

# **Delimitación y evaluación de las zonas de recarga hídrica para las montañas de El Volcán y La Chorrera, Honduras**

**Luz de María Ramírez  
Raúl Vargas Torres**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2010

ZAMORANO  
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONOMICO Y AMBIENTE

# **Delimitación y evaluación de las zonas de recarga hídrica para las montañas de El Volcán y La Chorrera, Honduras**

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

Presentado por

**Luz de María Ramírez**  
**Raul Vargas Torres**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2010

# **Delimitación y evaluación de las zonas de recarga hídrica para las montañas de El Volcán y La Chorrera, Honduras**

Presentado por:

Luz de María Ramírez  
Raúl Vargas Torres

Aprobado:

---

Nelson Agudelo, M.Sc.  
Asesor principal

---

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

---

José Manuel Mora, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Ramón Hernández, Ing.  
Asesor

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## RESUMEN

Ramírez, LM; Vargas, R. 2010. Delimitación y evaluación de las zonas de recarga hídrica para las Montañas de El Volcán y La Chorrera, Honduras. Proyecto especial de graduación del Programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras. 27p.

Honduras es un país montañoso, contiene grandes cuencas hidrográficas con importantes zonas de recarga hídrica enclavadas en las partes más altas de las cordilleras. Tales zonas están conformadas esencialmente por áreas impactadas por nubes y neblinas. Los sistemas montañosos de El Volcán y La Chorrera, tienen en sus porciones más altas zonas de recarga que abastecen de agua a importantes centros poblados y de enriquecer los mantos freáticos subterráneos en las tierras bajas. El presente estudio muestra claramente que las zonas de recarga se inician a partir de los 1,450 o 1,500 msnm. En estas zonas la biotemperatura media anual oscila entre los 12 y 18°C y la precipitación promedio total anual entre los 2,000 y 4,000 mm. En términos hidrológicos estas zonas deberían estar cubiertas con bosque latifoliado en estado maduro multiestratificado, cobertura que maximiza el proceso de la precipitación horizontal u oculta. El uso actual de la tierra en la zona de recarga de El Volcán posee 51% de bosque latifoliado, 32% de bosques de pino y 12% sistemas agroforestales. La Chorrera tiene 39% de pino, 28% de barbecho forestal y sólo un 22% de bosque latifoliado lo que indica que esta más degradada. El avance de la frontera agrícola ha sido y continua siendo una fuerte amenaza para los bosques latifoliados, ante tan crítica situación es urgente legalizar las zonas de recarga como áreas protegidas, velar por su protección y manejo y en el caso concreto de La Chorrera proceder a su restauración.

**Palabras clave:** biotemperatura, bosque maduro, bosque nublado, restauración, sistema montañoso, zona de recarga hídrica.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros y figuras .....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>9</b>
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>16</b>
<b>5. DISCUSIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>23</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>24</b>
<b>8. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>25</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro		Página
1.	Superficie de bosques nublados (BN) por país en América Central y América del Sur.....	8
2.	Algunas especies arbóreas encontradas en el bosque muy húmedo montano bajo subtropical, Sistema montañoso de El Volcán, Honduras.....	12
3.	Distribución espacial del uso actual de la tierra en la zona de recarga hídrica de la Montaña El Volcán, Honduras.....	17
4.	Distribución espacial del uso actual de la tierra en la zona de recarga hídrica de la montaña La Chorrera, Honduras.....	17
Figura		Página
1.	Ubicación de Las Montañas El Volcán y La Chorrera, Honduras.....	10
2.	Mapa de uso de la tierra de la zona de recarga hídrica de El Sistema montañoso El Volcán, Honduras.....	18
3.	Mapa de uso de la tierra de la zona de recarga hídrica de El Sistema montañoso La Chorrera, Honduras.....	19

## 1. INTRODUCCIÓN

Se estima que más de la mitad de la humanidad vive gracias a las montañas, de donde se obtiene agua dulce para la producción de alimentos, electricidad para sostener industrias, pero especialmente agua potable para el sustento humano; los ecosistemas montañosos son también islas de diversidad vegetal, animal y cultural. En estos sistemas o en sus proximidades vive alrededor del 26% de la población mundial (Diouf 2002; Price 2002).

A escala mundial, el mayor valor de las montañas radica en que son la fuente de todos los grandes ríos del mundo. Por tanto, son ecosistemas esenciales en el ciclo del agua. Para las zonas áridas y semiáridas del planeta, las montañas son las responsables de abastecer más del 90% de los caudales fluviales. A pesar de su importancia, las montañas tienen la tasa de deforestación más alta del mundo: 1.1% anual (Price 1998).

Honduras es un país eminentemente montañoso y prácticamente todos los grandes ríos del país tienen su nacimiento en los ecosistemas de montaña. Todas las grandes cuencas hidrográficas del territorio son cuencas de montañas y todas, sin excepción, tienen su zonas de recarga hídrica en las partes más altas de las mismas. Por lo general, las zonas de recarga hídrica están constituidas por bosques nublados (Agudelo 2009).

A pesar de la importancia de los bosques nublados como zonas de recarga hídrica, su extensión real es desconocida a lo largo y ancho del territorio nacional. En 1993 se estimó que Honduras tenía 409,260 ha de bosques nublados, equivalente al 3.6% de su masa continental. Si su verdadera superficie es desconocida, mucho más crítica es la evaluación del estado actual de su cobertura vegetal (Agudelo 2010<sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> Agudelo, N. 2010. Los bosques nublados de Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. (correspondencia personal).

## **1.1 JUSTIFICACIÓN**

Los sistemas montañosos de El Volcán y La Chorrera proporcionan agua para importantes centros poblados como Güinope, Yuscarán y Oropolí; garantizan también el suministro de este líquido a todas las comunidades localizadas en sus proximidades, tales como: Mansaragua, Pacayas y Liquidambos, entre otras. La influencia hídrica de estos dos sistemas se extiende a sitios relativamente lejanos como los Valles de Zamorano y Oropolí y a poblados como Valle de San Francisco, Lizapa y Galeras. A pesar de la importancia hidrológica de estos sistemas montañosos su protección legal es, a la fecha, una realidad parcial, por lo que existe todavía impacto antrópico sobre algunos de sus recursos naturales, principalmente el bosque.

El gobierno de Honduras, a través del Instituto de Conservación Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF), como organizaciones locales entre ellas Zamorano, Fundación Yuscarán, Unidades Municipales Ambientales y Patronatos de Agua, han hecho esfuerzos encaminados a conocer los recursos que contienen estos dos sistemas y a velar por su protección. Sin restarle importancia a los trabajos procedentes, no existe todavía un estudio detallado enfocado a la delimitación de las zonas de recarga hídrica de estas dos montañas y a la evaluación de su cobertura vegetal en términos hidrológicos. En este sentido, la presente investigación pretende llenar este vacío y alcanzar los siguientes objetivos:

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

- Contribuir con la hidrología forestal en aspectos relacionados con la delimitación y evaluación de zonas de recarga hídrica en dos sistemas montañosos de Honduras.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Delimitar las zonas de recarga hídrica para las Montañas de El Volcán y La Chorrera.
- Evaluar en términos hidrológicos el estado actual de la cobertura vegetal de cada zona de recarga hídrica.



## **1.3 ANTECEDENTES**

### **1.3.1 Sistema montañoso de el volcán**

Este sistema montañoso contiene en su porción más alta una zona frecuentemente influenciada por neblinas. Esta zona fue declarada como Reserva Biológica mediante el Decreto 87-87, este decreto indica que el bosque nublado comienza a partir de los 1,800 m de elevación. Ante la importancia hidrológica de este sistema montañoso para las poblaciones de Güinope, Yuscarán, Oropolí y comunidades aledañas, en 1995 se procedió a la redefinición de límites del área protegida en virtud de que la porción inferior de la zona impactada por neblinas estaba mucho más bajo del propuesto en el mencionado decreto (Agudelo 2010<sup>2</sup>).

Villatoro (1995), redefinió los límites y determinó, utilizando criterios ecológicos e hidrológicos, que la zona de neblinas se iniciaba a partir de los 1,500 m de altitud. El estudio permitió trazar los límites de la zona de amortiguamiento y redactar una propuesta al presidente de la república orientado a enmendar el Decreto 87-87. Además, la Fundación Yuscarán escribió el plan de manejo para la reserva para el periodo 2005-2010. En el plan manejo se modificaron los límites tanto de la zona núcleo como de la zona de amortiguamiento propuestos por Villatoro. El plan de manejo indica que el punto más bajo de la zona núcleo está a los 1,423 msnm y que la totalidad de zona influenciada por neblinas es de 1,562 ha.

Posteriormente, en 2004 se suscribió un convenio de co-manejo del área protegida entre el ICF, la Fundación Yuscarán y las alcaldías de Yuscarán, Güinope y Oropolí. A la fecha, la Fundación Yuscarán por medio del ICF, ha sometido al Congreso Nacional de La República el texto de un nuevo decreto orientado a la aprobación de los límites de la reserva propuestos en el plan de manejo.

### **1.3.2 Sistema montañoso de la chorrera**

Ante la importancia hidrológica de esta montaña para el suministro de agua potable y de riego a las comunidades y tierras aledañas, el ICF de Honduras declaró como fuentes productoras de agua todas las tierras ubicadas de los 1,600 m de altitud hacia arriba. En 1999 a solicitud de la comunidad de Pacayas se realizó la delimitación preliminar de la zona de recarga hídrica para esta montaña y su correspondiente evaluación hidrológica. En este estudio la zona de recarga comenzaba a partir de los 1,500 m de altitud y se extendía hasta las porciones más elevadas de las mismas (Ascarrunz 1999). En 2005, la unidad de cuencas hidrográficas del ICF declaró como fuente productora de agua la microcuenca de la quebrada La Chorrera. El límite de la zona de recarga para esta microcuenca fue propuesta por Ascarrunz.

---

<sup>2</sup> Agudelo, N. 2010. Sistema montañoso de El Volcán, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. (correspondencia personal).

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 MONTAÑAS Y RECURSOS HÍDRICOS**

El agua es necesaria para producir alimentos y usarla como bebida básica, para la producción de energía, el desarrollo industrial, para la sostenibilidad de los recursos naturales y preservación del ambiente y la salud (Liniger y Weingartner 1998). “Aproximadamente el 10% de la población mundial depende de los recursos de las montañas y un porcentaje mucho mayor se sirve de distintos recursos de las montañas, en particular el agua” (Naciones Unidas 2002). El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, muestra en sus evaluaciones que más de la mitad de la población en todo el mundo depende del agua para sobrevivir (PNUMA 2002).

Las montañas juegan un papel muy importante en el manejo del agua alrededor del mundo. Estas concentran parte de la precipitación y en ellas se originan los afluentes que dan origen a los grandes ríos, regulan el caudal y proporcionan agua en las épocas de sequía cuando es más necesaria. En la actualidad los recursos que contienen las montañas se encuentran en peligro debido al mal uso y explotación a que se les ha sometido. Por ello las montañas se consideran como ambientes frágiles (EURO-RIOC 2006). Las cabeceras montañosas cubiertas con bosques garantizan la calidad del agua, ya que minimizan la erosión de los suelos y los derrumbes poco profundos y mantienen el flujo natural de los ríos y arroyos que nacen de estos (Bruijnzeel y Hamilton 2000).

Las montañas también protegen una gran cantidad de flora y fauna silvestre y proporcionan recursos tanto madereros y no madereros como alimento a las comunidades que las habitan o que se encuentran a su alrededor. Las montañas son un recurso clave para mantener el equilibrio ecológico a nivel mundial, resguardan las cuencas hidrográficas que proporcionan el agua dulce a un gran número de poblaciones en el planeta (Alianzas para las Montañas 2009).

### **2.2 EL PAPEL DE LAS MONTAÑAS COMO DEPÓSITOS DE AGUA**

Las montañas cumplen un papel fundamental como depósitos de agua dulce y son esenciales para el sustento de vida a más de la mitad de la población mundial. En la mayoría de los casos las montañas representan una pequeña proporción de las cuencas hidrográficas, pero contribuyen con caudales relativamente mayores dependiendo de la época y sus nacientes dan origen a todos los ríos que hoy día se conocen (Liniger y Weingartner 1998). Las montañas son consideradas como depósitos de agua porque la cobertura vegetal ayuda a la estabilización de este recurso en la parte alta de las cuencas,

constituyendo reservas naturales. Este proceso natural impide inundaciones en las partes bajas, facilita el paso del agua lluvia hacia los acuíferos y garantiza caudales estables a lo largo del año (Afrique des cimes 2008). El agua de las montañas es muy importante para el desarrollo económico y a la calidad de vida de las comunidades locales (PNUMA 2002).

### **2.3 ZONAS DE RECARGA HÍDRICA O DE FORMACIÓN DE ACUÍFEROS**

En las cuencas hidrográficas de montaña los sistemas montañosos interceptan una gran cantidad de agua y por ello son considerados auténticas “torres de agua”, siendo de gran importancia desde el punto de vista hidrológico. A estas torres de agua se les puede considerar como zonas de producción de agua o de recarga hídrica ya que se estima que pueden proveer más del 95% de la oferta total de aguas dulces de las cuencas hidrológicas (Messerli *et al.* 2004).

Además de la precipitación vertical normal procedente de la atmósfera, en las cuencas de montaña se presenta un proceso de captación y condensación del vapor de agua atmosférico conocido como lluvia horizontal u oculta. El aporte adicional de la lluvia horizontal sobre la precipitación normal varía entre 7% hasta el 158%. La incorporación de agua al ecosistema se ve alterada por la captación de las gotas de agua a través de la vegetación y los procesos de condensación de la neblina atravesando la superficie de las hojas (Stadtmüller 1987). Las tierras altas tienen precipitación suficiente para producir escorrentía y recargar capas de agua subterránea (Liniger y Weingartner 1998).

Las áreas de recarga de las cuencas hidrográficas se caracterizan por ser zonas montañosas con ecosistemas, paisajes complejos y cinturones estratificados con una biodiversidad propia del sitio (Watson y Haeberli 2004).

#### **2.3.1 Localización a nivel e cuencas bajas y cuencas montañosas.**

En las regiones tropical y subtropical de América las cuencas montañosas se extienden generalmente desde las tierras bajas hasta los pisos térmicos fríos o montanos. La mayoría de estas cuencas contienen significativas zonas de recarga hídrica muy importantes para el abastecimiento y provisión de agua en las tierras bajas. Todas estas cuencas drenan sus aguas por medio de complejos sistemas hidrológicos (Agudelo 2009).

Los bosques cambian los procesos meteorológicos e intervienen en los hidrometeorológicos ya que su estructura y su elevado índice de área foliar tienen contacto intenso con la atmósfera y su cobertura se mantiene en actividad con ésta. Los bosques nublados a diferencia de los bosques húmedos tropicales sí influyen sobre la precipitación bruta, ya que captan la humedad de las nubes adicional a la lluvia. Estos son extensas áreas boscosas, donde se ha visto un fenómeno de reciclaje por medio de evapotranspiración (Stadtmüller 1994).

Las porciones más bajas de bosque nublado coinciden con el límite inferior de la zona de neblina, la cual varía de acuerdo a la época del año. Por esta razón, es importante relacionar el límite inferior con el grado de epifitismo de los árboles (Agudelo 2009).

En el caso de zonas de recarga hídrica a nivel de cuencas bajas, ya que estas no tienen presencia de nubosidad y poca altitud se identifica como zona de recarga hídrica la cuenca en su totalidad y se considera esta con suficiente permeabilidad para recargar el manto freático subterráneo. Su recarga depende totalmente de la precipitación que esta reciba a lo largo del año y la conservación y buen uso que esta tenga (Agudelo 2010<sup>3</sup>).

### **2.3.2 Importancia de delimitación y manejo**

En varias regiones del mundo ha crecido la demanda y las posibilidades de conflicto por el uso del agua. La gestión adecuada de los recursos hídricos y sus fuentes debería ser una prioridad indiscutible en el mundo, ya que son ecosistemas frágiles que influyen en las precipitaciones, permiten un almacenamiento y distribución del agua en las tierras bajas y es el sustento de vida para la humanidad (Liniger y Weingartner 1998). La evaluación de las funciones hidrológicas y la vegetación de altura es necesaria e importante para establecer medidas adecuadas de conservación (Muthoo 2002). Estas zonas se ven expuestas a procesos de degradación, resultado del sector agropecuario no sostenible, la explotación forestal y otras presiones (PREVDA 2009).

Los bosques nublados deben conservarse y debería ser una prioridad designarlos como zonas protegidas, ya que son importantes para la producción de agua, el control de la erosión y la conservación de la biodiversidad. Además, estas zonas no son útiles para implementar otras actividades sostenibles y la pérdida de bosques nublados es un proceso irreversible debido a las complejas interrelaciones que existen entre la flora, la fauna y el suelo (Hamilton 2009). En general, la cobertura vegetal de bosques de montaña es un componente de la naturaleza que influye directamente en los procesos de distribución del agua de lluvia en los ecosistemas terrestres. Por lo tanto, todo cambio de uso de sus suelos que ocasione una alteración en la cobertura tiende a causar impactos negativos en la distribución de los flujos de agua y se reduce las ofertas de agua disponibles para las plantas y las actividades humanas (Toledo 2006). Una gestión conservadora y de protección es necesaria en los ecosistemas de montaña y sobre los recursos hídricos para la sustentabilidad a largo plazo, ya que la población humana está en crecimiento y asimismo la demanda de agua (Alianza para las montañas 2009).

---

<sup>3</sup> Agudelo, N. 2010. Localización a nivel de cuencas bajas (entrevista). Tegucigalpa, Honduras.

## 2.4 LOS BOSQUES NUBLADOS COMO ZONAS DE RECARGA HÍDRICA

### 2.4.1 Concepto

Los bosques nublados son todos los bosques del trópico y subtropico húmedo que frecuentemente están influenciados o afectados por la habitual presencia de nubes o neblinas. Estos bosques reciben además de la lluvia, una alta cantidad de humedad por medio de la condensación de pequeñas gotas de agua, produciendo un tipo de caída adicional de agua conocida como precipitación horizontal, influyendo en el régimen hídrico; la distribución, calidad y cantidad de agua de la precipitación horizontal es muy diferente a la lluvia normal (Stadtmüller 1987).

Los bosques nublados se reconocen por la influencia de nubes o neblina en el microclima, ecología, estructura, y comportamiento hidrológico de los bosques. Existen diferentes tipos de bosques nublados en el mundo y su clasificación depende del tipo, frecuencia y periodicidad de las nubes, los factores y elementos climáticos y geográficos (Stadtmüller 1987). En Honduras los bosques nublados generalmente se ubican en las partes altas de montaña entre altitudes de 1,800 y 2,849 msnm de altitud, aunque existen algunos bosques nublados a menor altitud. Estos bosques se caracterizan por la presencia de árboles latifoliados, coníferas o mixtos de 30 - 40 m de altura con una alta presencia de epífitas en las ramas y tronco; el sotobosque está formado por una mezcla variada de arbustos, helechos terrestres y epífitas (Padilla 2003).

### 2.4.2 Distribución geográfica y ecología.

“Los bosques nublados montanos-BN de los andes representan 1/20 parte (5%) del área que cubren las selvas de tierras bajas amazónicas. Sin embargo, albergan una cantidad similar de especies de plantas incluyendo epífitas (Henderson *et al.* 1991). A escala mundial los BN por encima de 1,000 msnm representan unos 48 millones de hectáreas de las cuales aproximadamente 50% se encuentran en América Latina, con porciones muy importantes en México, Guatemala, Nicaragua y Honduras en Mesoamérica, Perú, Colombia, Bolivia, Venezuela y Argentina en Sudamérica” (Kapos *et al.* citado por Kappelle y Brown 2001). Se puede apreciar la superficie de bosques nublados en los países de América Central y América del Sur (Cuadro 1).

Cuadro 1. Superficie de bosques nublados (BN) por país en América Central y América del Sur.

<b>País</b>	<b>Superficie de BN (ha)</b>
México	800,000
Guatemala	50,000
Honduras	417,600
Nicaragua	551,000
Costa Rica	1,075,700
Panamá	2,265,500
Colombia	33,288,000
Ecuador	11,200,000
Bolivia	6,000,000
Argentina	4,000,000
Total	>75,000,000

Fuente: Kappelle y Brown, 2001.

Los bosques nublados existen en un ámbito muy amplio de lluvias anuales y un patrón estacional, desde 500-6000 mm por año. Los bosques nublados se encuentran donde las nubes y neblina están frecuentemente en contacto con la pendiente de una montaña, usualmente forman un cinturón de vegetación sobre los 500 m, pero hay variación considerable en las altitudes en que se encuentran. En grandes sistemas montañosos los bosques nublados se encuentran entre los 2,000 y 3,500 m; por otro lado, en sistemas costeros e insulares estas zonas bajan hasta los 1,000 m. En condiciones excepcionales de humedad un bosque nublado puede llegar hasta los 500 m (Bubb *et al.* 2004).

Idealmente la distribución de los bosques nublados va a ser determinada por una combinación de la cobertura frecuente de nubes y la cobertura boscosa. La cobertura frecuente de nubes en principio, se podría determinar por imagen de satélite, pero no se ha hecho ningún análisis hasta hoy. La distribución de bosques nublados puede ser identificada por medio de especies indicadoras, como briofitas y musgos, ya que son particularmente sensibles a los niveles de humedad atmosférica (Bubb *et al.* 2004).

La mayor concentración bosques nublados se encuentra en América Latina, donde 208 sitios de bosque nublado (46%) se encuentran en solo 12 países, la mayoría en Venezuela, México, Ecuador y Colombia. En el sur-este de Asia, 228 lugares han sido identificados en 14 países principalmente en Indonesia y Malasia y algunos en Sri Lanka, Filipinas y Papúa Nueva Guinea. En África, 97 lugares han sido identificados en 21 países, con varios bosques nublados encontrados relativamente en montañas aisladas que están distribuidas por todo el continente (Bubb *et al.* 2004).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

##### **3.1.1 Ubicación de las zonas de estudio**

El sistema montañoso de EL Volcán se encuentra ubicado a unos 40 Km al sureste de Tegucigalpa. Pertenece políticamente a los municipios de Morocelí, Yuscarán, Güinope, Oropolí y San Antonio de Oriente. Los cuatro primeros municipios pertenecen al departamento de El Paraíso y el último a Francisco Morazán. Geográficamente el sistema está localizado entre los 13°53'30'' y 13°56'41''N y entre 86°50'38'' y 86°54'38''W. El sistema montañoso de La Chorrera se encuentra también al sureste de Tegucigalpa a una distancia aproximada de 42 Km. En términos geográficos está ubicada entre los 13°49'57'' y 13°51'08''N y entre los 86°56'41'' y 86°59'42''W (Figura 1).

##### **3.1.2 Clima y ecología**

En ambos sistemas montañosos El Volcán y La Chorrera sólo se dispone de información pluviométrica para sus porciones más bajas: Güinope y Yuscarán. Güinope a una elevación de 1,315 m tienen una precipitación promedio total anual de 1,447 mm, mientras que Yuscarán a una altitud de 950 m tiene 1,446 mm de precipitación promedio total anual. Para ninguna de estas estaciones se cuenta con información de temperatura. Villatoro (1995) delimitó para la Montaña de El Volcán tres ecosistemas o zonas de vida: bosque húmedo subtropical, bosque húmedo montano bajo subtropical y bosque muy húmedo montano bajo subtropical. El bosque húmedo subtropical se extiende desde los 900 hasta los 1,500 m, el bosque húmedo montano bajo entre los 1,500 y 1,700 m y el bosque muy húmedo montano bajo de los 1,700m hasta el punto más alto de la montaña.

Para la Montaña de La Chorrera, Ascarrunz (1999) identificó dos ecosistemas o zonas de vida: bosque húmedo montano bajo subtropical y bosque muy húmedo montano bajo subtropical. El bosque húmedo montano bajo se distribuye desde los 1,420 hasta los 1,550 m, mientras que el bosque muy húmedo montano bajo se encuentra entre los 1,550 y 1,891 m, el punto más alto de la montaña.

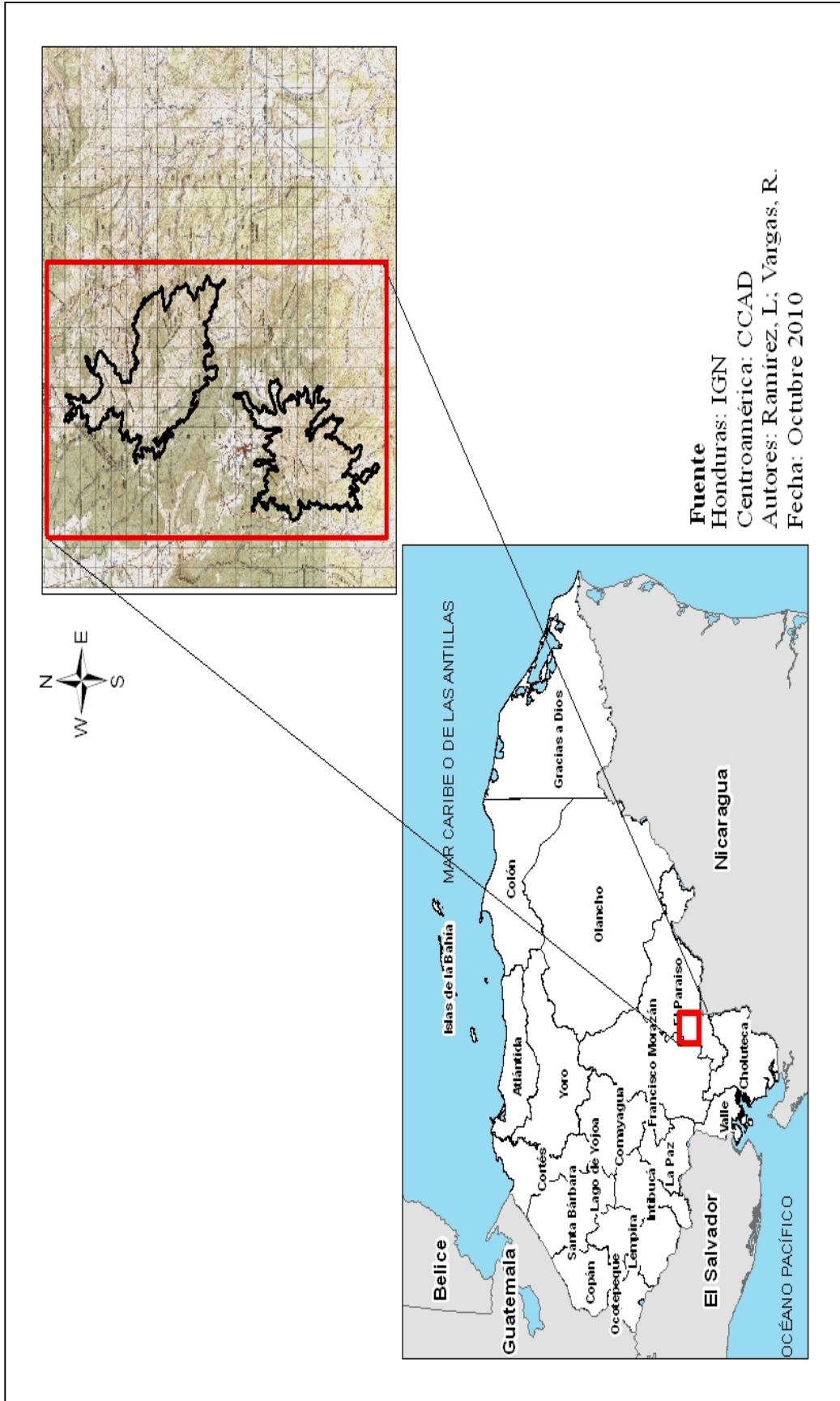


Figura 1. Ubicación de Las Montañas El Volcán y La Chorrera, Honduras.

Fuente: IGN, CCAD.



### 3.1.3 Aspectos geológicos y edáficos

En la montaña La Chorrera se encuentran dos unidades geológicas: Basaltos del cuaternario en la línea base de la zona de recarga hídrica y la unidad Padre Miguel, caracterizada por tener ignimbritas como roca predominante y sobresaliente, que se ubica en la parte media y baja de la microcuenca la Chorrera (Devisscher 2004).

Según el mapa geológico de Honduras la Montaña de El Volcán presenta tres formaciones geológicas, pertenecientes a tres grupos. El primero, Padre Miguel, formado por rocas volcánicas piroclásticas asociadas de tipo riolítico y andesítico, rocas sedimentarias derivadas de rocas volcánicas y coladas de riolita, andesita y basalto. En el segundo grupo geológico Matagalpa, predominan coladas de andesita, basalto y sedimentos piroclásticos asociados, con edades comprendidas entre el Paleoceno y Mioceno medio. En el tercer grupo sobresalen las rocas intrusivas, granitos, dioritas y tonalitas de edades variables (Devisscher 2004).

En el sistema montañoso de El Volcán toda la zona de recarga está ocupada por la serie Lloro. Estos suelos, desarrollados sobre cenizas volcánicas ocupan un relieve ondulado, con pendientes entre 30 y 35%, bien drenados, profundos y ácidos. El material parental de estos suelos está constituido por ceniza volcánica. La textura de estos suelos es franco arenosa en los dos primeros horizontes y arcillo arenosa en el resto. El color, en seco, varía entre café rojizo oscuro (5YR 2.5/1) para el horizonte 1, café rojizo oscuro (5YR 3/4) para el horizonte 2, rojo amarillento (5YR 4/69) para el horizonte 3, rojo amarillento (5YR 4/6) el horizonte 4, café rojizo oscuro (5YR 3/4) para el horizonte 5, y café rojizo oscuro (5YR 3/3) para el 6. Se presentan en altitudes a más de 1,400 m, son húmedos, no consolidados y sin rocas. En altitudes mayores a 1,700 msnm son ricos en materia orgánica. Estos suelos se clasifican en el Orden de los Inceptisoles y en Suborden Tropepts son una capacidad agrológica de Clase III-VII (García 1993).

### 3.1.4 Vegetación

En la parte media de la Montaña de El Volcán, el pinar está sometido a actividades agrícolas (maíz, frijol y hortalizas), además de resinación y pastoreo extensivo. El bosque maduro latifoliado se vió afectado por el cultivo de papa y maíz, también por el pastoreo en época de barbecho (Devisscher 2004).

“A partir del pico más alto de la Montaña El Volcán hasta los 1,700 msnm se encuentra un bosque latifoliado maduro con un marcado dominio de Lauráceas y Fagáceas. Entre las especies arbóreas están: *Quercus spp.*, *Liquidambar styraciflua*, *Cornus discifolia*, *Inga flexuosa*, *Persea spp.*, *Phoebe spp.*, *Miconia spp.*, entre otras. Desde los 1,400 msnm hasta los 1700 msnm se encuentra un bosque de *Pinus maximinoi*” (Portillo 1997). Algunas de las especies encontradas en el bosque latifoliado maduro del Sistema montañoso de El Volcán fueron identificadas por Villatoro 1995 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Algunas especies arbóreas encontradas en el bosque muy húmedo montano bajo subtropical, Sistema montañoso de El Volcán, Honduras.

Nombre científico	Familia	Nombre Común
<i>Alchornea latifolia</i>	Euphorbiaceae	----
<i>Bartlettina ornata</i>	Compositae	----
<i>Brunellia mexicana</i>	Bruneliaceae	----
<i>Clethra graveolens</i>	Clethraceae	----
<i>Conostegia volcanalis</i>	Melastomataceae	Uvilla
<i>Dendropanax gonatopodus</i>	Araliaceae	Mano de león
<i>Gentlea micranthera</i>	Myrsinaceae	----
<i>Hedyosmun mexicanum</i>	Chloranthaceae	Olotillo
<i>Ilex guianensis</i>	Aquifoliaceae	----
<i>Ilex sp.</i>	Aquifoliaceae	----
<i>Inga hintonii</i>	Leguminosae	Guajiniquil
<i>Inga nubigena</i>	Leguminisae	Guajiniquil
<i>Markea neurantha</i>	Solanaceae	----
<i>Miconia glaberrima</i>	Melostomataceae	Uvilla
<i>Nectandra salicifolia</i>	Lauraceae	Laurel
<i>Nectandra sp.</i>	Lauraceae	Laurel
<i>Ocotea helicterifolia</i>	Laurácea	Pelillo
<i>Parathesis vulgata</i>	Myrsinaceae	Camaca
<i>Persea americana</i>	Lauraceae	Aguacate de montaña
<i>Podocarpus oliefolius</i>	Podocarpaceae	Ciprés de montaña
<i>Psychotria trichotoma</i>	Rubiaceae	Cafeto de monte
<i>Quercus spp</i>	Fagaceae	Encino
<i>Quercus skinneri</i>	Fagaceae	Encino
<i>Quercus tomentocaulis</i>	Fagaceae	Encino
<i>Quercus eugenifolia</i>	Fagaceae	Encino
<i>Rapanea juergensenii</i>	Myrsinaceae	----
<i>Saurauia kegeliana</i>	Dilleniaceae	Moco
<i>Saurauia veraguasensis</i>	Dilleniaceae	Moco
<i>Saurauia waldheimia</i>	Dileniáceae	Moco
<i>Synardisia venosa</i>	Myrsinaceae	Zarcil
<i>Trophis mexicana</i>	Moraceae	----
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	Rutaceae	Duerme lengua

Fuente: Villatoro 1995.

El sistema montañoso de La Chorrera, entre los 1,400 y 1,500 m se encuentra una mezcla de rodales de *Pinus oocarpa* y *P. maximoi* la cual se traslapa con remanentes de bosque latifoliado nublado, hecho que ocurre aproximadamente a los 1,500 m. A partir de este límite se detecta una reducción drástica de la temperatura y un alto grado de epifitismo en árboles a nivel de troncos y ramas. Bajo estas condiciones climáticas las especies más comunes son: *Liquidambar styraciflua*, *Quercus penduncularis*, *Quercus hondurensis*, *Vernonia depeana*, y otras especies como *Vismia mexicana*, *Lippia substrigosa*, *Dodonae viscisa* y *Leucothoe mexicana*, entre otras (Ascarrunz 1999).

### **3.1.5 Hidrología**

En las zonas de recarga de estos dos sistemas montañosos tiene lugar el origen de algunos de los primeros tributarios de la Cuenca Hidrográfica del Río Choluteca. En la Montaña de El Volcán se forman importantes fuentes de agua como las Quebradas de El Guayabo, Gualiqueme y Los Antejos, las que posteriormente conforman la Quebrada Santa Inés. Finalmente ésta quebrada drena sus aguas al Río Yeguaré, tributario mayor del Río Choluteca. Esta misma montaña es la responsable del abastecimiento de agua, ya sea por infiltración o escorrentía superficial, al casco urbano de Yuscarán y poblados aledaños; enriquece, así mismo, a la Microcuenca de la Quebrada Aguja, fuente principal del Valle de San Francisco, el Valle de Oropolí y comunidades aledañas. Esta Quebrada Aguja entrega su flujo al Río Oropolí, el cual a su vez desemboca al Río Choluteca (Acosta 2002).

En la Montaña de La Chorrera se forman los primeros tributarios de la Quebrada La Chorrera, fuente esencial de agua para las comunidades de Pacayas, Liquidambos, Frijolares, entre otras; ésta quebrada es la fuente principal de riego para el altiplano de Mansaragua. De este sistema montañoso se abastece el casco urbano de Güinope y se origina también en el mismo las microcuenca de El Zapotillo y Cápiro. De la montaña La Chorrera se derivan por procesos de infiltración el agua potable para las Aldeas de Galeras, Lizapa y las Agujas, enclavada esta última en el Valle de Zamorano (Acosta 2002).

## **3.2 MATERIALES Y METODOLOGÍA**

Para el levantamiento de información de campo y su correspondiente evaluación, la metodología se dividió en dos fases: metodología de levantamiento y metodología de evaluación.

### **3.2.1 Metodología de levantamiento**

- Reconocimiento, clasificación y cartografía de las zonas de vida o ecosistemas que caracterizan cada zona de recarga.
- Delimitación, sobre mapas topográficos a escala 1:50,000 de las zonas de recarga hídrica para los Sistemas montañosos de El Volcán y La Chorrera.
- Levantamiento del mapa de uso actual de la tierra para cada zona de recarga.

### **3.2.2 Metodología de evaluación**

- Para la clasificación y cartografía de los ecosistemas se utilizó el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge, el gradiente térmico desarrollado para la Cordillera de Montecillos y la información climática de Zamorano, Yuscarán y Güinope.

- Para la delimitación de las zonas de recarga hídrica se emplearon criterios ecológicos e hidrológicos. En términos ecológicos se utilizó el Sistema de clasificación de vida de Holdridge y en los aspectos hidrológicos se tomó como base el límite inferior de la zona influenciada por neblinas asociada a un alto grado de epifitismo a nivel de árboles. Además, fue necesario varias inspecciones terrestres usando transectos trazados por los diferentes puntos cardinales de las montañas y observando las características de los suelos e indicadores ecológicos.
- Para la delimitación del uso de la tierra se utilizó el proceso de clasificación supervisada. Esta consiste en hacer un muestreo de las diferentes clases de uso en el área de estudio, para luego determinar las características de los píxeles que corresponden a cada muestra. Posteriormente se empleó un programa especializado que clasifica cada píxel permitiendo que se agrupen de acuerdo a la firma espectral de cada muestreo. La firma espectral es la caracterización del reflejo de la luz que emite cada cuerpo una vez que la recibe.

El programa usado para el proceso de clasificación se conoce como ENVI 4.7. Este programa clasifica cada píxel de acuerdo al grado de reflectancia que emite un cuerpo, la cual es captada por el satélite que envía imágenes a un centro recolector. Para este estudio se utilizó una imagen ASTER (proporcionada por el Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe - CATHALAC) cuya resolución espacial es de 15 m, lo que permite identificar áreas de 225 m<sup>2</sup> (15m x 15m). Para terminar el mapa de uso de la tierra se utilizó el programa ArcGIS 9.3. Las clases de uso predeterminadas identificadas en toda la imagen ASTER fueron: Pastizales, barbecho corto, agricultura, pino ralo, pino denso, bosque latifoliado, suelo desnudo, nubes, cuerpos de agua y poblados. Sin embargo, para la delimitación del uso actual de la tierra dentro de las zonas de recarga hídrica fue necesario usar las siguientes categorías:

- **Barbecho forestal:** superficies cubiertas con cultivos agrícolas temporales, tales como: maíz, frijol, papa, hortalizas, cebolla, tomate, entre otros. Se incluyeron en esta categoría las tierras en descanso con barbecho corto, los pastizales y suelo desnudo.
- **Sistemas agroforestales:** superficies cubiertas con cultivos de café bajo cobertura de árboles.
- **Bosque de pino denso:** Rodales de pino mixtos o puros, independientemente de la especie, compuestos por árboles de porte alto y dosel cerrado.
- **Bosque de pino ralo:** Rodales de pino mixtos o puros, independientemente de la especie, compuestos por árboles de porte bajo y dosel abierto.
- **Bosque latifoliado:** bosque de hoja ancha en diferentes etapas de sucesión. Es decir, bosques secundarios de tempranos a tardíos y ligeras porciones de los mismos en estado de madurez.

Para diferenciar en las imágenes satelitales el bosque latifoliado puro del cultivo de café con sombra se recurrió al uso de una cota a partir de la cual no debería existir cultivo de

este grano por razones estrictamente ecológicas y de rendimientos. La cota utilizada en los dos sistemas montañosos fue la de 1,660 m y se utilizó para la delimitación de los usos de la tierra un tamaño mínimo de una hectárea.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 LÍMITES Y ECOSISTEMAS DE LAS ZONAS DE RECARGA HÍDRICA**

#### **4.1.1 Aspectos climáticos**

Ante la carencia casi total de datos climáticos para los dos sistemas montañosos y para el caso concreto de la temperatura se utilizó el gradiente térmico desarrollado para la Cordillera de Montecillos. Este gradiente tiene un valor de  $0.59^{\circ}\text{C}$  de descenso en la temperatura por cada 100 m de ascenso sobre el nivel del mar. Este gradiente es casi igual al utilizado por Holdridge en su Sistema de Clasificación, que es de  $6^{\circ}\text{C}$ . Con base en este gradiente y con los datos de temperatura media anual de Zamorano de  $23.5^{\circ}\text{C}$  y de biotemperatura media anual de  $23^{\circ}\text{C}$ , la biotemperatura media anual a los 1,450 m de altitud es del orden de  $19^{\circ}\text{C}$  y a los 1,900 m es de aproximadamente  $16.3^{\circ}\text{C}$ .

En Zamorano la precipitación promedio total anual es de 1,091 mm para 67 años de registro (1942-2009). En Güinope a los 1,315m es de 1,447 mm. En las porciones más altas de las dos cordilleras influenciadas por neblina y con cobertura de bosque natural maduro la precipitación anual es superior a los 2,500 o 3,000 mm. En ambos sistemas montañosos la precipitación aumenta con la elevación.

#### **4.1.2 Ecosistemas**

En el sistema montañoso de El Volcán se pudo determinar que el límite entre los pisos térmicos premontano y montano bajo ocurría entre los 1,400 y 1,500 m de elevación aproximadamente y el límite inferior de la zona de neblina acontecía entre los 1,450 m y 1,500 m. En términos ecológicos toda la zona de recarga corresponde al bosque muy húmedo montano bajo subtropical y dentro de este ecosistema a la asociación atmosférica muy húmeda. Mientras en el sistema montañoso de La Chorrera el cambio entre el piso premontano y montano bajo se presenta entre los 1,350 y 1,400 m de elevación. Comunidades como Las Pacayas se encuentran localizadas en este límite, como lo indica el cultivo de determinadas hortalizas y la producción de frutales de altura como la manzana, la pera y el membrillo. Ahora bien, el límite de la zona de recarga en esta montaña ocurre a los 1,500 m. Al igual que en El Volcán esta zona pertenece al mismo ecosistema y a la misma asociación.

## 4.2 USO ACTUAL DE LA TIERRA

### 4.2.1 Zona de recarga hídrica de la Montaña de El Volcán

La mayor parte de la zona está cubierta con bosques naturales que corresponden a 3,228 ha de las 4,070 ha, independientemente de su estado de desarrollo (figura 2). En esta parte de la montaña la superficie cubierta con barbecho (cultivos, pastizales, etc.) es reducida situación favorable desde el punto de vista hidrológico. Los bosques de pino ralo y los cafetales abarcan el 15%, una cobertura no deseable en términos de producción y regulación de agua pero más aceptable que el barbecho (Cuadro 3).

Cuadro 3. Distribución espacial del uso actual de la tierra en la zona de recarga hídrica de la Montaña El Volcán, Honduras.

<b>Uso actual</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>%</b>
Bosque latifoliado	2,079	51
Bosque de pino denso	1,169	29
Sistema agroforestal	477	12
Barbecho forestal	217	5
Bosque de pino ralo	127	3
<b>TOTAL</b>	<b>4,070</b>	<b>100</b>

### 4.2.2 Zona de recarga hídrica del Sistema montañoso La Chorrera

En esta zona los bosques de pino cubren el 39% de su superficie y las tierras en descanso, constituidas por barbecho forestal abarcan el 28% (cuadro 4). Los cultivos de café, concentrados principalmente en las laderas localizadas al frente del altiplano de Güinope, se extienden sobre una superficie de 320 ha (11%). El bosque latifoliado, verdadero productor de agua solo comprende 623 ha de las 2850 ha que comprende la zona de recarga (figura 3).

Cuadro 4. Distribución espacial del uso actual de la tierra en la zona de recarga hídrica de la montaña La Chorrera, Honduras.

<b>Uso actual</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>%</b>
Barbecho forestal	804	28
Bosque de pino denso	769	27
Bosque latifoliado	623	22
Bosque de pino ralo	334	12
Sistema agroforestal	320	11
<b>TOTAL</b>	<b>2,850</b>	<b>100</b>

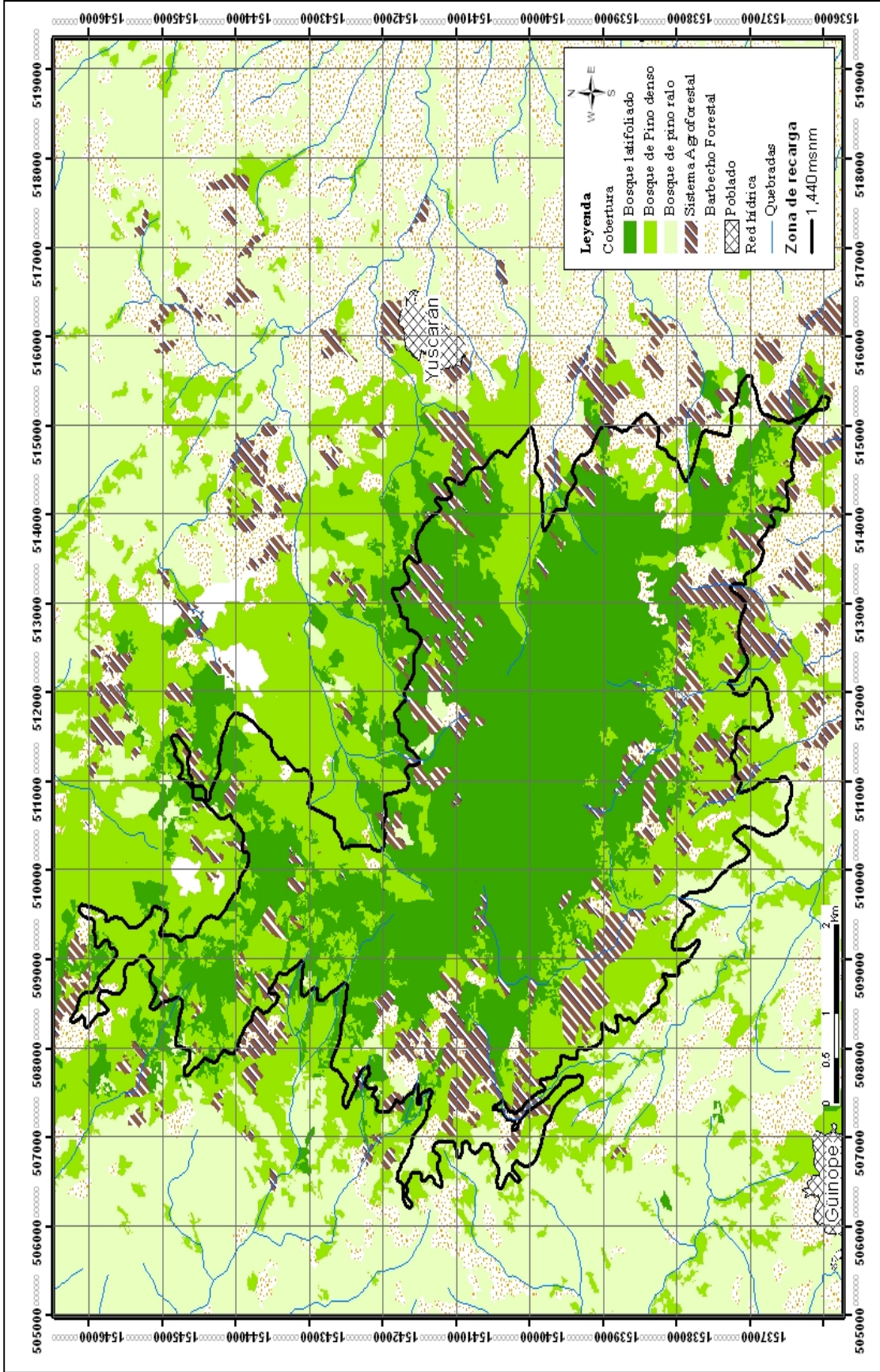


Figura 2. Mapa de uso de la tierra de la zona de recarga hídrica de El Sistema montañoso El Volcán, Honduras.



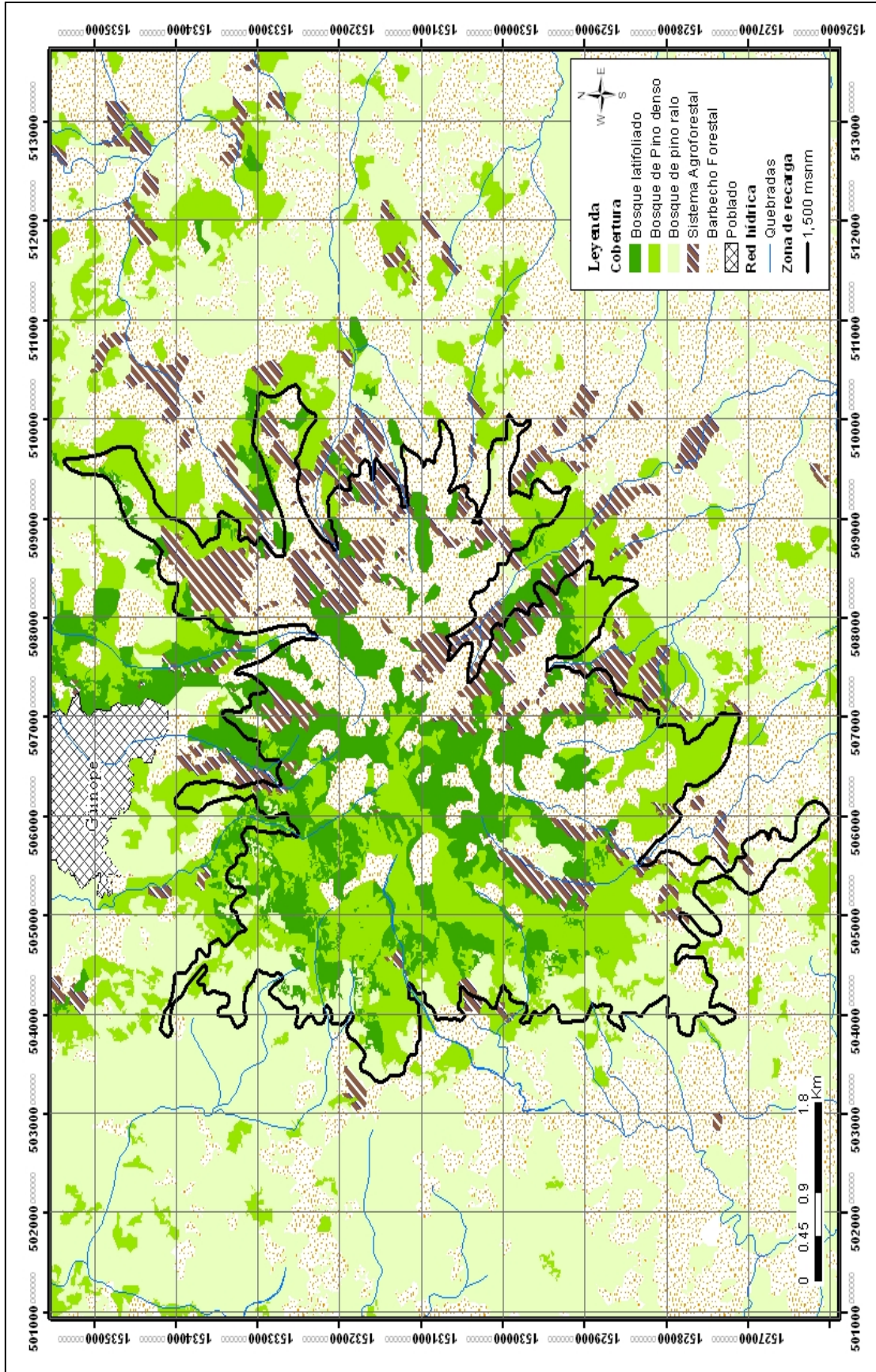


Figura 3. Mapa de uso de la tierra de la zona de recarga hídrica de El Sistema montañoso La Chorrera, Honduras.

## **5. DISCUSIÓN**

### **5.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS Y EDÁFICAS DE LAS ZONAS DE RECARGA HÍDRICA**

Las zonas de recarga de los sistemas montañosos de El Volcán y La Chorrera, desde el punto de vista climático, tiene temperaturas medias anuales del orden de 17°C y biotemperaturas medias anuales entre 12 y 18°C. En los meses más fríos del año que corresponden a diciembre, enero y febrero, las temperaturas del aire en este ecosistema pueden descender hasta los 2-4°C, por efecto de la circulación de las masas polares procedentes del Hemisferio Norte, asociada a fuertes elevaciones. La precipitación promedio total anual varía entre 2,000 y 4,000 mm. La relación de evapotranspiración potencial o humedad del suelo varía entre 0.25 y 0.50, lo que indica que la precipitación anual es siempre mayor que la evapotranspiración potencial anual.

El bosque muy húmedo montano bajo subtropical es dentro del territorio hondureño uno de los ecosistemas más lluviosos y al estar enclavado en tierras altas con bajas temperaturas, los suelos presentan un sobrante de agua durante casi todos los meses del año. Este exceso de agua en el suelo obedece además de las altas precipitaciones a cuotas reducidas del proceso de evapotranspiración potencial. En estos sitios la cantidad de agua que se bombea a la atmosfera por la evaporación y transpiración es de dos a cuatro veces menor que lo que se recibe por precipitación.

Si el bosque muy húmedo montano bajo subtropical tiene cobertura vegetal adecuada, altos contenidos de materia orgánica a nivel de piso forestal y suelos permeables y profundos, se convierte en un ecosistema esponja desde el punto de vista hidrológico. Tales requisitos son indispensables para que estos ecosistemas de alturas drenen sus aguas a las tierras bajas y secas por medio de infiltración y esorrentía superficial.

En los dos sistemas montañosos estudiados la cobertura vegetal prístina ha sido severamente alterada. Las condiciones de infiltración en gran parte de su superficie han experimentado cambios profundos debido a malos usos de la tierra. Los suelos, todos de origen volcánico (cenizas), aunque profundos han perdido en algunas áreas parte de su capacidad de infiltración a causa de la erosión y mal manejo.

### **5.2 USOS DE LA TIERRA**

En los Sistemas Montañosos de El volcán y La Chorrera las zonas de recarga hídrica, desde el punto de vista hidrológico deberían estar cubiertos con bosque latifoliado

maduro. Con base en esta consideración, la discusión se enfoca en los posibles efectos que la pérdida del bosque maduro ha provocado en las condiciones hidrológicas de las zonas de recarga.

### **5.2.1 Sistema Montañoso de El Volcán**

En este sistema montañoso el bosque latifoliado se extiende sobre una superficie de 2,075 ha, lo que representa el 51% de la zona de recarga. Ahora bien, este tipo de bosque comprende tanto el bosque maduro propiamente dicho como rodales en avanzado estado de sucesión. En 1995 se estimó que el área del bosque maduro o bosque latifoliado denso abarcaba 871 ha (18% del total) y que el bosque latifoliado moderadamente denso comprendía 1,109 ha (23% del total), en donde se incluyeron cafetales y barbecho forestal (Martínez, 2002). Tanto los datos del presente estudio como los generados por Martínez (2002) no permiten determinar con precisión el área real de la cobertura del bosque latifoliado maduro.

A diferencia de lo que ocurre con el bosque latifoliado maduro en donde la estimación de su verdadera cobertura es todavía una incógnita, lo que en realidad sí se conoce es el fuerte avance de las masas de pino hacia las porciones más elevadas de esta montaña. Una vez alteradas las condiciones de suelo que requieren las especies latifoliadas, los sitios son ocupados por especies nómadas relativamente tolerantes e invasoras.

El cultivo de café de altura constituye un uso de la tierra que se ha expandido y lo continua haciendo a lo largo y ancho de la zona de recarga. Grandes extensiones de cafetales ocupan hoy día posiciones críticas en lugares donde afloran manantiales o en riberas de quebradas.

Desde el punto de vista de producción y regulación de agua el bosque latifoliado maduro multiestratificado con la presencia de árboles viejos, es el sistema más eficiente en el proceso de la precipitación horizontal u oculta o lluvia del bosque. A medida que el bosque prístino sucumbe se altera de manera total o parcial las condiciones hidrológicas de la zona de recarga. Aunque se desconoce el aporte de los bosques de pino en términos de lluvia horizontal, esta cobertura o cualquier otra diferente al bosque maduro reduce en gran medida este aporte adicional de agua.

Afortunadamente en el Sistema Montañoso de El Volcán existe todavía suficiente bosque maduro y si se garantiza la ausencia de fuegos por largos periodos de tiempo en los pinares de altura, estos ecosistemas serán sustituidos por bosques de hoja debido a la presencia de un amplio banco de germoplasma vivo.

### **5.2.2 Sistema Montañoso de La Chorrera**

Este sistema montañoso ha recibido un impacto tan fuerte de diferentes usos de la tierra que el bosque natural maduro prácticamente ha dejado de existir. La cobertura catalogada como bosque latifoliado corresponde realmente a masas de hoja ancha jóvenes o en estado

avanzado de sucesión. El bosque latifoliado maduro en sentido estricto sólo está presente a nivel de pocas hectáreas en las porciones más elevadas de este sistema montañoso. Casi el 40% de la zona de recarga está cubierta con bosque de pino, auténticos nómadas y agresivos desplazadores de los bosques latifoliados de altura. Aunque se desconoce el aporte adicional de agua por medio de lluvia horizontal de las masas naturales de pino, se presume que no es la cubierta vegetal más adecuada desde el punto de vista hidrológico.

El barbecho forestal, constituido por tierras en descanso permanente o periódicamente utilizadas para ganadería y agricultura, ocupa superficies considerables de la zona de recarga (804 de las 2,850 ha). El barbecho forestal, en términos de producción de agua es una cobertura indeseable. Los sistemas agroforestales de café con árboles, aunque no ocupan un área considerable (11% del total), continúan extendiéndose a lo largo y ancho de la zona de recarga. La expansión de los cafetales se convierte en una seria amenaza para los escasos remanentes de bosques latifoliados.

## 6. CONCLUSIONES

- Los Sistemas montañosos de El Volcán y La Chorrera contienen importantes zonas de recarga hídrica, cuyo impacto a nivel de abastecimientos de agua se extiende no sólo a las comunidades adyacentes a los dos sistemas, sino a tierras aparentemente tan lejanas como los valles de Oropolí y Zamorano, altiplano de Las Mesas y comunidades como Galeras, Lizapa y las Agujas. A pesar de la importancia hidrológica de esas zonas de recarga los sistemas agroforestales de café con árboles y los cultivos agrícolas de altura constituyen una fuerte amenaza para la supervivencia de los bosques latifoliados, independientemente de su estado de desarrollo.
- Desde el punto de vista legal sólo una porción del sistema de montaña de El volcán, enclavada a partir de los 1,800 m de altitud, está protegido por el Decreto 87-87. Aunque existe un plan de manejo para este sistema montañoso en el que se consideraron nuevos límites para la zona productora de agua y una propuesta de enmienda al Decreto 87-87, la decisión legal de tal propuesta continúa siendo una incógnita. La zona de recarga del sistema montañoso de la Chorrera está únicamente amparada por una declaratoria de área productora de agua por parte de El ICF de Honduras.
- Con base en los procesos de producción y regulación de agua, las dos zonas de recarga deberían estar cubiertas con bosques latifoliados en estado maduro. Tales bosques, a estas elevaciones, constituyen verdaderos cinturones de condensación del ascendente vapor de agua atmosférico. La presencia de estas masas forestales maduras garantiza, especialmente para tierras bajas, un aporte adicional mediante el fenómeno de la precipitación horizontal u oculta. La destrucción total de estos bosques, como ocurrió en la Chorrera, o su eliminación parcial, como ha acontecido y ocurre actualmente en El Volcán, han tenido y seguirán teniendo consecuencias negativas en los sistemas hidrológicos de los dos sistemas montañosos.

## 7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las alcaldías que tienen que ver con el manejo y protección de estos dos ecosistemas montañosos gestionar ante el ICF primero y luego ante el Congreso Nacional de la República, la declaratoria de las dos zonas de recarga hídrica como áreas protegidas. En este sentido, la Fundación Yuscarán ya inició el proceso de la montaña de El Volcán. La fundación podría asesorar a las autoridades responsables de la protección del sistema montañoso de La Chorrera para la realización de los estudios y tramites que conllevan la declaratoria.
- A las autoridades municipales y grupos organizados que velan por la protección de los dos sistemas montañosos se les recomienda realizar un estricto control del avance de la frontera agrícola en las tierras que cubren las zonas de recarga. De inmediato se debería prohibir de manera radical el corte de árboles de especies latifoliadas.
- Dada la importancia hidrológica del bosque latifoliado maduro en el sistema montañoso de El Volcán se recomienda a las autoridades nacional y local garantizar la supervivencia de este banco de germoplasma vivo. Se sugiere, asimismo, excluir totalmente los incendios forestales y las explotaciones madereras en los bosques de pino existentes en la zona de recarga. Si estas dos actividades se garantizan a largo plazo, el bosque latifoliado comenzaría a ganar terreno por medio de un proceso de sustitución.
- Para el sistema montañoso de La Chorrera se sugiere realizar un estudio enfocado a la restauración de la zona de recarga, con propósitos hidrológicos y de biodiversidad y una vez efectuado el estudio comenzar con la restauración. En estos momentos, los remanentes de bosque latifoliado maduro deberían de ser protegidos a cualquier costo.

## 8. LITERATURA CITADA

Afrique des cimes. 2008. ¿La montaña, biodiversidad amenazada?, África (en línea). Consultado 15 jul. 2010. Disponible en <http://www.afriquedescimes.org/spip.php?article574>

Agudelo, N. 2009. Delimitación y manejo de zonas de Recarga hídrica. Diplomado en Gestión de Recursos Hídricos. Escuela Agrícola Panamericana. 9p.

Alianza para las montañas. 2009. Cuencas hidrográficas (en línea). Consultado 15 jul. 2009. Disponible en <http://www.alianzamontañas.org/issues/forests.html>

Ascarrunz, K. 1999. Evaluación Hidrológica de la Microcuenca de la Quebrada La Chorrera, Güinope, departamento de El Paraíso, Honduras, C.A. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 55p.

Bruijnzeel, S; Hamilton, L. 2000. Tiempo decisivo para las selvas de neblina. IHP Programa Trópicos Húmedos Serie No. 13. UNESCO División de Ciencias del Agua, Paris (en línea). Consultado el 27 ago. 2010. Disponible en <http://www.hydrology.nl/ihppublications/141-decision-time-for-cloud-forests.html>

Bubb, P; May, I; Miles, L; Sayer, J. 2004. Cloud Forest Agenda. UNEP-WCMC, Cambridge, UK. 36p.

Devisscher, T. 2004. Diseño y caracterización de un corredor biológico entre los bosques nublados de Uyuca y El Volcán. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Zamorano, Honduras. 89 p.

EURO-RIOC (2, 2006, Megeve, Francia). 2006. Congreso Internacional: El agua en las Montañas. Gestión integrada de las altas cuencas. Megeve, Francia, RIOCI. 6 P. (en línea). Consultado 15 ago. 2010. Disponible en <http://www.riob.org/spip.php?article609>

Fundación Yuscarán. 2005. Plan de Manejo Reserva Biológica Yuscarán 2005-2010. Yuscarán, Honduras. 62p.

García, B. 1993. Potencial Hídrico de la Microcuenca de La Quebrada Santa Inés. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 97p.

Hamilton, L. 2009. Los bosques y el agua, Italia, Roma (en línea). Consultado 31 ago. 2010. Disponible en

<http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/Manejo%20de%20Cuencas%20I/Documentos%20complementarios/Los%20bosques%20y%20el%20agua.%20FAO.%202009.pdf>

Ixmatá, MG. 2003. Análisis del balance hídrico bajo tres coberturas vegetales en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Zamorano, Honduras 27p.

Izaguirre, J; Aroca, D; Zelaya, F; Gomez, S. 2007. Identificación, demarcación y manejo de zonas de recarga hídrica en la subcuenca aguas calientes. Somoto, Nicaragua. 30p.

Kappelle, M; Brown, A. 2001. Bosques nublados del neotrópico. 1 ed. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 704p.

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

Messerli, B; Viviroli, D; Weingartner, R. 2004. Mountains of the World: Vulnerable Water Towers for the 21st Century. Ambio. Special Report 13: 29-34 (en línea). Consultado 30 ago. 2010. Disponible en <http://sites.google.com/site/dviviroli/publications>

Muthoo, M. 2002. Los entornos de montaña y su desarrollo. Unasyuva. 53(208):49

Naciones Unidas. Cumbre de Johannesburgo, 2002. Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (en línea). Johannesburgo, Sudáfrica. Consultado 15 jul. 2010. Disponible en <http://www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/documentos/Agenda21/Programacap13.htm>

Padilla, E. 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Honduras. Documentos de Trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/51S Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. (Inédito).

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2002. Informe: Territorios montañosos altamente amenazados por granjas, carreteras, incendios y guerras. Buenos Aires, Argentina (en línea). Consultado 25 agos. 2010. Disponible en <http://www.ecoportal.net>

Portillo, H. 1997. Caracterización florística estructural de la vegetación arbórea de la quebrada la Chorrera y consideraciones para su restauración. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 84p.

PREVDA (Programa Regional para la Reducción de la Vulnerabilidad y Degradación Ambiental). 2009. (en línea). Consultado 28 ago. 2010. Disponible en <http://www.sica.int/busqueda/Noticias.aspx?IDItem=34453yIDCat=3yIdEnt=630yIdm=1yIdmStyle=1>



Soihet, C; Corrales, L; Kleinn, C. 2000. Cambios en la Cobertura Forestal. FAO-FRA. Honduras. 42p. (en línea). Consultado 14 ago. 2010. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/ac768s/AC768S00.htm#TOC>

Stadtmüller, T; 1987. Los Bosques Nublados en el Trópico Húmedo. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Las Naciones Unidas/CATIE. 85p.

Stadtmüller, T; 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales: medidas para mitigarlo. Turrialba, Costa Rica, CATIE.62p.

Toledo, A. 2006. Agua, hombre y paisaje. Instituto Nacional de Ecología, México D.F (en línea). Consultado el 30 ago. 2010. Disponible en <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/download/488.pdf>

Villatoro, N. 1995. Caracterización biofísica y redefinición de límites de la reserva biológica Yuscarán, El Paraíso, Honduras. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 78p.

Watson, R; Haeberli, W. 2004. Environmental Threats, Mitigation Strategies and High-mountain Areas. *Ambio*. Special Report 13: 2-10 (en línea). Consultado 30 ago. 2010. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/25094581.pdf?acceptTC=true>