

# **Comparación de dos métodos para medir precipitación horizontal en el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras**

**Jhoner Darwin Cahuaza Esquen**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO  
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

# **Comparación de dos métodos para medir precipitación horizontal en el bosque nublado 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

**Jhoner Darwin Cahuaza Esquen**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2016

## **Cuantificación de precipitación horizontal con dos metodologías en el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras**

**Jhoner Darwin Cahuaza Esquen**

**Resumen.** Los bosques nublados están cubiertos con nubes o neblinas. En estudios de balance hídrico en este tipo de bosque, los valores resultan negativos. Los investigadores creen que los bosques obtienen agua de otra forma. Es así que han considerado en la ecuación del balance hídrico la precipitación horizontal. Algunas investigaciones se han enfocado en medir la cantidad de agua que éstas aportan. En la Reserva Biológica Uyuca, Perard (2011) y Vaca (2015) realizaron estudios para medir la precipitación horizontal debajo del dosel. El objetivo del presente estudio fue cuantificar y comparar la precipitación horizontal con el método de Juvik y Ekern y pluviómetros de malla plástica. Para esto se instalaron parcelas adicionales a las instaladas por Vaca (2015), en tres niveles altitudinales (1700, 1800 y 1900 msnm). Las áreas de las parcelas fueron de 10 m × 10 m, las cuales se dividieron en subparcelas de 2 m × 2 m. En estas parcelas se instalaron pluviómetros tipo canaleta y pluviómetros de malla plástica para realizar una comparación entre ellas. El aporte de precipitación fue mayor en días con lluvia que en días sin lluvias. El método de Juvik y Ekern presenta errores sistemáticos, ya que las pérdidas por salpicadura interna y externa pueden ser altas. Las pérdidas por salpicadura son menores en pluviómetros de malla plástica. No se encontró suficiente evidencia para afirmar cual metodología es recomendable para cuantificar precipitación horizontal.

**Palabras clave:** Agua de niebla, lluvia horizontal, precipitación indirecta.

**Abstrac.** Cloud forests are covered with clouds or fog. In studies of water balance in this type of forest the values are negative. Researchers believe that forests obtain water form another way. That´s why they are considering horizontal precipitation in the water balance equation. Some research had focused on measuring the amount of water it provides. In the Biological Reserve Uyuca, Perard (2011) and Vaca (2015) conducted studies to measure horizontal precipitation under the canopy. The objective of this study was to quantify and compare horizontal precipitation method of Juvika and Ekern and rain gauges of plastic mesh. Three addition plots were installed compared to Vaca (2015) investigation, in three altitudinal levels (1700, 1800 and 1900 masl). The areas of the plots were 10 m × 10 m, which were divided into subplots 2 m × 2 m. Channel type rain gauges and plastic mesh rain gauges were installed to make a comparison between them. The contribution of precipitation was higher in rainy days than days without rain. The method presents by Juvick and Ekern have systematic errors because losses by internal and external splashes can be high. Splash losses are lower in plastic gauges. There was not enough evidence to confirm that the methodology can be recommended to measure horizontal precipitation.

**Key words:** Horizontal rain, indirect precipitation, water fog.

## 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>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>13</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>15</b>
<b>6. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>16</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>18</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Precipitación horizontal (mm) bajo dosel en períodos secos (mayo - agosto) .....	8
2.	Escurrimiento por tronco (mm) en período seco (mayo-agosto) .....	9
3.	Precipitación horizontal (mm) bajo dosel en períodos húmedos (mayo-agosto) .....	10
4.	Precipitación horizontal (mm) en períodos secos (junio-agosto).....	11
Figuras		Página
1.	Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	3
2.	Distribución de pluviómetros en las parcelas .....	4
3.	Pluviómetro de malla plástica. ....	5
4.	Precipitación horizontal (mm) en períodos húmedos (junio-agosto) .....	12
Anexos		Página
1.	Pluviómetro digital marca Davis Vantage Pro2.....	18
2.	Precipitación horizontal (mm) en períodos secos (noviembre - mayo) .....	19
3.	Precipitación horizontal (mm) en períodos húmedos (noviembre-mayo) .....	20
4.	Precipitación horizontal (mm) total bajo dosel en mm en períodos secos (mayo-agosto) .....	22
5.	Precipitación horizontal (mm) bajo dosel en períodos secos con malla plástica (mayo-agosto). ....	23
6.	Precipitación horizontal (mm) bajo dosel en períodos húmedos (mayo-agosto) .....	23
7.	Correlación de precipitación horizontal en 1700 msnm. ....	24
8.	Correlación de precipitación horizontal en 1900 msnm. ....	24
9.	Correlación de precipitación horizontal en 1800 msnm. ....	25
10.	Precipitación horizontal (mm) en períodos húmedos (junio-agosto).....	26

## 1. INTRODUCCIÓN

Se define como bosque nublado a los que están cubiertos, hay presencia de nubes o neblina, que aportan agua por medio de condensación de las mismas (Stadtmüller, 1987). Estos bosques son de vital importancia para el abastecimiento de agua, conservación de suelos, producción de oxígeno, hábitat para especies de animales y plantas epífitas que aprovechan las nubes o neblinas como medio para beneficiarse de nutrientes para su crecimiento y desarrollo (Walmsley, Schemenauer y Bridgman, 1996). Estos bosques aportan diversidad de servicios ecosistémicos.

En muchos casos, los bosques nublados se encuentran en zonas donde la presencia de nube o neblina ocurre en combinación con fuertes lluvias (Stadtmüller, 1987). Por tal razón, cuando algunos investigadores realizan un balance hídrico restando a la precipitación vertical, la escorrentía, la infiltración y la evapotranspiración, obtienen valores negativos. Esto hace pensar que el bosque obtiene el recurso hídrico de alguna otra forma para superar el balance negativo. Razón por la cual se han considerado integrar a la ecuación del balance hídrico de los bosques nublados la precipitación horizontal (Santamarta y Seijas, 2010), originada por la condensación de nubes o neblinas.

Las nubes son fuentes potenciales de agua que por mucho tiempo han sido ignoradas por los entes encargados del manejo del recurso hídrico; sin embargo, esta fuente ha sido utilizada en tiempos remotos (Olivier, 2002). Esto ha permitido que el objetivo principal de muchos estudios haya sido la cuantificación de la precipitación horizontal. Además, en estas investigaciones consideran que la vegetación es un medio importante que hace posible la precipitación (Stadtmüller, 1987), que a la vez no permite que la precipitación llegue directamente al suelo (Aboal et al., 2013). Este proceso es conocido como intercepción.

Los aportes de la precipitación horizontal son de vital importancia para los bosques y el hombre. En efecto, se han realizado investigaciones en diferentes países como: México, Chile, España, Sudáfrica, Colombia y Honduras, para determinar la importancia de los bosques nublados para su conservación y manejo. Parte de los estudios realizados están enfocados principalmente en la cantidad de agua que se puede capturar de la precipitación horizontal.

Un estudio realizado en México midió la precipitación indirecta y el almacenamiento de agua en el follaje a partir de la niebla producidos por *Pinus montezumae* Lambert, en las montañas de Veracruz. La precipitación indirecta (horizontal) fue medida con una serie de pluviómetros dispuestos en forma radial. El estudio concluyó que la precipitación indirecta es alta (57.9 L/h), que puede intervenir en el balance hídrico y abastecer con agua a las ciudades y poblaciones de la región (Barradas, 1983).

En España se han realizado diversos estudios para medir el aporte de la precipitación horizontal. Un estudio realizado en el Parque Nacional Garajonay (Islas Canarias) para evaluar la contribución de agua de niebla capturadas en árboles de *Erica arborea* L, después de dos años de investigación el estudio concluyó que un árbol colectó de 1180 – 2090 L/año (Ritter, Regalado y Aschan, 2008). En el macizo de Anaga (isla de Tenerife), una investigación que consistió en medir el aporte del agua de niebla mediante isótopos estables registró 937.5 L/m<sup>2</sup> (Regalado, Guerra, Ritter y Arencibia, 2013). Estrela et al. (2009), en un estudio sobre uso de agua de neblina para restauración de suelos degradados en la región de Valencia (montaña Los Machos), registró 3.3 L/m<sup>2</sup>/día de precipitación promedio después de un año de estudio, utilizando trampas de malla.

En El Salvador, Ramírez (2011) en una investigación en el cerro El Pital (municipio de Chalatenango) midió el aporte de la precipitación horizontal en el bosque nublado de la zona del Trifinio. Su estudio concluyó que el aporte por condensación de nubes o neblinas, no es significativo en el área de estudio.

Pérard (2011) realizó un estudio en la Reserva Biológica Uyuca para cuantificar la precipitación horizontal a nivel de masa latifoliado maduro. Para realizar el estudio analizó los datos obtenidos de una red de 12 pluviómetros de tipo embudo (52 cm de diámetro), en diferentes gradientes altitudinales. Con cinco años de registro diario la precipitación horizontal fue de 1409.2 mm. Este estudio concluyó que la precipitación horizontal constituye un importante aporte a la precipitación vertical.

Sin embargo, el estudio realizado por Pérard (2011) en la Reserva Biológica Uyuca sobre cuantificación de la precipitación horizontal, no tomó en cuenta el escurrimiento del agua por medio de los troncos; pero, el estudio de Vaca (2015) sí lo incluyó en los registros y lo sumó a la precipitación obtenida por el dosel. La investigación de Vaca (2015), realizada del 5/08/2015 al 11/09/2015, fue un tiempo muy corto que no permitió medir el volumen aportado durante días secos y lluviosos de la zona. Por tal razón, es indispensable extender el tiempo de estudio realizado por Vaca (2015) y validar la metodología utilizada para su investigación; ampliando el número de pluviómetros en las parcelas establecidas, en cada uno de los niveles altitudinales.

En este estudio se cuantificó el aporte de la precipitación horizontal en la Reserva Biológica Uyuca y se comparó dos metodologías de medición. Se utilizó el método propuesto por Juvik y Ekern y el método de mallas plásticas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación del área de estudio.** El estudio se realizó en la Reserva Biológica Uyuca, ubicada en los municipios de Tatumbla y San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán. El área de estudio se encuentra a 15 km al sureste de la ciudad de Tegucigalpa y a 14 km de la Escuela Agrícola Panamericana. La reserva tiene una superficie de 816.9 ha (Mora, López, Acosta y Maradiaga, 2013). Las parcelas para el presente estudio se instalaron en la zona núcleo que tiene una superficie de 237.1 ha.

En el presente estudio se estableció tres parcelas (B1, B2 y B3) de 10 m x 10 m adicionales a las establecidas por Vaca (2015). Para establecer las parcelas adicionales, se visitó la zona de estudio para determinar el área. Determinada las nuevas áreas, se estableció una parcela por cada nivel altitudinal. Las mediciones de precipitación horizontal se efectuaron en los 1700; 1800 y 1900 msnm, en la exposición Noreste de la zona de estudio (Figura 1).

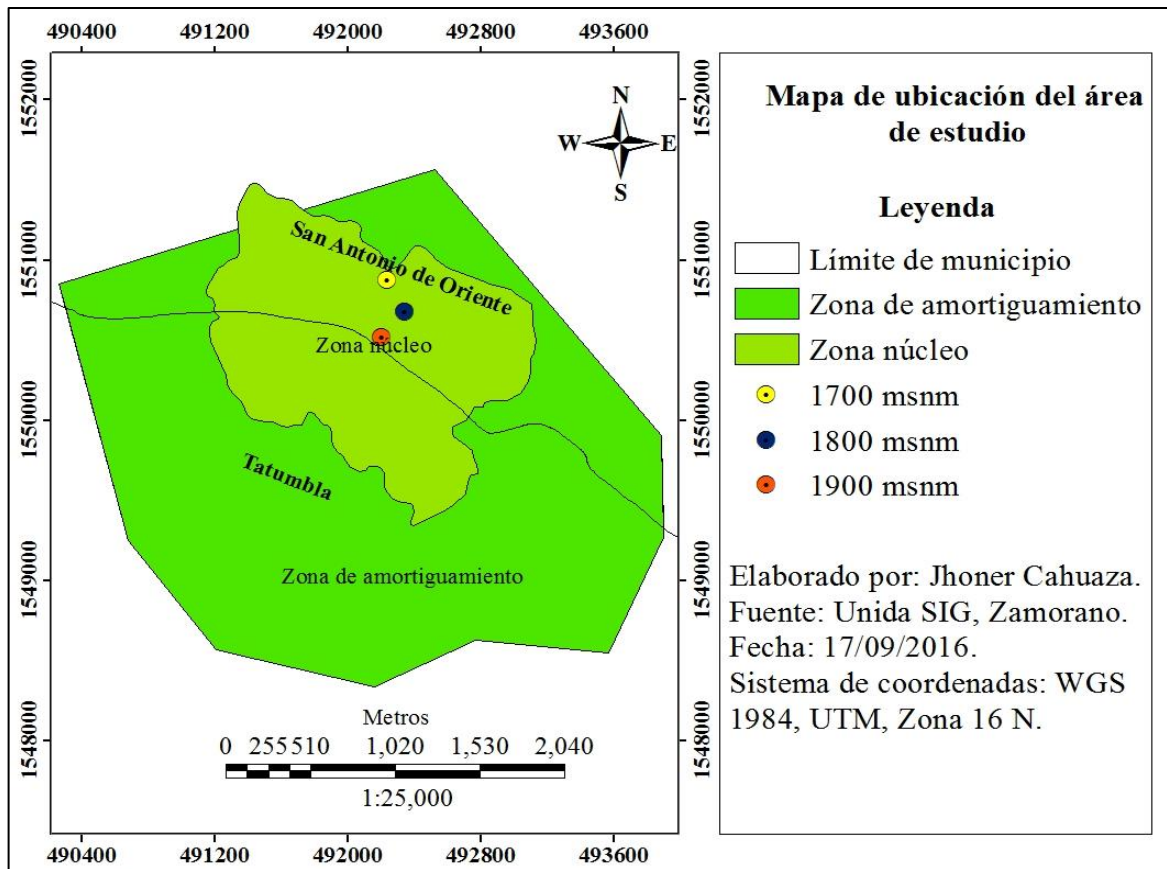


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.



**Medición de precipitación bajo dosel.** Se utilizó la metodología propuesta por Juvik y Ekern, la cual consiste en recolectar la precipitación total debajo del dosel por medio de pluviómetros tipo canaletas. Asimismo, se utilizó los 15 pluviómetros instalados durante la investigación de Vaca (2015). Adicionalmente, se instalaron 15 pluviómetros tipo canaleta distribuidas en tres parcelas, los cuales se cubrieron con malla metálica para evitar la entrada de partículas no deseadas que dificulten el libre flujo del agua.

Los pluviómetros instalados por Vaca (2015) (A1, A2 y A3), están ubicados en tres niveles altitudinales (1700; 1800 y 1900 msnm). Los 15 pluviómetros adicionales se ubicaron en los mismos niveles altitudinales y misma exposición establecida por la investigadora, la exposición Noreste, separados de 20 a 50 m. Se establecieron parcelas de 10 m x 10 m. Cada parcela fue dividida en 25 cuadrículas de 4 m<sup>2</sup> cada una, en ellas se distribuyeron cinco pluviómetros tipo canaleta, al azar (Figura 2).







	1	2	3	4	5
1	2 m × 2 m				
2					
3					
4					
5					

Figura 2. Distribución de pluviómetros en las parcelas.

Los pluviómetros tipo canaleta fueron contruidos con tubos de PVC de 10.6 cm de diámetro interno. Para construirlos se cortaron en sentido longitudinal, de tal forma que cada pluviómetro midió 2 m de longitud y 0.089 m de ancho. Estos pluviómetros se ubicaron con dos soportes con pendiente de 15%, lo que permitió que el agua fluyera hacia el recipiente colector. En la parte de menor altura del pluviómetro se colocó un adaptador de PVC de 1.91 cm de diámetro interno. Al adaptador se acopló un conector de 1.27 de diámetro interno, en esta se conectó una manguera de vinil que transportó el agua recolectada hacia un recipiente colector de 20 litros.

**Medición de escurrimiento por tronco.** Para medir la precipitación horizontal por escurrimiento en tronco se continuó con la metodología de Juvick y Ekern y se utilizó las piezas de manguera instaladas durante la investigación de Vaca (2015). Adicional a las instalaciones realizadas, entre los tres niveles altitudinales se instalaron mangueras en cinco árboles adicionales.

Para instalar en árboles adicionales se caracterizó el bosque, a través de la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles presentes en cada parcela de 100 m<sup>2</sup>, con diámetro mayor a 10 cm. Posteriormente, se seleccionó los árboles representativos, en las que se instalaron las mangueras de vinil de 0.95 cm diámetro interno con corte longitudinal, formando un canal alrededor de los árboles. La pieza de manguera por cada árbol se conectó a un recipiente colector.

**Comparación de métodos de medición.** Para comparar con la metodología de Juvick y Ekern, se instalaron pluviómetros de malla plástica de 1 m × 1 m, considerando que éstas no interfieran a las otras infraestructuras instaladas. Este tipo de pluviómetros permiten reducir las pérdidas por salpicaduras internas o externas que sufren las gotas cuando impactan con una superficie. En el centro de los pluviómetros se realizó un agujero donde se acopló un adaptador de PVC de 1.91 cm de diámetro interno y se colocó un conector de PVC de 1.27 cm de diámetro interno. En el conector se conectó una manguera de vinil, el cual transportó el agua hacia un recipiente colector. Los vértices del plástico se sujetaron a varillas de bambú (Figura 3).

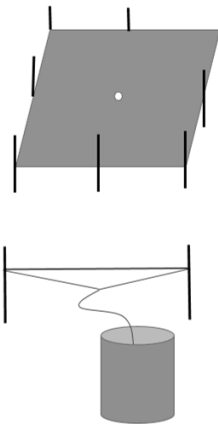


Figura 3. Pluviómetro de malla plástica.

**Precipitación vertical.** Los datos de precipitación vertical se tomaron de un pluviómetro digital marca Davis Vantage Pro2. El pluviómetro fue programado para recolectar datos cada 10 minutos. Para obtener los datos del pluviómetro se instaló en una computadora portátil el Weather-link.pro®, programa que permite descargar la información requerida del pluviómetro digital. Este pluviómetro está instalada a 1680 msnm, en un área despejada, fuera de dosel (Anexo 1).

**Registro de datos.** Los datos para cuantificar el aporte de la precipitación horizontal se registraron en períodos uniformes, tres veces por semana desde el 1 de mayo de 2016 hasta el 14 de agosto de 2016. Para la comparación entre las metodologías, los datos se registraron a partir del 29 de junio del 2016 hasta el 14 de agosto de 2016. Esto debido a que los pluviómetros de malla plástica tuvieron un tiempo de prueba de funcionamiento.

En el presente estudio se evaluó el aporte de precipitación horizontal durante la época seca y lluviosa, según la estacionalidad en Honduras. La época seca abarca los meses de noviembre a mayo. La época lluviosa comprende los meses de mayo a noviembre. Sin embargo, en este estudio durante la época lluviosa se abarcó hasta el mes de agosto. Es en la época lluviosa donde se puso mayor énfasis, ya que es la época donde se establecieron las nuevas parcelas para el estudio.

La medición de los datos se realizó con probetas graduadas de 50 y 1000 mL. El agua colectada en los pluviómetros de tipo canaleta de cada parcela se sumó para obtener un total por parcela para cada registro. El agua colectada por troncos de árboles y el pluviómetro de malla plástica se midió aplicando la misma metodología. Los datos colectados en mL se convirtieron a mm, para conocer el aporte hídrico por metro cuadrado en cada nivel altitudinal.

Es importante mencionar que en el presente estudio se tomó en cuenta los días con precipitación vertical y ausencia de la misma. A los días con precipitación vertical se consideró períodos húmedos. Períodos secos se definieron cuando no se presentó precipitación vertical por tres días consecutivos. Esto para asegurar de que el agua colectada debajo del dosel y el escurrimiento por tronco fuera únicamente de precipitación horizontal. Los días en que no se observó el mismo comportamiento de períodos secos se consideró período húmedo.

Para estimar la precipitación horizontal en períodos húmedos se calculó mediante diferencias. Esto consistió en restar a la precipitación dentro del dosel la precipitación fuera del dosel. Se consideró aporte de precipitación horizontal a todos los valores positivos resultantes de la diferencia. Cuando hay precipitación horizontal, en los bosques hay intercepción, el cual impide que toda el agua de la lluvia llegue al suelo. Si se hace una diferencia entre el agua colectada debajo del dosel con los registros de un pluviómetro fuera del dosel, los resultados son negativos, ya que el agua colectada dentro del dosel será menor debido a la intercepción. Sin embargo, cuando el agua colectada debajo del dosel es mayor que al registrado fuera del dosel, los valores son positivos, indicando que ocurrió precipitación horizontal.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Aporte de precipitación horizontal.** Durante la época seca y lluviosa se evaluó el aporte de precipitación horizontal tomando en cuenta los registros de los pluviómetros instalados por Vaca (2015). Esto para conocer la cantidad de agua que la reserva puede recibir en presencia y ausencia de lluvias.

Durante la época seca se registró 42 períodos sin precipitación vertical (Anexo 2) y 41 períodos con precipitación vertical (Anexo 3). La precipitación horizontal total en períodos secos en los tres niveles fue de 37.95 mm y 215.59 mm en períodos húmedos, para un total de 253.54 mm. La precipitación vertical para esta época fue de 102 mm. Esto demuestra que aun sin registro de precipitación vertical la reserva capta significativas cantidades de agua provenientes de la neblina.

Por otro lado, durante la época lluviosa los registros se efectuaron desde el 1 de mayo de 2016 hasta el 14 de agosto de 2016. Durante este período se registró 12 eventos en total y 38 períodos húmedos. Se registró 628.70 mm de precipitación vertical. La precipitación horizontal total en los tres niveles altitudinales fue de 39.16 mm. Esto representa el 6.23 % respecto a la precipitación vertical y el 5.86% de la precipitación total bajo dosel, siendo estas menor a los reportados por Tobón y Gil (2007) que fue de 9.4%, en un estudio realizado entre 2800 y 3600 msnm. Se cree que esta diferencia está influenciada por tipo de vegetación y nivel altitudinal de las áreas de estudio.

La precipitación horizontal total bajo dosel en 12 períodos secos se calculó sumando el agua colectada en las canaletas y el escurrimiento en troncos en cada parcela y nivel altitudinal (Anexo 4). El agua colectada en el primer nivel fue mayor que los registrados en los otros niveles (Cuadro 1). En este nivel se colectó 3.71 mm, seguido del tercer nivel con 3.01 mm y 1.81 mm para el segundo nivel, mientras que Vaca (2015) en 10 períodos secos, registró 7.51 mm en el primer nivel, 6.07 mm en el tercer nivel y 2.33 mm en el segundo nivel. Esta diferencia puede estar influenciada por la definición de períodos secos. En el presente estudio, tal como se mencionó anteriormente, se consideró período seco a los días en los que el pluviómetro ubicado fuera del dosel registrara 0 mm de precipitación vertical por tres días consecutivos hasta el día de registro; ya que en los días que no se colectó datos pudo haber ocurrido precipitación vertical, horizontal o mixta que pueden alterar los datos. Sin embargo, Vaca (2015) consideró período seco sólo un día en que no hubo precipitación vertical, no tomó en cuenta los eventos de los días anteriores a la toma de datos.

En el nivel uno, el bosque está compuesto de árboles latifoliados y coníferas, con sotobosque denso; pero, con menos presencia de plantas epífitas, bromelias y musgos. Sin embargo, en el nivel tres el bosque está compuesto de árboles latifoliados con sotobosque

compuesto de helechos y alta presencia de plantas epífitas, bromelias y musgos en las ramas y troncos de los árboles que propician la precipitación horizontal, pero, a la vez las interceptan. Se cree que diferencia de composición en los bosques influye en la cantidad de agua colectada de la neblina.

Cuadro 1. Precipitación horizontal (mm) bajo dosel en períodos secos (mayo - agosto).

Fecha	1700 msnm	1800 msnm	1900 msnm
07/05/2016	0.0354	0.0772	0.0323
09/05/2016	0.0188	0.0306	0.0131
11/05/2016	0.0037	0.0036	0.0179
13/05/2016	0.0036	0.0048	0.0065
15/05/2016	0.0680	0.0016	0.0059
22/05/2016	2.3494	0.8659	0.3676
24/05/2016	0.0164	0.0144	0.0048
23/07/2016	0.2227	0.1515	0.3280
25/07/2016	0.3513	0.2701	0.6009
27/07/2016	0.2773	0.0880	0.2198
02/08/2016	0.2294	0.1978	1.2639
12/08/2016	0.1380	0.1044	0.1516
<b>Total</b>	<b>3.7141</b>	<b>1.8098</b>	<b>3.0122</b>

En el segundo nivel, el sotobosque no es muy denso, el cual pudo afectar en la precipitación horizontal. En este nivel, se infirió que el agua colectada provenía de la copa y troncos de los árboles dominantes, ya que la neblina debajo del dosel tenía poca superficie con la cual entrar en contacto y precipitarse.

En los 12 períodos secos se registró aporte de precipitación horizontal en los tres niveles altitudinales. Sin embargo, hubo dos períodos, en dos niveles altitudinales, donde el aporte por precipitación horizontal fue mayor a 1 mm. En el primer nivel se registró 2.35 mm, mientras que en los otros niveles, para la misma fecha, fueron inferiores a 1 mm. En el tercer nivel fue de 1.26 mm e inferiores a 1 mm en los otros niveles. En el primer y tercer nivel, pudo haber influido la densidad de neblina. Este comportamiento se debe a que en algunos días se observó mayor presencia y alta densidad de neblina en el primer y tercer nivel altitudinal que en el segundo nivel.

En cada nivel altitudinal se registró precipitación horizontal total en períodos secos en dos parcelas. En el primer nivel, la parcela A1 registró 3.57 mm y 3.86 mm para la parcela B1. En el segundo nivel la parcela A2 y B2 registraron 2.17 mm y 1.45 mm respectivamente. En el tercer nivel, se registraron 2.15 mm y 3.87 mm para las parcelas A3 y B3, respectivamente. Se puede observar que los registros difieren entre parcelas ubicadas en el mismo nivel altitudinal (Anexo 5), lo cual muestra que la composición del bosque puede diferir aun ubicándose en el mismo nivel altitudinal. Esto coincide con la observación de

Ritter et al. (2005), donde la composición del bosque influye en la cantidad de agua que se puede obtener de la precipitación horizontal.

En la medición de agua de escurrimiento por troco en períodos secos, la parcela instalada en el primer nivel acumuló mayor cantidad de agua con 0.0151 mm en promedio, seguido del tercer nivel con 0.0078 mm y finalmente, el segundo nivel con 0.0044 mm. Estas diferencias pueden estar influenciadas por la estructura del tronco. Los trocos que presentan grietas tienen menos escurrimiento que un árbol de tronco liso. En este caso, los registros de este estudio no siguieron el mismo patrón que el registrado por Vaca (2015).

En el nivel uno, la parcela B1 acumuló 0.0283 mm de escurrimiento total en tronco, siendo este mayor que el acumulado en la parcela A1 (Cuadro 2). Este comportamiento se debe a que en la parcela A1 los árboles presentes fueron de pino (*Pinus maximinoi*) y encino (*Quercus Sp.*). El tronco del pino presenta grietas que no permitió el libre escurrimiento del agua y el encino, plantas epifitas que interceptaban el agua. Sin embargo, la parcela B1 presentó árboles de pino y encino; el encino no tiene plantas epifitas el cual permitió que el agua escurriera con menor interferencia.

Cuadro 2. Escurrimiento por tronco (mm) en período seco (mayo-agosto).

Fecha	1700 msnm		1800 msnm		1900 msnm	
	Parcela A1	Parcela B1	Parcela A2	Parcela B2	Parcela A3	Parcela B3
07/05/2016	0.00002	0.00008	0.00007	0.00021	0.00004	0.00002
09/05/2016	0.00001	0.00002	0.00002	0.00014	0.00000	0.00001
11/05/2016	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001
13/05/2016	0.00000	0.00000	0.00000	0.00007	0.00000	0.00001
15/05/2016	0.00002	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00002
22/05/2016	0.00034	0.00270	0.00024	0.00231	0.00005	0.00039
24/05/2016	0.00002	0.00006	0.00006	0.00004	0.00003	0.00002
23/07/2016	0.00059	0.00104	0.00020	0.00207	0.00045	0.00350
25/07/2016	0.00012	0.01350	0.00005	0.00028	0.00055	0.00145
27/07/2016	0.00008	0.00660	0.00015	0.00007	0.00015	0.00085
02/08/2016	0.00047	0.00405	0.00022	0.00158	0.00040	0.00750
12/08/2016	0.00018	0.00023	0.00005	0.00095	0.00004	0.00020
Total	0.00185	0.02826	0.00106	0.00770	0.00171	0.01398
Promedio	0.01506		0.00438		0.00785	

El mayor escurrimiento de agua de precipitación horizontal total en los trocos del nivel dos fue en la parcela B2 con 0.0077 mm, influenciado por los troncos de textura lisa. En la parcela A2 se colectó 0.0011 mm, siendo afectado por pequeñas grietas presentes en el tronco. En el nivel tres, el escurrimiento tuvo el mismo patrón que el nivel dos. En la parcela

B3 se registró 0,014 mm y 0.002 mm en la parcela A3 (Cuadro 2). En el nivel 3, la diferencia de los datos pudo estar influenciado por la presencia de musgos, enredaderas, plantas epífitas y bromelias presentes en los troncos. Walker y Ataroff (2005) en un estudio sobre interceptación en las plantas epífitas concluyen que estas plantas dificultan la cuantificación de las precipitaciones debajo del dosel. Se cree que el agua registrada en los períodos secos fue colectada del escurrimiento después de la saturación de las plantas hospederas en los troncos.

La precipitación horizontal no ocurre únicamente en días secos, también, hay eventos de precipitación horizontal en días donde hay precipitación vertical. En el presente estudio se registró 38 períodos con precipitación vertical. Para conocer el aporte de la precipitación horizontal en estos períodos se efectuó una diferencia entre el agua colectada en las parcelas con la precipitación vertical fuera de dosel, registrada en el pluviómetro electrónico y manual. Se consideró aporte de precipitación horizontal a los valores positivos, resultantes de la diferencia (Anexo 6).

En 38 períodos húmedos, el aporte de precipitación horizontal fue mayor en el nivel tres (Cuadro 3). En este nivel se registró en promedio 22.03 mm, seguido del primer nivel con 7.03 mm y el segundo nivel con 1.30 mm. Se considera que el registro en la tercera parcela fue influenciado por la alta densidad de la neblina, evidenciada durante la recolección de datos.

Cuadro 3. Precipitación horizontal (mm) bajo dosel en períodos húmedos (mayo-agosto).

	1700 msnm		1800 msnm		1900 msnm	
	Parcela A1	Parcela B1	Parcela A2	Parcela B2	Parcela A3	Parcela B3
Total	9.39	4.68	2.03	0.57	30.78	13.28
Promedio	7.03		1.30		22.03	

Los registros de precipitación horizontal promedio en períodos húmedos superan a los registros de precipitación horizontal en períodos totalmente secos, coincidiendo con los resultados de Molina y Escobar (2005). Estos comportamientos pueden estar influenciadas por la precipitación vertical, que al saturar inmediatamente a los interceptores permiten que el agua de la precipitación horizontal fluya de forma constante junto con el agua de la precipitación vertical.

En 12 períodos secos y 38 períodos húmedos, el total de precipitación horizontal acumulado en los tres niveles altitudinales fue de 38.90 mm. Esto equivale a un aporte de precipitación horizontal de 38.90 mm. La zona núcleo tiene una superficie total de 237.1 hectáreas, en esta área durante el tiempo de estudio se estima que la precipitación horizontal aportó aproximadamente 92,231.9 m<sup>3</sup>, asumiendo uniformidad en la composición del bosque y la nubosidad.

**Comparación de métodos de medición.** La comparación de los métodos se realizó desde el día 29 de junio de 2016 al 14 de agosto de 2016. Durante este período se registraron cinco períodos secos y 17 períodos húmedos. En este período se cuantificó el agua colectada de la precipitación horizontal en pluviómetros tipo canaleta que incluye el escurrimiento por tronco y pluviómetros de malla de plástica.

De acuerdo al análisis de correlación entre el agua colectada en canaletas y el pluviómetro de malla plástica, en el primer nivel hubo correlación significativa para  $p \leq 0.05$  (Anexo 7) y para el tercer nivel fue significativa para  $p \leq 0.01$  (Anexo 8). En el segundo nivel no se evidenció una correlación significativa ( $p \geq 0.05$ ) (Anexo 9). Esto debido a que pequeñas partículas se acumulaban en el orificio del pluviómetro y obstruían el paso del agua, y en algunos casos provocaban la ruptura de la malla plástica.

Los pluviómetros de malla plástica colectaron más agua de precipitación horizontal en el tercer y primer nivel altitudinal (Cuadro 4). En el tercer nivel, los pluviómetros de malla plástica colectaron 3.081 mm, mientras que con el método propuesto por Juvik y Ekern se colectó 2.564 mm. En el primer nivel, con la metodología de Juvik y Ekern se colectó 1.219 mm y 2.287 mm con el pluviómetro de malla plástica.

Cuadro 4. Precipitación horizontal (mm) en períodos secos (junio-agosto).

Fecha	1700 msnm		1800 msnm		1900 msnm	
	Canaletas	Plástico	Canaletas	Plástico	Canaletas	Plástico
23/07/2016	0.223	0.031	0.151	0.068	0.328	0.044
25/07/2016	0.351	0.985	0.270	0.069	0.601	0.718
27/07/2016	0.313	0.891	0.088	0.101	0.220	0.371
02/08/2016	0.229	0.337	0.198	0.265	1.264	1.845
12/08/2016	0.138	0.043	0.104	0.009	0.152	0.103
Total	1.255	2.287	0.812	0.512	2.564	3.081

La diferencia registrada en el tercer y primer nivel altitudinal, utilizando las dos metodologías puede estar influenciada por el área de los pluviómetros. La superficie de cada canaleta es de  $0.178 \text{ m}^2$ . Cuando las gotas de agua van cayendo, existe la posibilidad de que impacten con ramas y hojas que las dispersan, reduciendo la probabilidad de llegar a la reducida superficie de la canaleta. Con los pluviómetros de malla plástica que tienen  $1 \text{ m}^2$  de superficie, las gotas de agua, aun con las intercepciones, tiene la posibilidad de llegar a la superficie de ésta, porque el área superficial es mayor al área de cada canaleta.

En 17 períodos húmedos, se observó que en dos parcelas se registró mayor colección de agua (acumulado en el período) proveniente de precipitación horizontal en pluviómetros de plástico que en las canaletas. Esto demuestra que las pérdidas por salpicaduras internas y externas es menor en el pluviómetro de malla plástica que en el método propuesto por Juvik y Ekern. En la primera parcela se colectó 12.60 mm y 0.74 mm en la segunda parcela. Sin embargo, en la tercera parcela se colectó 14.54 mm en canaletas, siendo esta mayor que el



colectado en el pluviómetro de malla plástica (Figura 4), esto pudo ser afectado por imperfectos que se presentó en ese período.

Para estimar el aporte de la precipitación horizontal en períodos húmedos (días con precipitación vertical) se efectuó una diferencia entre el agua colectada en los pluviómetros (canaletas y malla plástica) y los registros del pluviómetro fuera del dosel. Se consideró aporte de precipitación horizontal a los valores positivos (Anexo 10), resultantes de la diferencia entre el agua colectado debajo del dosel y fuera del dosel.

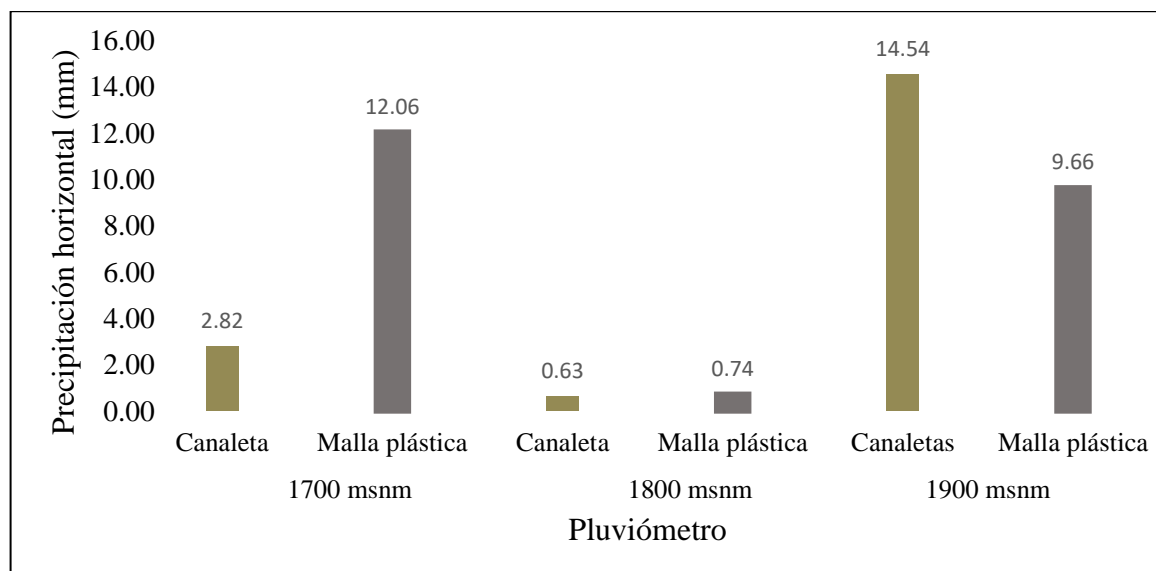


Figura 4. Precipitación horizontal (mm) en períodos húmedos (junio-agosto).

Sumando los valores acumulados de agua proveniente de precipitación horizontal en los tres niveles se observa que los pluviómetros de malla plástica colectaron más agua que el método propuesto. En los períodos sin precipitación vertical los pluviómetros de malla plástica colectaron 5.88 mm, mientras que con el método propuesto se colectó 4.60 mm. En los días húmedos, se colectó 22.46 mm con pluviómetros de malla plástica y 17.99 mm con el método propuesto. Esto demuestra una vez más que en los pluviómetros tipo canaleta la pérdida de agua por salpicaduras internas y externas es mayor.

## 4. CONCLUSIONES

- Durante la época seca (noviembre-mayo), en el período de días sin precipitación vertical se registró menos precipitación horizontal en comparación al registrado en períodos con precipitación vertical. Esta diferencia puede estar influenciada por densidad y persistencia de neblina después de un evento de precipitación vertical.
- Durante la época lluviosa (mayo-agosto), en el primer y tercer nivel altitudinal el aporte por precipitación horizontal fue mayor en períodos con precipitación vertical. Esto puede estar influenciado por las densas neblinas que se observó en los períodos con precipitación vertical en estos dos niveles. Sin embargo, en el segundo nivel altitudinal el agua colectada en períodos sin precipitación vertical fue mayor. Esto puede estar relacionado por la menor ocurrencia de neblina en este nivel durante la ocurrencia de precipitación vertical.
- En períodos con precipitación vertical, se pudo llegar a captar más precipitación horizontal, debido a que ocurrieron cuando hubo densas neblinas. En otras ocasiones, después de la precipitación vertical se observó eventos de densas neblinas que pudieron contribuir en la captación de precipitación horizontal.
- Durante la época seca, el aporte de precipitación horizontal total fue de 253.54 mm y en la época de lluvia fue de 38.90 mm para un total de 292.44 mm. Considerando que la zona núcleo tiene una superficie total de 237.1 hectáreas, se estima que la precipitación horizontal durante la época seca y lluviosa aporta aproximadamente  $693,375.24 \text{ m}^3$ . Para este cálculo se asume uniformidad en la composición del bosque y la nubosidad.
- En el primer y tercer nivel altitudinal las metodologías utilizadas poseen una correlación significativa; sin embargo, en el segundo nivel altitudinal la correlación no es significativa. Razón por la cual no hay suficiente evidencia para afirmar cual método es recomendable utilizar para la cuantificación de la precipitación horizontal.

- El método propuesto por Juvik y Ekern considera la precipitación debajo del dosel y el escurrimiento por tronco, pero está sujeta a errores sistemáticos, ya que, al poseer un área de captación reducida, las pérdidas por salpicadura interna y externa pueden ser altas. En los pluviómetros de malla plástica las pérdidas por salpicadura son menores debido a que el área de captación es mayor.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Continuar la investigación con el método de mallas plásticas utilizando un material más resistente. Se recomienda una combinación con la metodología de Juvik y Ekern, principalmente la medición de escurrimiento por tronco.
- Cuantificar el aporte de la precipitación horizontal en la Reserva Biológica Uyuca, con toma de datos diarios, considerando y acondicionando pluviómetros convencionales en cada nivel altitudinal. Esto permitirá contar con datos precisos de lo que ocurre en cada nivel y así hacer inferencia para otras áreas protegidas del país con características similares en la vegetación.
- Realizar estudios para medir la cantidad de agua que se infiltra, producto de la precipitación horizontal. Esto permitirá cuantificar el aporte en la recarga hídrica derivada de la precipitación horizontal.
- Instalar pluviómetros control en los tres niveles altitudinales que permitan registrar los eventos de precipitación en cada nivel altitudinal. De esta forma poder medir la influencia de la vegetación en la precipitación horizontal.

## 6. LITERATURA CITADA

- Aboal, J., Regalado, M., Ritter, A., Gómez, L. y Fernández, A. (2013). Intercepción de lluvia y niebla en bosques de la laurisilva y pinar de las Islas Canarias. In F.
- Belmonte, y A. Romero, *Estudios de interceptación de la lluvia en España* (pp. 47-78). España: Instituto Euromediterráneo del Agua.
- Barradas, V. (1983). Capacidad de captación de agua a partir de la niebla en *Pinus montezumae* Lambert, de la región de las Grandes Montañas del Estado de Veracruz. *Biótica*, 8(4), 427-431.
- Estrela, M. J., Valiente, J. A., Corell, D., Fuentes, D. y Valdecantos, A. (2009). Prospective use of collected fog water in the restoration of degraded burned areas. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(11), 1896-1906.
- Molina, J. M., y Escobar, C. M. (2005). La neblina como fuente de agua: Evaluación de su colección en el sur de los Andes. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 12, 33-41.
- Mora, J. M., López, L. I., Acosta, M. y Maradiaga, P. (2013). *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.
- Olivier, J. (2002). Fog-water harvesting along the West Coast of South Africa: A feasibility study. *Water SA*, 28(4), 349-360.
- Pérard, S. (2011). *Cuantificación de la precipitación horizontal en el bosque latifoliado maduro del Cerro Uyuca (Tesis de Pregrado)*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.
- Ramírez, A. (2011). *Contribución hidrológica de la precipitación horizontal en un bosque nublado de la zona del Trifinio (Tesis de Maestría)*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Regalado, C., Guerra, J., Ritter, A. y Arencibia, M. (2013). Estudio de la contribución del agua de niebla a la zns mediante isótopos estables. *Estudios en la Zona no Saturada del Suelo*, 11, 119-125.

- Ritter, A., Regalado, C. M., y Aschan, G. (2008). Fog Water Collection in a Subtropical Elfin Laurel Forest of the Garajonay National Park (Canary Islands): A Combined Approach Using Artificial Fog Catchers and a Physically Based Impaction Model. *Journal of Hydrometeorology*, 9(5), 920-935.
- Ritter, A., Regalado, C., Aschan, G., y Gómez, L. (2005). Contribución hídrica de la captación de niebla al balance de un bosque de laurisilva en el parque nacional de garajonay. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo*, 7, 351-358.
- Santamarta, J. C., y Seijas, J. (2010). Fundamentos y tecnologías para la captación y uso del agua procedente de la lluvia horizontal en los montes canarios. *Revista Montes*, 100, 1-15.
- Stadtmüller, T. (1987). *Los bosque nublados en el Trópico Húmedo: una revisión bibliográfica*. Turrialba, Costa Rica: Biblioteca Orton (IICA/CATIE).
- Tobón, C., y Gil, E. G. (2007). Capacidad de intercepción de la niebla por la vegetación de los páramos andinos. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 15, 35-46.
- Vaca, M. M. (2015). *Propuesta metodológica para medir la precipitación horizontal en el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras (Tesis de Pregrado)*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Walker, R., y Ataroff, M. (2005). *Intercepción y drenaje en las epifitas de dosel de una selva nublada andina venezolana*. Mérida, Venezuela: Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas. Universidad de Los Andes.
- Walmsley, J., Schemenauer, R. y Bridgman, H. (1996). A method for estimating the hydrologic input from fog in mountainous terrain. *Journal of Applied Meteorology*, 35(12), 2237-2249.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Pluviómetro digital maraca Davis Vantage Pro2.



Anexo 2. Precipitación horizontal (mm) en períodos secos (noviembre - mayo).

<b>Fecha</b>	<b>1700 msnm</b>	<b>1800 msnm</b>	<b>1900 msnm</b>
27/11/2015	3.0934	1.1343	12.0181
04/12/2015	0.0099	0.0263	0.0329
11/12/2015	0.2855	0.0214	1.2810
21/12/2015	0.0739	0.0903	0.3776
04/01/2016	0.1477	0.2133	0.8203
06/01/2016	0.1280	0.1805	0.7718
08/01/2016	0.2461	0.0984	0.5254
10/01/2016	0.0443	0.0328	0.2627
14/01/2016	0.0000	0.0000	0.0000
16/01/2016	0.1379	0.0820	0.2954
18/01/2016	0.0000	0.0000	0.0000
20/01/2016	0.0689	0.0000	0.1641
22/01/2016	0.0148	0.0164	0.1806
24/01/2016	0.0059	0.0000	0.0115
26/01/2016	0.0030	0.0016	0.0082
28/01/2016	0.0039	0.0000	0.0115
29/01/2016	0.0020	0.0000	0.0066
31/01/2016	0.0000	0.0000	0.0000
03/02/2016	0.0059	0.0066	0.0231
09/02/2016	3.1399	0.1492	1.9208
11/02/2016	0.0384	0.0624	0.0493
19/02/2016	0.1280	0.0411	0.5989
23/02/2016	0.0748	0.0066	0.5743
27/02/2016	0.4331	0.0722	5.3256
29/02/2016	0.0167	0.0066	0.2954
10/03/2016	0.2857	0.0658	0.1266
14/03/2016	0.8959	0.1116	0.0328
16/03/2016	0.0523	0.0361	0.0246
26/03/2016	0.0662	0.0510	0.0723
28/03/2016	0.0177	0.0164	0.0165
30/03/2016	0.0050	0.0033	0.0099
03/04/2016	0.0177	0.0443	0.0132
05/04/2016	0.0049	0.0049	0.0082
07/04/2016	0.0049	0.0066	0.0115
09/04/2016	0.0020	0.0049	0.0066
11/04/2016	0.0030	0.0033	0.0033
13/04/2016	0.0000	0.0016	0.0016
15/04/2016	0.0020	0.0000	0.0049
17/04/2016	0.0010	0.0000	0.0066
19/04/2016	0.0000	0.0000	0.0000
21/04/2016	0.0000	0.0000	0.0033



<b>Fecha</b>	<b>1700 msnm</b>	<b>1800 msnm</b>	<b>1900 msnm</b>
23/04/2016	0.0010	0.0000	0.0017
<b>Total</b>	<b>9.4611</b>	<b>2.5917</b>	<b>25.8985</b>

Anexo 3. Precipitación horizontal (mm) en períodos húmedos (noviembre-mayo).

<b>Fecha</b>	<b>1700 msnm</b>	<b>1800 msnm</b>	<b>1900 msnm</b>
01/11/2015	0.034	0.041	0.025
04/11/2015	10.021	2.729	3.773
06/11/2015	7.942	2.216	1.062
08/11/2015	0.817	0.222	0.509
11/11/2015	-0.925	-2.238	4.986
13/11/2015	4.003	1.329	3.448
15/11/2015	-1.286	-3.816	-1.862
18/11/2015	5.265	1.858	2.246
20/11/2015	0.809	-6.365	3.314
22/11/2015	-8.329	-12.678	-11.259
29/11/2015	0.076	0.117	0.180
02/12/2015	-0.275	-0.267	-0.188
06/12/2015	0.856	0.583	0.214
09/12/2015	-0.218	-0.221	4.779
13/12/2015	1.536	0.722	3.826
15/12/2015	-0.154	-0.146	-0.069
17/12/2015	-2.233	-2.239	-2.105
19/12/2015	-1.872	-1.957	-1.811
23/12/2015	6.706	4.315	9.859
25/12/2015	0.289	-0.321	0.225
27/12/2015	0.021	-0.987	1.595
29/12/2015	0.207	0.131	1.068
31/12/2015	-0.962	0.199	6.033
02/01/2016	0.374	0.263	1.264
12/01/2016	-2.168	-2.192	-2.146
05/02/2016	-6.200	-6.198	-6.190
07/02/2016	0.020	0.020	0.023
13/02/2016	-1.272	-1.162	3.342
15/02/2016	1.231	0.296	6.942
21/02/2016	-1.079	-1.064	-0.870
25/02/2016	-2.075	-2.095	-2.052
04/03/2016	0.023	0.005	0.213
06/03/2016	-6.082	-6.052	-5.937
08/03/2016	6.893	5.395	6.071
12/03/2016	-1.007	-2.077	-2.047

<b>Fecha</b>	<b>1700 msnm</b>	<b>1800 msnm</b>	<b>1900 msnm</b>
18/03/2016	-1.172	-1.184	-1.159
20/03/2016	-9.995	-9.993	-9.975
22/03/2016	7.673	4.361	4.260
24/03/2016	10.557	4.095	17.435
27/04/2016	14.547	7.493	10.777
29/04/2016	1.832	-0.008	-0.518

Anexo 4. Precipitación horizontal (mm) total bajo dosel en mm en períodos secos (mayo-agosto).

Fecha	1700 msnm						1800 msnm						1900 msnm					
	Parcela A1			Parcela B1			Parcela A2			Parcela B2			Parcela A3			Parcela B3		
	Dosel	Tronco	Total	Dosel	Tronco	Total	Dosel	Tronco	Total	Dosel	Tronco	Total	Dosel	Tronco	Total	Dosel	Tronco	Total
07/05/2016	0.021	0.00002	0.021	0.050	0.00008	0.050	0.098	0.00007	0.098	0.056	0.00021	0.056	0.031	0.00004	0.032	0.033	0.00002	0.033
09/05/2016	0.022	0.00001	0.022	0.016	0.00002	0.016	0.031	0.00002	0.032	0.030	0.00014	0.030	0.015	0.00000	0.015	0.011	0.00001	0.011
11/05/2016	0.004	0.00000	0.004	0.003	0.00000	0.003	0.005	0.00000	0.005	0.002	0.00000	0.002	0.004	0.00000	0.004	0.032	0.00001	0.032
13/05/2016	0.005	0.00000	0.005	0.002	0.00000	0.002	0.004	0.00000	0.004	0.006	0.00007	0.006	0.004	0.00000	0.004	0.009	0.00001	0.009
15/05/2016	0.112	0.00002	0.112	0.024	0.00000	0.024	0.002	0.00000	0.002	0.001	0.00000	0.001	0.005	0.00000	0.005	0.007	0.00002	0.007
22/05/2016	1.969	0.00034	1.969	2.727	0.00270	2.730	1.025	0.00024	1.025	0.705	0.00231	0.707	0.098	0.00005	0.098	0.636	0.00039	0.637
24/05/2016	0.017	0.00002	0.017	0.016	0.00006	0.016	0.013	0.00006	0.013	0.016	0.00004	0.016	0.004	0.00003	0.004	0.006	0.00002	0.006
23/07/2016	0.217	0.00059	0.217	0.227	0.00104	0.228	0.187	0.00020	0.187	0.114	0.00207	0.116	0.413	0.00045	0.414	0.239	0.00350	0.242
25/07/2016	0.541	0.00012	0.541	0.148	0.01350	0.161	0.404	0.00005	0.404	0.136	0.00028	0.137	0.325	0.00055	0.325	0.875	0.00145	0.876
27/07/2016	0.241	0.00008	0.241	0.307	0.00660	0.313	0.039	0.00015	0.040	0.136	0.00007	0.136	0.177	0.00015	0.177	0.261	0.00085	0.262
02/08/2016	0.295	0.00047	0.296	0.159	0.00405	0.163	0.246	0.00022	0.246	0.148	0.00158	0.149	0.974	0.00040	0.975	1.545	0.00750	1.553
12/08/2016	0.128	0.00018	0.128	0.148	0.00023	0.148	0.118	0.00005	0.118	0.090	0.00095	0.091	0.098	0.00004	0.098	0.205	0.00020	0.205
<b>Total</b>	<b>3.571</b>	<b>0.00185</b>	<b>3.573</b>	<b>3.827</b>	<b>0.02826</b>	<b>3.856</b>	<b>2.172</b>	<b>0.00106</b>	<b>2.173</b>	<b>1.439</b>	<b>0.00770</b>	<b>1.446</b>	<b>2.150</b>	<b>0.00171</b>	<b>2.151</b>	<b>3.859</b>	<b>0.01398</b>	<b>3.873</b>

Anexo 5. Precipitación horizontal (mm) bajo dosel en períodos secos con malla plástica (mayo-agosto).

Fecha	1700 msnm		1800 msnm		1900 msnm	
	Parcela A1	Parcela B1	Parcela A2	Parcela B2	Parcela A3	Parcela B3
07/05/2016	0.0207	0.0501	0.0985	0.0559	0.0315	0.0330
09/05/2016	0.0217	0.0159	0.0315	0.0297	0.0148	0.0114
11/05/2016	0.0039	0.0034	0.0049	0.0023	0.0039	0.0318
13/05/2016	0.0049	0.0023	0.0039	0.0058	0.0039	0.0091
15/05/2016	0.1122	0.0239	0.0020	0.0011	0.0049	0.0068
22/05/2016	1.9688	2.7300	1.0248	0.7069	0.0985	0.6368
24/05/2016	0.0168	0.0160	0.0129	0.0159	0.0040	0.0057
23/07/2016	0.2171	0.2283	0.1872	0.1157	0.4138	0.2421
25/07/2016	0.5415	0.1612	0.4036	0.1366	0.3254	0.8765
27/07/2016	0.2412	0.3134	0.0395	0.1364	0.1773	0.2622
02/08/2016	0.2957	0.1631	0.2463	0.1493	0.9748	1.5530
12/08/2016	0.1281	0.1480	0.1182	0.0907	0.0985	0.2047
Total	3.5727	3.8555	2.1733	1.4463	2.1513	3.8731
Promedio	3.7141		1.8098		3.0122	

Anexo 6. Precipitación horizontal (mm) bajo dosel en períodos húmedos (mayo-agosto).

Fecha	1700 msnm		1800 msnm		1900 msnm	
	Parcela A1	Parcela B1	Parcelas A2	Parcela B2	Parcela A3	Parcela B3
01/05/2016	-0.3615	-0.3783	-0.3744	-0.3885	-0.3862	-0.3886
03/05/2016	-0.1724	-0.1909	-0.1862	-0.1976	-0.1724	-0.1954
05/05/2016	0.3957	0.3107	-0.0227	0.0162	-0.1793	-0.1534
17/05/2016	-2.5698	-2.7806	-4.3861	-5.8640	-8.8118	-5.2374
19/05/2016	0.3787	-0.5764	-1.9982	-2.2752	-2.5330	-2.4521
26/05/2016	-8.4432	-8.8956	-10.5098	-10.1028	-11.9177	-12.0018
28/05/2016	-14.4254	-15.0017	-17.9211	-14.7036	-18.9827	-18.2693
30/05/2016	1.5383	-13.7036	-6.2120	-1.6503	-9.7639	-11.1386
01/06/2016	-20.0775	-18.3811	-11.7471	-8.5201	-9.8067	-17.3138
03/06/2016	-12.9037	-20.8371	-23.3445	-19.9919	-26.4366	-18.2048
05/06/2016	-2.1331	-1.7141	-1.3646	-1.2640	-2.6552	-0.0164
07/06/2016	-5.1955	-4.8470	-5.0076	-5.0506	-5.9236	-2.7337
09/06/2016	-2.4361	-2.5290	-3.1644	-3.2521	-6.8682	-4.9077
11/06/2016	-13.3451	-6.8442	-11.4632	-11.0985	-21.4248	-12.5699
15/06/2016	-6.9872	-6.9656	-6.9685	-6.9714	-6.9616	-6.9613
17/06/2016	-22.2542	-20.5161	-35.7784	-32.8331	-42.1834	-29.2901
19/06/2016	2.4082	0.8227	0.7757	0.5508	0.7244	1.4618
21/06/2016	-2.8521	-2.8688	-2.9113	-2.8744	-2.9409	-2.8863

Fecha	1700 msnm		1800 msnm		1900 msnm	
	Parcela A1	Parcela B1	Parcela A2	Parcela B2	Parcela A3	Parcela B3
23/06/2016	-0.0051	0.6624	-1.3340	-1.1671	-1.4227	-0.9512
25/06/2016	-3.7041	-3.4860	-3.8812	-3.4159	-4.1279	-2.2999
27/06/2016	0.1089	1.8035	-1.9297	-2.9867	9.2112	3.4453
29/06/2016	0.7268	0.5610	-0.3264	-0.6843	7.8040	1.1948
01/07/2016	-0.7408	-2.4291	-3.1421	-4.9178	5.3835	2.6109
03/07/2016	3.0980	-1.0202	1.2576	-0.3479	7.6526	2.5045
07/07/2016	-4.7168	-6.4111	-5.7623	-8.6150	-1.8223	0.3006
09/07/2016	-0.7944	0.5175	-6.0035	-9.8062	-8.7049	-3.9477
11/07/2016	-3.8034	-3.8614	-4.2227	-4.1838	-4.3793	-3.3751
13/07/2016	-11.5137	-16.5106	-18.2360	-11.3825	-3.4508	-14.3895
15/07/2016	-0.8967	-1.6571	-0.6506	-1.1782	-1.1136	1.7652
17/07/2016	-0.9231	-0.9106	-0.9813	-0.9101	-0.1831	-0.6059
21/07/2016	-26.2315	-33.3587	-37.1014	-9.6170	-17.3323	-8.1292
29/07/2016	-25.1478	-25.1089	-25.1557	-25.1920	-25.1162	-24.9328
31/07/2016	-4.1892	-14.9115	-14.0070	-9.9932	-12.4800	-11.3369
04/08/2016	-13.7395	-17.4978	-15.1738	-17.8178	-19.5279	-15.5227
06/08/2016	-2.0519	-3.5438	-2.7299	-4.4734	-4.4938	-2.9066
08/08/2016	-2.0208	-2.4660	-2.1980	-2.9519	-2.9171	-2.0215
10/08/2016	-2.6965	-3.2924	-4.1630	-4.3506	-4.8424	-4.5213
14/08/2016	0.7348	-6.3475	-5.1890	-6.6968	-12.2656	-4.1106

Anexo 7. Correlación de precipitación horizontal en 1700 msnm.

		Plástico	Canaletas
Plástico	Correlación de Pearson	1	0.880*
	Sig. (bilateral)		0.049
	N	5	5
Canaletas	Correlación de Pearson	0.880*	1
	Sig. (bilateral)	0.049	
	N	5	5

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Anexo 8. Correlación de precipitación horizontal en 1900 msnm.

		Canaletas	Plástico
Canaletas	Correlación de Pearson	1	0.969**
	Sig. (bilateral)		0.007
	N	5	5
Plástico	Correlación de Pearson	0.969**	1
	Sig. (bilateral)	0.007	
	N	5	5

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Anexo 9. Correlación de precipitación horizontal en 1800 msnm.

		<b>Canaletas</b>	<b>Plástico</b>
Canaletas	Correlación de Pearson	1	0.280
	Sig. (bilateral)		0.648
	N	5	5
Plástico	Correlación de Pearson	0.280	1
	Sig. (bilateral)	0.648	
	N	5	5

Anexo 10. Precipitación horizontal (mm) en períodos húmedos (junio-agosto).

Fecha	1700 msnm				1800 msnm				1900 msnm			
	Parcela A1		Parcela B1		Parcela A2		Parcela B2		Parcela A3		Parcela B3	
	Canaletas	Plástico	Canaletas	Plásticos	Canaletas	Plástico	Canaletas	Plásticos	Canaletas	Plástico	Canaletas	Plásticos
29/06/2016	0.727	2.585	0.561	2.408	-0.326	0.422	-0.684	-0.150	7.804	-0.677	1.195	8.215
01/07/2016	-0.741	2.371	-2.429	4.123	-3.142	-6.525	-4.918	-6.231	5.383	-5.582	2.611	2.955
03/07/2016	3.098	6.128	-1.020	6.500	1.258	1.058	-0.348	-0.538	7.509	-1.491	2.505	7.509
07/07/2016	-4.717	-5.445	-6.411	-0.578	-5.762	-6.259	-8.615	-12.256	-1.822	-12.400	0.301	-12.400
09/07/2016	-0.794	-10.218	0.518	-13.730	-6.004	-16.198	-9.806	-20.725	-8.705	-22.600	-3.948	-22.600
11/07/2016	-3.803	-4.211	-3.861	-4.148	-4.223	-4.371	-4.184	-4.360	-4.379	-4.356	-3.375	-4.236
13/07/2016	-11.514	-11.879	-16.511	-13.952	-18.236	-21.759	-11.382	-17.467	-3.451	-23.285	-14.390	-11.753
15/07/2016	-0.897	-0.228	-1.657	-1.776	-0.651	-0.947	-1.178	-1.938	-1.114	-1.688	1.765	0.416
17/07/2016	-0.923	-0.983	-0.911	-0.947	-0.981	-0.712	-0.910	-0.905	-0.183	-0.596	-0.606	-0.695
21/07/2016	-26.231	-45.043	-33.359	-56.852	-37.101	-55.280	-9.617	-52.688	-17.332	-57.330	-8.129	-43.999
29/07/2016	-25.148	-25.193	-25.109	-25.134	-25.156	-25.195	-25.192	-25.191	-25.116	-25.162	-24.933	-24.350
31/07/2016	-4.189	-9.166	-14.911	-9.551	-14.007	-19.546	-9.993	-19.135	-12.480	-21.685	-11.337	-9.828
04/08/2016	-13.739	-12.125	-17.498	-15.471	-15.174	-19.105	-17.818	-15.960	-19.528	-21.229	-15.523	-2.161
06/08/2016	-2.052	-1.746	-3.544	-2.825	-2.730	-2.816	-4.473	-1.348	-4.494	-5.296	-2.907	-0.442
08/08/2016	-2.021	-0.205	-2.466	-2.096	-2.198	-2.397	-2.952	-1.719	-2.917	-3.330	-2.021	0.231
10/08/2016	-2.697	-1.834	-3.292	-2.838	-4.163	-4.591	-4.351	-3.741	-4.842	-4.116	-4.521	-4.003
14/08/2016	0.735	-5.504	-6.347	-7.903	-5.189	-15.705	-6.697	-8.089	-12.266	-15.459	-4.111	-6.762