

**Evaluación de la zona de recarga hídrica y
bosques ribereños en la Subcuenca del
Río Cumes, Jesús de Otoro, Intibucá,
Honduras**

Marta Suyapa Peraza Mejía

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE

Evaluación de la zona de recarga hídrica y bosques ribereños en la Subcuenca del Río Cumes, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras

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

Presentado por:

Marta Suyapa Peraza Mejía

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2009

Evaluación de la zona de recarga hídrica y bosques ribereños en la Subcuenca del Río Cumes, Jesus de Otoro, Intibucá, Honduras

Presentado por:

Marta Suyapa Peraza Mejía

Aprobado:

Nelson Agudelo, M.Sc.
Asesor Principal.

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

Erika Tenorio, M.Sc.
Asesora

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico.

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

RESUMEN

Peraza, Marta. 2009. Evaluación de la zona de recarga hídrica y bosques ribereños en la Subcuenca del Río Cumes, Jesus de Otoro, Intibucá, Honduras. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente Zamorano. Honduras. 29 p.

La Subcuenca del Río Cumes, Jesus de Otoro, Intibucá, Honduras, es una importante fuente de agua potable para este municipio. En esta se evaluó la zona de recarga hídrica y la salud de los bosques ribereños. Se evaluó en términos del estado sucesional, el número de estratos forestales, la composición florística, grado de madurez de la masa, contenido de hojarasca y anchura a ambos lados de los bosques ribereños. Se determinó que el límite de la zona de recarga está a partir de los 1,500 m en donde se encuentra la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo subtropical, posee 1,550 ha representando el 49% del área total de la cuenca. El bosque maduro está en excelentes condiciones debido a bajas temperaturas, alta nubosidad y el contenido de hojarasca, ello favorece altas tasas de infiltración y elevados contenidos de humedad en el suelo. El bosque secundario posee 1,150 ha el mayor impacto hidrológico lo constituye la protección del suelo contra la erosión hídrica y el mejoramiento de la capacidad de infiltración. En los bosques ribereños fueron evaluados 11 puntos en la zona de recarga y cuatro fuera de ella. Los tributarios de orden uno en el bosque latifoliado maduro tienen anchura indefinida. Los de orden uno localizados en el bosque secundario tienen anchuras mayores a 400 m, excluyendo un tributario donde la amplitud es de 50 m. El contenido de hojarasca en el bosque maduro es de tres a cinco cm y en el bosque secundario es menor de dos cm.

Palabras clave: Tributarios, bosque maduro, bosque secundario, sistema de drenaje.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
4. RESULTADOS	13
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	20
6. CONCLUSIONES.....	23
7. RECOMENDACIONES	24
8. LITERATURA CITADA	25
9. ANEXOS.....	27

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro

1. Biotemperatura media anual a diferentes elevaciones en la Subcuenca del Río Cumes, con base en un gradiente térmico.	6
2. Características climáticas y de elevación de los ecosistemas identificados en la Subcuenca del Río Cumes. Honduras 2009.	7
3. Criterios para la evaluación de bosques ribereños	9
4. Criterios para clasificar la estructura de comunidades vegetales	9
5. Criterios para evaluar la cobertura vegetal de la zona de recarga	10
6. Características morfométricas de la Subcuenca del Río Cumes. Honduras 2009.....	13

Figura

1. Red hídrica de la Subcuenca del Río Cumes, Honduras 2009.	8
2. Red de drenaje, Subcuenca del Río Cumes. Honduras 2009.	14
3. Zona de recarga hídrica en la Subcuenca del Río Cumes. Honduras 2009. Fuente: JAPOE	14
4. Distribución espacial de los tipos de bosque en la Subcuenca del Río Cumes. Honduras 2009.....	15
5. Puntos de muestreo, red de drenaje y elevaciones de la Subcuenca del Río Cumes. Honduras 2009.....	17
6. Estructura diamétrica total para el bosque latifoliado nublado en estado maduro.	18

Anexo

1. Ubicación de la Subcuenca del Río Cumes, Intibucá, Honduras.	27
2. Formularios para la toma de datos en el campo para la zona de recarga.	28
3. Formularios para la toma de datos en el campo para los bosques ribereños.	29

1. INTRODUCCIÓN

La cobertura forestal es de vital importancia para captación de agua y el buen funcionamiento de los sistemas ecológicos del mundo. Esta cobertura es la que alberga una enorme cantidad de biodiversidad de especies de flora y fauna y es la que protege y preserva a las cuencas hidrográficas por su capacidad de retener y proveer agua de alta calidad, haciendo del ecosistema un recurso natural interesante y atractivo (Price, 1998). A medida que pasa el tiempo es necesario proteger las fuentes de agua pues cada día se va limitando el acceso a ella volviéndose más escasa. Esto se debe al uso insostenible y la mala distribución del recurso, es un bien público, es utilizada para la industria, agricultura y mayormente para el consumo humano lo que provoca una amenaza alimentaria. La subcuenca del Río Cumes constituye una de las áreas de captación con mejor cobertura vegetal en el interior de Honduras. Abastece la mayor parte del agua potable para el casco urbano de Jesús de Otoro y comunidades adyacentes.

La subcuenca está siendo administrada por JAPOE (Junta de Agua Potable y Disposición de Excreta), esta organización es independiente formada por la comunidad a través de una directiva que es la encargada de establecer y monitorear cada una de las actividades realizadas en la misma. Es necesario estudiar la zona para saber las condiciones de los recursos naturales dentro de la misma. Por lo que se llevó a cabo un estudio el cual consiste en la evaluación de la zona de recarga hídrica para determinar la calidad de la cobertura y en términos hidrológicos conocer el estado actual. Por otra parte se evaluó la salud de los bosques ribereños ya que ellos determinan en gran manera la calidad del recurso agua. Los resultados de la investigación se dan a conocer a través de este documento en el cual se muestra cada una de las actividades realizadas dentro de la subcuenca.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo general del estudio es incrementar conocimientos sobre hidrología forestal relacionados con la evaluación de zonas de recarga hídrica y bosques ribereños.

Para lograr este objetivo, se ha elaborado los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar en términos hidrológicos el estado actual de la zona de recarga de la subcuenca del Río Cumes.
- Evaluar en términos hidrológicos la salud de los bosques ribereños de la red de drenaje del Río Cumes.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 LOS ECOSISTEMAS MONTAÑOSOS Y SU IMPORTANCIA

Los ecosistemas montañosos abarcan un 25% de la superficie terrestre y son el hogar del 12% de la población mundial. Los ecosistemas de montaña son extremadamente vulnerables al impacto del calentamiento global. Se considera que tal calentamiento es causado principalmente por el ser humano debido al uso inadecuado de los recursos naturales lo que viene a provocar un desequilibrio ecológico. Estos ecosistemas sirven como indicadores tempranos del cambio climático y son los que amortiguan los impactos provocados en el ambiente (La Alianza para las Montañas, 2009).

Las montañas son consideradas como depósitos y almacenes de agua, es decir que son utilizadas como un recipiente que gracias a su tamaño y forma interceptan el aire en un proceso netamente natural. Mediante este proceso el vapor de agua asciende a grandes alturas donde se condensa y así de esta manera forma nubes que en el momento preciso producen lluvia y nieve (La Alianza para las Montañas, 2009).

La cobertura forestal es de vital importancia para captación de agua y el buen funcionamiento de los sistemas ecológicos del mundo. Esta cobertura es la que alberga una enorme cantidad de biodiversidad de especies de flora y fauna y es la que protege y preserva a las cuencas hidrográficas por su capacidad de retener y proveer agua de alta calidad, haciendo del ecosistema un recurso natural interesante y atractivo (Price, 1998).

Los ecosistemas montañosos del mundo se encuentran desde el ecuador hasta los polos y dominan alrededor de la quinta parte de la superficie de los continentes e islas. Sin embargo, al poseer características comunes como un relieve relativamente elevado y unas pendientes muy pronunciadas, estos ecosistemas presentan una diversidad trascendental. Estos existen en todos los continentes y en todas las altitudes, desde la parte más baja de la tierra hasta el lugar más alto del mundo. Se cree que aproximadamente la décima parte de los seres humanos recibe su sustento directamente de las montañas y una cantidad considerable de personas que viven en valles y partes bajas de las montañas también son beneficiadas con estos recursos. Por lo tanto, se considera que el mayor valor de las montañas consiste en ser las fuentes más importantes de todos los grandes ríos del mundo (Price, 1997).

El bosque lluvioso de tierras bajas es producto de nubes persistentes, temporales o frecuentes, impulsadas hacia las montañas por el viento. Estas nubes dan a los bosques una humedad muy superior a la de las lluvias. En algunos casos, la humedad adicional puede ascender a casi el 20 % de la lluvia normal o precipitación, esta es llamada lluvia

horizontal equivalente a cientos de milímetros de agua. Al destruir los bosques montañosos, se pierde el agua adicional tomada de la atmósfera, además se pierde calidad en el agua ya que los desechos y contaminantes van a dar directamente a las fuentes de agua, asimismo se pierde estabilidad en las corrientes de agua, y se incrementa la erosión de los suelos (Alianzas para las Montañas, 2009).

Hasta los años 70 la mitad de América Latina estaba cubierta por bosques. Actualmente la tasa de deforestación continúa a un ritmo alarmante acelerado, principalmente en Centro América, México y en la región amazónica de Brasil y Colombia. Esta preocupante además de provocar cambios climáticos ha provocado altas tasas de erosión y sedimentación a nivel de cuencas y ha impactado de manera negativa los habitantes y la diversidad biológica de los ecosistemas (Velez, 2002).

Además el uso inadecuado de fertilizantes y agroquímicos en las actividades agrícolas ha ocasionado fuertes impactos ambientales, como pérdida de biodiversidad, daños y contaminación en ecosistemas naturales en toda la región y principalmente en las fuentes de aguas alterando su calidad. Así mismo el uso frecuente de estos químicos ha creado resistencias a plagas, de enfermedades y malezas y problemas de salud pública por intoxicaciones y por efectos residuales en los alimentos (Velez, 2002).

2.2 ZONA DE RECARGA HÍDRICA EN EL CONTEXTO DE LA HIDROLOGÍA

Al momento de analizar la hidrología forestal hay que tomar en cuenta algunos factores importantes en los cuales se tiene que basar un estudio para la obtención y suministro de agua. Estos factores pueden ser: políticas, legislación, aspectos económicos, financieros, sociales y culturales. Se debe tener conocimientos sobre manejo de cuencas, experiencia técnica sobre el manejo de recursos naturales y conocimientos sobre el manejo de bosques, entre otros.

Tradicionalmente, la hidrología es definida como la disciplina que se encarga directamente de las propiedades, ocurrencia, distribución, comportamiento y movimiento del agua subterránea y en la superficie de la tierra. Tiene una relación muy cercana con otras ciencias y disciplinas, tales como: ciencia de la atmósfera, glaciología, oceanografía, hidráulica, química, matemáticas, geología y ecología. La hidrología se ocupa principalmente de los procesos hidrológicos, recursos subterráneos y actividades socioeconómicas; agua para el consumo humano, agua para la generación de energía, agua para los productos agrícolas, agua para la industria y problemas como la erosión de suelo, sedimentación, inundación, entre otros (UNESCO, 2002).

El ciclo hidrológico es una serie de reservas o áreas de almacenamiento de agua y una serie de procesos naturales que ocasionan que el agua se mueva entre estas reservas. Las reservas más grandes son los océanos, que contienen aproximadamente un 97% del agua de la tierra. El 3% restante es el agua dulce, tan importante para la sobrevivencia de los seres humanos. La presencia del agua en forma de vapor en la atmósfera es uno de los factores que hace que la tierra sea un lugar agradable y seguro para habitar. En el ciclo

hidrológico ocurren varios procesos; la precipitación se distribuye en diferentes formas; un porcentaje de agua va para el suelo y las plantas, otro corre hacia los arroyos, ríos y lagos, otra cantidad se infiltra en la reserva de agua del suelo terrestre o subterráneo y otro porcentaje cae en los glaciares y se acumula en forma de hielo. La cantidad de precipitación que se absorbe en el suelo depende de varios factores: la cantidad y la intensidad de la precipitación, la condición del suelo, la inclinación del paisaje o elevación y la presencia de vegetación o cobertura vegetal. La Tierra es el único planeta del sistema solar con extensas cantidades de agua líquida (Egger, 2004)

Los ecosistemas hidrológicos de las cuencas hidrográficas de montaña descienden por los arroyos y ríos, desembocan en los lagos, llenan los mantos freáticos y, más adelante, desembocan en el mar. Los principales ríos del mundo nacen en las montañas y, por consiguiente, más de la mitad de la población mundial depende del agua que proveen estas montañas. La población humana y por ende la demanda del agua crece cada día, por lo que es urgente una gestión protectora de los ecosistemas de montañas y de los recursos hídricos para la sostenibilidad y supervivencia a largo plazo. Se considera que la deforestación, la minería, la agricultura y la expansión de asentamientos humanos son factores que afectan severamente a las cuencas hidrográficas de montaña (Alianzas para las Montañas, 2009).

Las actividades humanas son las que contribuyen a la fragilidad del suelo de las montañas. La explotación forestal insostenible y las prácticas agrícolas inadecuadas, causan una grave pérdida de la cubierta vegetal del suelo. Sin árboles ni plantas que absorban el agua, aumentan los escurrimientos y se empeora la erosión del suelo. Por ejemplo, la duplicación de la velocidad con que corre el agua, aumenta de ocho a 16 veces el tamaño de las partículas que puede arrastrar la corriente. A la final conforme cada vez más porciones de suelo y sedimentos se deslizan hacia el río, aumenta la posibilidad de que haya derrumbes, deslaves e inundaciones (Alianzas para las Montañas, 2009).

La cobertura vegetal es la superficie receptora más eficaz para interceptar el agua que viene directamente de las nubes, llamada precipitación. Pero hay que tomar en cuenta que esta vegetación es exigente y ansiosa de nutrientes que son los que le ayudan a su crecimiento y que luego se convierte en protectora de afluentes de agua proveyendo calidad y cantidad. El bosque como cubierta forestal es un recurso necesario para muchas funciones biológicas, químicas, físicas y socioeconómicas de los seres vivos, por lo que hace una sociedad positiva con el agua y ambos se convierten en una necesidad mutua ya que sin bosque se pierde cantidad y calidad de agua y sin agua los bosques no pueden crecer porque a través de ella absorbe los nutrientes (Ortiz, 2005).

2.3 LOS BOSQUES RIBEREÑOS Y SU IMPORTANCIA

Los bosques ribereños albergan una enorme cantidad de hábitats que benefician a un alto número de especies de flora y fauna. Aun más importante, estos forman galerías evidentes que trabajan como corredores biológicos, permiten la circulación, evolución, migración y dispersión de especies asegurando la conservación a largo plazo. Varios estudios realizados, principalmente en regiones templadas, han documentado la importancia de los

bosques ribereños para las poblaciones de aves, ya que es un hábitat ideal para muchas especies y son el lugar preferido para las aves migratorias (Arcos y Messerli, 2008).

Los bosques ribereños o de galería están adyacentes a los ríos con una variedad de especies vegetales protectoras y proveedoras de agua, por lo tanto estos son ricos en especies de plantas que sirven como filtradoras de nutrimentos, permitiendo que el agua de los ríos sea saludable y de alta calidad. La cantidad de vegetación que existe en los bosques de galería evita la erosión de suelos, además son un refugio importante para los reptiles y anfibios y otras especies de fauna característico de estas zonas húmedas. Estos bosques tienen un valor importante en belleza escénica, sus paisajes son estéticos y recreativos y poseen un atractivo natural que es característico de ellos (FAO, 2005).

“La vegetación de ribera es capaz, a través de su sistema radical, de modificar la composición química de las aguas que llegan al río. La tupida red de raíces de las plantas ribereñas absorbe los nutrientes disueltos en el agua para su propio beneficio y con ello disminuye la carga orgánica del ecosistema acuático, frenando los fenómenos de eutrofización” (Arcos y Messerli, 2008).

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, responsables del abastecimiento y provisión de agua en las tierras bajas. Todas estas cuencas drenan sus aguas por medio de complejos sistemas hidrológicos (Agudelo, 2009). Estos sistemas o red hidrográfica están, por lo general, protegidos por comunidades vegetales o bosques ribereños. Estos bosques son considerados la base de la cadena alimenticia de los cuerpos de agua. Además de su papel en la cadena de alimentos, los bosques ribereños cumplen otras funciones ecológicas y paisajísticas. Aun más, las comunidades ribereñas actúan como conductos, filtros o controladores de flujos de agua, sedimentos y nutrimentos y constituyen la solución más eficiente para reducir la contaminación difusa (Agudelo, 2009).

La mayor importancia de los bosques ribereños es que sirven como una barrera contra los sedimentos, estos tienen la capacidad de retenerlos y evitar que lleguen a las fuentes de agua. Esto se debe a la rugosidad y a la resistencia de la cobertura vegetal existen muchas especies que sirven como filtros por su capacidad radicular. “El nitrógeno en el escurrimiento del agua subterránea superficial puede ser reducido en un 80% después de pasar por un bosque ribereño” (Ceccon, 2003).

La legislación de Honduras decreto # 85 y artículo 64 prohíbe en toda la república cortar, dañar, quemar o destruir los árboles, arbustos y en general los bosques, dentro de 250 m alrededor de cualquier nacimiento de agua, 150 m, a uno y otro lado de todo curso de agua permanente, laguna o lago, siempre que esté dentro del área de drenaje de la corriente. Cuando la corriente de agua sirva para el abastecimiento de poblaciones, la faja de protección del curso de agua será la que corresponde al área de drenaje a uno y otro lado, hasta 100 m abajo de las presas de captación, incluyendo las aguas drenadas por los afluentes.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La Subcuenca del Río Cumes es administrada por la Junta de Agua Potable y Disposición de Excretas (JAPOE). Esta organización se encarga de velar por el cumplimiento de leyes y reglas establecidas por la comunidad para el cuidado y protección de la zona de recarga hídrica. La Subcuenca del Río Cumes está ubicada en el municipio de Jesús de Otoro, Departamento de Intibucá, en la región Centro Oeste de Honduras. Limita al norte con las comunidades de Coclán, Los Mangos y Macuelizo, al sur con las comunidades de Ojo de Agua, Santiago y Jesús de Otoro, al este con la Cordillera de Montecillos y al oeste con la Microcuenca de la Quebrada San Marcos (Anexo 1). La subcuenca se extiende desde los 600 m en el valle de Otoro hasta los 2,134 m la topografía cuenta con pendientes variadas mayores y menores del 30% excluyendo la parte baja donde se encuentra el Valle de Otoro.(Hernández, 2004).

Con respecto al clima y la ecología, la subcuenca solo tiene información climática disponible en el valle de Jesús de Otoro. La estación climática La Gloria enclavada en este valle a una altura de 600 m, indica que la temperatura media anual en las porciones más bajas de la cuenca es superior a los 24⁰C. En estos mismos sitios bajos la precipitación promedio anual es de 1,059 mm, con una temporada de sequía que se extiende aproximadamente desde finales de octubre hasta principios de junio.

El gradiente térmico calculado para la cuenca con base en la información climática de las estaciones La Gloria y La Esperanza es de 0.59⁰C de descenso en la biotemperatura media anual por cada 100 m de ascenso sobre el nivel del mar. Con base en este gradiente, la biotemperatura media anual por debajo de los 800 m de altitud es de 23.6⁰C (Cuadro 1).

Cuadro 1. Biotemperatura media anual a diferentes elevaciones en la Subcuenca del Río Cumes, con base en un gradiente térmico.

Cuadro Elevación en msnm.	Biotemperatura media anual en ⁰ C
800	20.8
1 000	21.2
1 200	20.1
1 500	18.3
1 800	16.5
2 134	14.5

Con base en la información térmica precedente se deduce que las partes bajas de la cuenca pertenecen al piso basal de la región tropical. Además, de este piso altitudinal se encuentran también los pisos premontano y montano bajo de la región subtropical. En las tierras montañosas de esta subcuenca la precipitación aumenta desde las partes más bajas y secas hasta las más altas y frías. Como se mencionó anteriormente, a nivel del valle de Otoro la precipitación promedio total anual es de 1,059 mm. El valor de la precipitación anual en las tierras más altas y frías de la cuenca, cubierta con bosque latifoliado en estado maduro, es de aproximadamente 3,000 a 3,500 mm (Agudelo, 2009).

El reconocimiento, clasificación y levantamiento del mapa de zonas de vida o ecosistemas, permitió la identificación de cuatro bioclimas: uno en el piso basal tropical, otro en el piso premontano de la región subtropical y dos en el piso montano bajo de esta última región (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características climáticas y de elevación de los ecosistemas identificados en la Subcuenca del Río Cumes. Honduras 2009.

Zona de vida o ecosistema	Nomenclatura	Biotemperatura media anual (°C)	Precipitación promedio total anual (mm)	Elevación (m)
Prosa Bosque seco Tropical, transición a subtropical	bs- 	21.4 -24	1000-1400	Menos de 800
Bosque húmedo subtropical	bh-S	18-24	1000-2000	800-1200
Bosque húmedo montano bajo subtropical	bh- MBS	12-18	1000-2000	1200-1500
Bosque muy húmedo montano bajo subtropical	bmh-MBS	12-18	2000-4000	Más 1500

Fuente: Agudelo, 2009

La porción baja, es decir, a menos de 1,000 m de la subcuenca tiene rodales mixtos de pino ocote (*Pinus oocarpa*), robles (*Quercus* spp.), encino (*Quercus oleoides*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*) y otras latifoliadas. A nivel del valle la cobertura es de especies latifoliadas y un poco de pino (*Pinus caribaea*). La porción media comprendida entre los 1,000 m y 1,500 m consta de rodales mixtos de *Pinus maximinoi*, liquidámbar y otras latifoliadas. Finalmente, la porción alta encontrada a partir de los 1,500 m de la subcuenca cuenta con bosque latifoliado maduro, rodales mixtos de *Pinus maximinoi*, liquidámbar, guamiles de especies latifoliadas en proceso de restauración y otras latifoliadas. A nivel de bosque de galería la vegetación es latifoliada.

La red hídrica de la Subcuenca del Río Cumes está constituida por 18 ríos pequeños de orden uno que forman cinco quebradas de orden dos. Todas estas se unen para formar un río principal de orden tres el cual es el Río Cumes que desemboca en el Río Grande de Otoro. Cada número presenta el orden del tributario el 1 representa un tributario de orden uno y así sucesivamente (Figura 2).

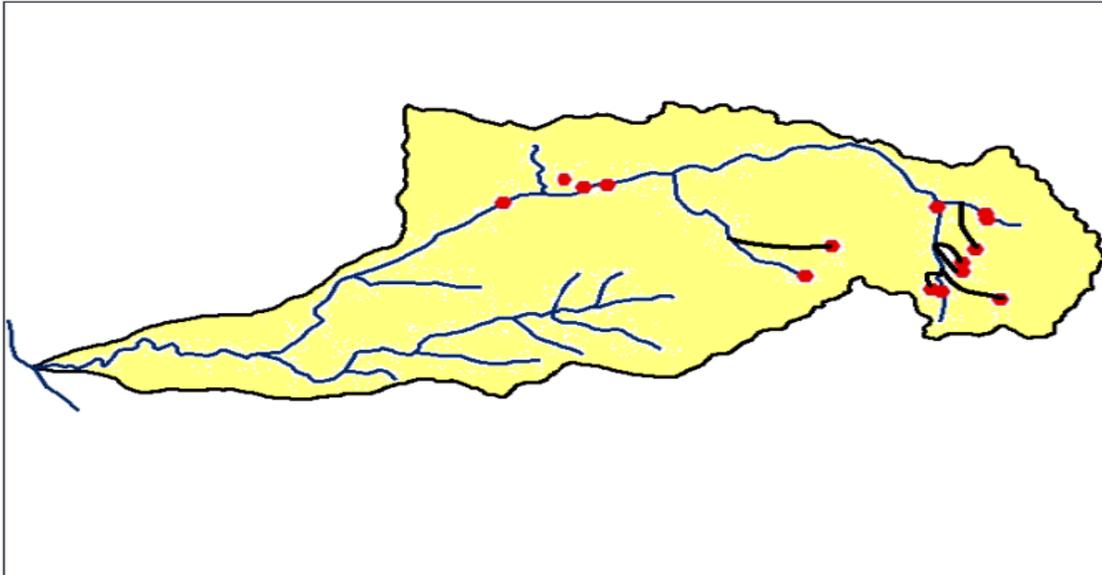


Figura 1. Red hídrica de la Subcuenca del Río Cumes, Honduras 2009.

El uso de la tierra está dividido por el área agrícola en la parte baja cultivos de granos básicos (frijol, maíz y arroz), algunas hortalizas (tomate, yuca, papa), frutales tales (nance, melón, sandía, mango). La parte media cuenta con cultivos como el café con prácticas agroforestales como la asociación con la guama *Inga* spp., entre otros. De igual forma existen algunos huertos mixtos, hortalizas (tomate, lechuga, entre otros), granos básicos, entre otros. En la zona alta se encuentran frutales como el durazno, granos básicos (maíz y frijól) y el café como principal cultivo. Con respecto al bosque, la parte baja de la subcuenca cuenta con especies forestales y ornamentales, desde Pinos (*Pinus caribaea* y *Pinus oocarpa*) y latifoliadas como el liquidámbar, entre otros. La parte media consta de las mismas especies antes mencionadas y con las apariciones de Flor azul (*Vitex Cooperi*), entre otras. Asimismo en la parte alta posee especies como el (*Pinus maximinoi*) malcota o roble de montaña (*Quercus skinneri*), achotillo (*Sloanea faginea*), entre otras.

3.2 MÉTODOGIA APLICADA

Para delimitar la subcuenca se determinó utilizando la base de datos proporcionada por JAPOE (Junta de Agua Potable y Disposición de Excretas) la cual fue procesada a través del programa ArcMap, con la ayuda de la Unidad de Sistema de Información Geográfica de Zamorano (USIG), en el cual se utilizó ArcGIS 9.3. La red hidrológica se levantó por medio del programa de ArcMap en la Unidad de Sistemas de Información Geográfica (USIG) utilizando ArcGIS 9.3. Algunos tributarios que no se determinaron mediante el programa se levantaron en el terreno con GPS y luego se dibujaron en el mapa de la red hidrológica.

Para la evaluación del estado actual de los bosques ribereños, se evaluó la calidad del bosque en función de los siguientes criterios: composición florística y grado de madurez de la masa, estructura de las comunidades vegetales y contenido de hojarasca del piso

forestal. Para ello se tomaron puntos de muestreo con GPS principalmente en los nacimientos y se recolectó información necesaria. La zona de recarga se delimitó con base en criterios ecológicos y posteriormente se evaluó en términos del estado sucesional de la cobertura vegetal y del número de estratos o pisos, el tipo de bosque y edad promedio de los árboles. Con el propósito de conocer las características físicas de la cuenca se procedió a la determinación de sus parámetros morfométricos.

El programa ArcMap en ArcGis 9.3 fue utilizado para delimitar la subcuenca, la zona de recarga hídrica, los bosques ribereños y los tipos de bosque que se encuentran en la zona de recarga.

Cuadro 3. Criterios para la evaluación de bosques ribereños

Orden del tributario	Anchura mínima del bosque a lado y lado del cauce (m)	Situación
1	Indefinida	Si está dentro de la zona de recarga
2	Indefinida	Si está dentro de la zona de recarga
3	200 a 250	Si está fuera de la zona de recarga
4	200 a 250	Si está fuera de la zona de recarga

En términos del contenido de especies los bosques ribereños deben ser pluriespecíficos y no monoespecíficos, es decir, deben presentar un grado de mezcla relativamente alto. Es posible encontrar en algunos de estos bosques una mezcla de especies de tierra firme con otras que toleran agua. La madurez de la masa se debe reconocer por el dominio de individuos de diámetros pequeños y por la escasa abundancia de árboles viejos o maduros. En otros términos, los bosques deben estar caracterizados por una curva en forma de “J” invertida.

Si el bosque es relativamente maduro tiene que ser forzosamente multiestratificado, con la presencia de 2-5 estratos. Se debe encontrar en ellos árboles emergentes hasta de 35 m de altura y 2 m de dap. (Cuadro 4).

Cuadro 4. Criterios para clasificar la estructura de comunidades vegetales

Estrato	Características
Emergente	Individuos generalmente aislados, con copas redondeadas, con altura mayor de 35 m
Medio superior	Dosel del bosque constituido por árboles dominantes y codominantes con copas apretadas, con alturas entre 20-35m
Inferior	Conjunto de árboles localizado bajo el nivel general de copas, con alturas variables.
Arbustivo	Conjunto de individuos con alturas máximas de 5m.
Herbáceo	Conjunto de individuos de contextura herbácea y altura variable.

Si el bosque es maduro debe encontrarse un contenido de hojarasca alto, con una profundidad de 2-5 cm. Por otra parte, el sotobosque debe ser ralo. Para fines prácticos de

la evaluación de los bosques ribereños se hizo por ecosistemas, comenzando con los más fríos y concluyendo con los más cálidos. Dentro de cada ecosistema la evaluación se hizo por el orden de tributarios, iniciando con los de menor grado y finalizando con los de orden superior.

Para evaluar la zona de recarga hídrica se utilizó la metodología desarrollada por Agudelo.¹ Con esta metodología se evaluó la zona de recarga en términos del estado sucesional de la cobertura vegetal y del número de estratos o pisos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Criterios para evaluar la cobertura vegetal de la zona de recarga

Tipo de bosque	Edad promedio de los árboles (años)	Número de estratos
Bosque latifoliado maduro	600-800	4-5
Bosque latifoliado secundario tardío	70-150	2-3
Bosque secundario temprano	20-30	1-2
Bosque mixto secundario tardío	70-100	2-3
Bosque mixto secundario temprano	20-30	2-3

Para evaluar los parámetros morfométricos se tomó como base en la tesis de Manueles (2007). Fundamentado en este documento las principales características que se determinaron fueron:

Área y perímetro. La superficie y perímetro de la cuenca se obtuvo por medio del programa de ArcMap.

Altura máxima y mínima. Los puntos más altos y bajos de la subcuenca se identificaron en el campo con GPS y se comprobaron en el programa de ArcMap.

Pendiente de la subcuenca. Para estimar la pendiente se usó la siguiente fórmula:

$$Pc = [(Emax - Emin)/L] * 100 \quad [1]$$

Donde:

PC: Pendiente de la cuenca (%)

Emax: Elevación máxima de la cuenca (msnm)

Emin: Elevación mínima de la cuenca (msnm)

L: Longitud del cauce (m)

Forma de la subcuenca. Para determinar la forma de la cuenca se aplicó el coeficiente de compactividad de Gravelius, cuyo modelo matemático obedece a la forma:

$$cg = \frac{0.28 \times P}{\sqrt{A}} \quad [2]$$

¹ (Agudelo 2009). Metodología para la evaluación de bosques ribereños.

Donde:

Cg: Coeficiente de Gravelius

P: Perímetro de la cuenca en Km

\sqrt{A} : Superficie de la cuenca en Km²

Con base en el cg las formas de las cuencas tienen los siguientes rangos en valores a dimensionales:

1-1.25 = redonda

1.25-1.5 = ovalada

1.5- 1.75 = oblonga

Longitud de cauce principal. Se determinó con una función (calcular áreas) del programa ArcMap, calculando el largo del río principal.

Drenaje de la cuenca. El sistema de drenaje de la cuenca se midió en función del índice: densidad de drenaje (Dr). Para determinar la densidad de la red se empleó el siguiente modelo matemático:

$$Dr = \frac{N}{A} \quad [3]$$

Donde:

N: Número de cauces en la cuenca incluyendo intermitentes.

A: Superficie drenada en Km²

Pendiente media del cauce. Para calcular la pendiente media del cauce se utilizó el modelo siguiente:

$$Scl = \frac{E85 - E10}{0.75(Lc)} \quad [4]$$

Donde:

Scl: Pendiente media del cauce.

E85: Elevación del cauce 85% de la distancia desde la boca hacia la parte más alta.

E10: Elevación del cauce al 10% de la boca hacia la parte más alta.

Lc: el 75% de la longitud del cauce principal

Orden de la red hídrica. Se determinó por una asignación de números a los tributarios de acuerdo a la clasificación de Strahler.²

Tiempo de concentración. Es el tiempo que tardan las gotas de agua de lluvia en llegar desde el punto más extremo de la cuenca al sitio de salida o desembocadura. Para ello se empleó la fórmula:

² (Strahler) Sistema de clasificación de cursos fluviales basado en la organización de los tributarios, de modo que el primer tributario es de orden uno y si a este se une otro de orden uno se forma el orden dos y así sucesivamente hasta llegar a la desembocadura del cauce.

$$Tc = (0.870 * \frac{L}{H})^{0.385} \quad [5]$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración

L: Longitud en Km del cauce principal de la cuenca

H: Diferencia de nivel en m, entre la salida de la cuenca y el punto hidráulicamente más bajo.

4. RESULTADOS

4.1 CACTERISTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA SUBCUENCA

La Subcuenca de Cumes es relativamente pequeña (3,180 ha), con una longitud del cauce principal del orden de 15 km. La forma de la cuenca es oblonga y cuenta con una pendiente de 10.2%, la densidad de la red de drenaje es de 1.1 km con un tiempo de concentración de 8,208 segundos lo que indica que la gota de agua tarda este tiempo desde el momento que cae hasta llegar a la desembocadura. En el siguiente cuadro se presenta las características morfométricas de la subcuenca del Río Cumes.

Cuadro 6. Características morfométricas de la Subcuenca del Río Cumes. Honduras 2009.

Parámetro	Unidad	Total
Área	Km ²	31.79
Perímetro	Km	36.33
Forma	Oblonga	1.75
Altura máxima de la cuenca	msnm	2,134
Altura mínima de la cuenca	msnm	600
Pendiente de la cuenca	%	10.2
Altura máxima del cauce	msnm	2,134
Altura mínima del cauce	msnm	600
Longitud del cauce principal	Km	15.05
Pendiente media del cauce	%	11.51
Densidad de drenaje	Km	1.1
Tiempo de concentración	Seg.	8,208

En cuanto a la red de drenaje de la cuenca se ilustra en la Figura 3. Con base a esta red se determinó el orden de la subcuenca la cual se cataloga de orden tres.

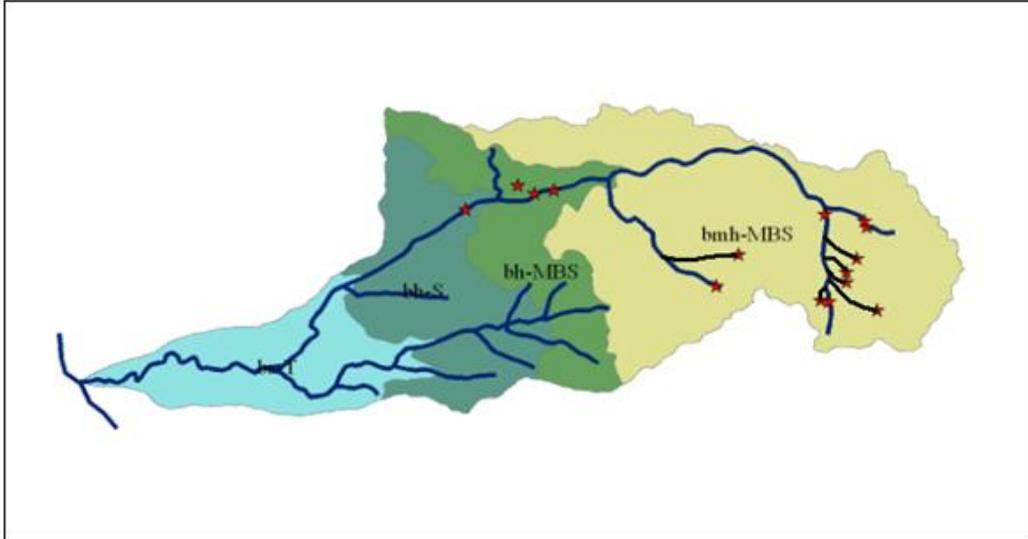


Figura 2. Red de drenaje, Subcuenca del Río Cumes. Honduras 2009.

4.2 ZONA DE RECARGA HÍDRICA

Para delimitar la zona de recarga hídrica se utilizó como base el mapa de zona de vida o ecosistemas, levantado por Romero (2009). De acuerdo con este estudio, la zona de recarga de agua corresponde en su totalidad a la zona de vida bosques muy húmedo montano bajo subtropical-bmh-MBS. La superficie de esta zona es del orden de 1,550 ha representando el 49% del área total de la cuenca. (Figura 4).

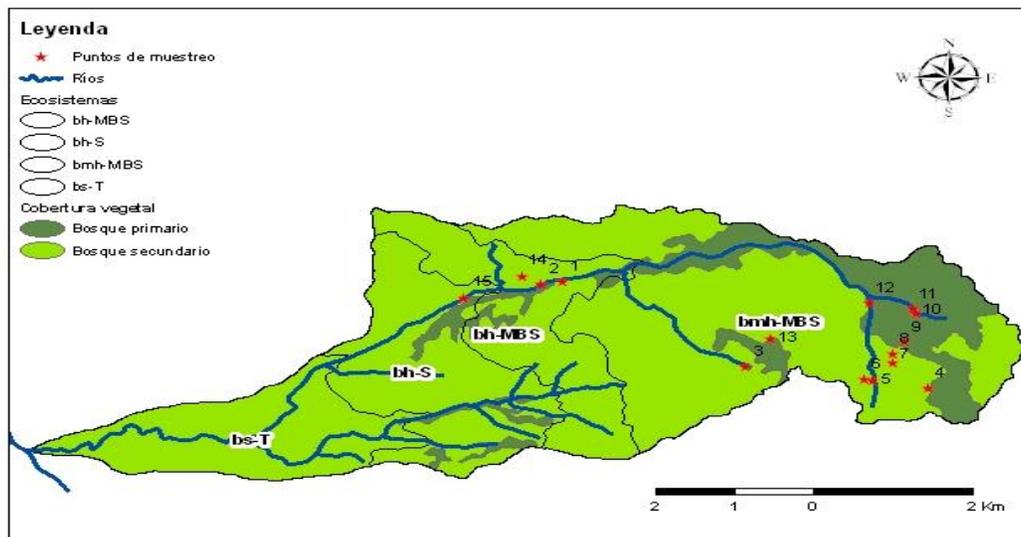


Figura 3. Zona de recarga hídrica en la Subcuenca del Río Cumes. Honduras 2009³. Fuente: JAPOE

³ Bh-MBS: Bosque húmedo montano bajo subtropical.
Bh-S: Bosque húmedo seco.

La zona de recarga hídrica está cubierta esencialmente por bosques naturales en diferentes etapas de sucesión. En general, tres grandes tipos de bosque dominan el paisaje en la zona de recarga: los bosques latifoliados en estado maduro; bosques mixtos de pino, liquidámbar y otras latifoliadas y los bosques secundarios constituidos básicamente por especies latifoliadas. Para fines prácticos de este estudio y con el propósito de ser más contundente en la evaluación hidrológica de la zona de recarga, se decidió clasificar la cobertura vegetal en dos grandes categorías: bosque latifoliado maduro con un área de 490.5 (15.4% del total de la zona de recarga) y bosque secundario con una superficie de 2689.5 (84.6% del total de la zona de recarga) (Figura 5).

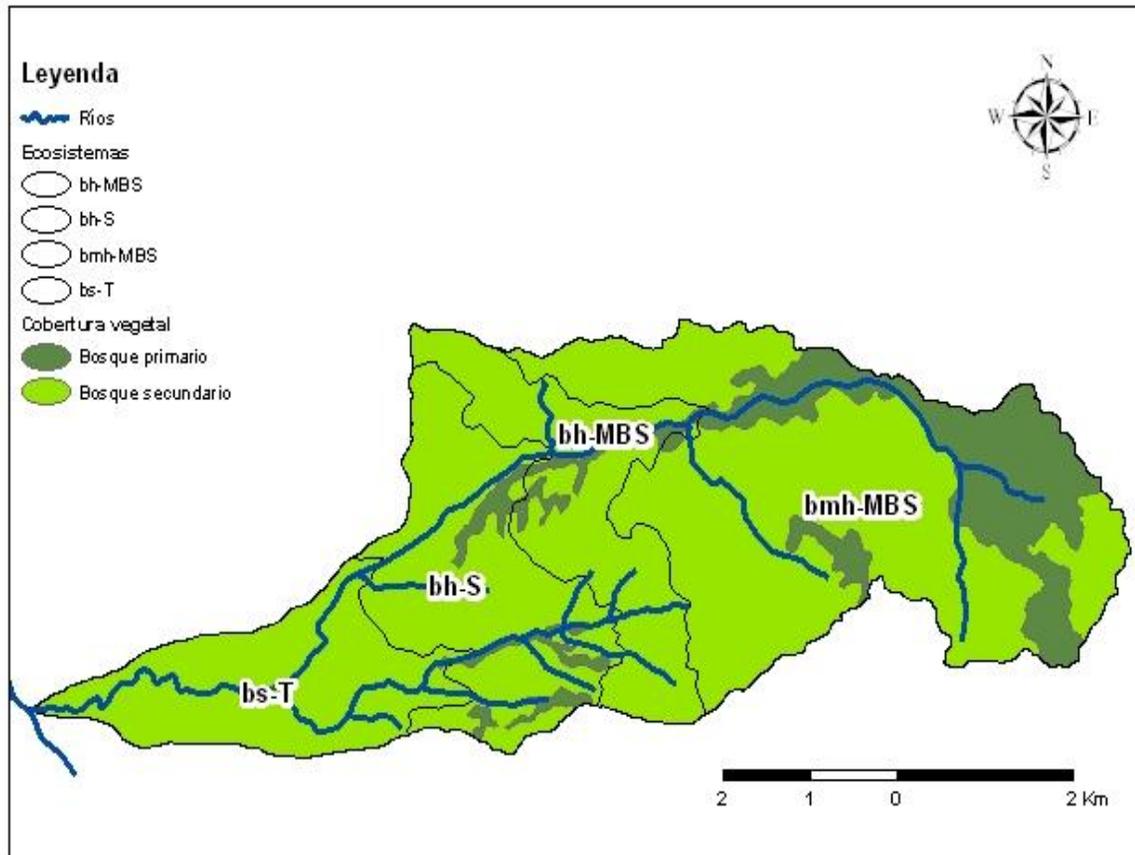


Figura 4. Distribución espacial de los tipos de bosque en la Subcuenca del Río Cumes, Honduras 2009⁴.

Fuente: JAPOE

La zona de recarga hídrica en esta cuenca se extiende desde los 1,500 m de altitud hasta las porciones más elevadas de la misma y corresponde en su totalidad a la zona de vida

Bmh-MBS: Bosque muy húmedo montano bajo subtropical.

Bs-T: Bosque seco tropical.

⁴ Bh-MBS: Bosque húmedo montano bajo subtropical.

Bh-S: Bosque húmedo seco.

Bmh-MBS: Bosque muy húmedo montano bajo subtropical.

Bs-T: Bosque seco tropical.

bosque muy húmedo montano bajo subtropical-bmh-MBS. La zona de recarga abarca una superficie de 1,550 ha equivalentes al 49% del área de la cuenca, la que está cubierta en su totalidad con bosques naturales. La mayor parte de la zona, 1,150 ha (74% de la zona de recarga), tiene una cobertura de bosque secundario en diferentes fases de restauración. Las restantes 400 ha (26%) soportan una vegetación de bosque latifoliado maduro. Este macizo de bosque maduro abarca tanto los bosques ribereños de la zona de recarga como aquellos no influenciados por la infiltración lateral de agua.

4.3 BOSQUES RIBEREÑOS

Con excepción de la Microcuenca de la Quebrada de Santiago, el grueso de los tributarios del Río Cumes tiene su origen en la zona de recarga hídrica. (Figura 6). La mayor parte de los tributarios de orden uno se origina a elevaciones superiores a los 1,750 m.

En total se muestrearon 15 puntos distribuidos a lo largo y ancho de la cuenca. Los sitios de muestreo se concentraron de manera intencional a nivel de nacimientos de agua o tributarios de orden uno. De los 15 sitios muestreados seis se ubicaron en el bosque latifoliado maduro, cinco en el bosque secundario de la zona de recarga y cuatro se levantaron a orillas del Río Cumes, pero fuera de la zona de recarga.

A la fecha se sabe por medio de investigación científica que el bosque latifoliado nublado en estado maduro del piso montano bajo en Honduras, es altamente productor de lluvia horizontal u oculta y es a la vez un excelente regulador de de lluvia vertical. Bajo esta óptima, aproximadamente la cuarta parte de la zona de recarga constituye en términos reales el verdadero cinturón de condensación del vapor de agua atmosférico o pulmón de agua para esta cuenca. Las tres cuartas partes de la zona de recarga, cubiertas con bosque secundario, ofrece en la actualidad una protección eficaz contra la erosión hídrica, mejora las condiciones de infiltración y serán a futuro masas complementarias en el proceso de lluvia horizontal.

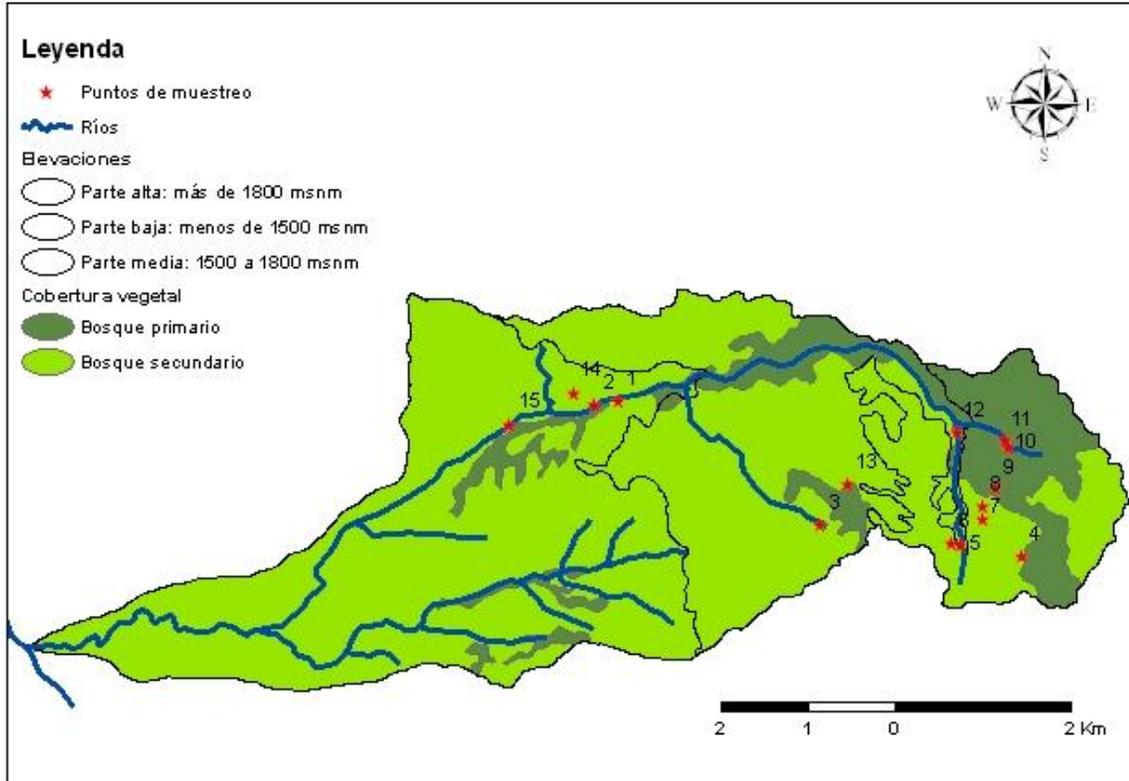


Figura 5. Puntos de muestreo, red de drenaje y elevaciones de la Subcuenca del Río Cumes. Honduras 2009.

Fuente: JAPOE

Los tributarios de orden uno enclavados en el bosque latifoliado maduro tienen anchura o amplitud indefinida. Esto quiere decir que el bosque ribereño se traslapa y confunde con el bosque maduro productor de agua. En este sentido, tanto el bosque productor de agua como el bosque ribereño constituyen una sola unidad hidrológica. Los tributarios de orden uno localizados en el bosque secundario tienen anchuras del bosque ribereño superiores a los 300 o 400 m, excluyendo un solo tributario en donde la amplitud del bosque fue del orden de los 50 m. Aunque el bosque secundario no es en términos hidrológicos un bosque neto productor de agua, la amplitud del bosque ribereño garantiza por lo menos una adecuada protección del suelo contra la erosión y una cobertura parcial de los cauces.

No se levantó ningún punto de muestreo en los tributarios de orden dos, enclavados en la zona de recarga, debido a que en esta porción de la cuenca todo el tramo del Río Cumes tiene bosques ribereños maduros, a lado y lado del cauce, que superan los 400 m de anchura. En donde la cuenca comienza a ser de orden tres se levantaron cuatro puntos de muestreo. Sólo uno de los sitios presentó un bosque ribereño secundario temprano con una anchura promedio de 400 m a lado y lado del cauce. En los tres sitios restantes el bosque ribereño secundario temprano se redujo considerablemente, hasta alcanzar valores de 50 o 60 m a lado y lado del cauce. Ello indica claramente que a medida que se desciende en la cuenca desde las partes altas hacia las bajas no solamente se pierde la anchura del bosque ribereño si no que se reduce su calidad.

Los bosques maduros enclavados en las riberas de los tributarios de orden uno en la zona de recarga son pluriespecíficos y en el caso de este estudio no se encontró dominancia de una especie o de un grupo de especies en los sitios de muestreo. En estas comunidades y debido a la presencia de elevadas precipitaciones, bajas temperaturas y alta nubosidad, el contenido de hojarasca en el piso forestal es alto debido a su lento proceso de descomposición por actividad microbiana. Ello favorece altas tasas de infiltración elevados contenidos de humedad en el suelo y altas cuotas de lixiviación.

En estos bosques maduros el perfil vertical es multiestratificado con aproximadamente cuatro o cinco estratos y con emergentes que superan los 35 o 40 m de altura. Algunos individuos de este bosque como la malcote (*Quercus skinneri*) alcanzan dap de 1.5 a 2 m. Esta comunidad vegetal debido al diámetro que alcanza algunos individuos de la familia Fagaceae, que son de lento crecimiento, es extremadamente antigua (de miles de años), con algunos árboles sobrepasando los 600 u 800 años de edad. La fase estable del bosque maduro se caracteriza por presentar una estructura diamétrica total en forma de J invertida, característica de bosques latifoliados maduros. (Figura 7).

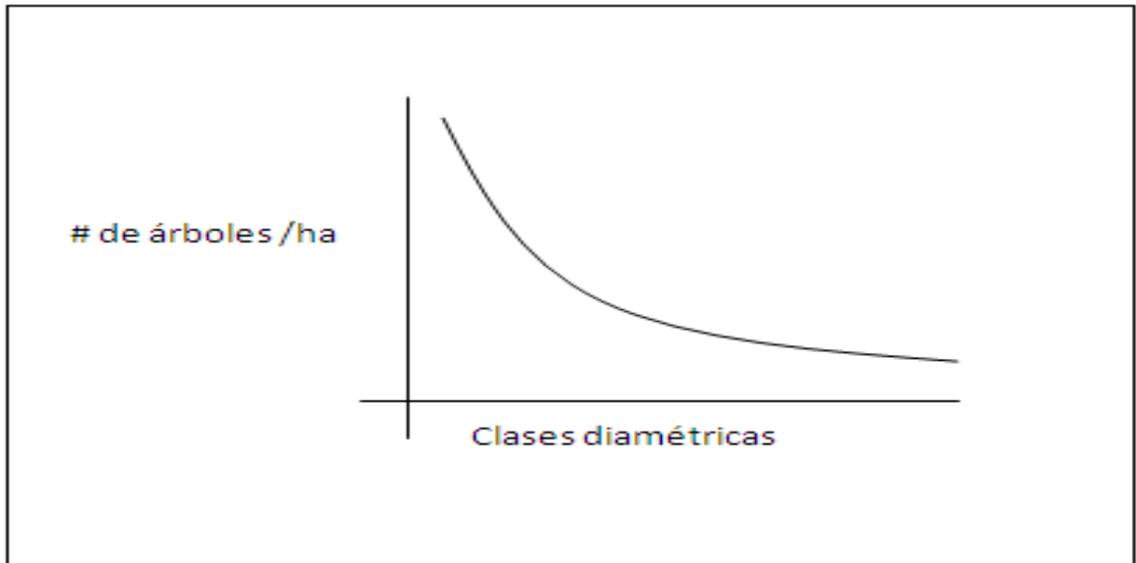


Figura 6. Estructura diamétrica total para el bosque latifoliado nublado en estado maduro.

La gráfica indica que en los diámetros menores se concentra el mayor número de individuos. A medida que se aumenta el diámetro de los árboles, disminuye el número de los individuos. Finalmente, los árboles gruesos son los menos numerosos dentro de la comunidad vegetal. Tal comportamiento de la curva y, por consiguiente, del bosque maduro garantiza a futuro la autoperpetuación del mismo. Los árboles viejos del bosque son los candidatos a salir del sistema, abrir los claros y propicia la aparición de nuevos individuos mediante un proceso interno de renovación.

Desde el punto de vista hidrológico es importante resaltar que los cauces de estos tributarios no reciben prácticamente radiación solar directa si no más bien difusa o filtrada. En la mayor parte de estos cauces el ingreso de luz es del orden del 5% al 10%,

situación que favorece adecuadas propiedades químicas del agua. Por otra parte muchos de estos cauces contienen especies animales indicadoras de alta calidad de agua, tales como: cangrejos lechosos de tamaño reducido y de color café, patinadores o arañitas de agua y coleópteros nadadores de color negro.

Los bosques secundarios localizados en la ribera de los tributarios de orden uno son relativamente simples en composición florística. En algunos casos se presenta un reducido gregarismo a nivel de especies nómadas. Por lo general, el número de estratos es de dos a tres, con árboles dominantes que no sobrepasan los 12 o 15 m de altura. Con raras excepciones los individuos son de diámetro pequeño a mediano. En promedio, los árboles que componen estas masas, con excepción del pinabete (*Pinus maximinoi*), no sobrepasan los 35 o 40 años de edad. En estos bosques ribereños secundarios el contenido de hojarasca del piso forestal es por lo general bajo, con profundidades inferiores a dos centímetros. Con ello se reduce las tasas de infiltración y se favorece la erosión hídrica. Debido a la naturaleza de la cubierta vegetal la mayoría de los cauces que se localiza en los bosques secundarios soporta, con ligeras excepciones, un alto índice de radiación solar directa la que alcanza niveles hasta de 90% a 95% en algunos casos. Tal situación provoca un detrimento de las propiedades químicas del agua.

Algunos de los bosques ribereños que se encuentran fuera de la zona de recarga pero próximos a los sitios de captación de agua para las comunidades, presentan todavía un estado relativamente adecuado en términos hidrológicos. Con algunas excepciones estos bosques son pluriespecíficos, multiestratificados y contienen individuos de buen tamaño en cuanto a diámetro y altura. El contenido de hojarasca del piso forestal es más o menos apropiado para las condiciones de cada sitio. Desafortunadamente, a medida que se desciende a las partes bajas de la cuenca se va reduciendo la anchura del bosque ribereño y, por lo consiguiente, su calidad.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 IMPACTO HIDROLÓGICO DE LA ZONA DE RECARGA

La zona de recarga de agua de la cuenca del Río Cumes abarca el 49% de la superficie total de la misma. A pesar de su enorme cobertura, sólo es 26% del área de la zona de recarga está bajo la influencia de un bosque latifoliado nublado en estado maduro. En esta porción de la cuenca los bosques ribereños se traslapan con el bosque maduro, conformando estas dos unidades la zona de recarga de agua ideal u óptima desde el punto de vista hidrológico. Las investigaciones hidrológicas llevadas a cabo en bosques nublados demuestran claramente que las masas forestales más eficientes para la producción de agua, mediante el mecanismo de lluvia horizontal u oculta, es el bosque en su estado maduro.

Su alta eficiencia obedece a elevado índice de área foliar (IAF), a la presencia de varios pisos o estratos en donde sobresalen árboles emergentes y dominantes de gran estatura y avanzada edad, al contacto directo de estos individuos con la atmósfera y al fuerte grado de espiritismo a nivel de ramas y troncos. Sobre esta base y a escala de esta cuenca, el bosque maduro, incluyendo las zonas ribereñas, son las principales responsables en cuanto a producción de agua se refiere. En términos hidrológicos toda la zona de recarga debería estar cubierta con bosques maduros.

Ahora bien, en esta cuenca en sí las tres cuartas partes de la zona de recarga están bajo cobertura de bosques secundarios. Aunque es difícil estimar las edades de estas masas, los reconocimientos de campo parecen indicar que prácticamente todas ellas son más o menos jóvenes, con edades inferiores a los 50 años. Por otra parte estos bosques secundarios son relativamente abiertos, contienen pocos estratos, las alturas de los árboles dominantes es de talla baja y el contenido de hojarasca del piso forestal es baja.

Bajo estas circunstancias se reduce de manera sustancial el aporte de este bosque en la producción de agua por medio del mecanismo de lluvia horizontal. El mayor impacto hidrológico de las masas secundarias lo constituye la protección del suelo contra la erosión hídrica, el mejoramiento de la capacidad de infiltración y una ligera contribución a la lluvia horizontal (tema todavía por investigar).

5.2 IMPACTO HIDROLÓGICO FUERA DE LA ZONA DE RECARGA

Las tierras enclavadas entre los 1,200 y 1,500 m de elevación, correspondientes a la zona de vida bosque húmedo montano bajo subtropical, contiene de manera general los siguientes usos de la tierra: bosque secundario temprano, bosques secundarios tardío y cultivos de café. Los bosques secundarios tardíos, con algunos individuos que sobrepasan los 80 a 100 años de edad, son los que conforman los bosques ribereños. Con ligeras excepciones la continuidad de los bosques ribereños es truncada por la presencia de bosques secundarios temprano. Desde el punto de vista florístico los bosques ribereños son pluriespecíficos, multiestratificados, con un soto bosque relativamente denso y con un buen contenido de hojarasca en el piso forestal. Sobre esta base tales bosques contribuyen a estabilizar los márgenes de los cursos de agua, actúan como reguladores de flujos de agua, sedimentos y nutrimentos y, finalmente, se convierten en importantes corredores biológicos y refugios de vida silvestre.

En las laderas localizadas en la porción izquierda de la cuenca, tomando como referencias el flujo de la corriente del Río Cumes, prácticamente todas las tierras están cubiertas con bosques secundarios tempranos, con edades inferiores a los 50 años. Tales bosques están fuertemente dominados por una mezcla de pinabete (*Pinus maximoi*) y liquidámbar (*liquidámbar styciflua*) en los rodales más antiguos comienzan aparecer especies del bosque latifoliado maduro, tales como: roble (*Quercus segoviensis*), ciprés de montaña (*Podocarpus guatemalencis*), cedro (*Cedrela tonduzii*) y manzanote (*Olmediella bestchlerisna*), entre otros. Estos bosques tienen poco grado de mezcla, estructuración vertical relativamente simple, dosel más o menos abierto, sotobosque ralo y poco contenido de hojarasca. Aunque en estos bosques comienza a insinuarse el efecto de neblinas, su impacto hidrológico más importante es el de regulación de la lluvia vertical y de protección del suelo contra la erosión hídrica. A futuro cuando estas masas forestales alcancen su madurez mejorarán de manera considerable sus condiciones hidrológicas en particular los índices de infiltración.

Debido a la red vial existente en la porción derecha (al este) de la cuenca, las tierras de estas laderas han experimentado un fuerte impacto antrópico. Es precisamente en esta sección de la cuenca en donde se tienen establecidos los cultivos de café, los que ascienden casi a los 1,400 m de altitud. Aunque el café se asocia con árboles de sombra, la eliminación del bosque natural en algunas microcuencas ha degradado por completo las zonas de recarga de pequeñas quebradas y los bosques ribereños. A la fecha varios cauces de orden uno que drenan directamente al Río Cumes se ha transformado en simples conductos del agua de escorrentía. Bajo esta óptica, los actuales esquemas de uso de la tierra en esta parte de la cuenca no son los más recomendables en términos hidrológicos. Es urgente y necesario en estos sitios mejorar los sistemas agroforestales, introducir prácticas de conservación de suelos y proceder a la restauración hidrológica de la zona de recarga y bosques ribereños a nivel de microcuencas.

Los bosques ribereños que se encuentran por debajo a los 1,200 m hasta el sitio de presa para Jesús de Otoro, presentan anchura de más de 300 m a lado y lado del cauce. En algunos tramos de la banda ribereña es posible encontrar bloques de bosque en estrato avanzado de sucesión y con árboles de gran tamaño. Estos remanentes de bosque son pluriespecíficos, multiestratificados, con sotobosque abundante y adecuado contenido de hojarasca. Aunque no es un bosque productor de agua, su presencia ejerce importantes funciones ecológicas y paisajísticas.

5.3 IMPACTO DE LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO DE LA ZONA DE RECARGA

Desde el punto de vista ecológico e hidrológico la zona de recarga comienza a partir de los 1,500 m de altitud. En otros términos, el bosque influenciado por nubes o neblina se extiende desde esta elevación hasta las porciones más altas de la cuenca. Sin embargo el decreto 87-87 que declara varias áreas protegidas de Honduras como bosque nublado, considera como núcleo de estas reservas los picos montañosos a partir de la cota de los 1,800 m. Fundamentado en el presente estudio la zona de recarga cubre una superficie de 1,554 ha. Con base en el decreto 87-87, el área de esta zona es del orden de 558 ha. Para el caso de la Cuenca de Cumes tal situación implica una reducción de su zona productora de agua de aproximadamente 996 ha. Aunque el grueso del bosque latifoliado nublado en estado maduro (250 ha) se localiza sobre los 1,800 m, la disminución de la zona de recarga se traduce en la pérdida de más de 150 ha de este tipo de bosque que se encuentra enclavado entre los 1,500 a 1,800 m. ahora bien si esta porción de bosque fuese eliminada de la cuenca acarrearía serias consecuencias hidrológicas aguas abajo en términos de producción y regulación de agua.

Sin embargo, el impacto hidrológico de la reducción de tamaño de la zona de recarga debe analizarse también a nivel de bosques secundarios. La presente investigación indica que esta zona tiene una superficie de 1,150 ha de bosques secundarios, distribuidos en la siguiente manera: 842 ha entre los 1,500 y 1,800 m y 308 ha a partir de los 1,800 m. La drástica reducción de la zona productora de agua implicaría para esta cuenca la pérdida de más del 73% de sus bosques secundarios. A futuro esta pérdida sería catastrófica en términos de producción de agua, cuando estos alcancen su clímax ecológico y por consiguiente, su máxima eficiencia como cinturones de condensación del vapor de agua atmosférica.

6. CONCLUSIONES

- El presente estudio constituye a nivel nacional el primer esfuerzo práctico en la delimitación y caracterización de zonas de recarga hídrica y de bosques ribereños. Aunque la cuenca es de vital importancia para el casco urbano de Jesús de Otoro, JAPOE desconoce hasta la fecha el límite de la zona de recarga de agua y el estado actual de su cobertura vegetal.
- Aunque fue imposible muestrear en el terreno todos los tributarios de orden uno, la evaluación de 11 puntos de los 15 puntos muestreados permite concluir que todos ellos tiene su origen en la zona de recarga. Estos tributarios se inician más o menos en partes iguales en el bosque latifoliado maduro o en bosque secundario. Este simple hecho conduce por lógica a variaciones fuertes en los regímenes hidrológicos.
- En general y hasta en los sitios de toma de agua los bosques ribereños son pluriespecíficos, multiestratificado y de anchura tal que garantizan una alta calidad de agua en términos de propiedades físicas y químicas

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a JAPOE iniciar a la mayor brevedad posible las gestiones orientadas a la enmienda del decreto 87-87 relacionado con el límite del bosque nublado en la Cuenca del Río Cumes, en el cual se protege el bosque nublado de la cuenca a partir de 1800 m mientras que el presente estudio indica que el mismo se inicia solamente de los 1500 m de altitud.
- Se recomienda a JAPOE excluir de la zona de recarga delimitada por el estudio cualquier uso de la tierra que no sea el forestal con fines de protección. Se sugiere igualmente que todos los bosques maduros y secundarios sean protegidos totalmente contra el impacto de incendios forestales y que se garantice al más largo plazo posible la no interrupción del proceso de sucesión natural.
- Difundir los resultados del presente estudio en todas las organizaciones privadas y estatales que tengan que ver con el manejo del recurso agua, en especial aquellas que tiene bajo mandato el manejo de cuencas hidrográficas de montaña.

8. LITERATURA CITADA

Agudelo, N. (2009). Delimitación y manejo de zonas de recarga hídrica. Escuela Agrícola Panamericana. 1-9p.

Alianzas para las montañas. (2009). Cuencas hidrográficas (en línea). Consultado el 8 julio 2009. Disponible en: www.alianzamontañas.org.

Arcos y Messerli. (2008). Riqueza y abundancia de aves en bosques ribereños de diferentes anchos en la microcuenca del Río Sesimiles, Copán, Honduras. Edición: vol.56 (1). Consultado el 30 junio 2009. Disponible en: <http://latindex.unc.edu/cr/rbt008-27.php>.

BBC. (2009). Los bosques nublados. (En línea). Consultado el 28 de julio 2009. Disponible en: http://www.bbc.co.uk/mundo/ciencia_tecnologia/2009/07/090702_biodiversidad_especies_men.shtml.

Consejería De Agricultura y Medio Ambiente. (2003) Plan Forestal de Extremadura. Consultado el 28 de junio 2009. Disponible en: http://www.extremambiente.es/pdf/II_7.pdf.

Egger, A. (2004). El Ciclo Hidrológico. (En línea). Consultado el 30 de agosto 2009. Disponible en: http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=99&l=s.

Gouarna, S.(2009). Ley de Bosques de Argentina. (En línea). Consultado el 22 de agosto 2009. Disponible en: <http://leydebosques.org.ar/index.php/2009/04/>.

Hernandez, R. (2004). Consultoría para la delimitación del Río de Cúmes. Informe final. Jesus de Otoro, Honduras. 30 p.

Ley forestal de Honduras. Decreto # 85. Artículo 64. La Conservación de Suelos y Agua y Protección de Márgenes Fluviales y Lacustres. Capitulo VIII. (En línea). Consultado el 9 de septiembre 2009. Disponible en: <http://www.ccad.ws/documentos/legislacion/HN/DL-85.pdf>.

Marcot, B. (2000). Definición de redes de áreas protegidas forestales: Manual para la delimitación de áreas protegidas forestales en los bosques en las tierras bajas de Bolivia. Consultado el 24 de julio 2009. Disponible en: <http://www.plexusowls.com/PDFs/bolforhandbook.pdf>.

Ortiz, A. (2005). Restauración de bosques ribereños en paisajes antropogénicos, en el occidente de México. (En línea). Consultado el 2 de agosto 2009. Disponible en: www.dama.gov.com.

PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central). (2005). (En línea). Disponible en: http://r0.unctad.org/trade_env/test1/meetings/cuba3/Sesion%2020Pagos%20Servicios%20Ambientales%20JAPOE%20Guzman.pdf.

Portal FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2005). Otros sistemas forestales costeros. (En línea). Consultado el 25 junio 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/4360/es/>.

Portal FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2005). Los Bosques y el Agua. (En línea). Consultado el 25 junio 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/010/a1598s/a1598s13.htm>.

Price, M. (1997). La importancia de las montañas en el desarrollo sostenible y lugar que ocupan en el programa político mundial. (En línea) Consultado el 18 de julio 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/w9300s/w9300s03.htm>.

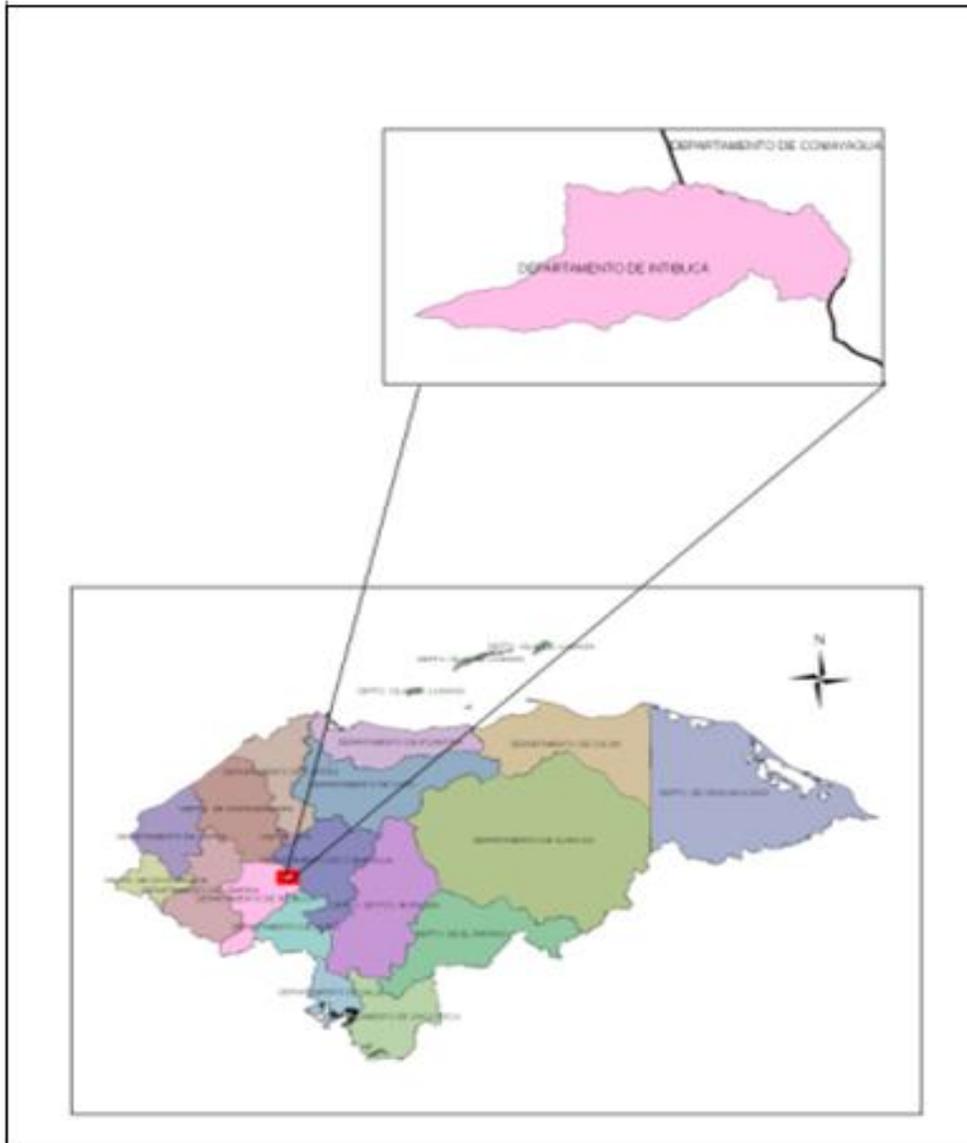
UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2002). Programa Hidrológico Internacional. Programa Intergubernamental de la UNESCO sobre Recursos Hídricos. (En línea). Consultado el 25 de agosto 2009. Disponible en: http://www.unesco.org/water/ihp/ihp_six_es.shtml.

Velez G. (2002). Manejo local de la agro biodiversidad en América Latina. (En línea). Consultado el 18 de julio 2009. Disponible en: <http://www.grain.org/gd/es/a-rd-iw/la-rd-summaryreport-es.cfm>.

9. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de la Subcuenca del Río Cumes, Intibucá, Honduras.

Fuente: JAPOE



Anexo 2. Formularios para la toma de datos en el campo para la zona de recarga.

Nombre de la Quebrada o Tributario	Orden	Anchura Mínima	Grado de madurez de la masa	No. estratos	Tipo de estrato	Altura(m)	cant. hojas/ca	ggs
Río Cúmes a 100 m debajo de la cascada. Parcela #1	1	Más de 100 m	Bosque maduro	5	Herbáceo, arbustivo, medio inferior, medio superior y emergente	30	Más de 5 cm	3
Margen derecha a 150 m arriba de la Quebradona, Río Cúmes	1	Más de 100 m	Bosque Secundario tardío mixto	3	Herbáceo, arbustivo, medio superior.	20 a 30	Menos de 2 cm	
Punto de unión Quebradona y Cúmes # 3	1	Más de 100 m	Bosque maduro	5	Herbáceo, arbustivo, inferior, medio superior y emergente	30	de 3 a 5 cm	
Segundo viaje Nacimientos								
Sitio el Narraño.	1	Más de 400 m	Bosque secundario temprano	3	Herbáceo, arbustivo y medio inferior.	15	Menos de 1 cm	2
Fincas de don Tomás García	1	60m	Bosque secundario temprano	3	Herbáceo, arbustivo y medio superior.	25 a 30	2 cm	3
Nacimiento El Palmar # 1	1	50m	Bosque secundario temprano	3	Herbáceo, arbustivo y medio superior.	25 a 30	Menos de 2 cm	5
El Centro de Cúmes	1	Indefinida	Bosque Secundario Temprano	3	Herbáceo, arbustivo y medio inferior.	15 a 20	Menos de 2 cm	6
Nacimiento El Palmar # 2	1	Indefinida	Bosque Secundario Temprano	3	Herbáceo, arbustivo y medio inferior.	16 a 20	Menos de 1 cm	7
Nacimiento El Palmar # 3	1	Indefinida	Bosque Maduro	5	Herbáceo, arbustivo, medio inferior, medio superior y emergente	25 a 40	más de 4 cm	8
Nacimiento El Palmar # 4	1	Indefinida	Bosque Maduro	5	Herbáceo, arbustivo, medio inferior, medio superior y emergente	25 a 40	5 cm	9
Nacimiento El Palmar # 5	1	Indefinida	Bosque Maduro	5	Herbáceo, arbustivo, medio inferior, medio superior y emergente	26 a 40	5 cm	11
Unión de 2 quebradas, Ramal de Cúmes # 6, Montaña El Palmar	2	Indefinida	Bosque Maduro	5	Herbáceo, arbustivo, medio inferior, medio superior y emergente	40	más de 5 cm	12
Nacimiento El Palmar # 7	1	Indefinida	Bosque Maduro	5	Herbáceo, arbustivo, medio inferior, medio superior y emergente	40	más de 5 cm	13
Unión de 2 quebradas, Ramal de Cúmes # 7 y El Centro de Cúmes	2	Indefinida	Bosque Maduro	5	Herbáceo, arbustivo, medio inferior, medio superior y emergente	más de 40	más de 5 cm	14
Nacimiento El Palmar # 8	1	Indefinida	Bosque Secundario Temprano	3	Herbáceo, arbustivo y medio inferior	15 a 20	Menos de 1 cm	15
Nacimiento El Palmar # 9 La Quebradona	1	Indefinida	Bosque Secundario Temprano	3	Herbáceo, arbustivo y medio inferior	16 a 20	Menos de 1 cm	16
Parte baja toma de agua 1	1	50m	Bosque Secundario Temprano	3	Herbáceo, arbustivo y medio inferior	15 a 20	1 cm	17
Parte baja toma de agua 2	1	50m	Bosque Secundario Temprano	3	Herbáceo, arbustivo y medio inferior	15 a 20	1 cm	18

Anexo 3. Formularios para la toma de datos en el campo para los bosques ribereños.

Tipo de bosque	Composición florística	Edad promedio de los árboles (años)	No. Estratos	Observaciones.	Punto GPS
Secundario Temprano.	Estrato herbáceo, Estrato Arbustivo, Estrato medio Superior.	30-35	3	Aquí está la quebrada el naranjo, carece de bosque ribereño, solo tiene alrededor plantas de café. Esta finca pertenece a don Adrian Martinez. El cauce tiene 50% de luz. Sotobosque muy ralo 200 m arriba de la quebrada aparece un bosque secundario tardío.	2
Bosque Secundario temprano. Finca don Tomás Garcia	Estrato herbáceo, Estrato Arbustivo, Estrato medio Superior.	30	3	Existe poco bosque. Se conservan algunos remanentes (higo, guayabillo, lechoso. Luz que penetra al cauce es de 20% aproximadamente.	3
Bosque secundario Temprano.	Estrato herbáceo, Estrato Arbustivo, Estrato medio Superior.	20 a 30 años	3	A pesar que es un bosque secundario la luz solo penetra 5% al cauce. Las tierras fueron abandonadas hace 30 a 35 años.	5