

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

1. **TÍTULO:** Determinación de la capacidad de intercepción del agua de niebla, y la cantidad aportada al suelo, por plantaciones forestales de *Polylepis racemosa* Ruiz y Pavón en la comuna Zuleta, provincia de Imbabura.
2. **AUTOR:** Jose David Reyes Bustamante.
3. **DIRECTOR:** Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.
4. **COMITÉ LÉCTOR:** Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja, Esp.
Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.
Ing. Jorge Luis Cué García, PhD.
5. **AÑO:** 2019
6. **LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:** Sector Zuleta, parroquia Angochagua, cantón San Miguel de Ibarra, provincia de Imbabura.
7. **BENEFICIARIOS:** Comunidad de Zuleta, Dirección provincial del Ambiente Imbabura y al Gobierno Autónomo descentralizado del Cantón Ibarra.

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS: Reyes Bustamante

NOMBRES: Jose David

C. CIUDADANIA: 171949105-0

TELÉFONO CELULAR: 0986415368

CORREO ELECTRÓNICO: davidsebastian92@hotmail.com

DIRECCIÓN: Pichincha – Pedro Moncayo – Tabacundo – Pacífico Proaño- Barrio la Quinta.

AÑO: 2019

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

- Guía: FICAYA - UTN

Fecha: 17 de enero de 2019

Reyes Bustamante Jose David: **DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCEPCIÓN DEL AGUA DE NIEBLA, Y LA CANTIDAD APORTADA AL SUELO, POR PLANTACIONES FORESTALES DE *Polylepis racemosa* Ruiz y Pavón EN LA COMUNA ZULETA, PROVINCIA DE IMBABURA** /Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 23 de octubre del 2017. 64 páginas.

DIRECTOR: Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.


El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar la capacidad de intercepción del agua de niebla, y la cantidad de agua aportada al suelo, por plantaciones forestales de *Polylepis racemosa* Ruiz & Pavón, en la comuna Zuleta, provincia de Imbabura, siendo los objetivos específicos determinar la capacidad de intercepción del agua niebla incorporada al suelo por la especie arbórea y determinar la cantidad de agua que se incorporada al suelo.

Fecha: 17 de enero de 2019



Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.

Director de trabajo de titulación



Reyes Bustamante Jose David

Autor

Determinación de la capacidad de intercepción del agua de niebla, y la cantidad aportada al suelo, por plantaciones forestales de *Polylepis racemosa* Ruiz y Pavón en la comuna Zuleta, provincia de Imbabura.

Autor: Jose David Reyes Bustamante

Director del trabajo de titulación: Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales

Carrera de Ingeniería Forestal

Universidad Técnica del Norte

Ibarra – Ecuador

jdreyes@utn.edu.ec

Teléfono: 0986415368

RESUMEN

El crecimiento demográfico en el Ecuador es aproximadamente del 1,95% anual, lo que genera mayor demanda en cuanto al acceso en cantidad y calidad de agua para consumo y riego; para la satisfacción de esta necesidad los páramos y ecosistemas forestales cumplen un papel preponderante. La investigación se localizó en el bosque protector de la comunidad de Zuleta, parroquia Angochagua, Provincia de Imbabura, como objetivo general se planteó determinar la capacidad de intercepción del agua de niebla y la cantidad aportada al suelo por plantaciones forestales de *Polylepis racemosa* Ruiz y Pavón. La metodología consistió en determinar el tamaño de muestra y la selección aleatoria de los individuos a evaluar, de los cuales se tomó ramas vivas para pesarlas antes y después del evento de niebla, se calculó la saturación de follaje, de igual manera se contabilizó, por muestreo, los folíolos, hojas y ramas de todos los individuos a evaluar para estimar el área foliar. Se recolectó muestras de suelo de la base de los árboles con un recipiente de 300gr para cuantificar el agua de niebla incorporada al suelo, para lo que se pesó las muestras antes y después del evento de niebla; también se realizó un análisis físico del suelo en los dos estratos para relacionarlos con los resultados obtenidos. Se evaluó la velocidad de infiltración, también se colocó un neblinómetro que recolectó el agua de precipitación horizontal en el periodo de investigación. Los resultados obtenidos de la velocidad de infiltración promedio antes del evento de niebla fueron 0,41 y 0,25 cm/segundo después del evento, en la captura de agua por el neblinómetro se recolectó un total de 97 litros de agua durante todo el ensayo, los valores obtenidos del aporte de agua al suelo determinan que en el mes de septiembre tuvo mayor cantidad con 0,62 cm³, mientras que en los meses de julio y diciembre hubo un aporte menor 0,23cm/segundo y 0,24 cm³ respectivamente. Se concluye que la plantación de *Polylepis racemosa* intercepta y aporta el agua proveniente de la precipitación horizontal.

Palabras clave: Intercepción, niebla, plantaciones forestales, saturación, precipitación, infiltración, neblinómetro.

ABSTRACT

The population growth in Ecuador is approximately 1.95% per year, generating a greater demand of water for human consumption and irrigation; to satisfy this need, the moorlands (paramos) and forest play an important role. The research was performed in the protective forest in the community of Zuleta, Angochagua, in the province of Imbabura, the general objective is to determine the interception capacity of the fog water and the amount contributed to the soil by *Polylepis racemosa* Ruiz y Pavón. The methodology consisted of determining the sample size with a random selection of individuals to be evaluated, live branches were taken to weigh them before and after the fog event, foliage saturation was calculated, through sampling, leaflets, leaves and branches of all individuals were counted in order to evaluate and estimate leaf area. Soil samples were collected from the tree bases with a 300gr container to quantify the mist water incorporated in the soil, the samples were weighed before and after the fog event; a physical analysis of the soil in the two strata was performed to compare them with the results obtained from the research. The infiltration speed was evaluated, and a fog harvesting device was placed to collect the horizontal precipitation water during the research period. The results obtained from the average infiltration rate before the fog event were 0.41 and 0.25 cm / second after the event, the fog harvesting device collected a total of 97 liters of water during the whole research, the values obtained from the contribution of water to the soil determine that in September there was a greater quantity with 0.62 cm³, while in July and December there was a lower contribution of 0.23 cm / second and 0.24 cm³ respectively. It is concluded that the *Polylepis racemosa* plantation intercepts and contributes the water coming from the horizontal precipitation.

Keywords: Interception, fog, forest, saturation, precipitation, infiltration, fog harvesting device.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico del país es de 1,95% anual, (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2010), razón por la cual las actividades agrícolas y económicas a futuro incrementarán la demanda de agua, lo cual asociado a los efectos del cambio climático, generan preocupación por el acceso a la cantidad y calidad del recurso (ONU, 2014). En este contexto y considerando la importancia que tienen los páramos y las plantaciones forestales para el ciclo hidrológico y su influencia en la disminución de la escorrentía y percolación.

Además, existen algunos ingresos de agua a un sistema hidrológico de los cuales la precipitación horizontal tiene una gran relevancia, esta fase varía en función de la época o estación y el tiempo que influye de manera directa en la cantidad y calidad de agua, (Llambí, et al, 2012), por tal motivo es necesario realizar investigaciones sobre este aspecto hidrológico y su relación con la cobertura vegetal.

En Imbabura los páramos están situados en la cordillera de los Andes y son una fuente natural de regulación hídrica, ya que en este ecosistema no solo existe precipitación vertical, sino también la precipitación horizontal y otras fuentes de agua (acuíferos), (Tobón, 2009), que la mayoría de ellos no han sido evaluados.

En la comunidad de Zuleta se localiza el bosque protector Zuleta y anexos en donde se encuentran establecidas 120 hectáreas de *Polylepis racemosa*,; donde se cuantificó la captura de agua de niebla con base a la intercepción y la cantidad de aporte mediante el procesos de infiltración en el suelo dada por la especie forestal, información que permitirá a comunidades y sectores productivos tener un conocimiento basado en datos cuantitativos del recurso agua en la zona de estudio; además, para que a futuro se pueda valorar este servicio ambiental.

El aporte de agua de niebla al suelo está considerado desde la condensación de gotas en la atmosfera hasta que llegan a toparse con una cobertura vegetal, al ser muy diminutas estas partículas no se precipitan y para poder llegar al suelo vuelan hasta chocar con las ramas y hojas las cuales por medio de su estructura se filtra hasta llegar al suelo (Santana, 1987).

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en la conuna de Zuleta ubicada a 24 km del cantón San Miguel de Ibarra, Provincia de Imbabura.

El área de la investigación para la toma de datos fue de 1035 m² correspondiente a los dos estratos evaluados del total de la plantación de *Polylepis racemosa*.

a) Determinación de la capacidad de intercepción del agua de niebla de la especie arbórea *Polylepis racemosa*.

La toma de datos del presente estudio se realizó durante el periodo julio – diciembre, época en la cual la presencia de niebla generalmente es mayor según lo mencionan los moradores de la comunidad de Zuleta, se seleccionaron dos rodales separados por la vegetación arbustiva del resto de la plantación, a los cuales se los denominó como estratos; alto (mayor altura de los árboles entre 2,3 - 7,5m), bajo (menor altura de los árboles entre 2,3 - 2,8m); cabe indicar que los estratos se encuentran divididos por una vía de tercer orden.

Se determinó el número de individuos a ser evaluados mediante la aplicación de las ecuaciones del tamaño de muestra (n) y tamaño de muestra ajustado (n_a). Los parámetros considerados fueron en función del diámetro basal expresado en centímetros.

La población se determinó a partir del distanciamiento 3 x 4m y la superficie de los rodales, 585m² para el estrato alto y 450m² para

el estrato bajo, con un total de 87 árboles. Se midieron aleatoriamente 40 individuos de los que se calculó la varianza, se empleó el valor de la “t” de Student al 5% de probabilidad estadística; y como error de muestreo se consideró el valor del error estándar de la media. Se obtuvo un tamaño de muestra de 9,86 equivalentes a 10 individuos (cinco por estrato), que representa una fracción muestral del 11,49% de la población; con un error de muestreo de 10,1%.

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 S^2}{E^2}$$

Ec. (1)

Donde

n = Tamaño de muestra

t_α = Valor tabular de la “t” de Student

S² = Varianza

E = Error

$$n_a = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}}$$

Ec. (2)

n_a = Tamaño de muestra ajustado

n = Tamaño de muestra

N = Población

b) Determinación del área foliar.

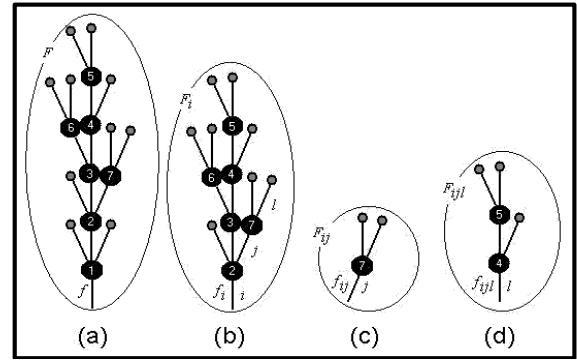
Se determinó el promedio del área foliar de los árboles y de las muestras vivas con el fin de inferir

la intercepción del agua de niebla, donde se utilizó la metodología de Albir, Molina, Rovira, y Torres (1989) para el cálculo del área foliar del ensayo, se calculó la superficie de las hojas, para lo que se seleccionó cinco hojas de diferentes tamaños al azar de cada árbol (25 por estratos). Donde se perfiló el contorno de las hojas en láminas de papel milimetrado para definir el área en centímetros cuadrados, después se calculó la media y se obtuvo la superficie promedio de una hoja.



Para cuantificar el número de hojas y ramas se aplicó el método de muestreo de ramas propuesta por Cancino, (2012) donde especifica:

- a) Nodos (definir un punto de una rama o parte de una rama que se divide en dos o en más ramas).
- b) Segmentos (una parte entre dos puntos de ramas consecutivas).
- c) y d) Paths (es un segmento sin nodos en su extremo final).



Una vez determinado el número el número de ramas nodos y segmentos (no se observaron paths) se obtuvo el número total de hojas por árbol muestreado. Con base al área foliar promedio y la cantidad de hojas por individuo se calculó el área foliar por árbol y se extrapoló a la población; para ello, mediante el análisis de regresión exponencial, se obtuvo la ecuación de estimación del área foliar en función del diámetro basal (db) transformado (1/db), con un coeficiente de determinación de la regresión (R^2) superior al 0,7.

c) Determinación de agua de saturación de follaje.

$$Tasa\ de\ intercepción = \frac{Lámina\ de\ agua\ (mm)}{Tiempo\ del\ evento\ (hora)}$$

Según la metodología de Tobón y Gil (2007) para cuantificar la cantidad de agua de la niebla que es interceptada por la vegetación arbórea hasta el punto de saturación (las ramas empiezan a gotear), del número de individuos seleccionados, se recolectaron tres muestras vivas (ramas) por individuo es decir 30 muestras, las cuales fueron expuestas a un evento de niebla en cada mes

evaluado.

Las dimensiones de las ramas a evaluadas fueron de 1m de longitud y el de 4cm diámetro, se colgaron en dirección perpendicular al viento predominante por cada evento de niebla en perchas de madera de 1,8 m de altura y 2 m de longitud (ver anexo 18).

Se registró el peso de las muestras antes y después del evento de niebla (una vez evidenciada la saturación foliar), por el método termo-gravimétrico se determinó la diferencia gravimétrica como representa la siguiente ecuación.

$$\Delta g = Pf - Pi$$

Ec. (3)

Dónde:

Δg = Diferencia gravimétrica

Pf = Peso final (g)

Pi = Peso inicial (g)

Con base a la densidad de agua se determinó el volumen del agua de saturación de follaje y posteriormente se la transformó a lámina de agua (1mm = 1 litro/m²) para relacionarla con el tiempo de duración de los eventos de niebla, y finalmente calcular la tasa de intercepción expresada en milímetros por hora.

d) Cuantificar la cantidad de agua de niebla que se incorpora al suelo.

Según la metodología de Tobón y Gil (2007) para determinar la cantidad de agua de niebla que se drena o gotea al suelo desde la especie arbórea se tomó en cuenta el siguiente procedimiento.

- a) Se tomó muestras de suelo en los primeros 5cm de profundidad antes y después de cada evento (presencia de neblina), estas muestras fueron recolectadas en un recipiente de 300 cm³ de volumen.
- b) Para determinar el contenido de humedad, las muestras fueron pesadas después de su recolección antes del evento de niebla (peso inicial) y después del evento (peso final), donde el resultado final se transformó de cm³ a mm/hora (lámina de agua).
- c) Las muestras de suelo fueron envueltas en fundas plásticas de tal manera que se mantenga la humedad hasta llevarlas al laboratorio de anatomía de maderas y xiloteca de la Universidad Técnica del Norte, para analizar el contenido de humedad mediante el método de la estufa.

d) Las muestras de suelo fueron secadas al horno a una temperatura aproximada de 60°C durante 72 horas para determinar el peso seco de la muestra. El muestreo se realizó durante seis meses (julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre) en cada mes se registró un evento de niebla, en donde por cada fenómeno se recolectaron las muestras de suelo a la profundidad mencionada. Con estos parámetros se determinó el contenido de humedad en términos gravimétricos a partir de la siguiente ecuación.

$$Hg = \frac{Ph - Ps}{Ps}$$

Ec. (4)

Dónde:

Hg = Humedad gravimétrica (gr/cm³)

Ph = Peso húmedo (gr), antes o después del evento

Ps = Peso seco al horno (gr).

Se utilizó un registró de la estación meteorológica más cercana (Yuyucocha) tomando nota de los fenómenos climáticos, donde se evidenció principalmente; la pluviosidad (presencia o ausencia de lluvia), nubosidad (alta, media, baja o nula) y presencia de neblina (alta, media, baja o nula),

También se evaluó la velocidad de

infiltración en cm/segundo del agua en el suelo con un Infiltrómetro de 240,33 cm³ que se colocó en la base de cada árbol retirando la cobertura vegetal para que tenga un contacto directo con el suelo, al cual se le introdujo agua en el anillo del mismo y se tomó el tiempo en el cual el agua fue absorbida totalmente en el suelo antes y después de cada evento de niebla, información que fue considerada para la estimación del aporte de agua al suelo.

e) Análisis estadístico

El análisis se realizó con base a las medidas estadísticas centrales y de dispersión (media, desviación estándar, error estándar de la media, coeficiente de variación) además de prueba de “t” de Student Aguirre y Vizcaino, (2010) para comparar la cantidad de agua aportada al suelo entre el estrato alto (altura mayor) y el estrato bajo (altura menor), cuyas ecuaciones son: mediana, varianza, coeficiente de variación, error estandar de la media y prueba de “t” de student.

Las variables dasométricas (diámetro a la altura del pecho, diámetro basal, número de ramas, altura total, área de copa).

f) Análisis de regresión

Con la finalidad de conocer cuál es la tendencia de comportamiento y la relación entre las variables dasométricas se realizaron análisis de regresión lineal, logaitmica, exponencial y

polinómica.

RESULTADOS

1.- Determinar la capacidad de intercepción del agua de niebla de la especie arbórea *Polylepis racemosa* en diferentes estratos.

Con base al primer objetivo propuesto se calculó la saturación de follaje y el área foliar de la planta.

a) Determinación del área foliar

El área de una hoja de *Polylepis racemosa* va desde 10,2 cm² a 13,4 cm², en cuanto al área foliar es de 4,54m²/árbol, siendo superior el estrato alto con 5,71m²/árbol. Cabe mencionar que se obtuvieron coeficientes de variación indicando que los datos son relativamente heterogéneos (tabla 1).

Tabla 1
Determinación del área foliar

Estadístico	General	Estrato alto	Estrato bajo
Media	4,54	5,71	3,37
Error estándar de la media	0,55	0,59	0,58
Desviación estándar	1,75	1,32	1,30
Varianza de la muestra	3,06	1,75	1,68
Coefficiente de variación	38,50	23,13	38,55
Mínimo	1,85	4,38	1,85
Máximo	7,33	7,33	4,99
Suma	45,40	28,57	16,83
t de Student calculada			1,79
Significancia			no significativo
t $\alpha_{0,05}$			2,306
t $\alpha_{0,01}$			3,355

Con la finalidad de determinar el modelo idóneo para estimar el área foliar se realizó en primera instancia una regresión lineal con el diámetro basal como variable independiente, donde se observa una relación directamente proporcional con un coeficiente de correlación (R) de 0,8398 valor altamente significativo al 1% de probabilidad estadística, además se obtuvo un coeficiente de determinación de la regresión (R²) de 0,7052.

Mediante la aplicación del análisis de

regresión exponencial se obtuvo un R² de 0,7474, levemente superior al registrado en la regresión lineal, lo que permite inferir un buen ajuste a la curva y por lo tanto calcular estimaciones confiables; por lo que, la aplicación de la ecuación cinco permite estimar el área foliar en función del diámetro basal transformado; cabe mencionar que la tendencia a “J” invertida se debe principalmente a la transformación de la variable diámetro basal debido a que al realizar el cociente se invierte la proporcionalidad entre área y diámetro basal. Es

preciso indicar que las hojas del *Polylepis racemosa* están distribuidas en mayor proporción en el extremo de la rama.

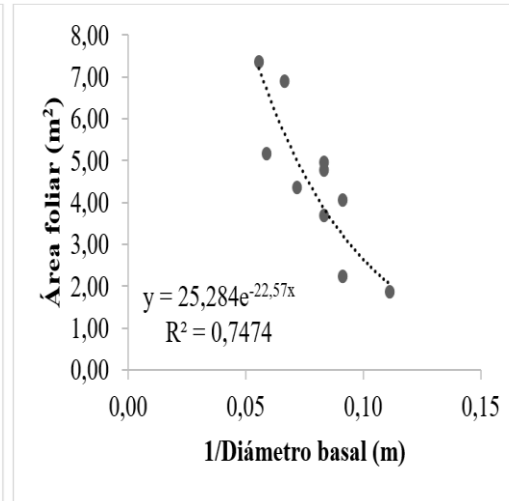
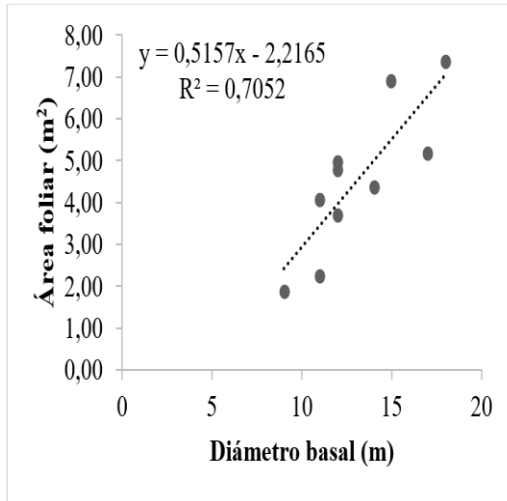
$$\text{Área foliar} = 25,284e^{-22,57(1/db)}$$

Ec. (5)

Dónde:

e = Constante (2,54).

db = Diámetro basal.



Colmenares, Rada, y Luque, (2005) indican que para el cálculo de área foliar del *Polylepis sericea* obtuvieron un valor de 10,65 cm²/hoja en Mucubaji, en cambio en Loma Redonda determinaron 9,8 cm²/hoja, mientras que en la presente investigación las hojas de *Polylepis racemosa* posee un promedio de 11,8 cm²/hoja, esta diferencia se debe a que, a pesar de que *Polylepis sericea* posee un mayor número de foliolos (5-7) los cuales son característicos de la especie y estos son más pequeños.

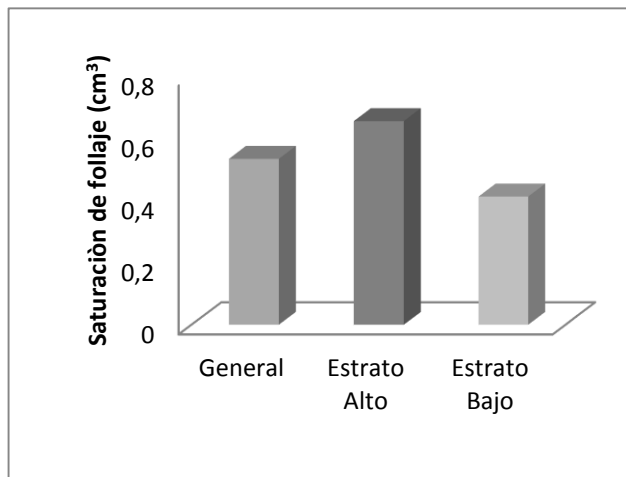
b) Determinación de agua de saturación del follaje

El agua de saturación de follaje fue de 0,53 mm/hora, siendo superior en el estrato alto con 0,65 mm/hora (lámina de agua). Cabe recalcar que se obtuvieron coeficientes de variación que indican relativa heterogeneidad sin embargo las medias son representativas en función de sus respectivos errores estándar, cabe recalcar que en lo que respecta a la prueba de “t” de student no se evidencia diferencias representativas al nivel del 5% de probabilidad estadística (tabla 2).

Tabla 2*Saturación de follaje en milímetros por hora*

Estadístico	General	Estrato alto	Estrato bajo
Media	0,53	0,65	0,41
Error estándar de la media	0,06	0,10	0,03
Desviación estándar	0,20	0,22	0,07
Varianza de la muestra	0,04	0,05	0,01
Coefficiente de variación	37,10	32,95	17,50
Mínimo	0,32	0,33	0,32
Máximo	0,83	0,83	0,48
Suma	5,34	3,27	2,07
<i>t</i> de Student calculada			1,50
Significancia			no significativo
$t_{\alpha 0,05}$			2,306
$t_{\alpha 0,01}$			3,355

Del análisis de saturación de follaje se determina que la plantación en general aporta 4,77 litros/ha, para que se sature completamente la cobertura vegetal del árbol y se puede decir que a mayor altura (estrato alto) se necesita mayor cantidad de litros de agua para saturarse dependiendo de cada especie y forma de las hojas,



Ritter, Regalado, Aschan, y Gómez, (2005) determinaron 0,38 mm/hora de saturación de

follaje y comparada con la presente investigación que fue de 0,53 mm/hora, valor superior al calculado en la investigación citada, debido a que *Myrica faya* tiene hojas más grandes pero sin pubescencia que implica una menor intercepción de agua de niebla.

2.- Cantidad de agua de niebla que se incorpora al suelo.

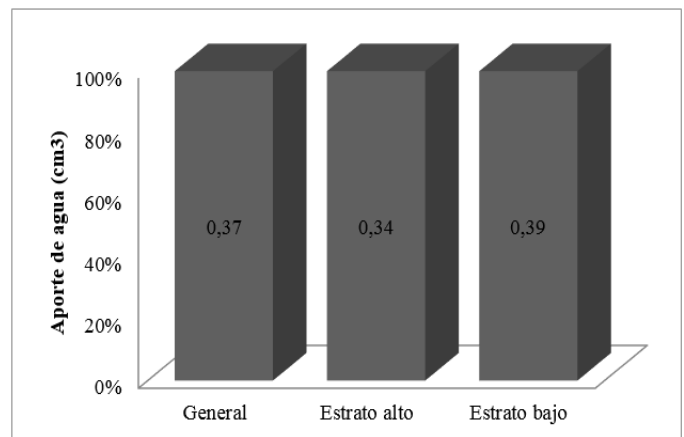
Con base a los aspectos metodológicos se obtuvo los siguientes resultados.

a) Aporte de agua al suelo

Los valores obtenidos del aporte de agua al suelo determinan que en el mes de septiembre tuvo mayor cantidad de humedad con 0,62 cm³, mientras que en los meses de julio y diciembre hubo un aporte menor 0,23 y 0,24 cm³ respectivamente. Se evidencia mayor homogeneidad en el estrato alto en relación a los valores promedios mensuales

Al realizar la prueba de “t” de Student se evidencia que el aporte de agua al suelo es estadísticamente similar al nivel del 5% de probabilidad estadística entre los estratos analizados, sin embargo matemáticamente se observa un aporte de agua al suelo de $0,37 \text{ cm}^3$ y mayor en el estrato bajo con un $0,39 \text{ cm}^3$ por plantación de *Polylepis racemosa* y el aporte de agua al suelo transformado a milímetros por hora se obtuvo una ganancia de peso general de $0,030$ y de igual forma superior en el estrato bajo con $0,033 \text{ mm/hora}$.

Del análisis de aporte de agua al suelo, si bien no existió diferencia estadística, matemáticamente se evidencia que el estrato bajo genera mayor aporte, debido a que en este existe la presencia de pajonal que también intercepta la precipitación horizontal e incrementa la cantidad de agua presente en el suelo, mientras que en el estrato alto la vegetación asociada a la plantación está compuesta principalmente de vestigios de pastizales



En el estudio de Tobón y Gil, (2007) se logró una cantidad aportada al suelo por el bosque nativo de $0,129 \text{ mm/hora}$ y en el presente estudio realizado en Zuleta es de $0,030 \text{ mm/hora}$, debido a que en el bosque nativo existe mayor diversidad de especies y por consecuencia existe más densidad que incrementa el aporte de agua al suelo.

b) Velocidad de infiltración

Se obtuvo una velocidad de infiltración promedio de $0,41 \text{ cm/s}$ antes del evento de niebla y un $0,25 \text{ cm/s}$ después del mismo, debido al incremento de humedad suscitado,

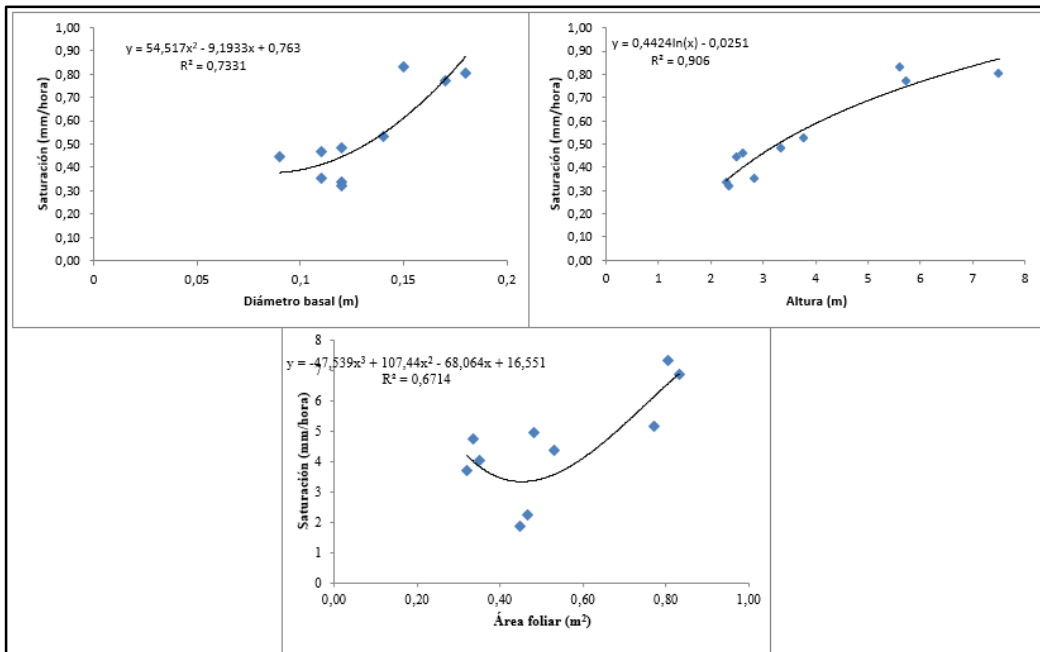
La prueba de t de Student muestra que la velocidad de infiltración del agua es estadísticamente muy diferente, siendo el tiempo después del evento mayor en $0,15 \text{ cm/s}$, esta diferencia se debe a la saturación de agua en el suelo resultante del evento de niebla.

En la investigación del páramo de Palugillo

(Papallacta) Arcos, (2010), en el bosque de polylepis la tasa de infiltración fue de 0,95 cm/s. Por otro lado en la presente investigación la tasa de infiltración antes del evento de niebla fue de 0,41 cm/s y 0,26 cm/s después del evento de niebla, esta variación se debe a que en coberturas vegetales que tienen actividades de agricultura, pastoreo y quemas influyen directamente en la vegetación por ende la tasa de infiltración es más alta.

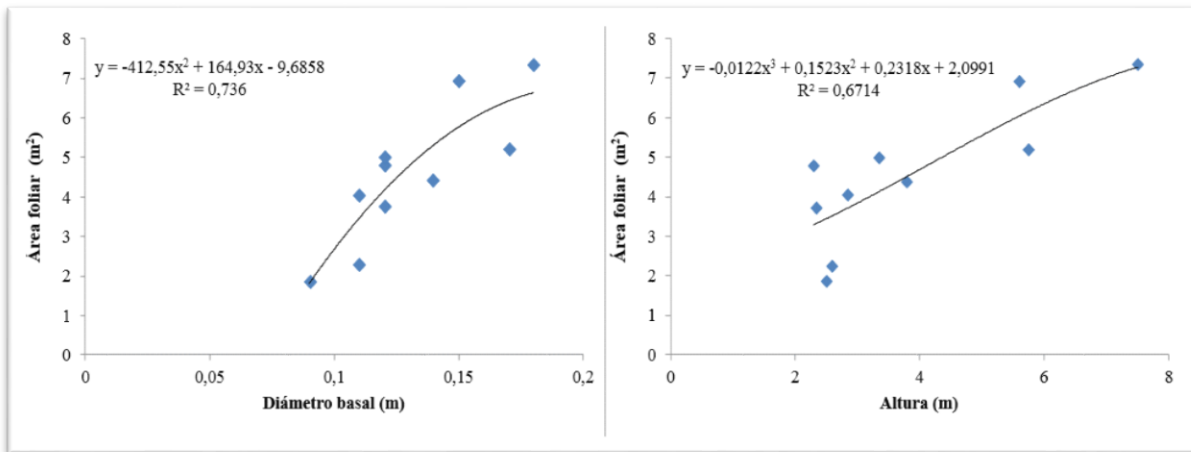
Al realizar el análisis de regresión logarítmica entre la saturación de follaje y altura se evidencia que existe una relación directamente proporcional y mejor ajuste a la recta con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,90. En la relación entre las variables saturación de follaje y diámetro basal con un análisis de regresión polinómica de segundo orden un (R^2) de 0,73. Mientras que el análisis de regresión polinómica de tercer orden entre saturación de follaje y área foliar presentó un coeficiente de determinación de regresión (R^2) de 0,67

c) Análisis de regresiones



A continuación se muestra la regresión polinómica de segundo orden entre el área foliar y el diámetro del árbol donde se un (R^2) de 0,73

sin embargo una regresión polinómica de tercer orden entre las variables área foliar y altura que donde se evidencia una relación de proporcionalidad



Se realizó la regresión polinómica entre las variables diámetro de copa y aporte de agua al suelo con un coeficiente de determinación (R^2) = 0,83 que demuestra la proporcionalidad existente entre las variables mencionadas y su vez, indica que la ecuación resultante permite hacer inferencias del aporte de agua al suelo en función del diámetro de copa de los árboles. Es preciso mencionar que entre más extensa sea la copa habrá un mayor aporte de agua al suelo.

CONCLUSIONES

La capacidad de intercepción del agua de niebla que presentan los árboles de *Polylepis racemosa* es de 0,53 mm/hora, siendo superior en el estrato alto con 0,65 mm/hora debido a que los árboles tenían una mayor altura y área de copa, esto se traduce en mayor área foliar.

El aporte de agua al suelo de la especie forestal fue mayor en el estrato bajo, debido a que si bien es cierto existe mayor área foliar en el estrato alto, el estrato bajo se encuentra asociado con (paja de páramos) que

de igual forma intercepta el agua de niebla, aportando una cantidad de agua extra al suelo.

La velocidad de infiltración de agua incorporada al suelo en promedio antes del evento fue 0,41 cm/s, y 0,25 cm/s después del evento debido al incremento de humedad respectivamente, suscitado por el evento de niebla.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre , C., & Vizcaíno, M. (2010). *Aplicación de estimadores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones forestales* . Ibarra: Editorial Universitaria .
- Albir, M., Molina, O., Rovira, M., & Torres. (1989). *Superficie foliar*. Suma, 51,52,53,54.
- Arcos , M. (2010). *Influencia de la cobertura en la capacidad de infiltración de agua en el suelo de páramo*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Cancino, J. (2012). *Dendrometría Basica*. Concepción: Universidad de Concepción .
- Colmenares-Arteaga, M., Rada, F., y Luque, R. (2005). *Anatomía foliar de Polylepis sericea Wedd.(Rosaceae) a dos altitudes en los Altos andes venezolanos*. *Plantula*, 3(3), 141-148.
- INEC, I. (2010). *Censo de población y vivienda*. Quito-Ecuador .

- Llambí, L. D., Soto, A., Céleri, R., Ochoa , B., Borja , P., & De Bievre, B. (2012). *Ecología, Hidrología y Suelos de Paramo*. Monsalve Moreno .
- ONU. (24 de Noviembre de 2014). *El agua fuente de vida* . Obtenido de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedeca/scarcity.shtml>
- Ritter, Regalado, Aschan, & Gómez. (2005). *Contribución hídrica de la captación de niebla al balance de un bosque de Laurisilva en el parque nacional de Garajonay*. Laurisilva: University of Duisburg-Essen.
- Santana, L. (1987). *Precipitación de nieblas en Tenerife*. Puerto de La Cruz. Tenerife.
- Tobón , y Gil Morales, E. G. (2007). *Capacidad de interceptación de la niebla por la vegetación* . Medellín: ISSN 0121 - 5701.
- Capacidad de interceptación de la niebla por la vegetación* . Medellín: ISSN 0121 5701.