

**Cuantificación de la precipitación horizontal  
en el bosque latifoliado maduro del Cerro  
Uyuca**

**Samantha Pérard**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2011

ZAMORANO  
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONOMICO Y AMBIENTE

# **Cuantificación de la precipitación horizontal en el bosque latifoliado maduro del Cerro Uyuca**

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

Presentado por

**Samantha Pérard**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2011

# **Cuantificación de la precipitación horizontal en el bosque latifoliado maduro del Cerro Uyuca**

Presentado por:

Samantha Pérard

Aprobado:

---

Nelson Agudelo, M.Sc.  
Asesor principal

---

Arie Sanders, M.Sc.  
Director  
Carrera de Desarrollo  
Socioeconómico y Ambiente

---

José M. Mora, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

## RESUMEN

Pérard. S. 2011. Cuantificación de la precipitación horizontal en el bosque latifoliado maduro el Cerro Uyuca. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 31 p.

En el Cerro Uyuca la zona impactada por nubes y neblinas cubre 234 ha. De esta superficie solamente 52 ha están cubiertas con bosque latifoliado maduro multiestratificado. La porción restante de esta área tiene una cobertura de bosque secundario conformado por rodales puros y mixtos de *Pinus maximinoi* y bosques latifoliados. Ante la importancia de los bosques nublados como productores de agua se llevó a cabo, entre 1987 y 1992, un estudio enfocado a cuantificar la precipitación horizontal u oculta a nivel de la masa latifoliada madura. Para ello se distribuyó dentro del bosque, utilizando gradientes altitudinales, una red de 12 pluviómetros tipo embudo, de 52 cm de diámetro. Como testigos se localizaron a campo abierto tres pluviómetros estándar sobre una superficie de 2.7 ha colindante con el bosque maduro. La toma de datos se hizo diariamente a lo largo de cinco años. Con la información de estos elementos climáticos se calculó la precipitación media mensual, la precipitación total anual y la precipitación promedio total anual. La precipitación promedio total anual dentro del bosque con base en un promedio aritmético fue del orden de 2,021.5 mm, mientras que con el método de los polígonos de Thiessen fue de 2,360.3 mm. A campo abierto se registró un promedio de los totales anuales de 951 mm. Sobre esta base, la precipitación horizontal fue de 1,409.2 mm. Por tanto, el aporte de este bosque a la precipitación normal se estimó en 148%. A partir de los 1,600 m de altitud, del Cerro Uyuca se inicia la zona de vida del bosque muy húmedo montano bajo subtropical.

**Palabras claves:** Bosque secundario, bosque maduro, bosque muy húmedo montano bajo subtropical, precipitación normal, precipitación horizontal u oculta.

## 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>5</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>4 CONCLUSIONES .....</b>	<b>20</b>
<b>5 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>21</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>22</b>
<b>7 ANEXOS .....</b>	<b>24</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Características del grado de nubosidad y visibilidad del sitio. ....	6
2. La descripción de la velocidad del viento en la escala de Beaufort .....	7
3. Precipitación promedio mensual, total anual, promedio total anual y promedio en mm de cada mes para los 12 pluviómetros, para el periodo de registro 1987-92, el bosque nublado del Cerro Uyuca. ....	13
4. Velocidad y dirección del viento, nubosidad y visibilidad promedio por mes para el período de registro 1987-92, en el bosque maduro del Cerro Uyuca, Honduras. .	14
5. Precipitación total anual ponderada por años de registro y precipitación promedio total anual en mm con base en el método de los polígonos de Thiessen para el bosque maduro del Cerro Uyuca.....	15
6. Precipitación anual y precipitación anual ponderada en mm, calculada con el método de los polígonos de Thiessen, para el bosque maduro del Cerro Uyuca. ....	15
7. Precipitación promedio mensual, precipitación total anual y precipitación promedio mensual para los tres pluviómetros, en mm, instalados a campo abierto .	17
8. Temperatura media mensual y anual en °C, biotemperatura media mensual anual en °C, para 28 años de registro (1973-2001), precipitación media mensual y promedio total anual en mm, para 60 años de registro (1944-2004).....	17
Figuras	Página
1. Ubicación del Cerro Uyuca. ....	5
2. Ubicación de los polígonos de Thiessen con la precipitación anual ponderada específico de cada pluviómetro en el bosque latifoliado maduro. Cerro Uyuca, Honduras. ....	9
3. Distribución espacial de 12 pluviómetros dentro del bosque latifoliado maduro en el Cerro Uyuca.....	8
4. Precipitación promedio mensual en mm, para cinco años de registro, para los 12 pluviómetros instalados dentro del bosque latifoliado del Cerro Uyuca, Honduras. .	13
5. Límite de la zona impactada por nubes o neblinas en el bosque maduro del Cerro Uyuca.....	19

1. Ubicación geográfica de los pluviómetros en el Cerro Uyuca.....	24
--	----

## 1. INTRODUCCIÓN

Los bosques naturales cubren a escala mundial una superficie de aproximadamente 3,454 millones de ha. El cincuenta y uno por ciento de esta área, es decir, 1.756 millones de ha corresponden a bosques tropicales y subtropicales (Wadsworth 2000). A la fecha, se desconoce la superficie real que cubren los bosques latifoliados maduros en las regiones tropical y subtropical de mundo. Pero se sabe que estos bosques abastecen una alta proporción de las maderas nobles o de alto valor comercial en los mercados internacionales. Con ligeras excepciones los bosques latifoliados maduros de las dos regiones de más baja latitud del mundo, son extremadamente complejos en términos florísticos. Además de su complejidad, las especies que componen estos bosques están agrupadas en gremios ecológicos con base en las exigencias de luz y estrategias de regeneración. En este sentido, el manejo sostenible de los bosques latifoliados maduros implica no sólo conocer la estructura y composición florística de las masas a tratar sino también y quizás más importante, los gremios ecológicos de por lo menos las especies de alto valor económico que serán sometidas a extracción. Fundamentado en esta consideración tiene que aceptarse que la mayor parte de los bosques latifoliados en estado maduro están siendo explotados en forma insostenible. Tal situación ha provocado y continuará propiciando la degradación genética de las masas residuales y quizás la extinción de especies a escala local.

A diferencia de los bosques latifoliados maduros de tierras bajas, cuya problemática se esbozó en el apartado anterior, existe en el mundo un amplio espectro de bosques situados en los sistemas montañosos. Estos ecosistemas montañosos se distribuyen desde el Ecuador hasta los polos y ocupan aproximadamente la quinta parte de los continentes e islas. A escala global el mayor valor de las montañas consiste en ser fuentes de todos los grandes ríos del mundo (Price 1998). Se estima que por lo menos la mitad de la población humana recibe de las cuencas montañosas su suministro de agua dulce (Pratt y Preston, 1998). Ante la importancia de las montañas como depósitos de agua dulce su gestión cuidadosa, en especial la de los recursos hídricos, debería ser una prioridad absoluta para un mundo que se enfrenta a una crisis de agua sin precedentes (Linigerr y Weingartner 1998).

En las porciones más altas y frías de los sistemas montañosos se encuentran localizados los ecosistemas de bosques de niebla o bosques nublados. Los bosques de niebla se definen como aquellos bosques cuya ecología y fisiología están vinculadas a su contacto directo con las nubes. Existen bosques nublados en más de 60 países y en algunas islas tropicales y subtropicales. Aunque a la fecha no ha sido posible determinar la verdadera superficie que cubren estos bosques, algunas estimaciones indican que su superficie es de 539,263 km<sup>2</sup> (Bubb *et al.*, 2002). Se considera que en Centro y Sur América los bosques



nublados abarcan alrededor de 75 millones de ha, de las cuales se encuentra protegidas alrededor de 22 millones de ha, equivalentes al 30.5 % de su superficie (Kappelle y Brown 2001). Aunque los bosques nublados cubren menor superficie que los bosques latifoliados maduros de tierras bajas y medias, su situación a futuro es extremadamente crítica. Se estima que la tasa actual de deforestación de estos ecosistemas es de aproximadamente 20 hectáreas por minutos (Castillo *et al.*, 2003).

En términos generales es posible diferenciar en la naturaleza tres grandes tipos de bosques nublados: los dominados por especies latifoliadas, los dominados por coníferas y los bosques mixtos de latifoliados y coníferas (Mora 2011). Los bosques de niebla tienden a dispersarse en fracciones en las cumbres montañosas y están expuestos a una mayor fragmentación a consecuencia de la deforestación y la construcción de carreteras. Su principal amenaza la constituye la deforestación para dedicar las tierras a la agricultura y la ganadería (Bubb *et al.*, 2002).

Los bosques nublados son particularmente frecuentes en los trópicos y subtropicos de América. Lo son también en el sureste de Asia, con excepción de las zonas influenciadas por climas monzónicos. Son más escasos en el continente africano y no existen bosques nublados en las porciones occidental y central del Himalaya (Stadtmüller 1987). Desde el punto de vista latitudinal los bosques nublados se encuentran en tres regiones: tropical, subtropical y templada. Altitudinalmente estos bosques se localizan en los pisos térmicos de la parte superior del premontano, montano bajo y montano.

Aunque los bosques de niebla son, a nivel de cuencas, de considerable importancia para la producción y regulación de agua, estos ecosistemas tienen otros valores superlativos. Desde el punto de vista edáfico estos bosques presentan una gruesa y continua capa de residuos orgánicos, situación que propicia altas tasas de infiltración. Debido a las bajas temperaturas predominantes se reducen la actividad biológica en los suelos y la meteorización química. Por lo general, los suelos son muy ácidos, con pH entre 3.0-3.5, a consecuencia de un lavado continuo de nutrientes. En términos microclimáticos los bosques nublados presentan una alta humedad relativa del aire asociada a precipitación horizontal y bajas temperaturas. Esta combinación de factores es determinante para que estos ecosistemas se mantengan permanentemente húmedos. Por lo que se caracterizan también por la presencia de alto grado de epifitismo, constituido principalmente por musgos, líquenes y algunas familias de plantas vasculares como Orchidaceae, Bromeliaceae y Araceae. Además del fuerte epifitismo estos bosques exhiben un notable endemismo a nivel de flora y fauna, propiciado por el efecto biogeográfico de isla (Stadtmüller 1987).

Los sistemas montañosos, con sus bosques nublados incluidos, son los responsables de abastecer el agua dulce para la mitad de la población del mundo. Las proyecciones indican que para el año 2025 la población humana será de 8,000 millones de personas. Ante la actual crisis que enfrenta el agua dulce se pregunta si habrá agua suficiente para abastecer las necesidades humanas, de la industria, la ganadería y la agricultura. En la actualidad más de mil millones de personas carecen de agua segura suficiente para cubrir sus niveles mínimos de salud e ingresos. Se proyecta también que para el año 2025 la extracción de

agua para uso doméstico, industrial y ganadero aumentará en al menos un 50% (Rosegrant *et al.*, 2002).

Por precipitación se entiende todas las aguas meteóricas que caen sobre la superficie terrestre tanto en forma líquida como sólida. La precipitación que se deposita en la tierra por acción de la gravedad ya sea en forma de lluvia, llovizna, chubasco, nieve y granizo se conoce corrientemente con el nombre de lluvia vertical o normal. Actualmente se reconoce en la naturaleza la existencia de otro tipo de precipitación denominada precipitación horizontal u oculta, lluvia del bosque o intercepción horizontal.

La precipitación horizontal es un proceso mediante el cual pequeñas gotas de vapor de agua en movimiento horizontal entran en contacto con el follaje de la cobertura forestal. A diferencia de la precipitación vertical que no está influenciada por la vegetación en términos de su monto y distribución, la precipitación horizontal está fuertemente relacionada con la presencia de bosques nublados en estado maduro. Por lo general, los bosques nublados están localizados en las porciones más altas de los sistemas montañosos en las regiones tropical y subtropical de América, África y Asia. En la región templada los bosques nublados pueden estar ubicados muy próximos a nivel del mar (Stadtmüller 1987).

En las cuencas hidrográficas de montaña, que dominan el paisaje a lo largo y ancho de los territorios de la América tropical y subtropical, las tierras cubiertas con bosques nublados aportan considerables volúmenes adicionales de agua. Tales aportes varían entre el 7 y 158 % sobre la precipitación vertical o normal (Stadtmüller 1987).

Ante la importancia hidrológica de los bosques nublados como cinturones de condensación del vapor de agua atmosférico, se han realizado investigaciones sobre la cuantificación de la precipitación horizontal que datan desde principio de 1900. Estas investigaciones han estado concentradas principalmente en las regiones templadas de Europa, Estados Unidos y Japón. En las regiones tropical y subtropical las investigaciones sobre precipitación horizontal tienen un historial que se extiende a unos 50 años debido a que la importancia hidrológica estos bosques es de reciente reconocimiento (Moreno 1981).

Todos los países que componen el Istmo Centroamericano tienen considerables superficies de bosques nublados. En algunos territorios tales bosques están legalmente protegidos aunque no necesariamente manejados, por medio de un sistema de áreas protegidas. A pesar de la importancia hidrológica de los bosques nublados son pocos los estudios que se han hecho para demostrar el aporte adicional de agua a nivel de cuencas hidrográficas. A la fecha, se conocen algunos esfuerzos orientados a la cuantificación de la precipitación horizontal u oculta en los sistemas montañosos de Las Minas en Guatemala, La Selva y Balalaika en Costa Rica, El Merendón y Uyuca en Honduras.

De las 234 ha que comprenden de la Reserva Biológica del Cerro Uyuca, sólo unas 50 ha están cubiertas con bosque nublado latifoliado maduro. El impacto hidrológico de este bosque para Zamorano en términos de producción de agua es realmente invaluable. Esta porción de la montaña, que es realmente productora de agua, aunada a la precipitación

vertical son las responsables de garantizar el rendimiento continuo y sostenido de este líquido para todos los usuarios de la institución y comunidades adyacentes. El conocimiento del aporte de la precipitación horizontal por parte de este bosque nublado se convierte en un importante instrumento de manejo de recursos a nivel institucional.

Ante la importancia hidrológica de los bosques nublados a nivel de cuencas hidrográficas de montaña y en virtud también de la urgente necesidad de cuantificar el aporte de la precipitación horizontal por parte de estos ecosistemas del presente estudio tuvo como objetivos:

- Delimitar en forma más precisa la superficie cubierta con bosque latifoliado en estado maduro
- Localizar la red de pluviómetros instalados tanto dentro como fuera del bosque, medir el monto de la precipitación horizontal dentro de la masa forestal
- Establecer comparaciones de las precipitaciones ocurridas a campo abierto y bajo del dosel del bosque
- Evaluar el límite actual de la zona impactada por nubes o neblinas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Reserva Biológica del Cerro Uyuca (RBCU), que se extiende entre los 1,700 y 2,000 msnm, (Figura 1). La (RBCU) abarca una superficie de 234 ha con aproximadamente 50 ha cubiertas con bosque nublado latifoliado maduro. El resto del área tiene una cobertura de bosque secundario en diferentes etapas de restauración. La (RBCU) de estudio está ubicada entre los 14° 00' 11" y 14° 01' 40" N y entre los 87° 01' 20" y los 87° 05' 00" W, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, Centro América (Mora 2011).

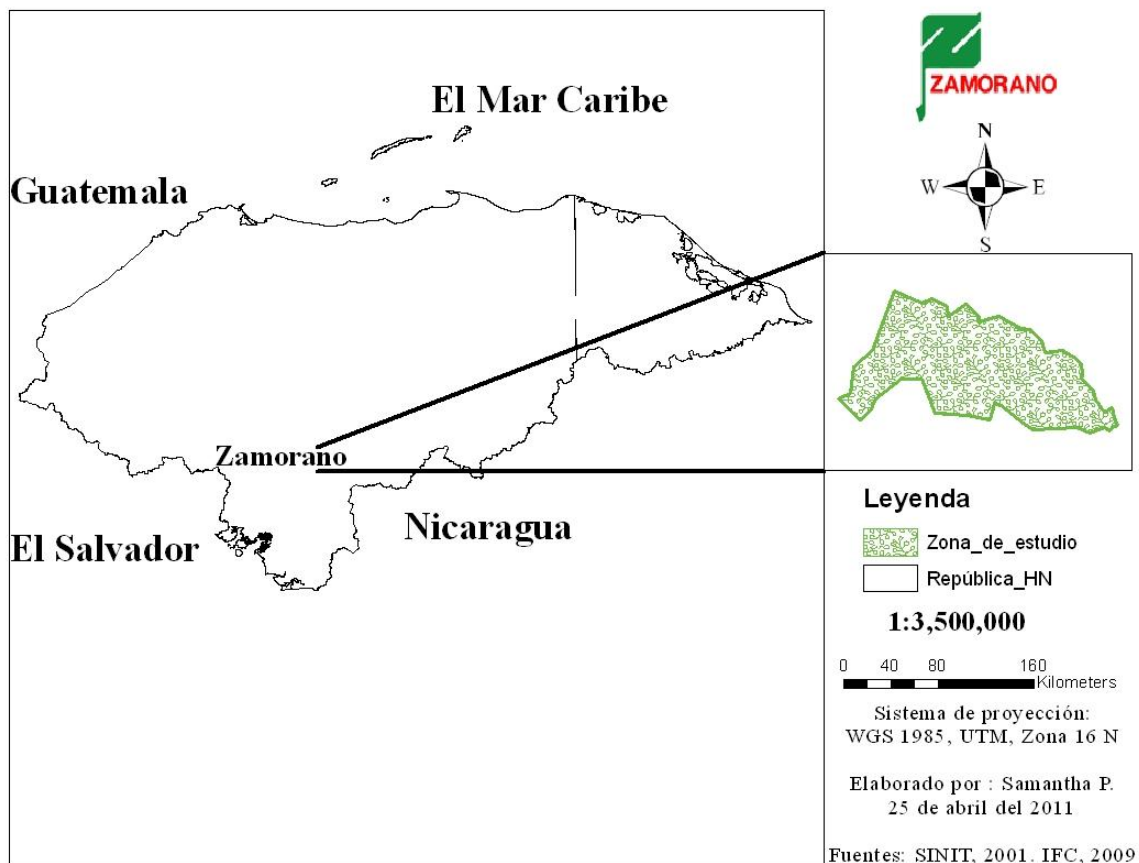


Figura 1. Ubicación del Cerro Uyuca en Honduras.

En términos climáticos el sitio de estudio tiene una temperatura media anual entre 14.8 y 16.6 °C, con base en un gradiente térmico de 6 °C de descenso en la temperatura por cada 1000 m de ascenso sobre el nivel del mar. La precipitación promedio total anual es de 2,000 mm o un poco más, con fundamento en la fisonomía de la vegetación natural madura. Ecológicamente el área corresponde a la zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo subtropical. El periodo de toma de datos tuvo una duración de cinco años (1987-1992) con registros diarios de precipitación, nubosidad y visibilidad, dirección y velocidad del viento. La precipitación a campo abierto se obtuvo de tres pluviómetros estándar instalados en un área aledaña al bosque maduro. La precipitación dentro del bosque se registró por medio de 12 pluviómetros construidos y distribuidos de manera subjetiva dentro de la masa madura por parte del Bioclimatólogo Alemán Thomas Stadtmüller y el profesor de Zamorano Nelson Agudelo. Los pluviómetros tuvieron forma de embudo y un tamaño de apertura de 52 cm de diámetro. Estos aparatos se unieron con mangueras a recipientes plásticos con capacidad de cinco galones.

A nivel de campo se levantó un mapa planimétrico del bosque latifoliado maduro, se georeferenciaron las redes de pluviómetros instaladas tanto dentro como fuera del bosque y se redefinieron los límites de la zona impactada por nubes o neblinas. Para evaluar el grado de epifitismo se utilizó la siguiente escala:

Cuadro 1. Características del grado de nubosidad y visibilidad del sitio.

<b>Grado</b>	<b>Término descriptivo</b>	<b>Características</b>
0	Claro	No existe en el sitio o bosque problema de visibilidad. Hay muy pocas nubes o neblinas en el ambiente.
1	Ligeramente nublado	Sitios con ocurrencia de nubes o neblinas, pero pueden observarse los objetos a más de 100 m de distancia.
2	Nublado	Sitios con ocurrencia de nubes o neblinas densas. Los objetos no se pueden observar a más de 100 m de distancia.
3	Muy nublado	Sitios en donde la densidad de nubes o neblinas es tal que no es posible diferenciar objetos a una distancia de unos 10 m.

Fuente: (Stadtmüller 1987)

- Epifitismo bajo: presencia baja de bromeliaceae, araceae, orquidaceae, musgos y helechos a nivel de troncos, ramas y copas de los árboles. Los sitios con este grado de epifitismo tienen por lo general humedad relativa baja y precipitaciones anuales de bajas a moderadas.

- Epifitismo medio: presencia moderada de representantes pertenecientes a los grupos anteriores. La humedad relativa y la precipitación se incrementan de manera considerable. En estos sitios la precipitación anual puede ser de 1,600 a 1,800 mm.
- Epifitismo alto: fuerte presencia de individuos de todos los grupos anteriores. En algunas localidades los troncos y copas de los árboles están casi completamente cubiertos con epífitas. En estos sitios la humedad relativa es alta, generalmente mayor al 80% y la precipitación anual es de 1,900 mm o más sin períodos largos de sequía.

Cuadro 2. Descripción de la velocidad del viento en la escala de Beaufort

Número Beaufort	Término descriptivo	Efectos sobre objetos terrestres	Velocidad m/s
0	Calma	Humo asciende verticalmente	0.0 - 0.2
1	Aire ligero	Se manifiesta por la desviación del muro, no por la veleta	0.3 - 1.5
2	Brisa ligera	El viento se siente en la cara; las hojas susurran; se mueve la veleta	1.6 - 3.3
3	Brisa suave	Se mueven hojas y ramillas pequeñas	3.4 - 5.4
4	Brisa moderada	Se levanta polvo; se mueven pequeña ramas	5.5 - 7.9
5	Brisa fuerte	Se mueve los pequeños árboles	8.0 - 10.7
6	Viento fuerte	Se mueve ramas grandes; paraguas se manejan con dificultad	10.8 - 13.8
7	Viento muy fuerte	Se mueven árboles grandes; dificultad caminar contra el viento	13.9 - 17.1
8	Viento borrascoso	Se quiebran ramas	17.2 - 20.7
9	Tormenta de viento	Se producen daños ligeros en casas (tejas etc.)	20.8 - 24.4
10	Tormenta fuerte	Se producen daños considerables; se desraízan árboles	24.5 - 28.5

Fuente: (Singleton 2008)

- Para determinar la visibilidad o nubosidad del sitio de estudio se empleó la escala propuesta por (Stadtmüller 1987), cuya distribución se cita en el (Cuadro 1).
- Para estimar la velocidad del viento se aplicó la escala de Beaufort que es una medida empírica de este variable y está basada principalmente en el estado de las

olas del mar y la fuerza del viento. También se puede usar por su efecto sobre objetos terrestres (Cuadro 2).

- Para evaluar la dirección del viento se empleó la brújula Suunto. Se tomaron como referencia los cuatro puntos cardinales: N, S, E y O y los cuatro cuadrantes entre ellos: NE, SE, y NO .SO. A base de este elemento, se determinaron la velocidad del viento.

Para la metodología de evaluación se estima la cantidad de la precipitación tanto vertical como horizontal y se aplicó el concepto de año hidrológico. En Honduras el año hidrológico se inicia el primero de mayo de un año determinado y finaliza el 30 de junio del siguiente año. Aunque se tuvo registros diarios de todos los elementos climáticos involucrados en el estudio para el período 1987-92, se decidió calcular los siguientes valores:

- Precipitación mensual, obtenida mediante la siguiente fórmula:

$$Pm = \sum Pd \quad [1]$$

Donde:  $Pm$  = Precipitación mensual  
 $Pd$  = Precipitación de los días de cada mes

- Precipitación total anual, calculada de la siguiente manera:

$$Pta = \sum Pah \quad [2]$$

Donde:  $Pta$  = Precipitación total anual  
 $Pah$  = Precipitación de cada año hidrológico

- Precipitación promedio mensual, determinada de la siguiente forma:

$$Ppm = \frac{\sum Pm}{n} \quad [3]$$

Donde:  $Ppm$  = Precipitación mensual de cada año  
 $Pm$  = Precipitación mensual  
 $n$  = Número de años de registro

- Precipitación promedio total anual, obtenida mediante la fórmula:

$$Ppta = \frac{\sum Pta}{n} \quad [4]$$

Donde:  $Ppta$  = Precipitación promedio total anual  
 $Pta$  = Precipitación total anual  
 $n$  = Número de años registro

- Por último, se compararon los datos de precipitación registrados con el grado de nubosidad o visibilidad. Además se determinaron las posibles variaciones que ocurrieron en este periodo de tiempo refiriéndose a los factores tales como la dirección y velocidad del viento.

Para estimar la precipitación dentro del bosque maduro se utilizó el método de los polígonos de Thiessen (Figura 2). Para cada pluviómetro se determinó su área de influencia y luego se obtuvo un factor de ponderación. Con esta información y con la precipitación promedio anual de cada pluviómetro se determinó para cada año de registro la precipitación que se depositó en cada superficie de influencia. La precipitación para cada año de registro se obtuvo sumando los valores parciales de este elemento para cada área de influencia. Finalmente, la precipitación promedio para el bosque maduro se calculó por medio de la sumatoria de los valores anuales entre el número de años de registro.

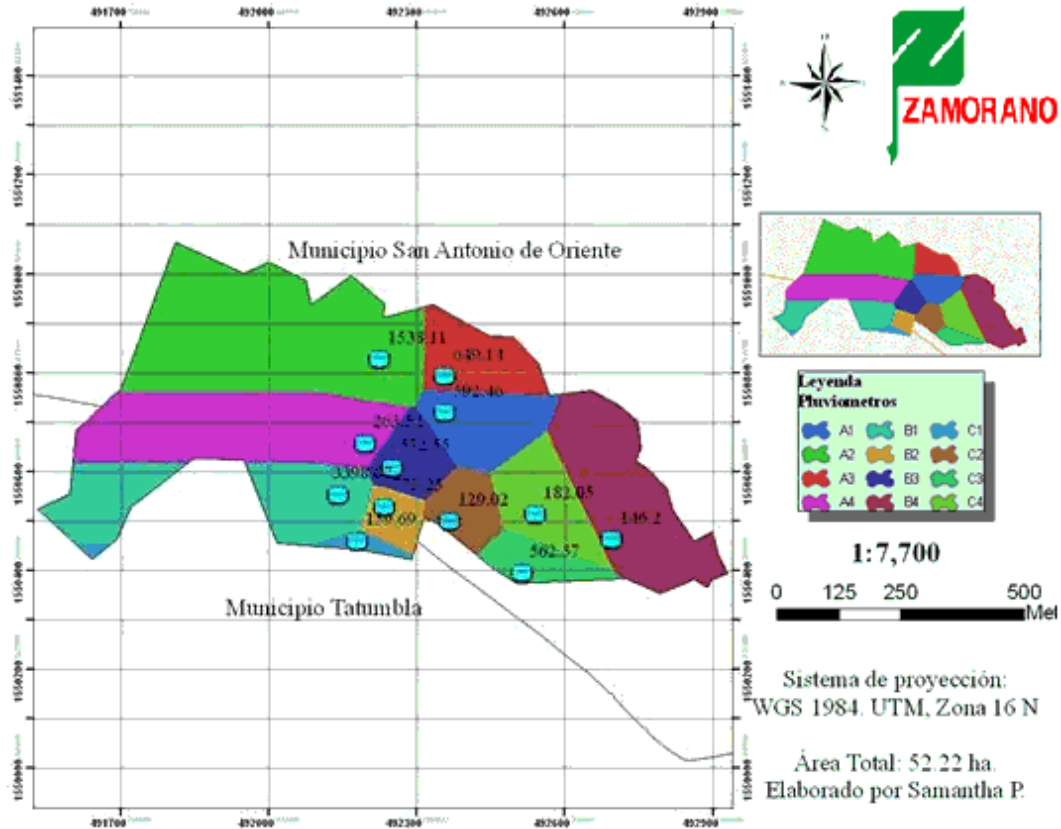


Figura 2. Ubicación de los polígonos de Thiessen con la precipitación anual pondera específica de cada pluviómetro en el bosque latifoliado maduro. Cerro Uyuca (CU), Honduras.



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El bosque latifoliado maduro del (CU) mide 52 ha. El área sin árboles (sitio abierto) mide 2.7 ha. En este sitio se distribuyeron 12 pluviómetros, se diseñaron y construyeron específicamente para este estudio (Figura 2). De igual manera, la poligonal cerrada enclavada dentro del bosque maduro permite observar la distribución de los pluviómetros estándar que se utilizaron como testigos.

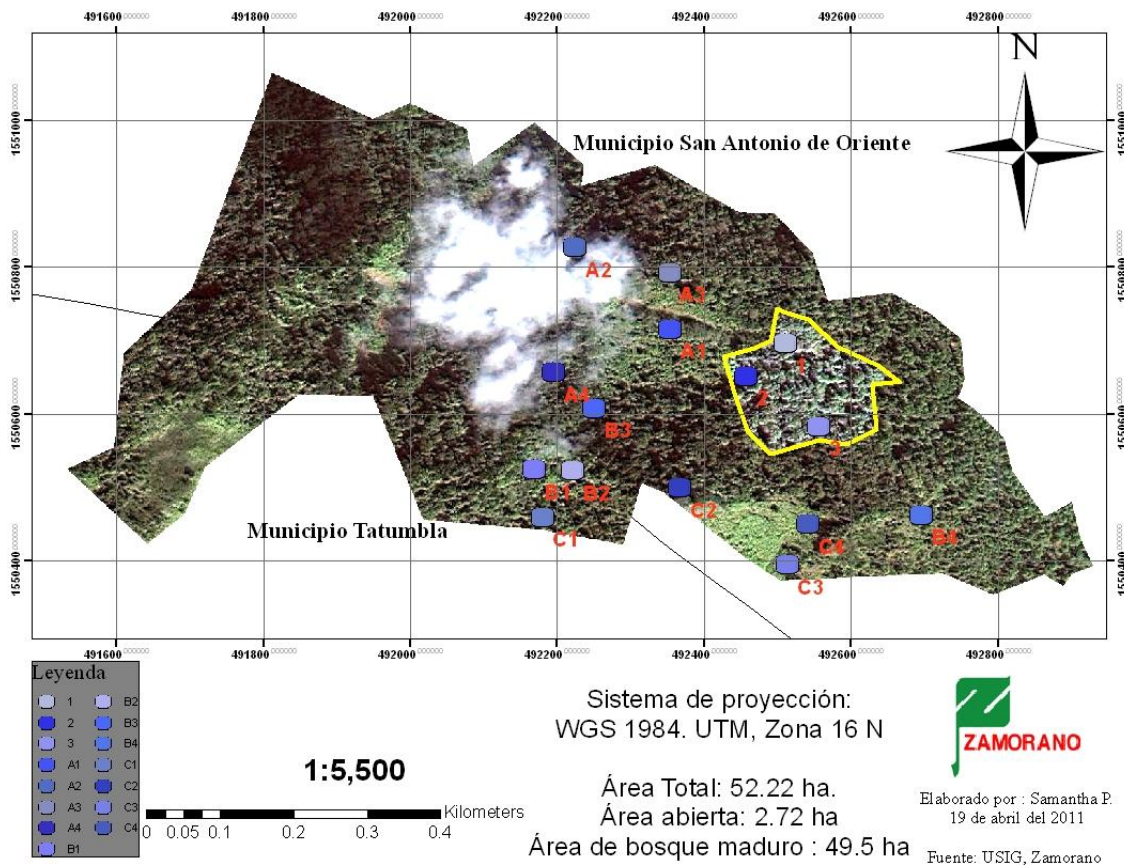


Figura 3. Distribución espacial de 12 pluviómetros dentro del boque latifoliado maduro del Cerro Uyuca.

El sitio abierto corresponde a un área relativamente plana en donde la geomorfología del terreno tuvo poco impacto sobre el monto de la precipitación vertical. Por tal razón, en este caso específico fue posible calcular la precipitación de esta zona por medio de un promedio aritmético.

El área correspondiente al bosque maduro presenta formas de terreno bastante variables: terrenos relativamente planos, crestas, áreas cóncavas y convexas. Esta variabilidad topográfica tuvo un marcado efecto en la cantidad de precipitación que cayó dentro de cada pluviómetro. Ante esta situación, la precipitación promedio dentro del bosque se estimó por medio de la técnica de los polígonos de Thiessen.

Se observa una fuerte variabilidad en la precipitación promedio total anual con un mínimo de 972.3 mm en el pluviómetro A4 y un máximo de 4,151.5 mm en el pluviómetro C4. Aunque no se dieron a conocer si hubo algún cambio climático en los registros diarios de precipitación dentro del bosque latifoliado maduro. Esta la base de datos muestra que el 31 de mayo de 1988 el pluviómetro C4 registró una precipitación de 293.6 mm en un período de 24 horas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Precipitación promedio mensual, total anual, promedio total anual y promedio en mm de cada mes para los 12 pluviómetros, para el periodo de registro 1987-92, el bosque nublado del Cerro Uyuca.

Elementos climaticos.	Mes	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	Total	P.p.mes
Ppm	<b>May</b>	159.89	162.26	160.83	155.03	158.14	164.60	158.83	160.49	164.26	174.49	165.39	181.19	1965.40	163.78
	<b>Jun</b>	208.88	239.35	280.99	142.21	163.95	308.68	198.85	213.56	356.37	243.22	239.43	505.29	3100.78	258.40
	<b>Jul</b>	156.63	163.51	242.45	89.64	195.46	342.22	191.19	168.54	417.37	176.82	218.53	521.57	2883.95	240.33
	<b>Agost</b>	201.44	187.14	285.00	113.37	174.21	337.85	209.38	197.02	401.03	208.95	229.22	508.79	3053.42	254.45
	<b>Sept</b>	201.44	187.14	285.00	159.01	184.18	322.97	248.67	236.61	418.00	267.71	270.67	534.26	3315.67	276.31
	<b>Oct</b>	129.56	133.19	159.25	89.77	106.66	172.42	118.14	126.49	194.81	153.54	146.27	256.84	1786.94	148.91
	<b>Nov</b>	91.31	108.56	130.85	69.76	119.50	195.24	104.67	99.14	198.88	123.03	134.50	313.63	1689.06	140.76
	<b>Dic</b>	69.21	77.74	107.09	57.79	137.53	238.89	100.03	90.19	219.14	100.62	173.22	358.99	1730.44	144.20
	<b>Ene</b>	85.42	102.57	119.82	44.07	186.53	293.40	129.65	127.43	268.52	106.83	176.99	385.44	2026.67	168.89
	<b>Feb</b>	49.37	56.79	64.29	28.37	119.63	155.75	69.03	67.51	149.84	63.30	105.11	222.84	1151.82	95.99
	<b>Mar</b>	38.12	38.61	47.75	26.62	54.24	91.60	43.89	47.11	87.82	59.27	72.10	139.04	746.17	62.18
	<b>Abr</b>	56.00	59.21	66.05	35.53	52.00	89.32	52.74	57.06	80.99	65.46	81.02	111.84	807.23	67.27
Min.p.p.mes															62.18
Max.p.p.mes															276.31
V. may-febr															1892.01
V.mar-abr															129.45
S. v. tot															2021.46
P.tot.a		7587.56	7953.45	10127.73	4865.60	7991.69	13572.68	8040.58	7831.27	14838.63	8661.91	10033.07	20757.53		
P.p.tot.a		1517.51	1590.69	2025.55	973.12	1598.34	2714.54	1608.12	1566.25	2967.73	1732.38	2006.61	4151.51		

Ppm: Precipitación promedio Mensual

Min.p.p.mes: Mínimo promedio por mes

Max.p.p.mes: Máximo promedio por mes

V.may-febr: Valor de mayo-febrero

V.mar-abr: Valor de marzo-abril

S.v.tot: Sumatoria de valor total

P.tot.a: Precipitación total anual

P.p.tot.a: Precipitación promedio total anual

Según Wadsworth (2000) un mes húmedo tiene aproximadamente 100 mm de precipitación. Un análisis de la Figura 3 muestra que el período comprendido entre mayo y febrero tuvo una precipitación de 1,892 mm y los meses relativamente secos de marzo y abril registraron un total de 129 mm. Ello indica, entonces, que dentro del bosque el 94% de la precipitación ocurrió en 10 meses, con una relativa época de sequía a nivel de atmósfera, que se extiende por dos meses (Cuadro 6). Sobre esta base, el suelo del bosque maduro de Uyuca se mantiene permanentemente húmedo y el exceso de precipitación se traslada por procesos de infiltración hacia las partes bajas de la montaña y a los mantos freáticos a nivel del valle.

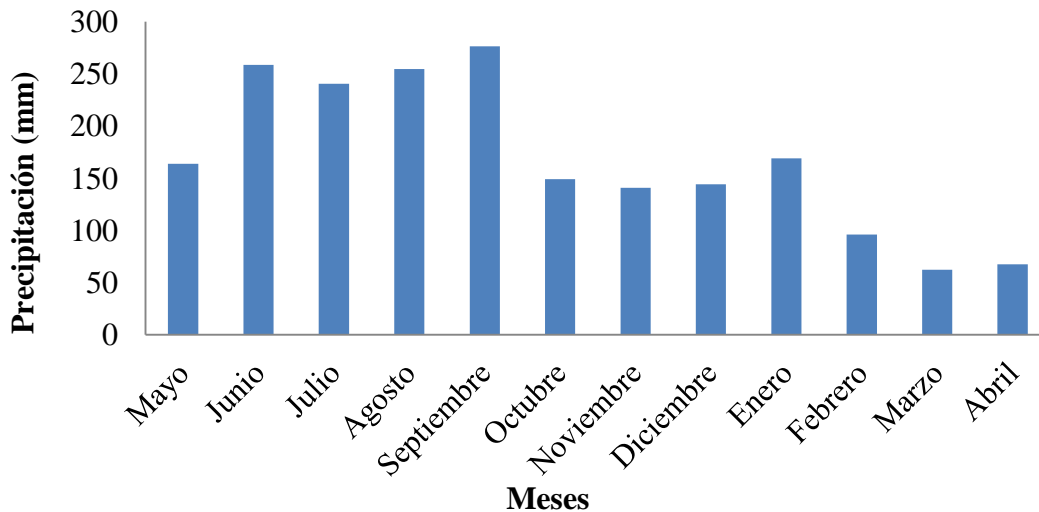


Figura 4. Precipitación promedio mensual en mm, para cinco años de registro, para los 12 pluviómetros instalados dentro del bosque latifoliado del Cerro Uyuca (CU), Honduras.

La alta precipitación que ocurre dentro del bosque maduro obedece en términos climáticos a la elevación de la cordillera, al impacto de nubes o neblinas sobre la montaña y a la velocidad y dirección del viento, entre otros aspectos. Con excepción de mayo, en los demás meses del año se registraron vientos entre 1.6-5.4 m/s, lo que indica que el viento sopló con brisa ligera a brisa suave (Cuadro 4). Como era de esperarse, entonces, el movimiento de hojas y ramillas de los árboles fue leve. Estas condiciones especiales del viento a nivel del bosque maduro fueron determinantes para inducir elevadas cuotas de precipitación. En todos los meses del año los vientos dominantes fueron del NE con algunas variantes hacia el NW (Cuadro 4). Tal situación confirma que los vientos que dominan los regímenes pluviométricos tanto en el Valle de Zamorano como en la Montaña de El Uyuca son del NE. Tales vientos son los que manejan los regímenes de precipitación vertical a escala regional de Centroamérica.

Seis meses del año tuvieron tramos con pocas nubes o neblinas en el ambiente (Cuadro 4). Parte de estos meses como todos los restantes presentaron nubosidad o visibilidad entre ligeramente nublado a muy nublado.

La relación entre elevación, velocidad y dirección del viento, nubosidad y presencia del bosque maduro multiestratificado fueron factores decisivos para propiciar las altas tasas de precipitación que exhibe este ecosistema.

Cuadro 4. Velocidad y dirección del viento, nubosidad y visibilidad promedio por mes para el período de registro 1987-92, en el bosque maduro del Cerro Uyuca (CU), Honduras.

<b>Mes</b>	<b>Velocidad del viento (m/s)</b>	<b>Dirreccion del viento</b>	<b>Nubocidad y visibilidad</b>
Mayo	3.4 -5.4	NE- NW	Claro y ligeramente nublado Ligeramente nublado y muy nublado
Junio	1.6 - 5.4	NE- NW	Ligeramente nublado y nublado
Julio	1.6 - 5.4	NE- NW	Ligeramente nublado
Agosto	1.6 - 5.4	NE	Ligeramente nublado
Septiembre	1.6 - 5.4	NE	Ligeramente nublado
Octubre	1.6 - 5.4	NE- NW	Claro y ligeramente nublado
Noviembre	1.6 - 5.4	NE	Claro y ligeramente nublado
Diciembre	1.6 - 5.4	NE- NW- SE	Ligeramente nublado y nublado
Enero	1.6 - 5.4	NE-W	Ligeramente nublado
Febrero	1.6 - 5.4	NE	Claro y ligeramente nublado Claro ligeramente nublado y nublado
Marzo	1.6 - 5.4	NE-NW	nublado
Abril	1.6 - 5.4	NE-NW	Claro y ligeramente nublado

Para estimar en forma más real la precipitación promedio anual que se depositó dentro del bosque latifoliado maduro se recurrió al método de los polígonos de Thiessen. Se presenta la precipitación anual y la precipitación promedio anual por estación o pluviómetro en el área cubierto de bosque latifoliado maduro. Entre 1989-90 se registró el valor mínimo de precipitación promedio anual que fue de 2,205.1 mm y la cifra máxima de 5,228.6 mm se obtuvo en 1991-92 (Cuadro 5). El Cuadro también muestra que en el período 1987-90 hubo poca variación en la precipitación anual ponderada, con un mínimo de 2,205.1 mm y un máximo de 2,306.5 mm. Se desconoce si el período 1987-90 correspondió a un ciclo hidrológico seco y si la precipitación anual entre 1991-92 obedeció a un ciclo húmedo o a situaciones atmosféricas especiales tales como huracanes o tormentas tropicales (Cuadro 6).

Se determinó la precipitación promedio total anual para el bosque maduro (Cuadro 6) utilizando los datos de (Cuadro 5) en la cual se obtuvo 2,360.2 mm. Este monto de precipitación difiere ligeramente en 338.7 mm de (Cuadro 6) cuyo valor fue de 2,021.5 mm. Tal diferencia radica esencialmente en la técnica utilizada para la estimación de los datos.



La precipitación promedio mensual para el periodo 1987-92 de los pluviómetros instalados a campo abierto tuvo un valor mínimo de 724.8 mm en el sitio 3 y un máximo de 1,394 mm en el sitio 1 (Cuadro 7). En las estaciones 2 y 3 se registraron precipitaciones más o menos similares, mientras que en la estación 1 se tuvo una precipitación casi el doble de la depositada en los otros dos pluviómetro. Está marcada diferencia entre los valores de precipitación podría justificarse por la proximidad que la estación 1 tuvo con el bosque maduro. Los pluviómetros 2 y 3 se instalaron a distancia considerable de esta masa forestal.

La precipitación promedio mensual mínima para los tres pluviómetros de 14.2 mm ocurrió en febrero mientras que la máxima de 168.2 mm se midió en junio (Cuadro 7). En el período comprendido entre febrero y marzo se depositó el 72% de la precipitación anual. En el transcurso de la temporada lluviosa en julio, se registró solamente 90 mm de precipitación debido posiblemente al efecto de la canícula en Centroamérica. En el área abierta la época de sequía abarca aproximadamente seis meses, de noviembre a abril en donde febrero y marzo son los meses más secos con 33.6 mm de precipitación, equivalentes al 3.4% de la lluvia anual.

Cuadro 7. Precipitación promedio mensual, precipitación total anual y precipitación promedio mensual para los tres pluviómetros, en mm, instalados a campo abierto

Parámetros	Meses												Promedio	Total
	May	Jun	Jul	Agost	sept	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr		
P 1	161.68	223.01	141.86	197.88	271.92	118.30	84.44	46.16	46.92	28.46	21.10	52.28	1394.036	6970.18
P 2	154.18	141.23	64.47	89.12	126.98	59.66	43.86	30.36	26.66	14.73	10.60	34.06	734.318	3671.59
P 3	154.32	140.42	63.74	89.06	89.06	59.84	44.08	30.44	26.70	14.96	11.00	21.80	724.79	3623.95
PPM	156.73	168.22	90.02	125.35	162.65	79.27	57.46	35.65	33.43	19.38	14.23	36.05		978.45
PTA	470.18	504.66	270.07	376.06	487.96	237.80	172.38	106.96	100.28	58.15	42.70	108.14		
PPAAA														951.05

P: pluviómetro

PPM: precipitación promedio mensual

PTA: Precipitación total anual

PPAAA: Precipitación promedio anual para el área abierta

Cuadro 8. Temperatura media mensual y anual en °C, biotemperatura media mensual anual en °C, para 28 años de registro (1973-2001), precipitación media mensual y promedio total anual en mm, para 60 años de registro (1944-2004).

Elementos climáticos	Meses												Total Anual
	Ene	Feb	mar	abr	may	jun	jul	Agost	sept	oct	nov	dic	
Temperatura	22.5	23.4	25.2	27.0	26.4	25.1	24.4	24.7	24.6	24.2	23.2	22.6	
Biotemperatura	22.5	23.4	24.6	23.2	24.0	24.6	24.3	24.5	24.3	24.2	23.4	22.6	23.8
Precipitación	10.9	8.2	9.8	38.9	141.1	181.4	133.9	150.1	184.2	125.8	46.8	14.4	1045.5

Fuente: Estación Zamorano.



Debido al reducido tamaño del área abierta y al bajo número de pluviómetros, la precipitación promedio total anual para esta superficie se determinó por medio de un promedio aritmético. La precipitación promedio total anual, a campo abierto, tuvo un valor de 951.05 mm (Cuadro 7). Si esta cantidad anual se compara con la precipitación promedio total anual de Zamorano para 60 años de registro, que fue de 1,045.5 mm (Cuadro 8), se observa una diferencia de 92.45 mm entre lo que cayó en Zamorano y en la parte superior del Cerro Uyuca (CU). No se determinó diferencia entre los registros de precipitación vertical a campo abierto de la Estación Zamorano y de los tres pluviómetros instalados en Uyuca.

La precipitación horizontal u oculta o lluvia del bosque se determinó de una manera preliminar por medio de la diferencia entre la precipitación que cayó dentro del bosque y la que se depositó a campo abierto. Debido a que el método de los polígonos de Thiessen arroja información más precisa sobre la precipitación promedio sobre un área topográfica accidentada se tomó como referencia este valor. La precipitación promedio total anual dentro del bosque fue de 2,360.2 mm y a campo abierto fue de 951 mm. Por tanto, la precipitación horizontal fue de 1,409.2 mm. Con base en este dato se puede deducir que el bosque latifoliado maduro en el caso específico del (CU) aportó a la precipitación normal un 148% más de lluvia. Este significativo aporte del bosque maduro nublado de Uyuca constituye una garantía para la producción continua y sostenible de agua en los sitios más bajos y secos de la montaña.

Independientemente del método utilizado para calcular la precipitación promedio total anual dentro del bosque maduro, este valor fue superior a los 2,000 mm (2,021.5 mm según promedio aritmético) e inferior a los 3,000 mm (2854.1 mm, según Thiessen). Con esta información se pudo deducir que el bosque maduro corresponde en su totalidad a la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo subtropical, ecosistema que tiene un ámbito de precipitación promedio total anual entre 2,000 y 4,000 mm. La fisonomía de la comunidad vegetal madura de esta zona de vida confirma la información climática derivada de este estudio.

Zamorano ha garantizado por más de 60 años la protección del (CU) contra incendios forestales, cortes ilegales de madera, extracción de productos del bosque nublado y cacería furtiva. Desde 1981 la Escuela también ha propiciado la restauración en forma natural de sitios que en el pasado estuvieron bajo actividad agrícola. Como resultado de todo este proceso de protección y restauración, a la fecha, la parte superior de la montaña tiene una cobertura de bosque natural en diferentes etapas de sucesión, con árboles que muestran un alto grado de epifitismo a nivel de troncos, ramas y copas. En las porciones más bajas de la misma se encuentran rodales puros y mixtos de pinabete (*Pinus maximinoi*) y en las partes más altas bosques secundarios de hoja ancha y una pequeña porción de bosque latifoliado maduro. Con base en la cobertura vegetal y en el grado de epifitismo, el límite altitudinal de la zona impactada por nubes o neblinas existe actualmente, a partir de los 1,600 m de elevación.

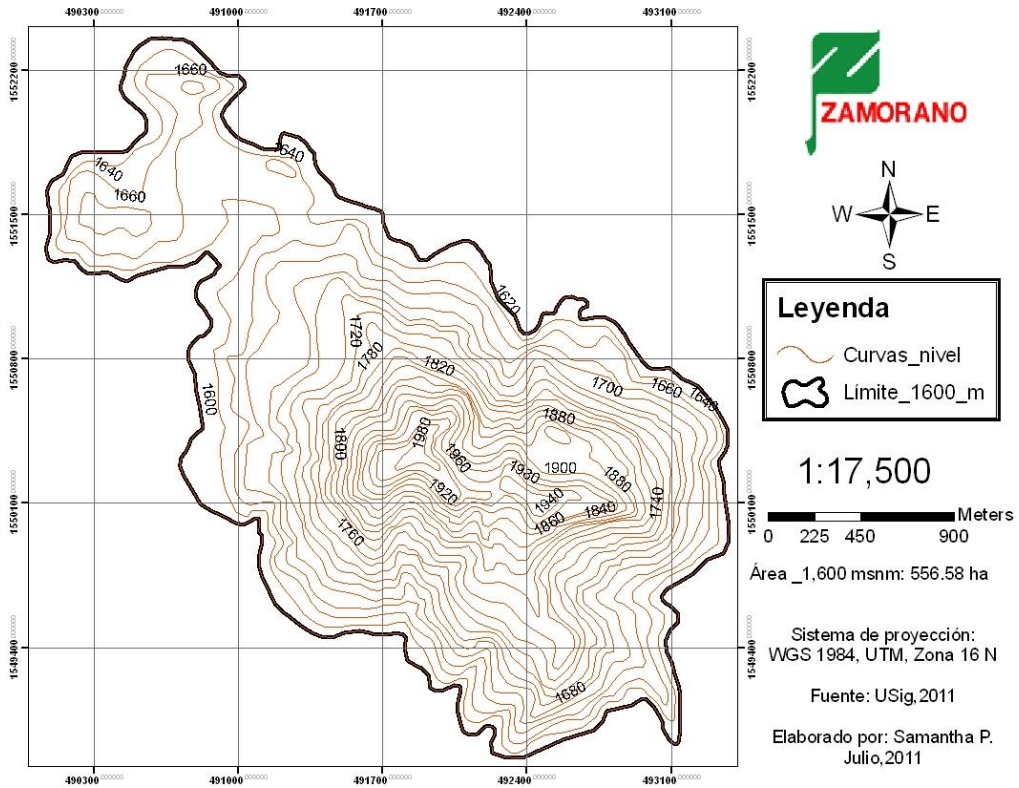


Figura 5. Límite de la zona impactada por nubes o neblinas en el bosque maduro del Uyuca.

#### 4. CONCLUSIONES

- La Reserva Biológica del Cerro Uyuca, fue delimitada a partir de los 1,700 m de altitud, para una superficie de 234 ha. Los levantamientos de campo realizados en el presente estudio indican que de esta superficie aproximadamente 52 ha están cubiertas con bosque latifoliado maduro y el resto del área contiene bosques secundarios de coníferas y latifoliadas. El límite actual de la zona impactada por nubes o neblinas existe más o menos desde los 1,600 m de elevación lo que equivaldría a un incremento de 556.6 ha en la superficie boscosa secundaria de pinabete (*Pinus maximinoi*).
- El actual suministro de agua potable y de riego para los diferentes usos en Zamorano se deriva casi exclusivamente del Cerro Uyuca. Con base en este estudio la gran zona de recarga hídrica para esta montaña se localiza a partir de 1,600 m de altitud.
- La precipitación horizontal u oculta que ocurre dentro del bosque latifoliado maduro del Cerro Uyuca constituye, a nivel de cuencas, un importante aporte a la precipitación normal.

## 5. RECOMENDACIONES

- Desde el punto de vista hidrológico toda la recarga debería estar totalmente cubierta con bosque latifoliado maduro multiestratificado. Esta cobertura vegetal garantizaría que la precipitación total (precipitación vertical y horizontal) fuese superior a los 2,300 mm, con un aporte de la precipitación horizontal sobre la precipitación normal de 148%.
- Con el actual tipo de cobertura que domina el paisaje en la RBCU, de bosque secundario, se están perdiendo enormes cantidades de vapor de agua que podrían ser incorporadas al suelo mediante procesos de condensación. Tales pérdidas se traducen en deficiencias hídricas en las partes bajas de la montaña.
- Levantar un mapa de etapas serales o sucesionales ya que últimamente se ha detectado una pequeña reducción algunas partes del bosque latifoliado maduro. Este mapa se debería utilizar como instrumento de partida para reiniciar esquemas de restauración de la masa secundaria. Completado este estudio, Zamorano debería comenzar cuanto un proyecto de reforestación con propósitos hidrológicos y de biodiversidad.
- Zamorano debe continuar los estudios encaminados a afinar los resultados de la presente investigación y a evaluar el impacto hidrológico de las grandes masas de pinabete (*Pinus maximinoi*) existentes en la zona núcleo.

## 6. LITERATURA CITADA

Bubb,P.; Aldrich, M.; Sayer, J. 2002. Los bosques de niebla tropicales de montaña: es hora de actuar. UNASYLVA 53 (208): 36-37.

Cáceres Moreno, G. 1981. Importancia hidrológica de la intercepción horizontal en un bosque muy húmedo premontano en Balalaica, Turrialba, Costa Rica. Tesis de posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 98p.

Deyanira, L. 2006. Guía Metodológica para la Delimitación del Mapa De Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas Secas de América Latina y El Caribe (en línea). Universidad Central de Venezuela. Consultado 8 abr. 2011. Disponible en: <http://www.unesco.org/uy/phi/biblioteca/bitstream/123456789/435/1/0525.pdf>

Kappelle, M; Brown, A.D. 2002. Bosques nublados del neotrópico. INBio (Instituto Nacional de Biodiversidad) de Costa Rica, FUA (Fundación Agroforestal de Argentina), NC-IUCN (Comité Holandés de la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza, UvA (Universidad de Ámsterdam y LIEY (Laboratorio de Investigación Ecológicas de las Yunas de Argentina. 698 p.

Liniger, H; Weingartner, R. 1998. Montañas y recursos hídricos. UNASYLVA 49 (195): 39-46.

Mark, W. Rosegrant; Ximing, C; Sarah, A. 2002. Panorama Global del agua hasta el año 2025: como impedir una crisis inminente. Una visión 2020 para la Alimentación, la Agricultura y el Medio Ambiente. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias Washington, D.C., EE.UU. IFPRI (Instituto Internacional para el Manejo del Agua) Colombo, Sri Lanka. 24 p.

Miguel, C; Patricio, P; Eduardo, P. 2003. Incendios forestales y medio ambiente una síntesis global. Revista ambiente y desarrollo de CIPMA (53): 3-4.

Mora, J.M. 2011. Reserva Biológica Uyuca. Plan de manejo. Instituto Nacional de Conservación y ICF (Áreas Protegidas y Vida Silvestre), DAP (Departamento de áreas Protegidas) y EAP (Escuela Agrícola Panamericana). Sin Publicar.

Pratt, J; Preston, L. 1998. Economía del flujo de los recursos de montaña. UNASYLVA 49 (4):31-38

Price, M.F. 1998. Las montañas: ecosistemas de importancia mundial. UNASYLVA 49 (4):3-12.

Singleton, F. 2008. The beaufort scale of winds “its relevance, and its use by sailors” (en línea). *Weather* 63 (2): 37-4. Consultado 8 abr. 2011. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wea.153/abstract>

Stadtmüller, T. 1987. Los Bosques Nublados en el Trópico Húmedo. Universidad de las Naciones Unidas y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 85p

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica de los pluviómetros en el Cerro Uyuca

<b>Puntos</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Pluviómetros</b>	<b>Altura (msnm)</b>	<b>Pendiente</b>
338	492510	1550696	1	1,876	1
339	492457	1550652	2	1,873	1
340	492556	1550583	3	1,895	1
318	492301	1550709	A1	1,839	3
345	492224	1550827	A2	1,789	2
344	492290	1550761	A3	1,891	2
343	492195	1550657	A4	1,898	2
87	492169	1550524	B1	1,910	1
88	492250	1550608	B3	1,908	2
86	492185	1550516	B2	1,909	1
326	492696	1550462	B4	1,916	2
84	492180	1550439	C1	1,975	5
81	492365	1550488	C2	1,969	5
80	492511	1550381	C3	1,916	5
341	492530	1550398	C4	1,991	5