

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Influencia de la cobertura vegetal en la capacidad de infiltración de agua  
en suelos de páramo**

**María Emilia Arcos**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Licenciatura en  
Comunicación Ambiental

Quito

Diciembre 2010

## **Resumen**

Los páramos son fuentes de agua importantes para regiones andinas. Debido a sus características topográficas y suelo, se conoce que estos ecosistemas son buenos para capturar agua. Sin embargo, no se conoce cómo influye la capa superficial de vegetación en los procesos de retención de agua.

Esta investigación se realizó en el páramo de Paluguillo, en la región de Papallacta en Pichincha, Ecuador. Se midió la tasa de infiltración en diferentes tipos de vegetación realizando dos pruebas, una con vegetación y otra sin vegetación. Se observó que las tasas de infiltración son significativamente más altas en las muestras que tenían vegetación. Actividades como el pastoreo, la agricultura y las quemas, impactan directamente la cobertura vegetal. Conocer la influencia de la cobertura vegetal en los procesos de captación de agua del páramo es importante para generar estrategias de conservación efectivas para estos ecosistemas.

## **Abstract**

Páramo ecosystems are important sources of water for Andean regions. Because of their topographic characteristics and the properties of their soil, these ecosystems are appropriate for capturing water. However, there is no information of the influence of the superficial vegetation cover in the process of water retention.

The research took place in Paluguillo, Papallacta located in Pichincha province, Ecuador. The infiltration rate was measured at different vegetation sites. Two samples were taken, one with vegetation and the other one without vegetation. The results showed that infiltration rates are significantly higher in the samples with vegetation. Activities such as grazing, agriculture, and fire, damage the superficial vegetation cover, causing loss in water retention capacity of the ecosystem. Gathering information about the importance of superficial vegetation cover for water retention capacity in páramos, is important to design effective conservation strategies for these ecosystems.

**© Derechos de Autor**  
**María Emilia Arcos**  
**2010**

## Tabla de contenido

1. Introducción.....	2
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. Material complementario: Clip piloto Conciencia Verde 1' 30" - producto comunicacional que busca informar sobre temas ambientales de una manera simple, atractiva y divertida. Tema: Importancia de los páramos como fuentes de agua- ¿De dónde viene el agua que usas en tu ciudad?

## **Introducción**

Climas extremos, hermosos paisajes y formas de vida extrañas son algunas características del páramo, un especial conjunto de ecosistemas neotropicales de altura que se extienden a lo largo de la región alto andina de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Cubren las regiones altas, entre los 3300 y 5000 msnm (Buytaert et al., 2006) y están formados por planicies y valles de origen glacial, en los que se aprecian abundantes lagunas, ríos y pantanos. Debido a su aislamiento en las zonas más altas de la cordillera, el grado de especiación y endemismo en los páramos es muy alto y en ellos se pueden encontrar alrededor de 5000 especies de plantas, las cuales están adaptadas a severas condiciones ambientales como amplios rangos de temperatura diaria, radiación ultravioleta alta y vientos fuertes (Buytaert et al., 2006).

Pero además de su importancia ecológica y su belleza escénica sin duda el más importante servicio ambiental de los páramos, es la captación de agua y regulación de los flujos hidrológicos en extensas zonas de los Andes del norte. En especial, grandes ciudades andinas como Mérida, Bogotá, Quito y Cuenca, y extensos valles aledaños se abastecen principalmente de agua generada en estos ecosistemas (Farley et al 2004), no solo para

consumo doméstico, sino también para la agricultura, la industria y generación eléctrica. Se estima, por ejemplo, que los páramos proveen agua a más de 100 millones de personas en la región andina. Así mismo, más del 98% de agua para riego en el Ecuador proviene de fuentes de agua superficiales generadas en estos ecosistemas (Buytaert et al., 2007). Si bien esta enorme capacidad de los páramos para proveer agua se debe parcialmente a los altos niveles de precipitación de algunas zonas de páramo, el rol más importante lo juegan los profundos suelos orgánicos que dominan extensas zonas en estos ecosistemas alto-andinos (Buytaert et al. 2006).

A pesar de que los suelos de páramo son extremadamente heterogéneos dependiendo de condiciones locales como precipitación, altitud y topografía, o características regionales como la influencia o no de actividad volcánica (Podwojewski y Poulénard, 2004), una gran proporción de ellos son Andisoles, Entisoles, Inceptisoles e Histosoles con altos contenidos de materia orgánica y elevados grados de porosidad. Por sus características particulares, estos suelos son extremadamente eficientes para absorber agua y regular su flujo, contribuyendo de esa forma al mantenimiento de caudales constantes en los ríos y fuentes de agua provenientes de los páramos. Pero, al mismo tiempo, estos suelos son extremadamente sensibles a las alteraciones antropogénicas. Por ejemplo, estudios previos han mostrado que el pastoreo intensivo afecta a la

macroestructura del suelo, creando una microestructura altamente repelente al agua. Además, el pastoreo también disminuye el contenido orgánico del suelo, disminuyendo su capacidad de retención de agua (Podwojewski et al. 2002). De igual manera, se ha demostrado que actividades como las quemas y cultivos, aumentan la escorrentía y reducen la conducción hidráulica de los suelos de páramo (Poulenard et al. 2001).

Adicionalmente a las características del suelo, la capacidad de regulación hídrica de los páramos también parece estar relacionada con la estructura de la vegetación. Así por ejemplo, se conoce que la vegetación ayuda a mantener el agua ya que evita los altos niveles de evaporación que se pueden dar por la alta capacidad térmica de los oscuros suelos del páramo y la alta radiación que se experimenta en los ecosistemas de alta montaña (Buytaert et al., 2006). De igual manera, esta capa de vegetación superficial evita el daño irreversible al que se exponen los Andisoles por los procesos de desecación o compactación que típicamente generan los cambios en el uso del suelo del páramo y que desembocan en la pérdida de la capacidad de retención de agua de este tipo de suelos (Farley et al. 2004). A pesar de que este rol de la vegetación en el mantenimiento del microclima y protección del suelo es intuitivo y ya ha sido sugerido por estudios anteriores, hasta la actualidad es poco lo que conocemos acerca del rol que podría jugar la capa superficial de vegetación que cubre densamente el suelo del páramo, en la capacidad de infiltración de agua en el suelo.

Más aun, hasta donde alcanza nuestro conocimiento, desconocemos la forma en la que esa influencia de la vegetación superficial podría variar como resultado de la heterogénea gama de coberturas que caracteriza a muchas zonas de páramo (*e.g.* pajonales, zonas arbustivas, bosques de altura). Este vacío en nuestro conocimiento del funcionamiento del páramo es aun más grave si se considera la creciente presión que estos ecosistemas experimentan por la ganadería, las quemas, la forestación y la extensión de la frontera agrícola. Si bien nuestro conocimiento sobre los impactos de estas actividades es aun incompleto, estudios previos ya han mostrado que las quemas, la ganadería y la agricultura tienen impactos dramáticos sobre la estructura y composición de las comunidades vegetales (*e.g.* Hofstede 1995; Ramsay y Oxley 1997; Suárez y Medina 2001) y sobre las características físico-químicas del suelo (*e.g.* Hofstede 1995; Podwojewski et al. 2008; Poulénard et al. 2001; 2004; Farley y Kelly, 2004). Aunque estos cambios en la vegetación seguramente tienen impactos sobre la capacidad de regulación hídrica, estos cambios aun no han sido evaluados. En este contexto, es indispensable conocer la contribución de la capa de vegetación superficial del suelo a la capacidad de infiltración, bajo diferentes tipos de vegetación como pajonales, bosques de altura y zonas arbustivas.

La zona de Paluguillo, ubicada en el páramo de Papallacta, es una zona heterogénea, que cuenta con diferentes tipos de vegetación, una representación ideal de los ecosistemas

de páramo y de las actividades más típicas que los amenazan. Igualmente, el sector de Papallacta es uno de los páramos más húmedos de la región y representa una importante provisión de agua para Quito. Desde esta perspectiva, esta zona es ideal para evaluar el potencial rol de la capa de vegetación superficial en los procesos de retención de agua de los páramos, y su variación bajo diferente tipos de cobertura vegetal. Así mismo, la zona se presta para el desarrollo de programas de educación sobre la conservación de los páramos y su importancia como ecosistemas estratégicos y fuentes de agua. Utilizando estos páramos como área de estudio, los principales objetivos de este trabajo fueron:

- Determinar si la capa de vegetación superficial influye en las tasas de infiltración de diferentes tipos de vegetación de páramo.
- Conocer las diferencias de tasas de infiltración entre los diferentes tratamientos de las muestras
- Conocer la influencia de la biomasa y la humedad de la vegetación en las tasas de infiltración.

## **Justificación**

Ésta investigación tiene el objetivo de evaluar la contribución relativa de la capa de vegetación superficial que cubre el suelo, a la captación de agua en los diferentes tipos de vegetación de páramo. Este conocimiento es fundamental en el contexto de los impactos que las quemas, la ganadería y la agricultura tienen sobre la estructura de la vegetación y la cobertura del suelo en estos ecosistemas, ya que estas alteraciones podrían determinar una pérdida en la capacidad de los páramos para regular los flujos hidrológicos. Al mismo tiempo, la comprensión sobre el rol de la vegetación contribuirá a la búsqueda de soluciones apropiadas para conservar estos ecosistemas que nos proveen con varios servicios ambientales. Actualmente, en la literatura no existe información sobre el rol de la vegetación en la captación de agua en los páramos del Ecuador; así mismo, carecemos de información acerca de la forma en que ese rol podría variar de acuerdo con los contrastantes tipos de vegetación que existen en el páramo. Desde este punto de vista, esta investigación contribuye a llenar a un vacío importante de información con relevancia directa para el manejo de los ecosistemas de páramo. De igual manera, la educación y concienciación a la sociedad sobre la importancia de estos ecosistemas es parte indispensable de cualquier esfuerzo de conservación.

## Metodología

### Área de Estudio

Este estudio se realizó en la estación científica Paluguillo manejada por la Universidad San Francisco de Quito, y ubicada en la cordillera oriental de los Andes ecuatorianos. La zona específica en la que realizamos esta investigación se encuentra entre 3600 y 3800 msnm, y experimenta temperaturas que pueden variar diariamente entre los -2 °C y los 18 °C grados de temperatura, y una precipitación promedio de 2000 mm anuales. Es una zona heterogénea en la que se pueden encontrar extensos pajonales dominados por *Calamagrostis* sp., zonas arbustivas (chaparro) con especies como *Diplostephium* spp. *Chuquiraga jussieu*, *Hypericum laricifolium* y *Pentacalia* sp., y parches de bosques de altura dominados por *Polylepis incana* o *Gynoxis* sp. Así mismo, la zona presenta un mosaico de áreas con diferentes tipos de disturbio, como zonas que fueron quemadas en el pasado, caminos y senderos, y zonas agrícolas (especialmente en la parte baja).

En esta zona, escogimos parches representativos de tres tipos de vegetación típica de ecosistemas de páramo (pajonal, bosque de *Polylepis*, y zonas arbustivas (chaparro), y de dos tipos de alteración antropogénica (caminos, y bosque de pinos). Estos tipos de cobertura consideran zonas sin intervención (pajonal, bosque *Polylepis*, zonas arbustivas) así como zonas intervenidas (caminos, bosque de pinos).

Para evaluar el rol de la vegetación superficial en la capacidad de infiltración de agua en el suelo, en cada tipo de cobertura realizamos ensayos de infiltración, para los que utilizamos un cilindro metálico (17 cm de diámetro x 25 cm de alto). Para cada ensayo, el cilindro fue incrustado en el suelo hasta una profundidad de 3 cm, tras lo cual vertimos 1 litro de agua en el cilindro y medimos el tiempo que el agua demora en infiltrarse completamente. Las tasas de infiltración resultantes fueron expresadas como cm/segundo, de acuerdo a la relación  $I = (Q/A \cdot t)$  propuesta por (Brady and Weil, 1999). En cada tipo de vegetación o cobertura realizamos un total de diez pruebas pareadas de infiltración, ubicadas aleatoriamente dentro del parche de vegetación. Para la primera prueba el cilindro de infiltración fue colocado en el suelo intacto, tal cual se encontraba, mientras que para el segundo ensayo, ubicado a 1 m del primero y en condiciones similares, removimos primeramente la capa superficial de vegetación en un cuadrante de 10 x 10 cm, evitando al máximo alterar la estructura del suelo subyacente, para luego colocar el cilindro y realizar el ensayo de infiltración como se describió anteriormente. La distancia mínima entre pares de muestras fue de 3 m. La diferencia en los promedios de infiltración entre los ensayos con y sin vegetación superficial, dentro de cada tipo de cobertura, nos sirven para evaluar la contribución relativa de la vegetación a esta característica del suelo.

Para evaluar las características de la vegetación superficial que podrían contribuir a la capacidad de infiltración de agua en el suelo, en cada muestra caracterizamos la capa superficial de vegetación, y medimos su profundidad. Adicionalmente, conservamos la capa de vegetación superficial que era extraída de las muestras de campo y la transportamos al laboratorio. Para cada muestra, registramos el peso húmedo de la vegetación, la secamos en un horno a 65 °C durante 48 horas y posteriormente registramos su peso seco y estimamos la biomasa seca de cada muestra.

#### Análisis Estadístico

El análisis estadístico fue realizado usando la prueba de varianza de dos vías (ANOVA) para probar el efecto de la vegetación en la tasa de infiltración. También se realizó el análisis de Fisher para observar la interacción entre las tasas de infiltración de los diferentes tipos de vegetación. Por último, se realizaron gráficos para mostrar el nivel de interacción de otros factores como biomasa, espesor y porcentaje de humedad de la vegetación en las tasas de infiltración de los diferentes tipos de vegetación.

## Resultados

Los resultados mostraron que existe una diferencia significativa de las tasas de infiltración, entre las que fueron realizadas con cobertura vegetal con las que fueron realizadas sin cobertura vegetal ( $F_{(4,90)} 6,848$ ;  $p < 0,0001$ ). Se observó que en donde había vegetación, las tasas de infiltración son significativamente superiores. En el bosque de *Polylepis* la tasa de infiltración llegó a los 0,95 cm/s, con vegetación y 0,78 cm/s sin vegetación. Este tipo de vegetación fue el que mayor tasa de infiltración presentó. Por otro lado, el camino fue el tipo de vegetación con menor tasa de infiltración la cual fue 0,11 cm/s con vegetación y de 0,01 cm/s sin vegetación (ver gráfico 1).

De igual manera, se puede observar que existe una diferencia marcada entre las muestras con tratamiento y sin tratamiento. En el camino, la diferencia entre las tasas de infiltración con y sin vegetación, es la mayor que se puede observar. Por otro lado, en el bosque de *Polylepis* se observó la menor diferencia entre las tasa de infiltración, con y sin vegetación (ver gráfico 1, punto 2).

Para poder hablar de una influencia de la capa de vegetación en las tasas de infiltración, se observó la relación que existe entre factores como la biomasa y el porcentaje de humedad de la vegetación en las tasas de infiltración de cada tipo de vegetación. En el tipo de vegetación matorral es en el que se encuentra mayor biomasa, éste tipo de

vegetación fue el segundo que mayor tasa de infiltración tuvo, lo que quiere decir que existe una fuerte correlación entre la tasa de infiltración y la biomasa (ver gráfico 2 y 3).

Por otro lado, el porcentaje de humedad fue el elemento que más influyó en el tipo de vegetación camino, el cual tiene la tasa de infiltración más baja. Sin embargo, no hay diferencias significativas entre el porcentaje de humedad en los diferentes tipos de vegetación pero si existe una diferencia significativa en las tasas de infiltración. Observamos que no existe correlación entre el porcentaje de humedad y las tasas de infiltración (ver gráfico 4 y 5).

## **Conclusiones**

Los resultados demostraron que la cobertura vegetal tiene un aporte significativo en la capacidad de infiltración en los páramos. Tipos de vegetación como matorral y los bosques de *Polylepis* fueron los tipos de vegetación que mayor tasa de infiltración tuvieron. En el caso del matorral la presencia de biomasa fue muy importante para los altos niveles de infiltración, por el contrario los pajonales presentaron tasas de infiltración muy bajas. Esto es muy importante ya que en planes actuales de conservación se considera a un páramo con integridad de suelos y mantenimiento de una cobertura vegetal adecuada (pajonal) como un estado en el que este ecosistema puede cumplir sus servicios ambientales

de manera adecuada (Suárez 2009). Sin embargo, si analizamos los resultados de este estudio, la vegetación tiene un rol importante para la captura de agua. Inclusive tipos de vegetación como el matorral y bosques de *Polylepis* son importantes para mantener niveles de infiltración adecuados. Páramos heterogéneos son importantes para mantener niveles de infiltración altos y de esta manera este ecosistema puede cumplir su función de una manera adecuada. Es por esta razón que es importante replantearse estrategias de conservación de estos ecosistemas. El manejo a través de quemas es común en este tipo de ecosistemas. Esto afecta principalmente a la cobertura vegetal. Además genera una homogenización de la vegetación, lo cual afecta a la capacidad de captura de agua en el páramo.

Actividades como el pastoreo, la agricultura y las quemas afectan directamente la capa de vegetación superficial, la cual tiene influencia en las tasas de infiltración de diferentes tipos de vegetación de páramo. Planes de conservación pueden centrarse a proteger la cobertura vegetal y la concentración de biomasa para que los páramos cumplan su función de reguladores hídricos de una manera eficiente.

## **Bibliografía**

BRADY, C., NYLE and WAIL, R., RAY. 1999. The Nature and Properties of soils. Prentice-Hall International. Soil water: characteristics and behavior 5: 195,196.

BUYTAERT, W., CÉLLERI, R., DE BIEVRE, B., CISNEROS, F., WYSEURE, G., DECKERS, J., and HOFSTEDE, R. 2006. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews* 79: 53-72.

BUYTAERT, W., IÑIGUEZ, V., and DE BIEVRE, B. 2007. The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo. *Forest ecology and Management*.

FARLEY, K., and E. KELLY. 2004. Effects of afforestation of a páramo grassland on soil nutrient status. *Forest Ecology and Management* 195: 281–290.

HOFSTEDE, R. G. M. 1995. Recovery after fire in Colombian páramo grassland: changes in vegetation structure and nutrient status. *Vegetation*.

HOFSTEDE, R. G. M. 1995. The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in colombian páramo grasslands. *Plant and Soil* 173: 111-132.

PODWOJEWSKI, P., and J. POULENARD. 2004. Páramo Soils. *Encyclopedia of soil science*: 1-4.

PODWOJESKI, P., J. POULENARD, 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.

PODWOJEWSKI, P., J. L. 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.

POULENARD, J., P. PODWOJEWSKI, J. L. JANEAU, and J. COLLINET. 2001. Runoff and soil erosion under rainfall simulation of Andisols from the Ecuadorian páramo: effect of tillage and burning. *Catena* 45: 185-207.

POULENARD, J., J. C. MICHEL, F. BARTOLI, J. M. PORTAL, and P. PODWOJEWSKI. 2004. Water repellency of volcanic ash soils from Ecuadorian páramo: effect of water content and characteristics of hydrophobic organic matter. *European Journal of Soil Science* 55: 487-496.

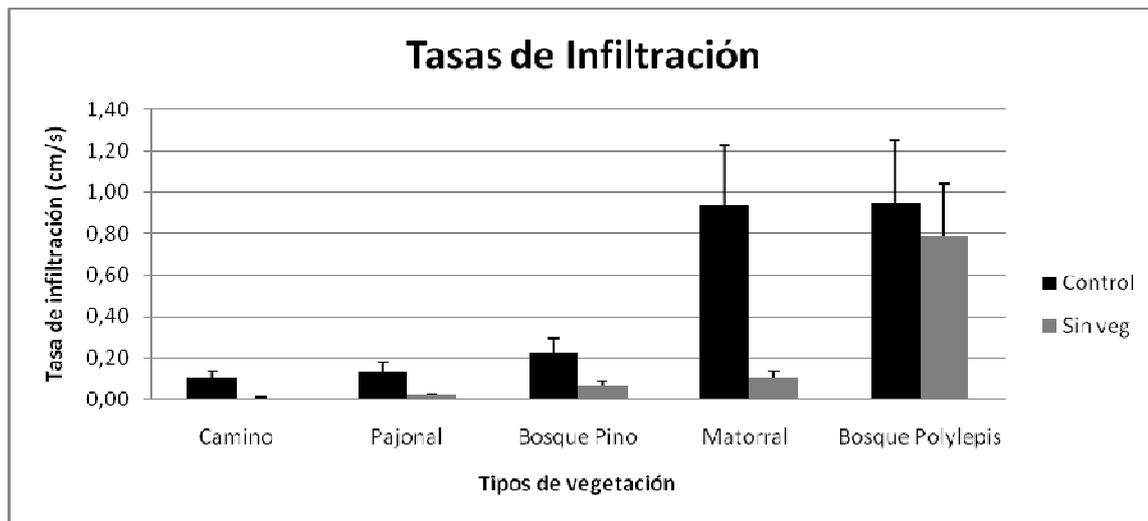
RAMSAY, P. M., and E. R. B. OXLEY. 1997. The growth form composition of plant communities in the ecuadorian paramos. *Plant Ecology*. 131: 173–192.

SUAREZ, E. 2009. Integridad ecológica frente a salud ecosistémica: reflexiones sobre enfoques de conservación en ecosistemas de páramo. *Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador*, Ecociencia, Abya Yala.39-48

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.

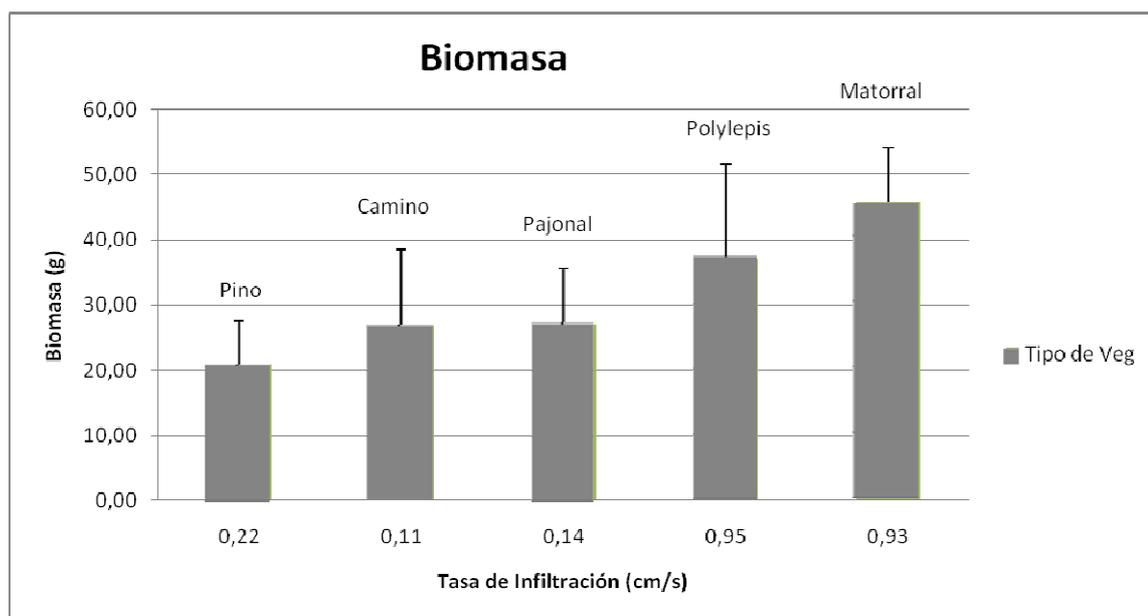
## Tablas, figuras, anexos

Gráfico 1



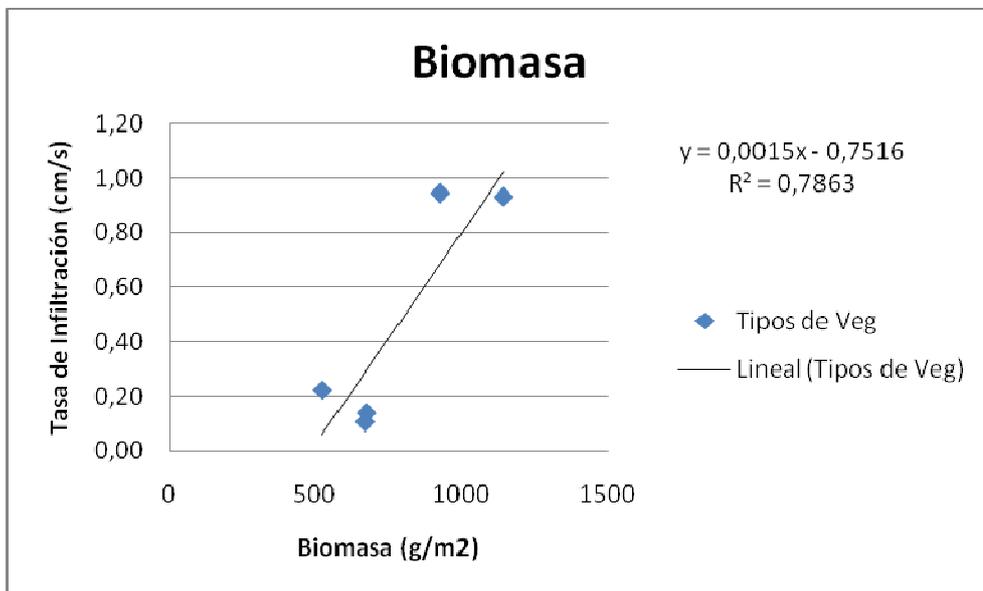
- Tasas de Infiltración con vegetación es significativamente mayor
- Diferencia entre tratamientos

Gráfico 2



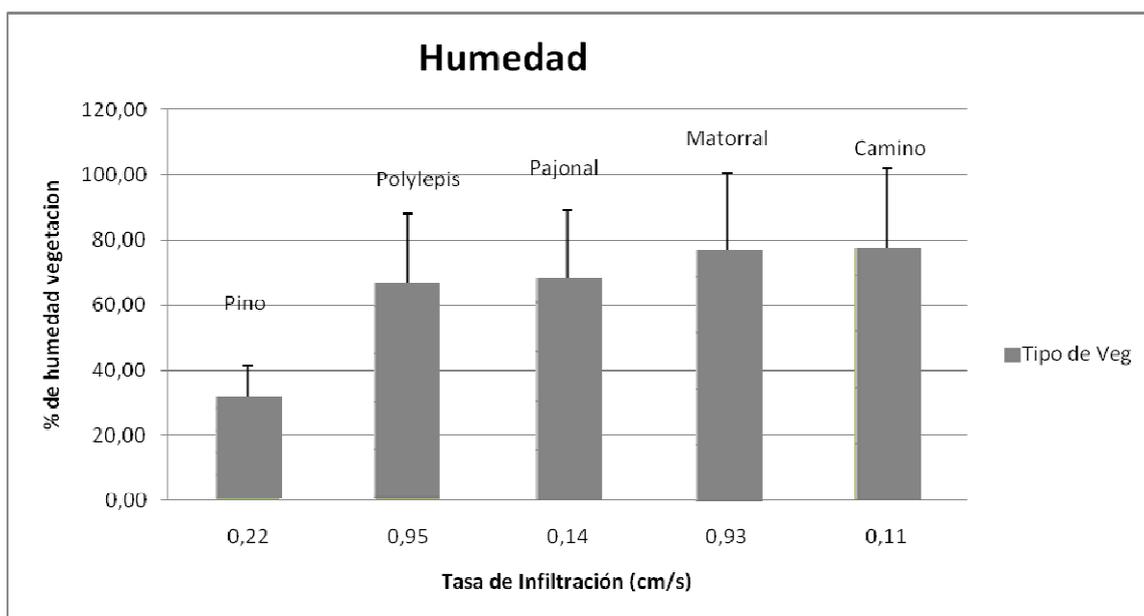
- Tipos de vegetación en donde más influye la biomasa

Gráfico 3



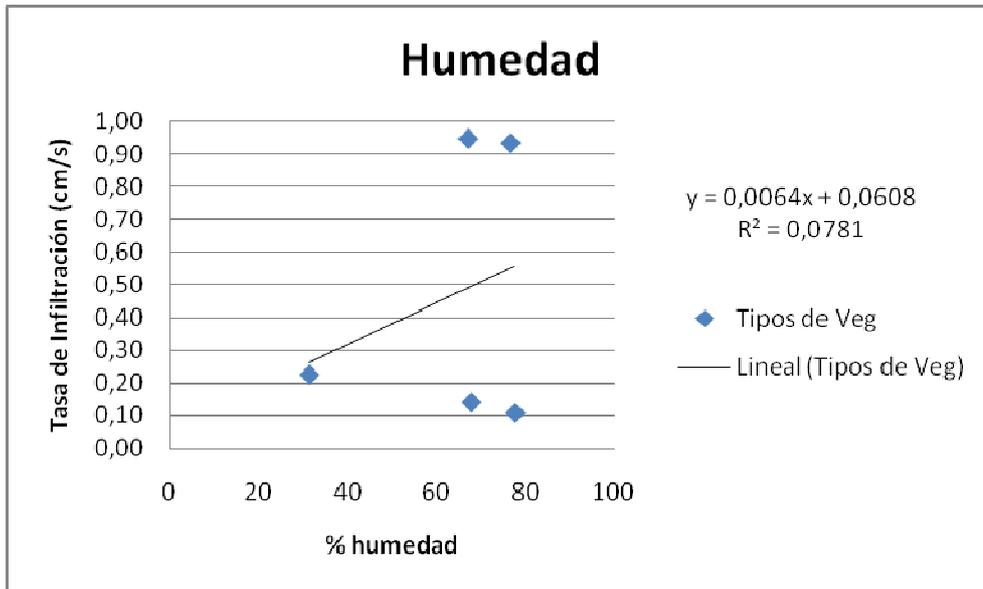
- Correlación presente entre tasa de infiltración y biomasa

Gráfico 4



- No hay diferencias en % de humedad entre tipos de vegetación, pero si en tasas de infiltración (comparar con gráfico 1)

Gráfico 5



- No existe correlación presente entre humedad y tasa de infiltración