diferentes tasas de asimilación y demanda hídrica de los cultivos (Ramsay y Oxley 1997; Suarez y Medina 2001; Hofstede 1995a; Hofstede 1995b). Estas alteraciones generan la destrucción del microclima y la pérdida de MO, contribuyendo así a los impactos negativos que las actividades humanas no reguladas pueden tener sobre la tasa de infiltración de agua en los suelos del páramo y en la capacidad de este ecosistema para proveer servicios ecosistémicos esenciales para la sociedad (Buytaert et al. 2007).

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional Para El Desarrollo (AECID) a través del proyecto A/023862/09, proyecto, realizado por la Universidad de Vigo y la Universidad San Francisco de Quito. Agradezco a la reserva de Paluguillo y The Nature Conservancy por su apoyo durante esta investigación y por facilitar el acceso al área de estudio. Así como a Esteban Suárez por su tiempo, conocimientos y paciencia durante este trabajo. A Emilia Arcos por el gran trabajo en equipo que realizamos. Finalmente a mis padres, hermano, Guadalupe y Fernando Moreno y Ana Cristina Narváez por su apoyo incondicional.

BIBLIOGRAFÍA

- Brady, C., Nyle And Wail, R., Ray. 1999a: The Nature and Properties of soils. Prentice-Hall International. Soil Architecture and Physical Properties 4: 134-148.
- Brady, C., Nyle And Wail, R., Ray. 1999b: The Nature and Properties of soils. Prentice-Hall International. Soil water: characteristics and behavior 5: 171-202.
- Buytaert, W., Deckers, J., Dercon, G., De BieÁvre, B., Poesen, J., and Govers, G., 2002: Impact of land use changes on the hydrological properties of volcanic ash soils in South Ecuador. *Soil Use and Management*, 18: 94-100.
- Buytaert, W., Celleri, R., de Bievre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., and Hofstede, R. G. M., 2006a: Human impact on the hydrology of the Andean paramos. *Earth-Science Reviews*, 79: 53-72.
- Buytaert, W., Iñiguez, V., and de Bièvre, B., 2006b: The impact of climate change on the water supply of the Andean highlands. *Geophysical Research Abstracts*, 8.
- Buytaert, W., Iñiguez, V., and De Bièvre, B., 2007: The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo. *Forest Ecology and Management*, 251: 22-30.
- Bregje, K., Mourik T., Duivenvoorden J., and Cleef A., 2003: Strong effects of a plantation with *Pinus patula* on Andean Subpáramo vegetation: a case study from Colombia. *Biological Conservation* 114: 207-218
- Celleri R., Willems P., Buytaert, W., and Feyen J., 2007: Space-time rainfall variability in the Paute Basin, Ecuadorian Andes. *Hydrological Processes*, 21: 3316-3327.
- Farley, K. and Kelly, E., 2004: Effects of afforestation of a páramo grassland on soil nutrients status. *Forest Ecology and Management* 195: 281-290.

- Farley, K., Kelly, E., and Hofstede, R., 2004: Soil Organic Carbon and Water Retention after Conversion of Grasslands to Pine Plantation in the Ecuadorian Andes. *Ecosystems*, 7: 729–739.
- El fondo para la protección del agua (FONAG) (2005-2008). Manejo Integrado de Cuencas en la Región Andina. Aportes del Programa MIC a la gestión y generación de conocimientos. Sistematización de la experiencia 71 – 83.
- Hanspeter L., and Rolf W., 1998: Mountains and freshwater supply. *Unasylva*, 195.
- Hofstede, R. 1995a. Recovery after fire in Colombian páramo grassland: changes in vegetation structure and nutrient status. *Vegetation*.
- Hofstede, R. 1995b. The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in colombian páramo grasslands. *Plant and Soil* 173: 111-132.
- Hofstede, R., Cuppus, R., Mena V. P., Segarra P., Wolf J., and Sevink, J., 2002: The conservation status of tussock grass paramo in Ecuador. *Ecotropicos*, 15: 3-18.
- Mena P., Medina G., and Hofstede R., 2001: Los paramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas. Abya Yala Proyecto páramo quito 305pp.
- Padilla G. W., 2007: Suelos Grupo clínica Agrícola CD – 4ta Edición Quito – Ecuador
- Podwojewski, P., J. Janeau, And Y. Leroux. 2008. Effects of agricultural practices on the hydrodynamics of a deep tilled hardened volcanic ash-soil (Cangahua) in Ecuador. *Catena* 72: 179-190.
- Podwojeski, P., J. Poulénard, T. Zambrana, And R. Hofstede. 2002. Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the páramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador). *Soil use and management* 18: 45-55.

- Poulenard, J., Podwojewski, P., Janeau, J. L., and Collinet, J., 2001: Runoff and soil Erosion under rainfall simulation of Andisols from the Ecuadorian páramo: effect of tillage and burning. *Catena*, 45: 185-207.
- Price M., 1998: Las montañas: Ecosistemas de importancia Mundial. *Unasyuva*, 195.
- Thompson, S. E., Harman, C. J., Heine, P., and Katul, G. G., 2010: Vegetation infiltration relationships across climatic and soil type gradients. *Journal of Geophysical Research*, 115: 1-12.
- Ramsay, P. And E. Oxley. 1997. The growth form composition of plant communities in the ecuadorian paramos. *Plant Ecology*. 131: 173–192.
- Suarez, E., And G. Medina. 2001. Vegetation structure and soil properties in Ecuadorian páramo grasslands with different histories of burning and grazing. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 33: 158-164.

TABLAS, FIGURAS, ANEXOS

Figuras

Figura 1

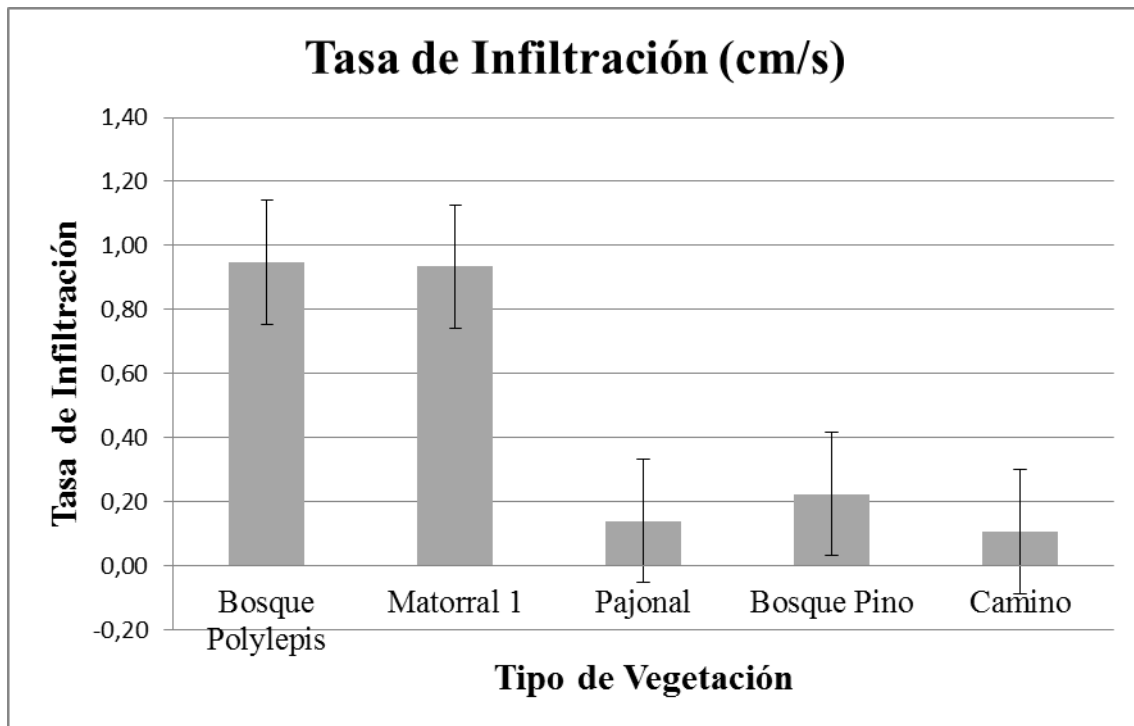


Figura 2

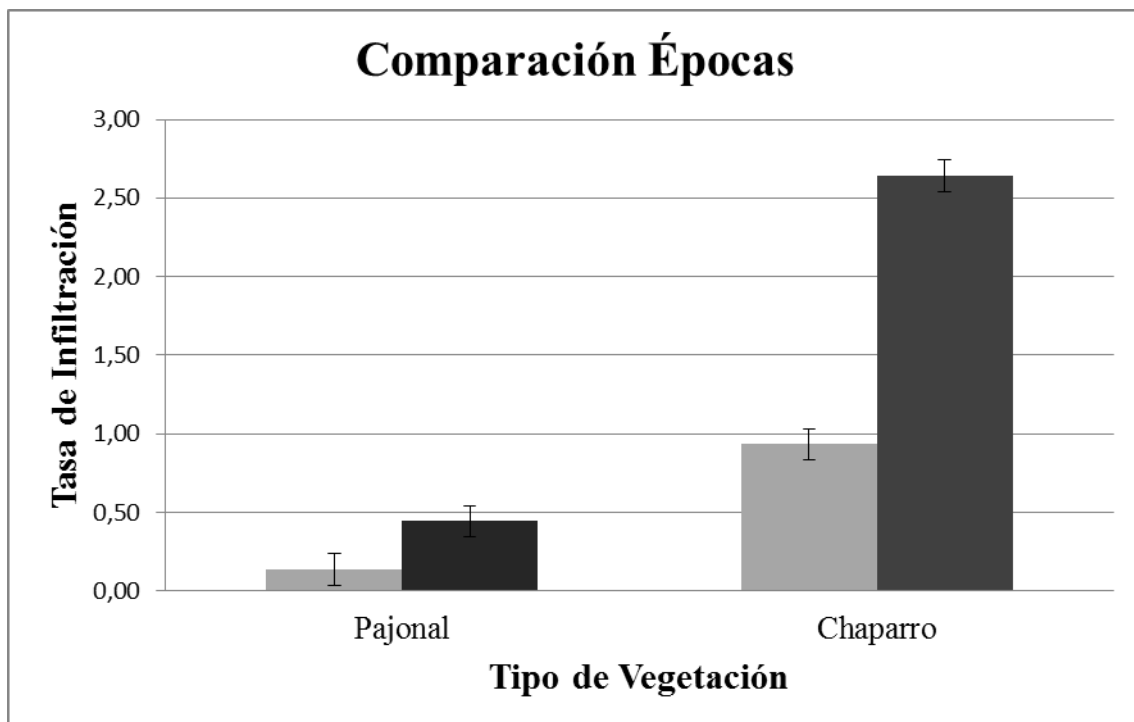


Figura 3

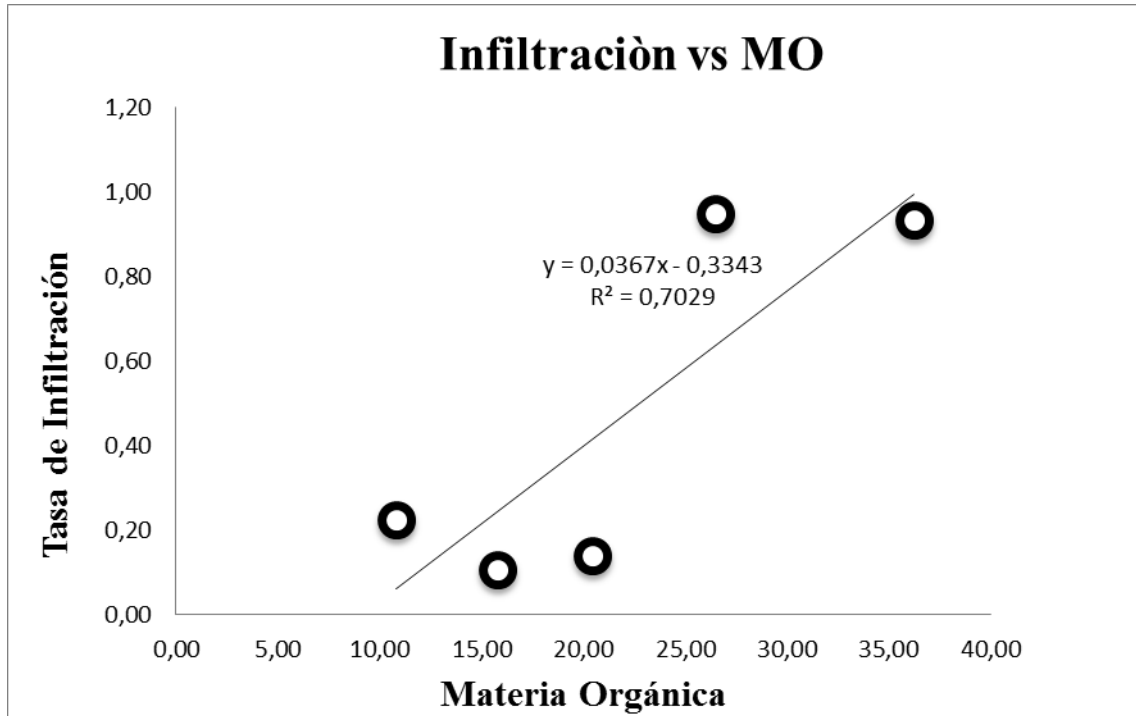


Figura 4

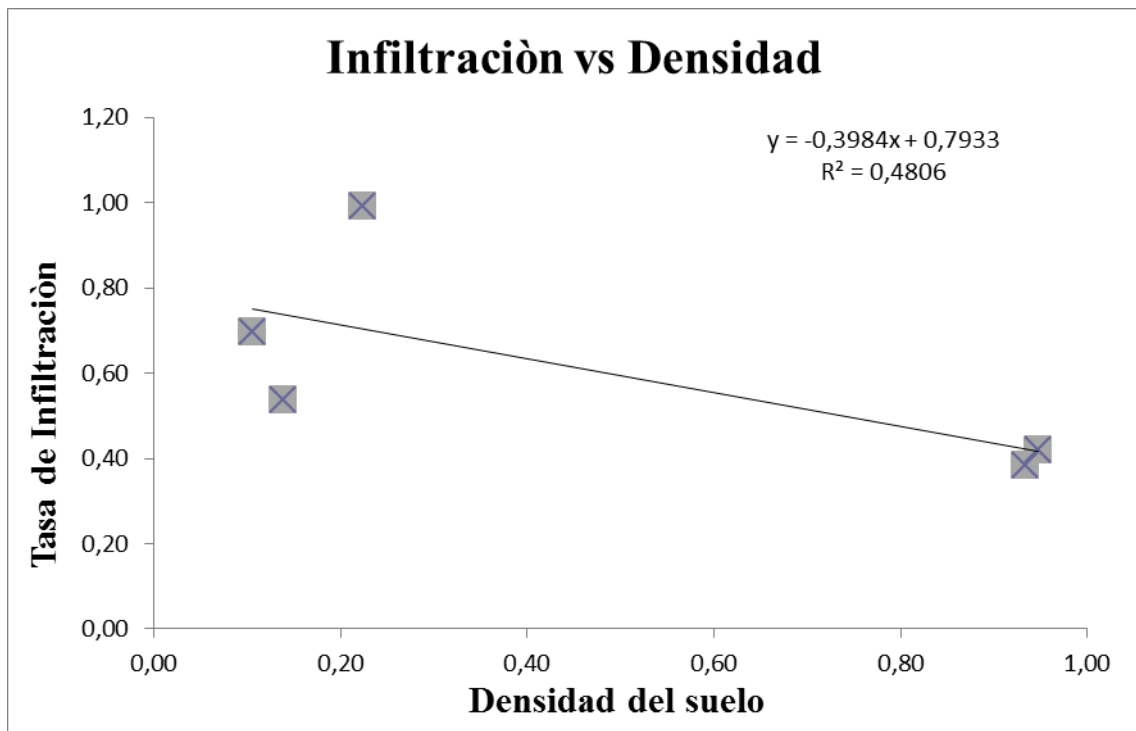


Figura 5

