

**Aporte de precipitación horizontal en  
diferentes tipos de vegetación de la Reserva  
Biológica Uyuca, Honduras**

**Martín Alejandro Villacís Ramón**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO  
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

# **Aporte de precipitación horizontal en diferentes tipos de vegetación de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Ambiente y Desarrollo en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Martín Alejandro Villacís Ramón**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2017

## **Aporte de precipitación horizontal en diferentes tipos de vegetación de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras**

**Martín Alejandro Villacís Ramón**

**Resumen.** La precipitación horizontal generada por la presencia de neblina representa en los bosques nublados un valor adicional en el balance hídrico. A nivel mundial se desarrollan estudios para demostrar su importancia. La Reserva Biológica Uyuca es un bosque nublado en el que se están realizando investigaciones para cuantificar la precipitación horizontal. El presente estudio tiene como objetivo estimar el aporte de la precipitación horizontal en cuatro tipos de vegetación de la RBU. Los tipos de vegetación estudiados son el bosque de pino, bosque mixto, bosque latifoliado medio y latifoliado maduro. El primer paso fue la realización de un inventario forestal en parcelas de 10 m x 10 m ubicadas en cada tipo de vegetación. El método usado para medir el aporte de precipitación horizontal fue el propuesto por Juvik y Ekern, usando pluviómetros tipo canaletas y escurrimiento de tronco. El registro de la precipitación vertical se realizó con tres pluviómetros manuales localizados a 1680 msnm, 1745 msnm y 1900 msnm. Este registro en tres puntos diferentes permitió un mejor control de los eventos de precipitación vertical y así separar solo la precipitación derivada de neblina. El aporte de precipitación horizontal en períodos secos en el bosque latifoliado maduro fue de 8.42 mm, en el bosque de pino 5.48 mm, en el bosque mixto 5.43 mm y en el bosque latifoliado medio 1.61 mm. Lo cual permite concluir que el tipo de vegetación y la densidad boscosa que presenta cada bosque son factores que influyen directamente en la captura de precipitación horizontal.

**Palabras clave:** Inventario, neblina, pluviómetros, precipitación vertical.

**Abstract.** Horizontal precipitation generated by fog in cloudy forests represents an additional value on water balance and currently, there is a lot of research being made around the world to prove its importance. The amount of horizontal precipitation was measured in the Uyuca Biological Reserve to determine the amount it holds and its contribution in four types of forest vegetation. The types of vegetation evaluated were pine forest, mixed forest, medium broadleaf forest and mature broadleaf forest. A plot of 10 m by 10 m was measured in each type of forest to make an inventory of the vegetation. The methods proposed by Juvik and Ekern, were used to determine the amount of precipitation in each type of vegetation cover. Three pluviometers were located at heights of 1680, 1745 and 1900 meters above sea level. This data were used to keep track and monitor the events influenced by horizontal precipitation. The amount of horizontal precipitation registered on matured broadleaf forest was 8.42 mm, on pine forest was 5.48 mm, on mixed forest was 5.43 and on medium broadleaf vegetation was 1.61 mm on dry periods. The results permit to conclude that the type of vegetation and forest cover in each type of forest has a direct influence in the capture of horizontal precipitation.

**Key words:** Fog, inventory, pluviometers, vertical precipitation.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>16</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>18</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>20</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Inventario de árboles en las parcelas .....	9
2. Precipitación horizontal (mm) en períodos secos.....	12
3. Datos (mm) obtenidos de la diferencia realizada para períodos húmedos .....	13
4. Eventos de precipitación horizontal (mm) en períodos húmedos .....	14
5. Escurrimiento por tronco (mm) en períodos secos.....	14

Figuras	Página
1. Mapa de localización de las parcelas del estudio .....	4
2. Distribución de pluviómetros en las parcelas.....	6
3. Colocación de manguera alrededor del tronco .....	7
4. Registro de precipitación vertical fuera del dosel .....	11

Anexos	Página
1. Pluviómetro usado para bosque latifoliado maduro .....	20
2. Pluviómetro usado para bosque de pino.....	20
3. Pluviómetro usado para bosques mixto y latifoliado medio .....	21
4. Medición del DAP para caracterizar los tipos de vegetación.....	21
5. Pluviómetros tipo canaleta bajo el dosel .....	22
6. Mantenimiento de manguera en tronco .....	22
7. Períodos de precipitación vertical (mm).....	23
8. Plantilla usada para toma de datos en campo .....	24

# 1. INTRODUCCIÓN

Los bosques nublados se encuentran en ecosistemas forestales con una vegetación muy abundante, vinculados a un contacto directo con las nubes (Stadtmuller, 1987). Estos bosques se encuentran ubicados en zonas altitudinales que poseen una cobertura de nubes persistentes o estacionales. Las nubes reducen el paso de los rayos solares, causando que exista menor evapotranspiración (Agudelo et al., 2016). Los bosques nublados tienen una elevada tasa de precipitación total, debido al aporte de agua extra que se obtiene por la neblina que se condensa en la vegetación en épocas secas y húmedas del año (Kappelle y Brown, 2001).

En los bosques nublados la precipitación horizontal juega un papel fundamental, debido al gran aporte de agua que se obtiene y que es aprovechada principalmente por la vegetación. La precipitación horizontal se da por un proceso en el que las gotas pequeñas de vapor de agua chocan de forma horizontal con algún obstáculo como la vegetación o atrapa neblinas (Agudelo et al., 2016). Las nubes presentes son producto de la condensación de agua en estado líquido proveniente del vapor, esto es lo que da origen a la neblina. Cabe destacar que la neblina se forma cuando el vapor o punto de rocío se encuentra por encima de la temperatura ambiente, produciéndose agua en estado gaseoso (Ramírez, 2011).

La precipitación horizontal se ve influenciada por varios factores que pueden afectar la captura del agua. Además del clima y la vegetación que son factores necesarios para generación de la precipitación horizontal; hay que tener en cuenta al viento, las pendientes, la forma de las hojas y la densidad boscosa de un área en particular (Díaz, Navarrete y Suárez, 2005). Asimismo, se debe tomar en cuenta a los factores antropogénicos como el uso del territorio; el tipo de bosque primario o secundario y la forma en aprovechar sus recursos; factores que juegan un papel muy importante en la cantidad de lluvia horizontal que se puede originar (Hofstede, 2001).

La precipitación horizontal es un tema que se encuentra en constante investigación en varios países de América latina y el mundo. El contar con las condiciones naturales adecuadas y avances tecnológicos han permitido a países trabajar con métodos biológicos y métodos artificiales para capturar agua proveniente de neblina. Tal es el caso de Chile y Colombia, países que ven a la neblina como un recurso fundamental del que pueden beneficiarse, viendo a la precipitación horizontal como una alternativa de aprovechamiento y solución para evitar la escases del recurso hídrico (Mendoza y Castañeda, 2014).

En las Islas Canarias se determinó como factores fundamentales para que se genere precipitación horizontal a la fuerza del viento, la temperatura del aire y a la estructura forestal del bosque nublado. Debido al aporte significativo que la precipitación horizontal representa en la isla se concluyó que debería integrarse este valor en la ecuación del balance hídrico (Cerezal y Bayón, 2010). Un estudio que sustenta el planteamiento de Cerezal y Bayón, es el que se llevó a cabo en la Isla de Tenerife en el que se estudió diferentes tipos de vegetación y se llegó a la conclusión de que los bosques cerrados producen menos precipitación horizontal que los bosques despejados. En este estudio las especies con hojas estrechas y aciculares como el pino canario y el brezo los tipos de vegetación que capturaron mayor cantidad de agua proveniente de la neblina (Braojos, 2009).

Por otra parte, en Chile se realizó un estudio basado en la redistribución de las precipitaciones de un bosque de pino. En este estudio se tomó en cuenta la escorrentía de los troncos para evaluar la cantidad de precipitación interceptada bajo el dosel, llegando a concluir que además de las características de las ramas y el tronco; la duración y la intensidad de lluvia, son factores que influyen en los datos (Huber y Oyarzún, 1983). Lo anterior asegura que el escurrimiento fustal en los árboles con ramas péndulas tienen una menor cantidad de escurrimiento que los árboles con ramas patentes que son los que mayor cantidad de agua escurren por sus troncos (Cerezal y Bayón, 2010).

En lo que respecta a la Reserva Biológica Uyuca (RBU), es un área protegida establecida mediante el Decreto Ejecutivo N° 211-85 de 1985. La RBU es una zona muy importante, ya que brinda a más de 20 comunidades servicios ecosistémicos y diversidad de bienes, siendo el más importante la provisión de agua. Otros servicios que brinda la RBU son abundancia de flora y fauna, captura de carbono y belleza escénica. En la RBU se encuentran tres tipos de bosques: bosque latifoliado, bosques mixtos y bosque de coníferas en donde domina el pino. En la zona núcleo (237.1 ha) solo 52 ha pertenecen a bosque maduro, el resto de la zona áreas regeneradas (Mora et al., 2013).

Debido al aporte hídrico que la Reserva Uyuca brinda a lo largo del año, se han llevado a cabo varios estudios enfocados en conocer el aporte de agua que la precipitación horizontal genera. Pérard (2011) inició con una investigación enfocándose en medir la precipitación horizontal del bosque latifoliado de la reserva. Este estudio se realizó colocando 12 pluviómetros tipo embudo a diferentes alturas, llegando a la conclusión que la precipitación horizontal genera un aporte relevante a la precipitación total de la reserva (Pérard, 2011). Por otra parte, Vaca (2015) midió la precipitación horizontal a tres diferentes pisos altitudinales. En esta investigación se instaló cinco pluviómetros de manera aleatoria en cada nivel altitudinal para capturar el agua del dosel debajo de árboles y el escurrimiento de agua en los troncos de un árbol por clase diamétrica (Vaca, 2015).

Cahuaza (2016) propuso validar la metodología utilizada en el estudio de Vaca y trabajó en la captura de precipitación horizontal en las mismas altitudes agregando una repetición. La validación consistió en comparar la precipitación horizontal de los pluviómetros de canal con pluviómetros de mallas plásticas. Los resultados mostraron que la precipitación horizontal capturada fue similar con ambos métodos. Este estudio demostró que la metodología de pluviómetros de canal propuesta por Juvik y Ekern y utilizada por Vaca

(2015), es un método apropiado y preciso para cuantificar agua capturada por neblina en bosques nublados (Cahuaza, 2016).

Adicionalmente al alcance de los estudios realizados por Pérard (2011), Vaca (2015) y Cahuaza (2016), este estudio tiene como objetivo estimar el aporte de la precipitación horizontal por ocurrencia de neblina en cuatro diferentes tipos de vegetación del bosque en la Reserva Biológica Uyuca. El método usado para medir la precipitación horizontal fue el propuesto por Juvik y Ekern usando pluviómetros de canal y el escurrimiento de agua en los troncos colectada con mangueras colocadas alrededor del fuste de los árboles. Para lograr este objetivo se propuso:

- Caracterizar la cobertura vegetal en cuatro sitios de la Reserva Biológica Uyuca.
- Cuantificar el aporte de precipitación horizontal para cada tipo de vegetación de la Reserva Biológica Uyuca.



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del área de estudio.

El estudio se llevó a cabo en la Reserva Biológica Uyuca. La reserva está ubicada en los municipios de San Antonio de Oriente y Tatumbla, Francisco Morazán a 15 km de la ciudad de Tegucigalpa. Cuenta con una extensión de 816.9 ha; 237.1 ha de Zona Núcleo y 579.8 ha de Zona de Amortiguamiento (Figura 1).

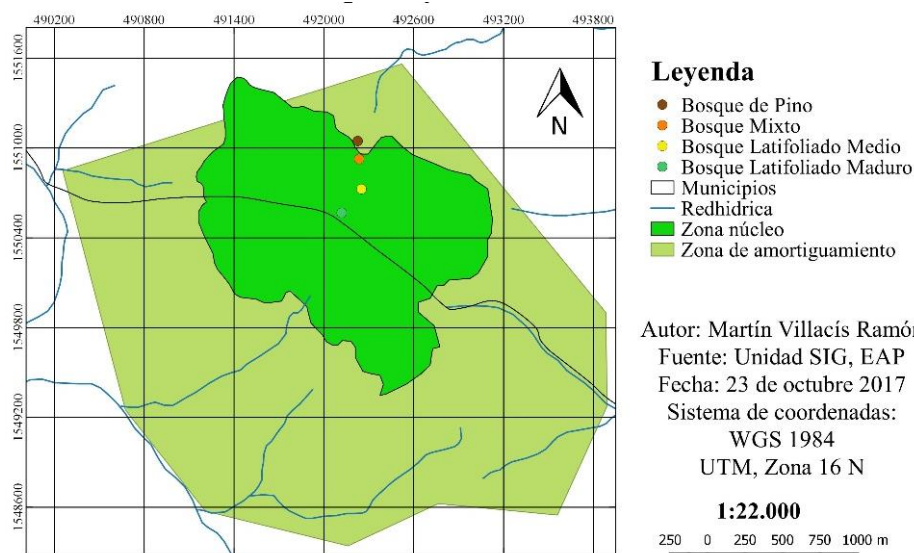


Figura 1. Mapa de localización de las parcelas del estudio.

En este estudio se tomó en cuenta diferentes factores como la dirección del viento, la vegetación y la precipitación vertical con tres pluviómetros convencionales localizados fuera del dosel de las parcelas. Una vez instalados los pluviómetros convencionales, se localizaron las parcelas según la caracterización de vegetación. Para medir precipitación horizontal se instalaron dos parcelas por tipo de bosque para un total de ocho en el bosque de la reserva. Los tipos de bosque identificados fueron: bosque de pino, bosque mixto, bosque latifoliado medio y bosque latifoliado maduro.

En cada tipo de vegetación se colocaron dos parcelas haciendo uso de la metodología aplicada por Cahuaza (2016) y Vaca (2015). Las parcelas se ubicaron con dimensiones de 10 m×10 m y estas a su vez divididas en 25 cuadrantes de 2 m×2 m (Figura 2). En cada parcela se colocó cinco pluviómetros de canal de forma aleatoria. Para la medición de escurrimiento de tronco se seleccionaron los árboles con el diámetro similar al promedio de

cada parcela, el cual se calculó durante la caracterización. Este se determinó con los datos del inventario previo en el que se midió el total de árboles por parcela y la medición en parcelas adicionales

### **Caracterización de vegetación en la Reserva Biológica Uyuca (RBU).**

La caracterización de vegetación se llevó a cabo con uno de los métodos usados por Malleux (1982). El método propone como primer paso la realización de un inventario exploratorio según el tipo de vegetación. Por tanto, se realizó un muestreo de campo que incluyó la mayor cantidad de información cualitativa y cuantitativa de la vegetación presente en el bosque (Malleux, 1982). Una vez recopilada la información sobre los tipos de cobertura y los diferentes estratos, se seleccionó el punto de ubicación de las parcelas por cada tipo de vegetación.

En cada una de las parcelas se midió el DAP de los árboles con un diámetro mayor a 10 cm. Posteriormente se identificaron las especies logrando así el inventario del tipo de vegetación para las ocho parcelas del estudio. Finalmente se realizó el trazado y delimitación de las parcelas en las que se midió la captura de precipitación horizontal.

### **Precipitación horizontal bajo el dosel.**

Se colocó parcelas en los cuatro diferentes tipos de vegetación. Cada parcela cuenta con cinco pluviómetros de tipo canaleta, colocados en dirección noreste, que es la dirección por donde mayor cantidad de neblina ingresa en la Reserva Biológica Uyuca (Cahuaza, 2016).

Para los pluviómetros tipo canaleta, se utilizó la técnica de Juvik y Ekern, aplicada por Vaca (2015) y Cahuaza (2016). Para esta técnica, se utilizaron tubos de PVC de 2 m de largo y 0.1016 m de diámetro, teniendo en cada pluviómetro un área de 0.2032 m<sup>2</sup> para un área total de 1.016 m<sup>2</sup> en cada parcela. Los pluviómetros se colocaron con una pendiente de 15% para favorecer el flujo de agua a la parte baja (Juvik y Ekern, 1978).

En la parte con pendiente más baja de cada pluviómetro, se colocó un adaptador de PVC conectado a una manguera y de igual manera un codo de 4 pulgadas tapado en uno de sus orificios al final del pluviómetro asegurando que toda el agua capturada fluya por el adaptador. El adaptador sirvió para adherir una manguera de vinil que transportó el agua a un recipiente de 5 galones. Los datos obtenidos en cada evento se registraron en mililitros (ml) y fueron transformados a milímetros (mm) para compararlos con los datos obtenidos de los pluviómetros fuera del dosel.

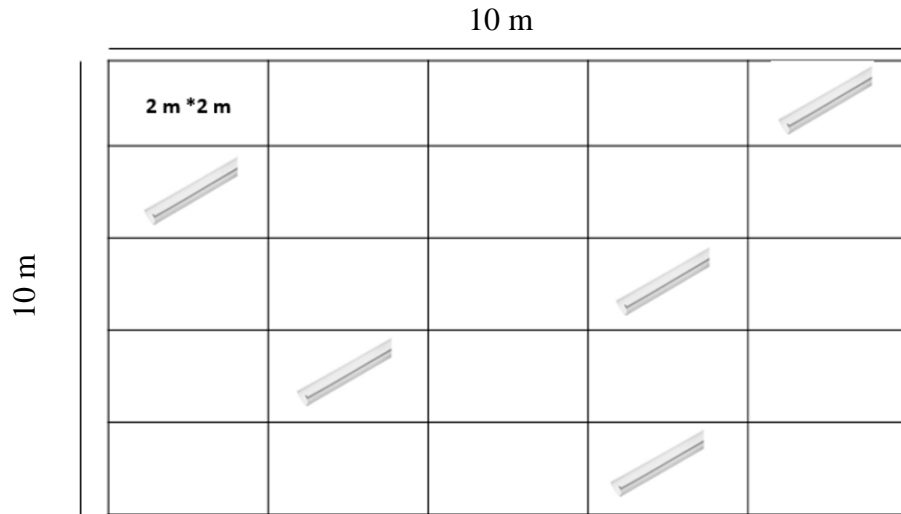


Figura 2. Distribución de pluviómetros en las parcelas.

**Método para medir el escurrimiento de los troncos.**

Para la captura de lluvia horizontal proveniente de los troncos se usó el método de Juvick y Ekern. Cabe mencionar que para la captura del escurrimiento de troncos se trabajó con las mangueras instaladas en los troncos por parte de Vaca (2015) y Cahuaza (2016). Adicional a estas instalaciones ya realizadas en los bosques mixtos y latifoliado medio, se instaló mangueras en cuatro troncos más, ubicados dos en el bosque de pino y dos en el bosque latifoliado maduro.

Previo a la instalación de las mangueras, se seleccionó los árboles más representativos de las parcelas a partir de los datos de DAP del inventario. A los árboles seleccionados se les limpió parte de sus troncos y se procedió a colocar la manguera cortada a la mitad alrededor del árbol, asegurándonos de que esta dé un giro de 360° en el tronco antes de que el agua escurrida llegue al colector (Figura 3).



Figura 3. Colocación de manguera alrededor del tronco.

#### **Método para medir precipitación vertical.**

Debido a que este estudio se llevó a cabo en el período húmedo del año, fue fundamental llevar un control de la precipitación vertical. Para ello se instalaron tres pluviómetros manuales fuera del dosel, ubicados a diferentes niveles altitudinales. El pluviómetro 1 ubicado a los 1680 msnm, el pluviómetro 2 a 1745 msnm y el pluviómetro 3 a 1900 msnm.

Cabe mencionar que para la instalación de los pluviómetros se buscó en la reserva las áreas más despejadas en el bosque para impedir que el dosel de los árboles altere los datos. En lo que respecta a la instalación, se evitó colocar los pluviómetros en pendientes muy pronunciadas y que los árboles estén a una distancia de por lo menos 7 m, dependiendo de la altura de los árboles más cercanos (Castro, 2008).

Los pluviómetros se distribuyeron de la siguiente manera: El pluviómetro 1, cerca de las parcelas de pino a 1680 msnm, se lo uso para comparar diferencia entre la precipitación vertical y la capturada bajo el dosel de este tipo de vegetación. El pluviómetro 2 se colocó entre las parcelas de bosque mixto que se encuentran a 1700 msnm y las del bosque latifoliado medio que están a 1800 msnm, usando este pluviómetro para los dos tipos de vegetación. El pluviómetro 3 se instaló cerca de las parcelas de bosque latifoliado maduro a 1900 msnm, siendo el pluviómetro que se utilizó para comparar diferencia de captura de agua en períodos húmedos de esta vegetación.

**Registro de datos.**

La toma de datos de captura de precipitación horizontal se realizó desde el 26 de junio del 2017 hasta el 25 de agosto del 2017. Los datos se registraron tres veces por semana en época lluviosa, por lo que la mayor parte de los datos tomados se ven influenciados por la precipitación vertical.

Los instrumentos usados para medir volumen de precipitación horizontal colectada en canaletas y troncos fueron probetas de 50 ml y 1000 ml. El agua colectada por los cinco pluviómetros tipo canaletas de cada parcela se sumó, teniendo de esta manera el dato total de cada una de las ocho parcelas. Los datos colectados en ml se convirtieron a mm, para comparar con el registro de pluviómetros fuera del dosel. El mismo proceso se realizó con el agua colectada por escurrimiento de tronco.

La toma de datos de precipitación vertical se la realizó tres veces por semana, al mismo tiempo en que se realizó la toma de datos bajo el dosel. Los datos en los que existió precipitación vertical en el período de estudio se los clasificó como períodos húmedos y en los que hubo ausencia de lluvia como períodos secos. Esto permitió separar la precipitación horizontal neta de los eventos en donde existió la influencia de precipitación vertical. Para los datos tomados en períodos húmedos se realizó una diferencia entre precipitación fuera del dosel y precipitación dentro del dosel. Los valores positivos obtenidos de esta diferencia, muestran la presencia de precipitación horizontal, mientras que los datos negativos indican que existió intercepción dentro del dosel.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Caracterización de la vegetación.

Se realizó un muestreo en campo para asegurarse que las parcelas ubicadas cumplan con el tipo de vegetación requerido para el estudio. Posterior a ello se midió los árboles con un diámetro mayor a 10 cm y se identificaron por especie, elaborando un inventario de los árboles que existen en cada una de las parcelas.

En las parcelas A1 y A2 predomina en su totalidad la especie de *Pinus maximinoi*, siendo este un bosque puro de conífera, por lo que a este tipo de vegetación se nombró como Bosque de Pino. En las parcelas B1 y B2 se identificó una vegetación mixta de árboles pertenecientes a un bosque de coníferas y bosque latifoliado, llamando a estas parcelas de estudio como Bosque Mixto. Mientras que en las parcelas de C1, C2, D1 y D2 se identificó árboles pertenecientes a un bosque latifoliado, con la diferencia de que en las parcelas C1 y C2 se encontró árboles con menor diámetro y mayor presencia de sotobosque que la vegetación identificada en las parcelas D1 y D2. Con estos resultados se nombró a las parcelas C1 y C2 como un Bosque Latifoliado Medio y a las parcelas D1 y D2 como Bosque Latifoliado Maduro (Cuadro 1).

Cuadro 1. Inventario de árboles en las parcelas.

Familia	Especie	DAP(m)	Parcela
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.50	A1
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.39	A1
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.20	A1
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.25	A1
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.23	A1
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.20	A2
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.27	A2
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.24	A2
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.21	A2
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.20	A2
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.27	A2
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.28	A2
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.30	A2
Fagaceae	<i>Quercus sp</i>	0.34	B1
Fagaceae	<i>Quercus sp</i>	0.26	B1
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.76	B1

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>DAP(m)</b>	<b>Parcela</b>
Fagaceae	<i>Quercus benthamii</i>	0.20	B2
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.90	B2
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	0.59	B2
Ebenaceae	<i>Diospyros digyna</i>	0.30	C1
Ebenaceae	<i>Diospyros digyna</i>	0.61	C1
Fagaceae	<i>Quercus benthamii</i>	0.23	C2
Fagaceae	<i>Quercus benthamii</i>	0.14	C2
Fagaceae	<i>Quercus sp</i>	0.24	C2
Fagaceae	<i>Quercus benthamii</i>	0.22	C2
Melastomataceae	<i>Miconia sp</i>	0.14	C2
Fagaceae	<i>Quercus sp</i>	0.17	C2
Fagaceae	<i>Quercus benthamii</i>	0.60	C2
Fagaceae	<i>Quercus benthamii</i>	0.41	C2
Fagaceae	<i>Quercus robur</i>	1.18	D1
Lauraceae	<i>Persea sp</i>	0.18	D1
Fagaceae	<i>Quercus robur</i>	1.60	D1
Fagaceae	<i>Quercus robur</i>	1.57	D2
Melastomataceae	<i>Miconia sp</i>	0.30	D2
Melastomataceae	<i>Miconia sp</i>	0.28	D2

#### **Aporte de precipitación horizontal.**

Durante la época lluviosa (junio-agosto) se cuantificó el aporte de precipitación horizontal bajo el dosel y por escurrimiento de troncos en los cuatro tipos de vegetación. A lo largo del período de estudio se registraron un total de 27 eventos, de los cuales 20 tuvieron presencia de precipitación vertical y 7 fueron períodos con ausencia de precipitación vertical. En los períodos secos presentes en el período de estudio se obtuvo aporte de precipitación horizontal neta.

La precipitación vertical en este estudio es uno de los factores que influye en la captura de agua proveniente de la neblina, por lo que se decidió estudiar el comportamiento que tiene a diferentes estratos altitudinales. En este estudio se tuvo como resultado que el comportamiento de lluvia dentro de la reserva es diferente a medida que su nivel altitudinal asciende. De los tres pluviómetros con los que se trabajó, el pluviómetro tres, instalado cerca de las parcelas de Bosque Latifoliado Maduro a 1,900 msnm, demostró que en ciertos eventos la precipitación vertical fue mayor en comparación a los otros dos pluviómetros que se encuentran ubicados a niveles altitudinales de 1,680 y 1,745 msnm (Figura 4).

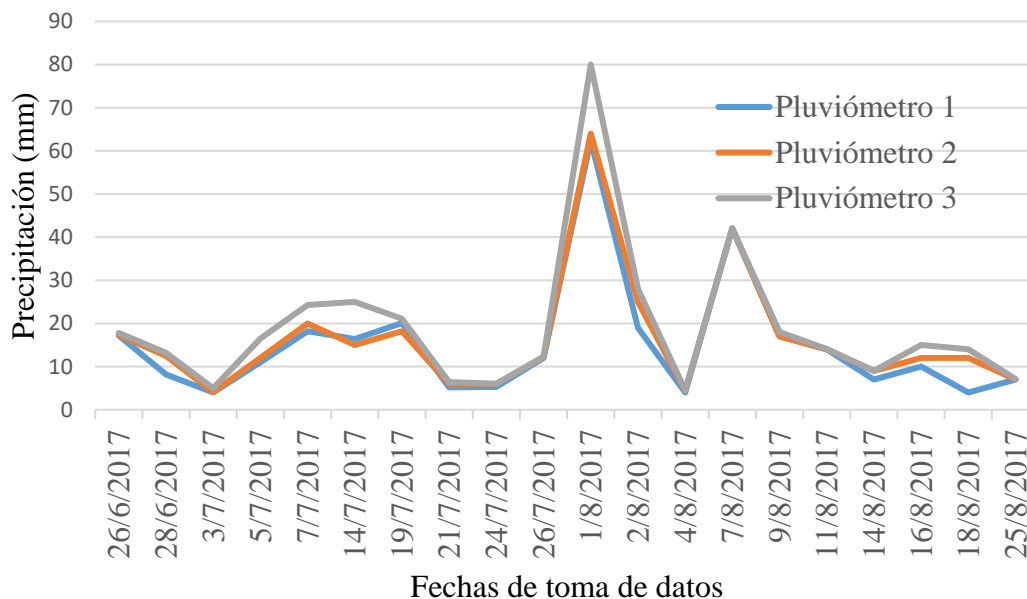


Figura 4. Registro de precipitación vertical fuera del dosel.

La precipitación vertical registrada en cada uno de los pluviómetros colocados fuera del dosel presentó en el pluviómetro número tres, 379.29 mm de lluvia; en el pluviómetro número dos, 329.7 mm y en el pluviómetro número uno, 304 mm. Con estos datos de precipitación vertical obtenidos de cada pluviómetro y con los datos de precipitación horizontal obtenidos en períodos secos de cada tipo de bosque, se obtuvo en porcentaje cuanto representa la cantidad de agua capturada en períodos secos con respecto a la precipitación vertical total. Cabe mencionar que cada tipo de bosque tuvo un comportamiento distinto de captura de precipitación horizontal bajo el dosel.

La parcela de Bosque Latifoliado Maduro capturó un total de 8.42 mm de precipitación horizontal en períodos secos lo que representa el 2.21% de la precipitación vertical. El Bosque de Pino capturó 5.48 mm que representa 1.80% de la precipitación vertical. El Bosque Mixto 5.43 mm representa el 1.64%, y el Bosque Latifoliado Medio con 1.61 mm de precipitación horizontal que representa el 0.48% de la precipitación vertical (Cuadro 2).



Cuadro 2. Precipitación horizontal (mm) en períodos secos.

<b>Fecha</b>	<b>Bosque de pino</b>	<b>Bosque mixto</b>	<b>Latifoliado medio</b>	<b>Latifoliado maduro</b>
30/06/2017	0.52	1.12	0.20	1.69
10/07/2017	0.32	0.53	0.19	2.04
12/07/2007	0.54	0.90	0.14	3.09
17/07/2017	0.37	0.59	0.20	1.16
28/07/2017	3.69	2.27	0.87	0.38
21/08/2017	0.02	0.02	0.02	0.04
23/08/2017	0.01	0.01	0.00	0.01
<b>Total</b>	5.48	5.43	1.61	8.42

Los diferentes tipos de vegetación presentaron diferencias en los aportes de precipitación horizontal capturadas en períodos secos. Desde el punto de vista descriptivo, los datos obtenidos en períodos secos demuestran que el Bosque Latifoliado Maduro fue el que mayor aporte de precipitación horizontal presento (Cuadro 2). Mientras que en la parte estadística se llevó a cabo una prueba de normalidad de Shapiro Wilk, la cual dio como resultado que los datos obtenidos en períodos secos son no paramétricos, por lo que para observar si existe diferencia significativa entre los tipos de vegetación, se realizó el análisis estadístico Kruskal Wallis usado para datos no paramétricos.

El análisis Kruskal Wallis, con un intervalo de confianza 95% presenta como resultado un valor p de 0.090 siendo mayor al alfa de 0.05. Este resultado dio como respuesta que no existe diferencia significativa en la captura de precipitación horizontal en los diferentes tipos de vegetación de la RBU. Hay que destacar que debido a la poca cantidad de datos registrados en períodos secos para este estudio, solo se llevó a cabo la interpretación de datos de una manera descriptiva y no estadística.

Como se mencionó anteriormente, los aportes de precipitación horizontal también fueron tomados en períodos húmedos, es decir en eventos donde existió precipitación vertical. Durante el período de toma de datos se registraron 20 períodos húmedos. La estimación de la precipitación horizontal en períodos húmedos en cada tipo de vegetación se realizó diferencia fuera y bajo el dosel. La diferencia se llevó acabo comparando los datos contabilizados en los pluviómetros de canal bajo el dosel y los pluviómetros convencionales más cercanos a cada parcela.

Este cálculo se realizó de la siguiente manera: los datos registrados en períodos húmedos de las parcelas de pino menos los datos registrados en cada evento del pluviómetro convencional uno. Los de las parcelas de bosque mixto y bosque latifoliado medio con los datos registrados en el pluviómetro convencional dos y los datos bajo el dosel de las parcelas de bosque latifoliado maduro menos los datos del pluviómetro convencional tres. Una vez calculada la diferencia, los datos con valores positivos demuestran que existió un

aporte de precipitación horizontal, mientras que los negativos muestran que no hubo aporte de agua derivada de la neblina (Cuadro 3).

Cuadro 3. Datos (mm) obtenidos de la diferencia realizada para períodos húmedos.

Fecha	Bosques			
	Pino	Mixto	Latifoliado medio	Latifoliado maduro
26/06/2017	1.078	0.624	0.373	10.389
28/06/2017	-1.891	-7.453	-8.184	-3.415
03/07/2017	-2.804	-2.205	-3.505	-1.909
05/07/2017	4.217	3.287	0.433	8.844
07/07/2017	-4.745	-10.669	-14.978	-6.488
14/07/2017	-3.654	-4.567	-9.995	-11.088
19/07/2017	-8.089	-8.092	-11.158	-6.725
21/07/2017	-0.840	-1.133	-4.105	-1.019
24/07/2017	-2.446	-3.539	-4.590	0.452
26/07/2017	-1.887	-5.106	-7.648	-1.650
01/08/2017	-28.493	-25.294	-40.722	-28.351
02/08/2017	-9.527	-16.486	-13.706	-8.069
04/08/2017	0.780	0.510	-2.601	0.552
07/08/2017	-14.096	-9.052	-30.607	-2.064
09/08/2017	-7.945	-8.009	-13.245	-10.515
11/08/2017	-6.864	-8.585	-11.322	-12.474
14/08/2017	-3.348	-6.736	-8.134	-8.523
16/08/2017	-4.732	-7.664	-9.549	-9.281
18/08/2017	-2.794	-10.986	-10.602	-11.559
25/08/2017	-4.411	-5.135	-6.368	-6.017
<b>Total</b>	-102.492	-136.291	-210.213	-108.909

Los resultados obtenidos luego de la diferencia realizada en los períodos húmedos fueron similares a los de Cahuaza (2016). Esto afirma que los eventos que presentaron valores positivos son aportes de precipitación horizontal. Este aporte se lo relaciona con períodos donde la densidad de neblina presente luego de cada evento de precipitación y la intensidad de la lluvia fueron mayores. Por otra parte los valores negativos indican que la precipitación vertical fue mayor y menos intensa, siendo interceptada por el dosel de los árboles.

Las parcelas de Boque Latifoliado Maduro mostraron el mayor aporte de precipitación horizontal en períodos húmedos con un total de 19.786 mm. En segundo lugar el Bosque de Pino con un aporte de precipitación horizontal de 6.074 mm. El Bosque Mixto registró 4.421 mm de aporte de precipitación horizontal. El Bosque Latifoliado Medio el que menor aporte de precipitación horizontal registró en períodos húmedos con 0.806 mm. Hay que destacar que la diferencia de precipitación horizontal del bosque latifoliado maduro en

comparación de los otros tipos de vegetación es mayor. Esta pudo estar influenciada por la altitud, ya que a los 1900 msnm se observó mayor existencia de precipitación vertical y mayor densidad de neblina presente en períodos húmedos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Eventos de precipitación horizontal (mm) en períodos húmedos.

Fecha	Bosques			
	Pino	Mixto	Latifoliado medio	Latifoliado maduro
26/06/2017	1.078	0.624	0.373	10.389
05/07/2017	4.217	3.287	0.433	8.844
04/08/2017	0.780	0.510	-	0.552
<b>Total</b>	6.074	4.421	0.806	19.786

(-) No existió aporte de precipitación horizontal

Para conocer el aporte de precipitación horizontal proveniente del escurrimiento de troncos se tomó en cuenta los datos registrados únicamente en períodos secos. Esto para asegurar de tener el aporte neto de precipitación horizontal por escurrimiento de tronco que cada árbol genera. Este registro evita que la precipitación vertical altere los datos que aportan los árboles por medio del escurrimiento de troncos.

El tipo de bosque que presento mayor aporte de precipitación horizontal proveniente del escurrimiento del tronco fue el Bosque Mixto con un promedio entre las dos parcelas de 0.101 mm. El Bosque de Pino registró un aporte de precipitación horizontal promedio por escurrimiento en troncos de 0.088 mm. Por último, con un aporte menor a 0.020 mm estuvieron los tipos de vegetación del Bosque Latifoliado Medio y Bosque Latifoliado Maduro (Cuadro 5).

Cuadro 5. Escurrimiento por tronco (mm) en períodos secos.

Fecha	Bosques							
	Pino		Mixto		Latifoliado medio		Latifoliado maduro	
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
30/06/2017	0.0003	0.0010	0.0011	0.0123	0.0003	0.0027	0.0007	0.0003
10/07/2017	0.0008	0.0006	0.0003	0.0020	0.0002	0.0012	0.0014	0.0015
12/07/2007	0.0038	0.0066	0.0129	0.0390	0.0015	0.0030	0.0057	0.0057
17/07/2017	0.0006	0.0009	0.0003	0.0093	0.0003	0.0014	0.0004	0.0003
28/07/2017	0.0575	0.1044	0.0316	0.0925	0.0038	0.0177	0.0003	0.0024
21/08/2017	0.0003	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001	0.0007	0.0001	0.0004
23/08/2017	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.0001
<b>Total</b>	0.0632	0.1137	0.0463	0.1555	0.0062	0.0270	0.0086	0.0107
<b>Promedio</b>	0.088		0.101		0.017		0.010	

Estos resultados muestran un patrón diferente a los de la precipitación horizontal obtenida bajo el dosel en períodos secos. Lo que demuestra que no necesariamente las parcelas con presencia de árboles con diámetros mayores y mayor altura son las que mayor escorrentía en sus troncos generan.

La parcela que mayor cantidad de agua capturó por medio del escurrimiento de troncos fue la B2 ubicada en el bosque mixto con 0.155 mm (Cuadro 5). En esta parcela se midió el escurrimiento de dos árboles; *Quercus benthamii* y *Pinus maximinoi*. A pesar de que el pino posee un diámetro y altura mayor; el árbol que capturó mayor cantidad de agua en la parcela B2 fue el *Quercus benthamii*. Lo anterior muestra que la forma del tronco con superficie lisa y la escasa presencia de plantas epifitas, puede influenciar en el escurrimiento de agua y que no necesariamente el árbol con mayor diámetro captura más agua de neblina por tronco.

#### 4. CONCLUSIONES

- La caracterización de cobertura vegetal de la Reserva Biológica Uyuca indicó que el aporte de precipitación horizontal fue diferente en los cuatro tipos de bosque. El Bosque Latifoliado Maduro fue la vegetación que mayor aporte de precipitación horizontal registró en la RBU. Este tipo de bosque se caracteriza por tener una vegetación madura, en donde se destacan árboles dominantes con un diámetro promedio de 1.45 m.
- El aporte de precipitación horizontal capturado en los cuatro tipos de vegetación en períodos húmedos fue mayor en el Bosque Latifoliado Maduro con 19.786 mm. El Bosque de Pino registró 6.074 mm, el Bosque Mixto con 4.421 mm y el Bosque Latifoliado Medio con 0.806 mm. La vegetación en la RBU captura un adicional de agua aun cuando se registra precipitación vertical.
- El porcentaje de precipitación horizontal de períodos secos en relación al total de precipitación vertical fue mayor en el Bosque Latifoliado Maduro. Esta proporción representó el 2.21% de la precipitación vertical. Mientras que el Bosque de Pino representó el 1.80% y el Bosque Mixto 1.64%. Finalmente el Bosque Latifoliado Medio representó 0.48% de la precipitación vertical siendo la vegetación que menor aporte de precipitación horizontal brinda a la Reserva Biológica Uyuca.
- La precipitación horizontal en períodos secos capturada por el escurrimiento del fuste de los árboles fue mayor en el Bosque Mixto con 0,101 mm. El árbol que capturó mayor cantidad de agua fue el *Quercus benthamii* del Bosque Mixto, el cual presenta una forma del tronco lisa y con escasa presencia de plantas epifitas. Lo anterior demuestra que la forma del tronco y la presencia de epifitas influyen en la captura de agua por el escurrimiento de precipitación horizontal.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Continuar con la investigación en la época seca de año con la finalidad de obtener mayor cantidad de datos en períodos secos y húmedos. Esto permitirá analizar el aporte neto de precipitación horizontal para un año hidrológico completo en la Reserva Biológica Uyuca.
- Realizar una investigación que permita conocer cuánto es la cantidad de agua que se infiltra proveniente de la precipitación horizontal. Este dato cuantificará el potencial de la recarga hídrica proveniente de la neblina en la RBU.
- Realizar un estudio de valoración del servicio ecosistémico del agua proveniente de la neblina que posee la RBU, usando los datos obtenidos por Vaca (2015), Cahuaza (2016) y la presente investigación. Esto permitirá estimar una valoración global de los bosques nublados en el país.
- Instalar más pluviómetros fuera del dosel con la finalidad de realizar un mejor control de la precipitación vertical en la RBU. Esto permitirá analizar con mayor precisión la influencia que tiene la intensidad de la lluvia en períodos húmedos.

## 6. LITERATURA CITADA

- Agudelo, N., Mora, J. M., Pérard, S., y Jut Solórzano, J. C. (2016). Extensión del bosque nublado y su contribución de lluvia horizontal a la precipitación total en la Reserva Biológica Uyuca, Honduras. *Revista Ceiba*, 53(2), pp. 109.
- Braojos, J. J. (2009). Aproximación al cálculo de la lluvia horizontal y a su incidencia en la recarga del Sistema Acuífero de Tenerife. Canarias, Tenerife. *SPA-15*.
- Cahuaza, J. D. (2016). Comparación de dos métodos para medir precipitación horizontal en el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras. Francisco Morazán, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Castro, E. (2008). Manual de procedimientos para las estaciones meteorológicas. Sarapiquí, Costa Rica: *Organización para estudios tropicales*, pp. 38-49.
- Cerezal, J., y Bayón, J. (2010). Fundamentos y tecnologías para la captación y uso del agua procedente de la lluvia horizontal en los Montes Canarios. *Revista Montes*, 100 (1), pp. 15–20.
- Díaz, M., Navarrete, J., y Suárez, T. (2005). Páramos: Hidrosistemas sensibles. México. *Revista de ingeniería*, 22 (1), pp. 64–75.
- Hofstede, R. (2001). El impacto de las actividades humanas sobre el páramo. Quito, Ecuador. pp. 24
- Huber, A., y Oyarzún, C. (1983). Precipitación neta e intercepción en un bosque adulto de *Pinus radiata*. Santiago, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Juvik, J., y Ekern, P. (1978). Climatología de la niebla en la montaña Mauna Loa, Isla de Hawaii. *National Technical Information Service*, reporte técnico, pp 118.
- Kappelle, M., y Brown, A. (2001). Bosques nublados del neotrópico. Costa Rica. *Revista InBio*, 50(1), pp 397–442.
- Malleux, J. (1982). Inventarios forestales en bosques tropicales. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Mendoza, B., y Castañeda, F. (2014). Criterios metodológicos para la definición de sistemas de captación de agua con base en lluvia horizontal. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

- Mora, J. M., López, L., Acosta, M., y Maradiaga, P. (2013). Plan de Manejo Reserva Biológica Uyuca 2013-2025. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Honduras.
- Pérard, S. (2011). Cuantificación de la precipitación horizontal en el bosque latifoliado maduro del Cerro Uyuca. Francisco Morazán, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Ramírez, A. (2011). Contribución hidrológica de la precipitación horizontal en un bosque nublado de la zona del Trifinio, América Central. Turrialba, Costa Rica. Centro agronómico troical de investigación y enseñanza, pp 19-30
- Stadtmuller, T. (1987). Los bosques nublados en el trópico húmedo. Universidad de las Naciones Unidas y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Vaca, M. M. (2015). Propuesta metodológica para medir la precipitación horizontal en el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras. Francisco Morazán, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.



## 7. ANEXOS

**Anexo 1.** Pluviómetro usado para bosque latifoliado maduro.



**Anexo 2.** Pluviómetro usado para bosque de pino.



**Anexo 3.** Pluviómetro usado para bosques mixto y latifoliado medio.



**Anexo 4.** Medición del DAP para caracterizar los tipos de vegetación.





**Anexo 5.** Pluviómetros tipo canaleta bajo el dosel.



**Anexo 6.** Mantenimiento de manguera en tronco.



**Anexo 7.** Períodos de precipitación vertical (mm).

<b>Fecha</b>	<b>Pluviómetro 1</b>	<b>Pluviómetro 2</b>	<b>Pluviómetro 3</b>
26/06/2017	17.2	17.3	17.78
28/06/2017	8.2	12.5	13.208
03/07/2017	4	4.1	5
05/07/2017	11	12	16.5
07/07/2017	18.2	20	24.3
14/07/2017	16.4	15	25
19/07/2017	20.1	18.2	21.1
21/07/2017	5.2	6	6.4
24/07/2017	5.3	6	6
26/07/2017	12	12.2	12.3
01/08/2017	62.4	64	80
02/08/2017	19	25	28
04/08/2017	4	4.4	4.5
07/08/2017	42	42	42
09/08/2017	17	17	18
11/08/2017	14	14	14.1
14/08/2017	7	9	9
16/08/2017	10	12	15
18/08/2017	4	12	14
25/08/2017	7	7	7.1
<b>Total</b>	<b>304</b>	<b>329.7</b>	<b>379.29</b>

**Anexo 8.** Plantilla usada para toma de datos en campo.

N°	Fecha	Precipitacion Horizontal (ml)												
		Bosque de pino				Bosque mixto medio				Bosque mixto maduro				
		A1	Tronco A1	A2	Tronco A2	B1	Tronco B1	B2	Tronco B2	C1	Tronco C1	C2	Tronco C2	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														

Cont. Anexo 9. Plantilla usada para toma de datos en campo.

N°	Fecha	Precipitacion Horizontal (ml)			Precipitacion Vertical				Lluvia	
		Bos que Latifoliado			Pluv. B.pino	Pluv. B.mixto	Pluv. B.lati	Si	No	
D1	Tronco D1	D2	Tronco D2							
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										