

# **Propuesta metodológica para medir la precipitación horizontal en el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras**

**Marcia Montserrath Vaca Montalvo**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO  
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

# **Propuesta metodológica para medir la precipitación horizontal en el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras**

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

Presentado por

**Marcia Montserrath Vaca Montalvo**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2015

# **Propuesta metodológica para medir la precipitación horizontal en el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras**

Presentado por:

Marcia Montserrath Vaca Montalvo

Aprobado:

---

Josué León, M.Sc.  
Asesor Principal

---

Laura Suazo, Ph.D.  
Directora  
Departamento de Ingeniería en  
Ambiente y Desarrollo

---

Juan Carlos Flores, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

---

Eric Van Den Berghe, Ph.D.  
Asesor

## **Propuesta metodológica para medir la precipitación horizontal en el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras**

**Marcia Montserrath Vaca Montalvo**

**Resumen.** El bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca presenta potencial para captar el agua por neblina debido a su clima, relieve y vegetación. El estudio se realizó desde el 5 de agosto hasta el 11 de septiembre del 2015. El objetivo del estudio fue aplicar una metodología que registre los datos reales de la precipitación horizontal atrapada por dosel y escurrimiento de tronco, en tres niveles altitudinales; 1,700, 1,800 y 1,900 msnm en la Reserva Uyuca. Para cuantificar el agua atrapada por dosel, se estableció una parcela de 100 m<sup>2</sup> en cada nivel altitudinal, donde se trazaron 25 cuadrantes de 2 × 2 m cada uno. Se distribuyó cinco pluviómetros aleatoriamente en los cuadrantes. Para medir el escurrimiento de tronco, se instaló manguera de vinil en los árboles seleccionados por cada clase diamétrica. La precipitación vertical se midió fuera del dosel del bosque utilizando un pluviómetro digital ubicado a 1,680 msnm. La precipitación fuera de dosel registrada fue de 77.1 mm. La precipitación horizontal de cada nivel altitudinal se estimó por la sumatoria de los volúmenes de agua captada en los pluviómetros y la registrada por escurrimiento de tronco. El aporte de la precipitación horizontal durante los periodos secos en el área de estudio del primer nivel fue de 7.5 mm, el segundo nivel fue de 2.3 mm y el tercer nivel fue de 6.1 mm. Se registró aporte hidrológico proveniente de la precipitación horizontal; aun cuando no hubo precipitación vertical.

**Palabras clave:** Escurrimiento de tronco, dosel, neblina, nivel altitudinal, pluviómetros.

**Abstract:** The Cloud Forest Biological Reserve Uyuca has the potential to capture water mist due to its climate, topography and vegetation. The study was conducted from 5 August to 11 September of 2015. The objective was to implement a methodology to measure the actual data of horizontal precipitation caught by canopy and trunk runoff at three altitudinal levels to 1,700, 1,800 and 1,900 masl. To quantify the water trapped by canopy, a plot of 100 m<sup>2</sup> was established in each altitudinal level, where were plotted 25 quadrants of 2 × 2 m each one. Five gauges were distributed randomly in the quadrants. To measure trunk runoff, vinyl hose was installed in the selected trees per diameter class. The vertical precipitation was measured outside the forest canopy using a digital gauge located at 1,680 m. The precipitation collected outside canopy was of 77.1 mm. The horizontal precipitation of each altitudinal level was estimated by the sumatory of the volumes of water collected in rain gauges and recorded by trunk runoff. The contribution of horizontal precipitation during dry periods in the study area of the first level was 7.5 mm, the second level was 2.3 mm and the third level was 6.1 mm. The hydrological contribution was recorded from the horizontal precipitation; even when there was not vertical precipitation.

**Key words:** Elevation level, canopy, mist, rain gauges, trunk runoff.

## 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>7</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>11</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>12</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>13</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>15</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Precipitación horizontal en mm de tres niveles altitudinales, registrada en periodos secos.....	8
2. Valores de agua en mm captada por escurrimiento de tronco.....	9

Figuras	Página
1. Ubicación de las parcelas de estudio en la Reserva Biológica Uyuca.....	4
2. Distribución aleatoria de pluviómetros tipo canaleta en los cuadrantes de una parcela.....	5

Anexos	Página
1. Foto de pluviómetro tipo canaleta.....	15
2. Foto de manguera de vinil instalada para medir el escurrimiento de tronco.....	16
3. Foto de pluviómetro digital y datalogger, marca Davis Vantage Pro 2.....	16
4. Formato de registro.....	17
5. Diámetro de árboles según caracterización de las parcelas de estudio.....	18
6. Precipitación total de parcela N° 1.....	19
7. Precipitación total de parcela N° 2.....	20
8. Precipitación total de parcela N°3.....	21

## 1. INTRODUCCIÓN

La niebla es un sistema coloidal muy estable, conformado por pequeñas gotitas de agua, aproximadamente 100 gotitas por centímetro cúbico. Se forma por la condensación del vapor de agua sobre núcleos higroscópicos y su base de estrato se encuentra próxima al suelo (Santana 1987). Las gotitas de agua se forman cuando el aire ascendente alcanza la saturación de equilibrio en la atmósfera, debido a que contiene partículas micrométricas y sub micrométricas que actúan como núcleos de condensación y que tienen gran afinidad por el agua. Para que las gotas de agua aumenten de tamaño por condensación a partir del vapor, la tensión superficial tiene que ser contrarrestada por un fuerte gradiente de presión de vapor (Rogers 1997).

Se conoce como precipitación horizontal a la captación directa de gotitas de agua provenientes de niebla a través de la vegetación (Stadtmüller 1987). La precipitación horizontal ingresa al sistema de condensación al estar en contacto con cualquier tipo de vegetación. La precipitación horizontal ocurre específicamente cuando la nube se vuelve inestable, en el momento que ciertas gotas crecen a expensas de otras. Se da por dos razones principales: colisión o choque directo y coalescencia que ocurren en los trópicos y en nubes cumuli-formes de latitudes medias. La estabilidad de las nubes depende de la presión parcial del vapor de agua en el entorno, evaporación, temperatura de la gota y tensión superficial (Sendiña y Pérez 2006).

En términos ecológicos bosque nublado es la denominación más usada y más general para describir bosques bajo influencia de fuerte neblina (Lamprecht 1954). Los bosques nublados reciben gran cantidad de humedad por parte de la lluvia a través de la captación o condensación de la precipitación horizontal. Por tal razón este tipo de bosques aportan al régimen hídrico, al balance de radiación, y a los parámetros climáticos, edáficos y ecológicos (Stadtmüller 1987).

En la naturaleza se diferencian tres tipos de bosques nublados: los dominados por especies latifoliadas, dominados por coníferas y los bosques mixtos (Mora *et al.* 2014). El ecosistema de los bosques nublados tiene importancia científica y ecológica por la función que se representa en la flora y paisaje, por la función agrícola al brindar espacio para producir alimentos y la función hidrológica por ser fuente de agua para las comunidades (Hostfedo 1997).

Los aspectos vegetativos del bosque influyen en la cantidad de precipitación horizontal, éstos pueden ser macro, meso y micro climáticos (Stadtmüller 1987). La precipitación que ingresa por el dosel del bosque significa un insumo de agua adicional a las lluvias. La cantidad de la misma es definida por el contenido de agua de las nubes, la altura, el arreglo

de las copas de los árboles, la velocidad y turbulencia del viento. La precipitación horizontal depende también de la superficie total y la distribución espacial de las hojas (Lamb 1965).

Los ecosistemas vegetales que se encuentran en zonas de bosques nublados adquieren valor por su aporte hídrico. Los que entran en contacto con la precipitación horizontal reparten su proceso entre evapotranspiración, intercepción o escorrentía. Su distribución varía según la altura de los árboles, estructura del dosel, tamaño, cantidad, colocación, agrupación de follaje y especies de epífitas presentes (Stadtmüller 1987). La clasificación geo ecológica de los mismos se presenta por zonas de paisajes hidrológicos establecidos que permiten integrar componentes que inciden en el ciclo del agua (Cotler 2004).

Existen cinco tipos de bosques en honduras que son: el bosque de coníferas, el bosque de manglar, el bosque húmedo tropical, el bosque seco y el bosque nublado. Su importancia radica en recolectar agua de precipitación horizontal y vertical, proteger las cuencas y fuentes de agua, conservar la flora y la fauna, producir agua para ríos que se utilizan para la producción de energía hidroeléctrica, para mantener la diversidad biológica, refugiar animales y conservar los suelos de los mismos (Padilla 2003).

El género más común de árboles que se encuentra en bosques nublados en Honduras es el *Quercus*. Existen alrededor de 148 familias de plantas identificadas de las que las Orchidaceae y Compositae tienen mayor presencia. Las especies con mayor presencia son los árboles, helechos y arbustos (Mejía 2001).

En Honduras existe en total 37 bosques nublados ubicados desde los 1800 msnm, de los cuales 29 se encuentran protegidos por la ley de bosques nublados de Honduras, expresada mediante el Decreto 87 - 87. A excepción de La Reserva Biológica Uyuca y el Parque Nacional La Tigra, los cuales cuentan con sus propios decretos (Cruz 1993).

Los bosques nublados en Honduras forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Honduras (SINAPH). El Departamento de áreas protegidas y vida silvestre (DAPVS), de la administración forestal del estado de Honduras (AFE - COHDEFOR), está encargado de consolidar el SINAPH. Ambas entidades son responsables de cualquier tipo de trabajo de investigación y son las que manejan y dictan las pautas para cualquier tipo de trabajo en los bosques nublados (Cruz 1993).

La Reserva Biológica Uyuca es un área forestal protegida que presenta diferentes tipos de vegetación como bosques de pino, latifoliados y mixtos. La mayor cantidad de neblina y humedad relativa se encuentra en el área de barlovento por lo que los troncos y los árboles tienen cierto grado de epifitismo constituido por bromelias, orquídeas, musgos, helechos y líquenes, las cuales ayudan a capturar la lluvia horizontal (Mora *et al.* 2014).

Además aquí se encuentran cuatro estratos de bosque verticalmente clasificados acorde a su altura y estos son: a) estrato inferior, con árboles de altura total menor a 4 m, b) estrato medio, con árboles entre 4 y 16 m de altura, c) estrato superior, con árboles entre 16 y 38 m de altura y d) estrato emergente, con árboles superiores a los 38 m. En el área de sotavento

se presencia árboles de pino de aproximadamente 200 años de edad con una altura de 40 m (Mora *et al.* 2014).

Para medir la precipitación horizontal existen dos métodos: 1) coleccionar la precipitación bajo dosel por medio de pluviómetros tipo canaletas y compararla con la precipitación coleccionada de un área por encima del bosque o un área sin bosque y 2) coleccionar las gotitas de niebla mediante aparatos artificiales denominados atrapanieblas (Sánchez 2010).

Un estudio similar realizado en El Salvador midió el aporte hidrológico del bosque nublado, mediante la precipitación horizontal y el balance hídrico climático de la zona del Trifinio. El sistema de medición de este estudio, utilizó el método de Juvik y Ekern, distribuyendo una red de pluviómetros en tres diferentes niveles altitudinales. Este estudio concluyó que el aporte a la precipitación por condensación de neblina no es significativo dentro del balance hídrico de la zona, pero la presencia de los bosques de pino que captan esta precipitación brinda beneficios dentro de la cuenca y a las comunidades aledañas a ellos (Ramírez 2011).

La importancia de entender como el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca facilita la captación de agua, se reflejó con la realización de un estudio en el año 2011. El estudio evaluó la captación de agua por dosel dentro y fuera del bosque latifoliado en estado maduro. Como resultado del estudio, estimó el aporte de bosque a la precipitación normal en 148% (Pérard 2011). Los datos de este estudio se compararon con los datos generados en el estudio actual.

La precipitación horizontal de la Reserva Biológica Uyuca es importante por regular los flujos hídricos, permitiendo la formación de manantiales que son fuentes permanentes de agua para las comunidades del Jicarito, Hoya Grande, Nueva Tatumbla y la Escuela Agrícola Panamericana. Las comunidades de Hoya Grande, El Chagüite y el Pedregal también dependen del agua producida por la reserva por medio de escorrentía superficial en las microcuencas de la quebrada (Mora *et al.* 2014).

La conservación del bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca es muy importante debido al papel que juega en la captación de agua que abastece a las comunidades aledañas a la Reserva. A nivel de cuencas hidrográficas de montaña, determinar el aporte de la precipitación horizontal es fundamental para mantener estables los procesos hidrológicos.

El presente estudio planteó como objetivos proponer una metodología para medir la precipitación horizontal en la Reserva Biológica Uyuca y cuantificar el aporte de la precipitación horizontal atrapada por el dosel y escurrimiento de tronco que llega al suelo en el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca, para así determinar el aporte de la precipitación horizontal en tres niveles altitudinales en la Reserva Biológica Uyuca.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación del área de estudio.** El estudio se realizó en la Reserva Biológica Uyuca, ubicada entre las coordenadas geográficas 87°4'56"W, 14°0'53"N y 87°3'49"W, 14°2'3"N. La Reserva está situada en el Departamento de Francisco Morazán, entre los municipios de San Antonio de Oriente y Tatumbla, a 15 km de la ciudad de Tegucigalpa y a 14 km de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Su área es de 816.9 ha; 237.1 ha de Zona Núcleo y 579.8 ha de Zona de Amortiguamiento (Mora *et al.* 2014).

El estudio se realizó en la zona núcleo de la Reserva Biológica Uyuca, donde se seleccionó tres niveles altitudinales, en la exposición Noreste. El primero a los 1,700 msnm, el segundo a los 1,800 msnm y el tercero a los 1,900 msnm (Figura 1).

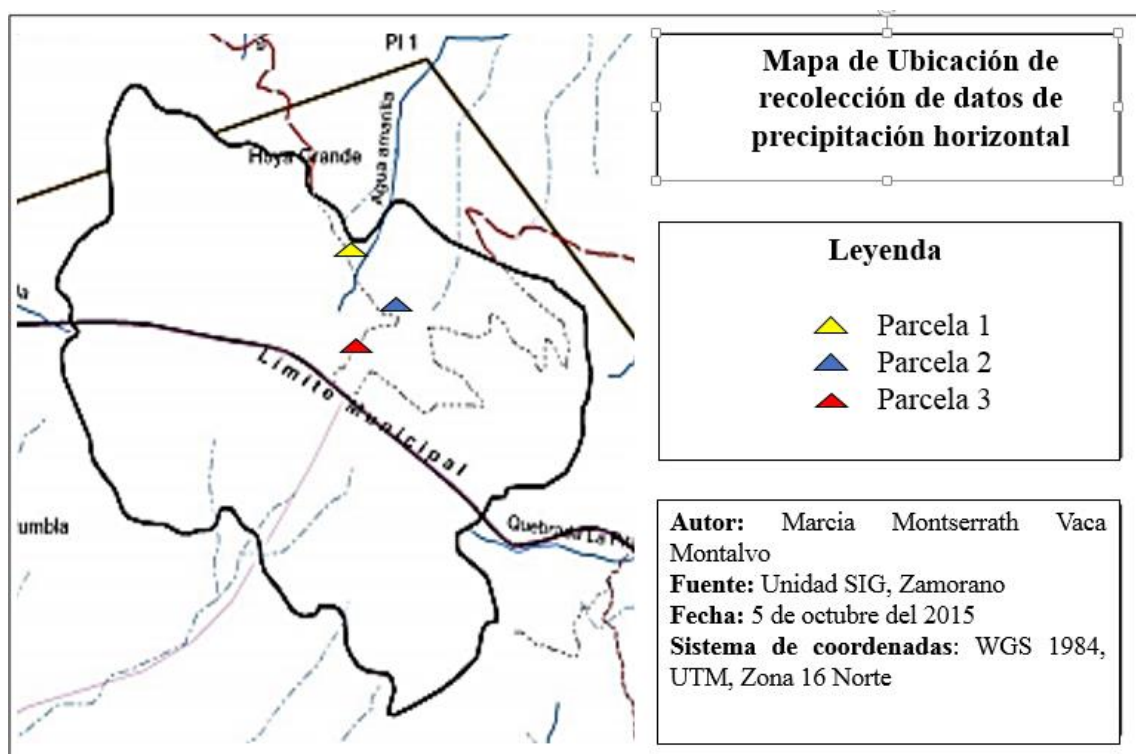


Figura 1. Ubicación de las parcelas de estudio en la Reserva Biológica Uyuca.

La precipitación promedio total anual de la Reserva Biológica Uyuca es de 2000 mm. El estudio se estableció dentro del bosque nublado del sitio. La temperatura media anual de la zona de estudio oscila entre 12 y 17 °C, y la evapotranspiración es de 0.25 a 0.5 mm.

La zona se caracteriza por la presencia de árboles de pino y latifoliados con alta presencia de plantas epífitas. La humedad del bosque aportada por la neblina favorece la presencia de musgos helechos y líquenes. En el suelo también existe abundante hojarasca y mantillo (Mora *et al.* 2014).

**Precipitación total bajo dosel.** Para medir la precipitación total bajo dosel en el bosque se desarrolló el método descrito por Juvik y Ekern por presentar valores reales de precipitación neta. Este consistió en coleccionar la precipitación total bajo el dosel mediante pluviómetros tipo canaletas construidos manualmente, para compararla con la lluvia de un área cercana sin bosque (Stadtmüller 1987).

Entre los tres niveles altitudinales y en cada parcela establecida, se instaló una red de 15 pluviómetros tipo canaletas elaborados con tubos de PVC. En cada nivel altitudinal, se estableció una parcela de  $10 \times 10$  m, para un área de  $100 \text{ m}^2$ , tomando en cuenta que la vegetación y la estructura del bosque fuese representativa de esa franja altitudinal. Dentro de cada parcela de  $100 \text{ m}^2$ , se ubicaron 25 cuadrantes de  $4 \text{ m}^2$  cada uno, para la distribución aleatoria de cinco pluviómetros entre los cuadrantes establecidos (Figura 2).

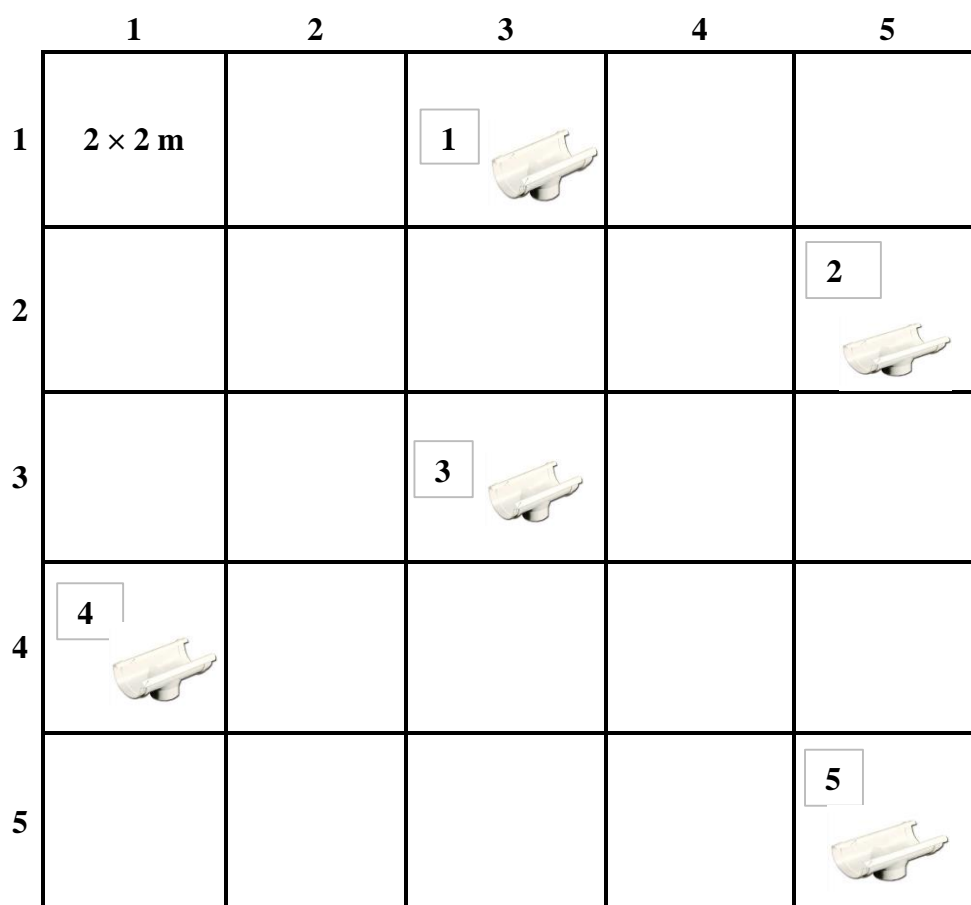


Figura 2. Distribución aleatoria de pluviómetros tipo canaleta en los cuadrantes de una parcela.

Para la construcción de los pluviómetros, se utilizaron tubos de PVC de 0.1016 m de diámetro interno y 2 m de longitud. Los tubos se cortaron por la mitad en sentido longitudinal. Para cada pluviómetro tipo canaleta se calculó un área efectiva de 0.2032 m<sup>2</sup> (0.1016 m × 2 m), de modo que los cinco pluviómetros de cada parcela, sumaron un área de 1.016 m<sup>2</sup>.

Cada pluviómetro se instaló a una altura promedio de 25 cm de la superficie del suelo, sostenidos en estacas de bambú y con una pendiente de 15%, permitiendo que el agua fluya hacia el extremo de menor altura. En el extremo inferior se conectó manguera de vinil a un recipiente de almacenamiento. Además se cubrió la parte superior de los pluviómetros con una malla metálica para evitar el ingreso de cuerpos extraños al área de captación de la agua (Anexo 1).

**Escurrimiento de tronco.** Se realizó la caracterización del bosque, a través de la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles presentes con un diámetro mayor a 10 cm, ubicados dentro de cada parcela de 100 m<sup>2</sup>. Posteriormente se seleccionaron todos los árboles representativos de dicha estructura en cada parcela. En cada uno se instaló una pieza de manguera de vinil de una pulgada de diámetro con corte longitudinal, formando un canal. La manguera se adhirió con clavos y abrazaderas alrededor y formando un espiral en la superficie del tronco. Se limpió la superficie del tronco para evitar obstrucción en el flujo del agua durante el escurrimiento. La pieza de manguera por cada árbol se conectó a un recipiente colector (Anexo 2).

**Precipitación vertical.** La precipitación vertical se midió en una área fuera del dosel del bosque, con un pluviómetro digital marca Davis Vantage Pro2 (Anexo 3). El pluviómetro se ubicó a 1,680 msnm y cercano a la parcela ubicada en el primer nivel altitudinal. Este pluviómetro se programó para registrar datos de precipitación con una frecuencia de 15 minutos. Los datos se acumularon y almacenaron en un datalogger. La descarga de datos se realizó utilizando un computador portátil en la cual se instaló el programa Weather-link.pro®.

**Registro de datos.** Las mediciones de precipitación total bajo el dosel y vertical se realizaron durante el periodo del 5 de agosto al 11 de septiembre del 2015. Los registros de datos se realizaron con una frecuencia de tres veces por semana en el horario de 7 a 9 de la mañana. La toma de datos de precipitación bajo dosel se realizó de forma manual utilizando probetas graduadas a 100 y 1000 mL. Se midió el volumen de agua colectado en cada recipiente de los pluviómetros debajo del dosel y de los conectados a los troncos de árboles. Del total de colectores ubicados en cada parcela, se registró las mediciones en un formato que indica hora, fecha y volumen en mililitros por centímetro cuadrado (Anexo 4).

La precipitación vertical fuera del dosel del bosque se midió mediante un pluviómetro digital y los datos se registraron en un datalogger. Todos los datos de volúmenes registrados en mililitros se convirtieron a milímetros para analizar el valor generado como equivalente a la cantidad de litros de agua captada por metro cuadrado. Se estimó el aporte de agua de precipitación horizontal en porcentaje, respecto al total de precipitación vertical. Se tomó en cuenta únicamente los periodos de ausencia de precipitación vertical, debido a que el agua colectada durante los mismos proviene directamente de la neblina.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La metodología empleada en el presente estudio y descrita por Juvik y Ekern se adaptó adecuadamente al sitio de estudio. A partir de esta, se registró periodos importantes de medición, debido a que incluyó una red de pluviómetros con un área de cobertura muy representativa en cada parcela.

Durante el periodo de estudio se realizaron 19 registros de precipitación horizontal o bajo dosel y escurrimiento de tronco en cada parcela. La precipitación vertical registrada fuera del dosel por periodos individuales alcanzó valores desde los 0.3 mm hasta los 45 mm, para un total acumulado de 77.1 mm.

Referente a la precipitación total bajo dosel, fue un comportamiento diferente en cada nivel altitudinal. De los 19 registros realizados, en diez de ellos no hubo precipitación vertical. La precipitación horizontal registrada en el primer nivel fue de 7.51 mm que representa 10% de la precipitación vertical, en el segundo nivel fue de 2.33 mm representando el 3 % y en el tercero fue de 6.07 mm representando el 8%.

Al analizar el comportamiento de la precipitación horizontal durante registros de periodos secos, se resalta la importancia del bosque nublado con respecto al ciclo hidrológico por su aporte de agua de forma constante; aun cuando no hubo registros de precipitación vertical. Los registros de precipitación horizontal acumulados fueron menores a los de precipitación vertical fuera del dosel. Esta pérdida de agua neta en el suelo se debe a la tasa de intercepción del bosque sobretodo en periodos de baja intensidad en precipitación vertical. Se puede observar que durante un periodo no se captó agua de la precipitación horizontal en la primera y segunda parcela, sin embargo el aporte en la tercera parcela fue de 0.01 mm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Precipitación horizontal en mm de tres niveles altitudinales, registrada en periodos secos.

Fecha	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
	1,700 msnm	1,800 msnm	1,900 msnm
07/08/2015	0.83	0.14	1.62
11/08/2015	3.54	1.14	0.95
13/08/2015	0.15	0.06	0.24
19/08/2015	0.15	0.06	0.54
21/08/2015	0.03	0.01	0.28
27/08/2015	0.00	0.00	0.01
30/08/2015	0.02	0.02	0.05
07/09/2015	0.56	0.23	0.48
09/09/2015	1.85	0.50	1.16
11/09/2015	0.38	0.17	0.74
<b>Total</b>	7.51	2.33	6.07

En las mediciones del agua por escurrimiento de tronco, se tomó en cuenta a todos los árboles de diámetro superior a los 10 cm dentro de cada parcela (Anexo 5). Los valores generados durante periodos secos muestran que en el tercer nivel se registró el mayor valor de 0.0320 mm de agua colectada por escurrimiento de tronco, seguido del segundo nivel con 0.0090 mm y el menor valor en el primer nivel con 0.0029 mm. Durante un periodo no se colectó agua por escurrimiento de tronco en el primer y segundo nivel altitudinal, sin embargo en el tercer nivel si hubo captación de 0.0002 mm (Cuadro 2).

En la parcela del primer nivel altitudinal se encontró un árbol de pino (*pinus maximinoi*), el cual fue mayor en diámetro a la altura del pecho (DAP) con respecto a los caracterizados en las demás parcelas. Este árbol presentaba mayor cantidad de grietas en su corteza de tronco, lo cual pudo ser un factor que influyó en la captación de agua por escurrimiento de tronco.

Cuadro 2. Valores de agua en mm captada por escurrimiento de tronco.

Fecha	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
	1,700 msnm	1,800 msnm	1,900 msnm
07/08/2015	0.0002	0.0004	0.0007
11/08/2015	0.0001	0.0060	0.0216
13/08/2015	0.0001	0.0004	0.0053
19/08/2015	0.0001	0.0002	0.0006
21/08/2015	0.0001	0.0001	0.0006
27/08/2015	0.0000	0.0000	0.0002
30/08/2015	0.0001	0.0001	0.0005
07/09/2015	0.0014	0.0011	0.0016
09/09/2015	0.0006	0.0006	0.0006
11/09/2015	0.0003	0.0003	0.0004
<b>Total</b>	0.0029	0.0090	0.0320

En el primer nivel altitudinal se registró mayor cantidad de agua aportada por la precipitación total bajo dosel, esto puede ser debido a que la estructura del bosque no presenta doseles intermedios y sotobosque que interceptan el agua de lluvias. En comparación de las otras parcelas, en el primer nivel altitudinal el aporte de la precipitación horizontal fue más alta y la intercepción fue menor (Anexo 6).

En el segundo nivel altitudinal se observó mayor cantidad de especies vegetales indicadoras de humedad que en el primer nivel. De igual manera la estructura del bosque fue más compleja a mayor altitud. En éste nivel se registró menor cantidad de agua aportada por precipitación horizontal durante periodos secos. Se observó gran cantidad de plantas epífitas y bromelias, que posiblemente influyeron en mayor pérdida de agua por intercepción (Anexo 7).

En la parcela ubicada en el tercer nivel altitudinal se observó que la cobertura vegetal fue más abundante y compleja que en las demás parcelas. La toma de datos durante periodos secos en esta parcela registró mayor cantidad de agua en los pluviómetros. Además fue la única parcela con mayor vegetación, que aportó agua por precipitación horizontal permanentemente, a diferencia de las otras parcelas que durante un periodo de ausencia de precipitación vertical no colectaron agua por precipitación horizontal. (Anexo 8).

Un estudio realizado por Ramírez en 2011, el cual utilizó una metodología similar, realizó las mediciones entre octubre del 2009 a marzo del 2010 en la Región del Trifinio en El Salvador. El estudio concluyó que el aporte a la precipitación por condensación de neblina no es significativo dentro del balance hídrico de la zona. Los datos son muy similares ya que en un punto a 2090 msnm, registró 5 mm por aporte de neblina. Los resultados mostraron

que a mayor altitud, hay mayor aporte por neblina, contrastando los resultados del estudio actual en el que los registros no siguieron este mismo patrón.

De acuerdo a los resultados de Pérard en 2011, el estudio estimó un aporte del bosque latifoliado en el Cerro Uyuca correspondiente a un 148% de la precipitación total. Las diferencias con el estudio actual se deben básicamente al tiempo de medición. Este fue analizado durante varios años, lo que permitió tener datos tanto de periodos húmedos como secos. A diferencia del presente estudio que registró datos en una época de bajas precipitaciones en el mes de agosto y durante un periodo muy puntual de 19 registros en total y 10 registros de precipitación horizontal con presencia del fenómeno del niño.

## 4. CONCLUSIONES

- La metodología descrita por Juvik y Ekern y modificada para este estudio es factible y aplicable para realizar mediciones a mayor escala, por registrar valores reales de precipitación horizontal debido a que toma en cuenta el total de agua que atraviesa el dosel del bosque.
- Los aportes totales de precipitación vertical y horizontal atrapados por el dosel fueron menores que la precipitación registrada fuera del dosel. Esto se considera pérdida de agua por intercepción a partir de la precipitación vertical en periodos de baja intensidad y corta duración.
- La diferencia de aporte hidrológico mediante la precipitación horizontal en la parcela del primer nivel altitudinal fue de 10%, la del segundo nivel de 3% y la del tercer nivel de 8%.
- El tercer nivel altitudinal recibió aporte de agua por neblina durante todos los periodos registrados, en comparación de la parcela ubicada en el primer y segundo nivel altitudinal que durante un periodo no registraron aporte.
- Los registros indican que el papel del bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca es importante para la captación de agua de neblina, sobre todo en aquellos periodos para los cuales la precipitación vertical es escasa. Esta función de recarga del bosque alimenta los acuíferos y los flujos base de las fuentes de abastecimiento de agua de Zamorano

## 5. RECOMENDACIONES

- Es recomendable validar esta metodología utilizando una red más amplia de pluviómetros y por un periodo de tiempo de varios años que pueda abarcar varios estudios consecutivos y así dar un aporte científico en este proceso de estimar la precipitación horizontal.
- La medición de precipitación del estudio actual se efectuó en un periodo muy corto de tiempo, por lo que se recomienda, continuar con el estudio por un periodo más prolongado y así generar una base de datos más amplia que permita mayor exactitud en la estimación del aporte hidrológico por parte del bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca.
- Continuar el estudio utilizando la metodología propuesta e incluir otras exposiciones geográficas de la Reserva Biológica Uyuca. Esto permitirá tomar datos de un área más representativa con diferentes intensidades y frecuencias en la presencia de neblina.
- Es conveniente instalar un pluviómetro para medir la precipitación vertical fuera del dosel por cada nivel altitudinal y así realizar comparaciones localizadas con los datos de precipitación generados bajo el dosel del bosque.

## 6. LITERATURA CITADA

Cotler, H. 2004. El manejo integral de cuencas en México. Ciudad de México, México, Instituto Nacional de Ecología. 104 p.

Cruz, G. 1993. El Decreto 87-87, Ley de los Bosques Nublados, base legal para la conservación de los bosques nublados de Honduras. Tegucigalpa, Honduras, COHDEFOR, ODA, ESNACIFOR. 75 p.

Hostfede, R. 1997. La Importancia Hídrica del Páramo y Aspectos de su Manejo (en línea). Consultado el 15 de mayo del 2015. Disponible en [http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/La\\_Importancia\\_H\\_drica\\_d\\_el\\_P\\_ramo\\_y\\_Aspectos\\_de\\_su\\_Manejo.pdf](http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/La_Importancia_H_drica_d_el_P_ramo_y_Aspectos_de_su_Manejo.pdf)

Lamb, D. 1965. Horizontal interception of precipitation. *Australian Forestry* 3(1):37-39.

Lamprecht, H. 1954. Estudios Silviculturales en los bosques del Valle de la Mucuy cerca de Mérida. Tesis Ing. Mérida, Venezuela, Universidad de los Andes. 127 p.

Mejía, D. 2001. Los bosques nublados de Honduras. Tesis Ph.D. Tegucigalpa, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 93 p.

Mora, J. M., L.I. López, M. Acosta y P. Maradiaga. 2014. Plan de Manejo Reserva Biológica Uyuca 2013-2025. Honduras, Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre y Escuela Agrícola Panamericana. 165 p.

Padilla, E. 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Honduras. Turrialba, Costa Rica, Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, FAO. 55 p.

Pérard, S. 2011. Cuantificación de la precipitación horizontal en el bosque latifoliado maduro del cerro Uyuca. Tesis Ing. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 31 p.

Ramírez, A. 2011. Contribución hidrológica de la precipitación horizontal en un bosque nublado de la zona del Trifinio, América Central. Tesis Mag. Sci., Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 75 p.

Rogers, R. 1997. Física de las nubes. España, Editorial Reverté, S.A. 60 p.

Sánchez, A. 2010. Captación de agua a partir de niebla por pinos en la región central montañosa central de Veracruz. Tesis Ph.D. Veracruz, México. Universidad Veracruzana. 12 p.

Santana, L. 1987. La precipitación de niebla en Tenerife. Agro cabildo (en línea). Consultado 20 de mayo de 2015. Disponible en <http://www.divulgameteo.es/uploads/Precipitaci%C3%B3n-niebla-Tenerife.pdf>

Sendiña, I. y V. Pérez. 2006. Fundamentos de Meteorología. 3 ed. Santiago de Compostela, España. Servizo de publicacións da Universidade de Santiago de Compostela. 163 p.

Stadtmüller, T. 1987. Los Bosques Nublados en el Trópico Húmedo. Turrialba, Costa Rica. Universidad de las Naciones Unidas y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 41 p.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Foto de pluviómetro tipo canaleta



Anexo 2. Foto de manguera de vinil instalada para medir el escurrimiento de tronco.



Anexo 3. Foto de pluviómetro digital y datalogger, marca Davis Vantage Pro 2.





Anexo 5. Diámetro de árboles según caracterización de las parcelas de estudio

	<b>Parcela 1</b>	<b>Parcela 2</b>	<b>Parcela 3</b>
<b>Diámetro</b>	<b>cm</b>	<b>cm</b>	<b>cm</b>
Árbol 1	26.67	25.4	17.78
Árbol 2	71.12	53.34	20.32
Árbol 3			51.25

Anexo 6. Precipitación total de parcela N° 1

Fecha	Precipitación		Esguerrimiento por tronco de Árboles				Precipitación		Diferencia
	Pluviómetros		A1	A2	Total	Total	Horizontal	Vertical	
	mL	mm	mL	mL	mL	mm	mm	mm	
05/08/15	120	0.12	15	20	35	0.0004	0.12	6.1	-5.98
07/08/15	840	0.83	8	14	22	0.0002	0.83	0.0	0.83
09/08/15	40	0.04	5	10	15	0.0002	0.04	9.4	-9.36
11/08/15	3600	3.54	4	6	10	0.0001	3.54	0.0	3.54
13/08/15	155	0.15	3	5	8	0.0001	0.15	0.0	0.15
15/08/15	30	0.03	0	3	7	0.0001	0.03	4.6	-4.57
17/08/15	6900	6.79	10	12	22	0.0002	6.79	1.4	5.39
19/08/15	150	0.15	6	5	11	0.0001	0.15	0.0	0.15
21/08/15	26	0.03	2	3	5	0.0001	0.03	0.0	0.03
23/08/15	8	0.01	4	2	6	0.0001	0.01	0.3	-0.29
25/08/15	6	0.01	3	2	5	0.0001	0.01	2.0	-1.99
27/08/15	0	0.00	0	0	0	0.0000	0.00	0.0	0.00
29/08/15	4011	3.95	10	13	23	0.0002	3.95	7.3	-3.35
30/08/15	25	0.02	5	8	13	0.0001	0.02	0.0	0.02
02/09/15	110	0.11	3	5	8	0.0001	0.11	1.0	-0.89
05/09/15	37960	37.4	9032	22940	31972	0.3197	37.7	45	-7.30
07/09/15	565	0.56	68	75	143	0.0014	0.56	0.0	0.56
09/09/15	1880	1.85	24	32	56	0.0006	1.85	0.0	1.85
11/09/15	384	0.38	10	15	25	0.0003	0.38	0.0	0.38
<b>Total</b>	<b>56810</b>	<b>55.9</b>	<b>9212</b>	<b>23170</b>	<b>32386</b>	<b>0.3239</b>	<b>56.2</b>	<b>77.1</b>	<b>-20.83</b>

Anexo 7. Precipitación total de parcela N° 2

Fecha	Precipitación		Escurrimiento por tronco de Árboles				Precipitación		Diferencia
	Pluviómetros		A 1	A 2	Total	Total	Horizontal	Vertical	
	mL	mm	mL	mL	mL	mm	mm	mm	
05/08/15	30	0.03	18	21	39	0.0004	0.03	6.1	-6.07
07/08/15	110	0.11	15	25	40	0.0004	0.11	0.0	0.11
09/08/15	15	0.01	8	10	18	0.0002	0.01	9.4	-9.39
11/08/15	920	0.91	288	310	598	0.0060	0.91	0.0	0.91
13/08/15	45	0.04	16	20	36	0.0004	0.04	0.0	0.04
15/08/15	50	0.05	10	15	25	0.0003	0.05	4.6	-4.55
17/08/15	650	0.64	200	228	428	0.0043	0.64	1.4	-0.76
19/08/15	50	0.05	10	14	24	0.0002	0.05	0.0	0.05
21/08/15	8	0.01	1	4	5	0.0001	0.01	0.0	0.01
23/08/15	6	0.01	3	3	4	0.0001	0.01	0.3	-0.29
25/08/15	7	0.01	2	5	7	0.0001	0.01	2.0	-1.99
27/08/15	0	0.00	0	0	0	0.0000	0.00	0.0	0.00
29/08/15	430	0.42	130	140	270	0.0027	0.43	7.3	-6.87
30/08/15	17	0.02	2	6	8	0.0001	0.02	0.0	0.02
02/09/15	5	0.01	2	3	5	0.0001	0.01	1.0	-0.99
05/09/15	19380	19.1	12500	13000	25500	0.2550	19.3	45	-25.7
07/09/15	190	0.19	45	60	105	0.0011	0.19	0.0	0.19
09/09/15	410	0.40	20	37	57	0.0006	0.40	0.0	0.40
11/09/15	139	0.14	12	15	27	0.0003	0.14	0.0	0.14
<b>Total</b>	22462	27.6	13282	13916	27198	0.2720	27.9	77.1	-49.2

Anexo 8. Precipitación total de parcela N°3

Fecha	Precipitación		Escurrimiento por tronco de árboles					Precipitación		Diferencia
	Pluviómetros		A1	A2	A3	Total	Total	Horizontal	Vertical	
	mL	mm	mL	mL	mL	mL	mm	mm	mm	
05/08/15	470	0.46	13	18	22	53	0.0005	0.46	6.1	-5.64
07/08/15	1645	1.62	22	25	25	72	0.0007	1.62	0	1.62
09/08/15	90	0.09	66	80	130	276	0.0028	0.09	9.4	-9.31
11/08/15	940	0.93	650	705	800	2155	0.0216	0.95	0	0.95
13/08/15	240	0.24	160	175	198	533	0.0053	0.24	0	0.24
15/08/15	90	0.09	130	145	320	595	0.0060	0.09	4.6	-4.51
17/08/15	3600	3.54	1390	2180	3000	6570	0.0657	3.61	1.4	2.21
19/08/15	550	0.54	16	20	25	61	0.0006	0.54	0	0.54
21/08/15	280	0.28	15	18	24	57	0.0006	0.28	0	0.28
23/08/15	112	0.11	5	7	9	21	0.0002	0.11	0.3	-0.19
25/08/15	48	0.05	4	5	8	17	0.0002	0.05	2	-1.95
27/08/15	7	0.01	3	5	9	17	0.0002	0.01	0	0.01
29/08/15	2260	2.22	22	50	130	202	0.0020	2.23	7.3	-5.07
30/08/15	50	0.05	12	16	20	48	0.0005	0.05	0	0.05
02/09/15	132	0.13	3	5	7	15	0.0002	0.13	1	-0.87
05/09/15	23460	23.1	1000	12000	14500	27500	0.2750	23.4	45	-21.6
07/09/15	490	0.48	43	54	62	159	0.0016	0.48	0	0.48
09/09/15	1180	1.16	14	20	24	58	0.0006	1.16	0	1.16
11/09/15	755	0.74	11	14	18	43	0.0004	0.74	0	0.74
<b>Total</b>	<b>36399</b>	<b>35.8</b>	<b>3579</b>	<b>15542</b>	<b>19331</b>	<b>38452</b>	<b>0.3845</b>	<b>36.2</b>	<b>77.1</b>	<b>-40.9</b>