

**Caracterización biofísica e hidrológica de la  
subcuenca de la represa El Coyolar,  
Comayagua, Honduras**

**Gricelio Cueva Contrera**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2011

ZAMORANO  
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE

# **Caracterización biofísica e hidrológica de la subcuenca de la represa El Coyolar, Comayagua, Honduras**

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

Presentado por

**Gricelio Cueva Contrera**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2011

# **Caracterización biofísica e hidrológica de la subcuenca de la represa El Coyolar, Comayagua, Honduras**

Presentado por:

Gricelio Cueva Contrera

Aprobado:

---

Luis A, Caballero, M.Sc.  
Asesor principal

---

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

---

Alexandra Manueles, M.Sc.  
Asesora

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Nelson Agudelo, M.Sc.  
Asesor

## RESUMEN

Cueva Contrera, G. 2011. Caracterización biofísica e hidrológica de la subcuenca de la represa El Coyolar, Comayagua, Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 33 p.

La subcuenca de la represa El Coyolar localizada en el Departamento de Comayagua, Honduras, constituye un área importante para el desarrollo económico, social y ambiental del Valle de Comayagua. Dicha subcuenca provee agua para riego agrícola a más de 500 productores y para consumo humano a 14,000 habitantes del municipio de Villa de San Antonio. Esta importante subcuenca aun no cuenta con un plan de manejo, por esta razón este estudio pretende contribuir con una caracterización biofísica e hidrológica que sirva de base científica para una futura elaboración del plan de manejo. La caracterización se llevó a cabo mediante un análisis espacial y visitas de campo, en este proceso se utilizó cartográfica básica temática, imágenes de satélite, datos de campo y entrevistas a líderes de la comunidad con el apoyo de SERNA e ICF. La subcuenca tiene un área aproximada de 191 km<sup>2</sup>. El 88% de la superficie total está cubierta de bosque mixto, coníferas densas, latifoliadas y coníferas ralas, estas coberturas predominan en la parte baja y media. El 12% del territorio se encuentra ocupado por agricultura, este uso predomina en la parte alta y de recarga hídrica de la subcuenca. El análisis de conflictos indica que el 27% del territorio se encuentra en uso inapropiado. En general, la caracterización biofísica e hidrológica muestra que la subcuenca es un área netamente de vocación forestal, por lo tanto el plan de manejo debe enfocarse en su restauración, protección y aprovechamiento sostenible de los recursos.

**Palabras clave:** cobertura, conflicto de uso, El Coyolar, zona de recarga hídrica.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>4</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>11</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>6. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>22</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>25</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Clasificación de categorías y rangos de pendientes según la FAO. ....	7
2. Principales parámetros geomorfométricos de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011. ....	12
3. Zonas de vida según el sistema de clasificación de Holdridge, áreas y porcentajes por zona de vida en la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011. ....	13
4. Parámetros que determinan la evapotranspiración potencial por zona de vida de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011. ....	14
5. Especies de fauna identificadas dentro de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011. ....	16
6. Distribución de pendientes por ámbitos, categorías, área y porcentaje del área total de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011. ....	18
7. Cobertura y uso del suelo de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011. ....	18
8. Distribución de los conflictos de usos y coberturas de la tierra en la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011. ....	19
Figuras	Página
1. Ubicación geográfica El Coyolar, Comayagua y Francisco Morazán, Honduras, 2011. ....	4
2. Proceso de análisis espacial para la caracterización biofísica e hidrológica de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011. ....	6
3. Ubicación política y administrativa de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011. ....	11
4. Distribución espacial de la red de drenaje y de la zona de recarga hídrica de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011. ....	17

1. Precipitación media mensual y media anual (2003 – 2011) de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.....	25
2. Grupo geológico de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.....	26
3. Tipos de suelo dentro de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.....	27
4. Topografía y relieve de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.....	28
5. Zonas de vida según la clasificación de Holdridge, subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.....	29
6. Distribución de pendientes subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.....	30
7. Usos y cobertura de suelo en la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.....	31
8. Área de terreno en conflicto de uso en la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.....	32
9. Puntos de control utilizado en la clasificación de cobertura de suelo, El Coyolar.....	33

# 1. INTRODUCCIÓN

La cuenca hidrográfica es un sistema en el cual se interrelacionan los componentes biofísicos y socioeconómicos. Esta interrelación permite que en ella se produzcan bienes y servicios que contribuyen al desarrollo económico y mejoramiento de la calidad de vida (Umaña 2002). Visión Mundial (2004), define la cuenca hidrográfica como “el espacio de territorio delimitados por las líneas divisoras de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conduce sus aguas a un río principal, a un río grande, lago o mar”.

Uno de los servicios ambientales más importante de la cuenca hidrográfica es el recurso agua. Según Franco (2009), el agua constituye uno de los recursos naturales con mayor importancia para la existencia y sobrevivencia de la vida en el planeta, este debe proporcionarse en cantidad y calidad adecuada para los demandantes. Las fuentes de agua superficiales son el eje del desarrollo ya que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades productivas, industriales y de consumo humano, no obstante muchas de estas actividades causan alteración y deterioro del recurso hídrico (Torres *et al.* 2008). La agricultura es el mayor usuario de agua dulce a escala mundial (70%) y es el principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. El 20% de las tierras agrícolas disponen de riego, pero proporcionan el 40% de la producción agrícola mundial (FAO 1997).

En muchas regiones del mundo los recursos de agua dulce están disminuyendo progresivamente producto de los cambios del uso y cobertura de la tierra, ocasionados por la intervención y transformación continua por parte del hombre. La Alianza para las Montañas (2008), expresa que en los últimos 30 años las cuencas de montaña se han visto afectadas fuertemente por varios factores, entre ellos el crecimiento demográfico, la deforestación, la minería, las prácticas agrícolas insostenibles, el turismo y la urbanización descontrolada. Por otro lado FAO (2003), señala que los cambios de uso y cobertura de la tierra y la ausencia de prácticas de conservación del suelo y bosque han provocado alteraciones en los recursos hídricos generando grandes conflictos por el acceso y el uso del agua en las zonas de mayor demanda.

La destrucción gradual de las fuentes de agua fresca y su contaminación en muchas regiones del mundo, exigen nuevos enfoque de planificación y ordenación de cuencas y los recursos hídricos. Según estudios realizados en varias regiones del mundo, las competencias por este líquido puede amenazar a la paz mundial (Rodríguez 1997). Por tal razón se hace necesario, estimar la oferta, balancear las demandas por los diferentes usuarios con la capacidad de recarga de la cuenca (FAO 2009).

La evaluación del recurso hídrico, consiste en determinar las fuentes de agua, la cantidad, la confiabilidad y la calidad de los recursos de agua y de las actividades humanas que afectan a estos recursos. Esa evaluación es la base para su ordenación y una condición previa para evaluar las posibilidades de aprovechamiento (Agenda 21 1992). Este mismo documento señala que la ordenación integrada de los recursos hídricos, incluidos los aspectos relativos a la tierra y agua, tendría que hacerse a nivel de cuenca o subcuenca de captación.

La cuenca como territorio de gestión ha tomado auge en los últimos años en declaraciones de política y leyes ambientales. En ese sentido Ramakrishna (1997), señala que el manejo de cuenca debe considerar a los actores que interviene en la misma, con el fin de lograr que sus acciones sean beneficiosas para ellos, esto se logra solo con la participación efectiva y el conocimiento del medio a ser intervenido.

La situación descrita permite resaltar el valor del agua en los diferentes foros organizados a nivel internacional, con el fin de tratar la protección y el manejo de los recursos hídricos. Sin embargo, de acuerdo a bases legales internacionales no existen leyes que obliguen a los países a cumplir con lo establecido para el manejo de cuencas, lo más cercano son las declaratorias y recomendaciones aprobadas en las diferentes conferencias internacionales (Fundación Río Urbano 2003). En la conferencia de Rio de Janeiro sobre medio ambiente y desarrollo de 1992, se aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en la cual se definen los derechos y las obligaciones de los países respecto al principio básico sobre el medio ambiente y el desarrollo (ONU 1992.).

La gestión de cuenca se ha enfocado en el agua como el factor vital del desarrollo. ASDI, CATIE (2006), señalan que el manejo de cuencas hidrográficas en la región Centroamericana enfrenta grandes retos y desafíos. Este manejo requiere profundos cambios en los enfoques y estrategias y sobre todo se debe considerar el papel de los actores y decisores para construir una visión de futuro.

En Honduras, el manejo de cuencas tiene sus primeras acciones a raíz del huracán FIFI en 1974 y posteriormente con mucho más énfasis durante el huracán Mitch que azotó Centroamérica a finales de 1998. En ambas ocasiones, las instituciones relacionadas al manejo de cuencas, tanto gubernamentales como las que proveen apoyo financiero, iniciaron trabajos de forma aislada, con un enfoque integral de manejo de cuenca (García, 2002). De acuerdo a la SERNA (2003), Honduras ha firmado y ratificado varios convenios y tratados internacionales relacionados a la temática de acceso al agua y saneamiento, entre los que se encuentra la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), firmado por Honduras en la cumbre de la tierra en Brasil en 1992 y ratificada por el congreso en su decreto 26-95 del 19 de julio de 1995.

Producto de lo anterior y bajo un proceso de concertación entre las instituciones nacionales tales como el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillado (SANAA), Administrador Forestal del Estado-Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (AFE-COHDEFOR), Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), Escuela Agrícola Panamericana y otras

se logró definir la terminología básica sobre cuencas en Honduras, como cuenca fluvial, subcuenca, micro cuenca, entre otros, con el fin de eliminar las ambigüedades debido a las escalas de trabajo y por ende realizar un mejor manejo (García 2002)

Según el ICF y SERNA (2011), el país está en un proceso de implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) por medio de la ley de agua. Así mismo, ahora hay más vigilancia y control con respecto a la política forestal y de áreas protegidas. Por ello, se han establecido parámetros bien definidos en la Guía Metodológica para la Elaboración de Planes de Manejo de cuenca y micro cuenca (ICF 2010). Los parámetros planteados por esta importante entidad gubernamental, también se encuentran íntimamente relacionados a los planteados en los manuales de manejo de cuencas de Visión Mundial (2004).

Los instrumentos antes mencionados indican que el primer paso para la elaboración de un plan de manejo es la caracterización biofísica del territorio de la cuenca. Los componentes biofísicos a considerar deben influir directamente en el comportamiento hidrológico. Según UNNE (2007), las características se clasifican por su impacto en el drenaje que determina el volumen de escurrimiento del área, el tipo de suelo que influye en la filtración y velocidad de acuerdo a la pendiente del área de estudio. Esta información permite conocer de la mejor manera las interrelaciones existentes dentro de la zona de estudio y aprovechar racionalmente los recursos (AEET 2008).

Parte de la subcuenca de la represa El Coyolar fue declarada como Área de Vocación Forestal por acuerdo AFE – COHDEFOR N°016 de marzo de 1991, cuya normativa está amparada al Decreto 87/87 de Bosques Nublados de Honduras. El gobierno de Honduras – SERNA, a través del Programa de Conservación del Medio Ambiente y la Reforestación, facilita a los actores locales y las municipalidades, el acceso a los servicios requeridos para su incorporación en el desarrollo económico, social y ambiental del Distrito de Riego Las Flores, beneficiando a 500 productores (Martinez 2001). Miranda (2011), asegura que la subcuenca beneficia a 14,000 habitantes del municipio de Villa de San Antonio, Comayagua y es la Unidad Ejecutora del Proyecto El Coyolar-SERNA quien tiene la responsabilidad de administrar, supervisar y controlar el aprovechamiento del agua de la subcuenca.

La subcuenca El Coyolar es un área importante para el país, por lo que es necesario elaborar un plan de manejo. Este estudio describe las características biofísicas más importantes de la subcuenca desde la perspectiva hidrológica contribuyendo a sentar las bases técnicas-científicas para la elaboración de dicho plan. La caracterización biofísica e hidrológica a desarrollarse en este estudio trata de cumplir plenamente lo planteado y exigido por el ICF en su guía metodológica para la elaboración de planes de manejo de cuenca/microcuenca.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La subcuenca El Coyolar se localiza entre las coordenadas geográficas de latitud  $14^{\circ}26'43''$  N y longitud  $87^{\circ}30'59''$  O y  $14^{\circ},17'37''$  N,  $87^{\circ}21'00''$  O. Se encuentra entre los departamentos de Comayagua y Francisco Morazán, a 60 km al noroeste de Tegucigalpa, Honduras (Figura 1). La subcuenca limita al norte con la Montaña de Comayagua y las aldeas de La Laguna, El Tagamasal, La Floricundio y La Esperanza. Al sur con la Quebrada el Destiladero, Zambrano y Río San José. Al este con la Montaña de Corralitos y las aldeas de San Francisco de Soroguara y La Esperanza. Al oeste con la aldeas de El Jicarito, La Cebadilla y El Oviedo.

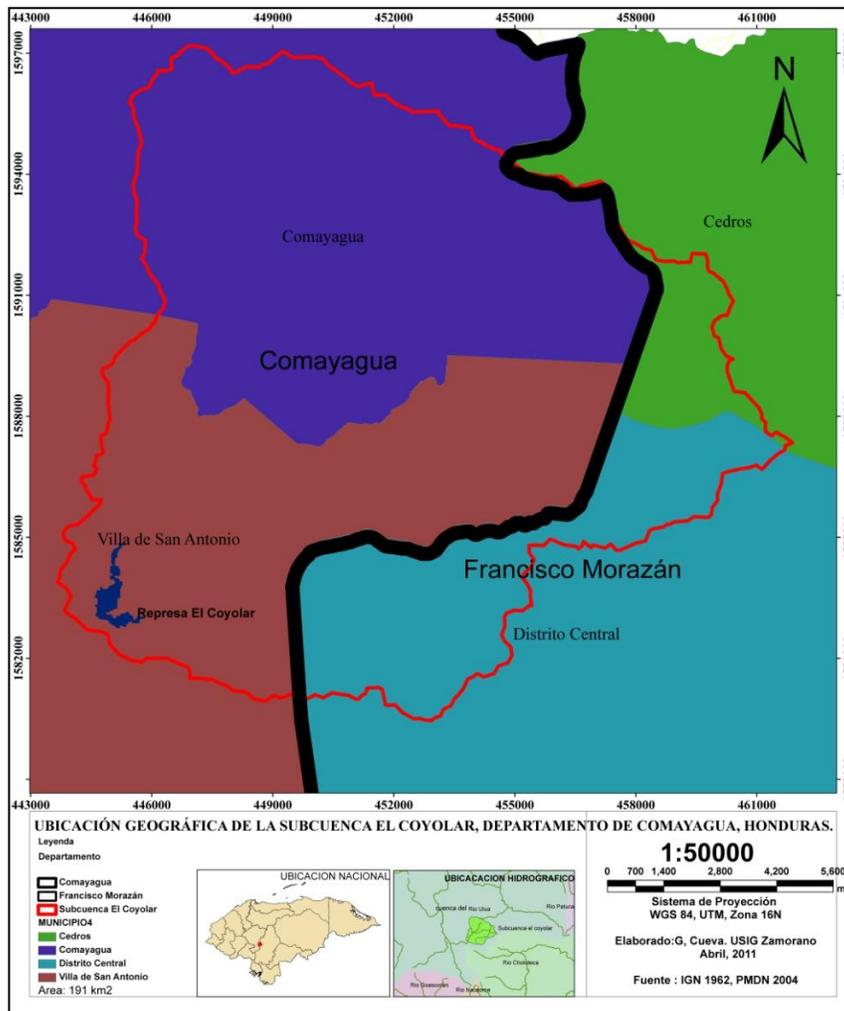


Figura 1. Ubicación geográfica El Coyolar, Comayagua y Francisco Morazán, Honduras. 2011.

La subcuenca El Coyolar tiene una superficie de 191 km<sup>2</sup> y 66 km de perímetro. Esta área está declarada y clasificada como un área protegida de zona de vocación forestal y zona productora de agua establecido en el acuerdo de la AFE – COHDEFOR N°016 de marzo de 1991 (COHDEFOR 1991).

El clima es subtropical y con excepción del sitio del embalse en donde existe una estación pluviométrica con registros de corta duración y esporádicos, el resto de la subcuenca carece de información climática. Según los datos registrados en el período 2003-2011 en la única estación meteorológica de la subcuenca El Coyolar, la precipitación promedio anual varía en el año desde los 800 mm a 896 mm y las temperaturas ambientales oscilan entre los 22° a 26° C. El período más lluvioso fue 2005-2010 con excepción del año 2008 y los meses con mayores precipitaciones van desde mayo a diciembre (Anexo 1).

El Coyolar posee topografía quebrada y escarpada, con pequeñas áreas planas en la parte alta. Dentro de la subcuenca existen cuatro unidades geológicas, que corresponden a los grupos Valle de Ángeles, Yojoa, Honduras y Padre Miguel (Rogers y Conner 1993). Según los mismos autores y el mapa geológico de Honduras el grupo Valle de Ángeles está compuesto de grano siliclástico y representa 16% de la zona de estudio equivalente a 3,004 ha. El grupo Yojoa son formaciones de roca caliza que representa 0.31% (60 ha). El grupo Honduras que representa 1.32% (253 ha) es indicado como formación plano y consiste en lutitos y areniscas verdes oscuras. El grupo Padre Miguel es la que ocupa la mayor parte de la subcuenca y representa el 86.60% (15757 ha). Este grupo está conformado por unidades de ignimbritas, rocas preclásicas, lajares, sedimentos y andesíticos (Anexo 2).

Según la clasificación de Simmon y Castellano (1968), en la subcuenca predominan los suelos Cocona, los cuales se clasifican como Entisoles-Lithic Xerortents. Estos son suelos pedregosos, poco profundos y formados sobre ignimbritas y representan el 88% del área total de la subcuenca. El 6% de la subcuenca pertenece al tipo Chandala que se clasifican como litosoles formados de calizas y pizarras estratificadas. Por último están los suelos de los Valles que se ubican entre las cotas 1200 a 1500 msnm, estos son pequeños planosoles que se clasifican como Lithic Ustorthents formados principalmente por material aluvial y representan 6% del área de estudio (Anexo 3). En la subcuenca está ubicada la represa El Coyolar, construido en años 1956/1965 es considerado como uno de los primeros reservorios con fines de riego agrícola para el valle de Comayagua. Con el tiempo, a esta represa se le está dando una orientación de uso particular a usos múltiples, pues incluye riego, agua potable, generación de energía hidroeléctrica a pequeña escala y está bajo la administración del Proyecto Coyolar adscrito a la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA).

La represa se caracteriza por tener una altura de la cresta de la cortina de 63.8 m, un cuerpo de agua de 75.6 ha y una capacidad de almacenamiento efectiva de 12,600,000 m<sup>3</sup> (SERNA 2007). En la actualidad cuenta con un canal revestido de concreto que transporta el agua desde la represa hasta la parte baja, específicamente a la zona del Distrito de Riego las Flores del municipio de Villa de San Antonio, Comayagua. El agua es utilizada para el riego de hortalizas, frutales, granos básicos y pastos. El Distrito de Riego las Flores está conformada por una sociedad de regantes con personería jurídica emitida por

el Ministerio de Gobernación y Justicia N° 63-93 del 25 de marzo de 1993 (Martínez 2001).

Para la caracterización geomorfológica se utilizó hojas cartográficas (1:50,000), superficies digitales de elevaciones y pendientes derivadas del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) con una resolución de 30 metros. Por otro lado, se utilizó cartografía de la hidrografía, geología y suelos (todos a escala 1:50,000 y producidos originalmente por el Instituto Geográfico Nacional (IGN)). Para el análisis digital de los diferentes aspectos biofísicos se utilizó equipo informático, el programa de análisis espacial ArcGis 9.3 y para la verificación de campo se utilizó un receptor de GPS. La clasificación de la cobertura y usos de la tierra se realizó por medio de una clasificación supervisada, mediante el uso de una imagen del satélite ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) de una resolución de 15 metros. Esta imagen ASTER se obtuvo a través del Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC), Panamá.

La metodología aplicada para la caracterización biofísica de la subcuenca El Coyolar se basa en los parámetros establecidos por la Guía Metodológica para la Elaboración de Planes de Manejo de Cuencas/Microcuencas (ICF 2010) y el Manual de Manejo de Cuencas de Visión Mundial (2004). La Guía Metodológica indica realizar un diagnóstico biofísico-biológico (Ecosistema, especie flora y fauna, precipitación, altitud evapotranspiración, geomorfología, suelo, hidrografía, temperatura, pendiente). El análisis de factores biofísicos tales como la delimitación de la cuenca, red hidrográfica, pendientes, ecosistemas, usos y coberturas de la tierra requieren de una análisis espacial (Figura 2), en el cual se deben utilizar varias herramientas integradas en el software ArcGis 9.3.

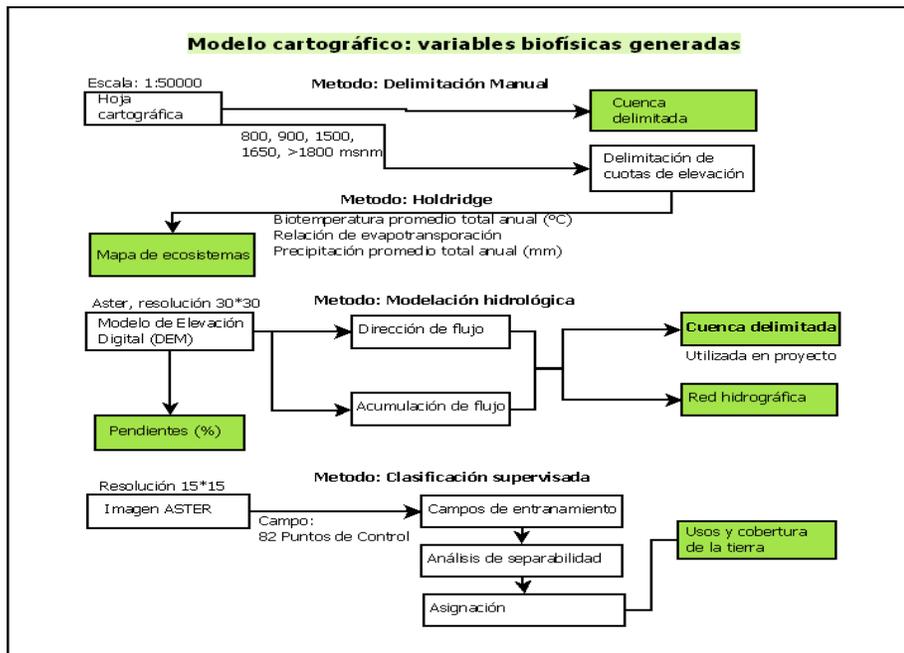


Figura 2. Proceso de análisis espacial para la caracterización biofísica e hidrológica de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.

Para determinar el límite de la subcuenca se hizo un recorrido en campo con el apoyo del administrador del Proyecto El Coyolar-SERNA de Comayagua y un técnico de ICF, se utilizó receptores del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para las toma de puntos de control. Se procesaron los datos en el software ArcGis 9.3, se utilizó de entrada la hoja cartográfica N° 1628 a escala 1:50,000 de IGN. Siguiendo las curvas a nivel y los datos de campo se obtuvo la delimitación de la cuenca de manera manual.

La elaboración del mapa de ecosistemas se utilizó la hoja cartográfica a una escala de 1:50,000 de IGN con curvas digitalizadas a cada 100 m de equidistancia, un altímetro y recorridos de campo por la zona alta, media, baja. Esta información se utilizó para clasificar la subcuenca en zonas de vida por medio del sistema de clasificación de Holdridge de 1987. Este levantamiento fue liderado y asesorado por el Ing. Nelson Agudelo, quien es experto en clasificación de zonas de vida utilizando dicho sistema.

La clasificación de especie se realizó in situ con el diagrama de zonas de vida de Holdridge. La clasificación por zonas de vida dan una idea de que especie se puede adaptar a esos parámetros bioclimáticos (temperatura precipitación y altura). Para la identificación y clasificación de las especies de fauna existentes se entrevistó al señor Arturo Valles conocedor de la zona y quienes han ejercido la función de guarda recursos por más de 10 años.

La red hidrográfica se determinó por medio de una modelación hidrológica aplicada al MDE. Con la herramienta espacial de modelación hídrica, se obtuvo la acumulación y dirección de flujo, luego la delimitación automática y finalmente la distribución de los principales tributarios de la subcuenca. La mayor parte de los tributarios fueron verificados en campo por medio de receptores GPS.

La elaboración del mapa de las pendientes de la subcuenca se obtuvo por medio de un análisis espacial de superficie aplicado al MDE y aplicando la clasificación de pendientes propuesta por la FAO (1994) (Cuadro 1). Esta información es muy valiosa, ya que permite conocer el grado de inclinación del terreno dentro de una cierta distancia y elevación. Por otro lado, permite determinar las prácticas adecuadas de conservación de suelos.

Cuadro 1. Clasificación de categorías y rangos de pendientes según la FAO.

Categorías de pendiente	Rangos en porcentaje de pendientes
Plano a casi plano	0 a 3%
Ligeramente ondulado	3 a 7%
Moderadamente ondulado	7 a 15 %
Ondulado	15 a 25%
Fuertemente ondulado	25 a 50%
Escarpado	> 50%

Fuente: Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO 1994).

El mapa de uso y cobertura de la tierra se llevó a cabo por medio de una clasificación supervisada de una imagen del satélite ASTER del 28 de abril de 2011, con una

resolución espacial de 15 m, siguiendo como guía el libro de Chuvieco (2008). Para la generación del mapa se usaron los datos multispectrales correspondientes a la imagen ASTER, mediante la combinación de las bandas 3,2,1. La clasificación supervisada requiere de una serie de puntos de control, en este caso se recolectaron 82 puntos al azar en toda la subcuenca (Anexo 9). Los puntos de control se colectaron en lugares fácilmente identificables en la imagen y en el terreno. A partir de estos puntos se establecieron los campos de entrenamiento para cada una de las cubiertas a discriminar en la imagen. Luego se realizó la clasificación de seis categorías por medio del algoritmo de máxima probabilidad (cuerpo de agua, agricultura, bosque latifoliado, bosque pino denso, bosque mixto, pastos y pino ralo). Finalmente, se aplicó un filtro de paso bajo para mejorar la clasificación de la imagen.

La caracterización geomorfológica de la subcuenca se hizo utilizando como guía el libro de Ministerio de Medio Ambiente de España (1998). Las características geomorfológicas se obtuvieron a partir de un modelo digital de elevación y hojas cartográficas 1:50,000. Los parámetros físicos a considerar en este estudio fueron:

- Área y perímetro: el área es uno de los parámetros más importantes porque en ella ocurren varios fenómenos hidrológicos como la precipitación y volumen de caudales entre otros. El perímetro es la longitud exterior de la cuenca. Ambos parámetros se determinaron con el uso de las funciones de cálculos geométricos que contiene el ArcGis 9.3
- Longitud de la cuenca: Se realizó trazando una línea recta desde el punto más lejano hasta llegar a la desembocadura de la quebrada principal.
- Ancho de la cuenca: Para obtener este dato se debe hacer una relación entre el área y el largo de la subcuenca.

$$A = \frac{\text{área (km}^2\text{)}}{\text{longitud (km)}} \quad [1]$$

- Forma de la subcuenca: El índice más empleado para representar esta característica es el Coeficiente de Gravelius. Este coeficiente indica la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro circular de igual área que la cuenca. (Ministerio de medio ambiente de España, 1998). Su expresión es la siguiente:

$$C_g = 0.28 \times \frac{p}{\sqrt{a}} \quad [2]$$

Donde

cg: coeficiente de Gravelius

p: perímetro de la cuenca en km

a: superficie de la cuenca en km<sup>2</sup>

Valores y forma del coeficiente  
 cg = 1.00 - 1.25, forma redonda  
 cg = 1.25 - 1.50, forma ovalada  
 cg = 1.50 - 1.75, forma oblonga

- **Altura máxima y mínima:** Se determinaron con el modelo de elevación digital, comprobado en el campo con el GPS, altímetro y la hoja cartográfica correspondiente.
- **Pendiente de la subcuenca.** La pendiente se determinó con el programa de ArcGis. Es un producto obtenido de DEM y forma parte de los procesos de modelación. Es muy importante para determinar uso potencial de la tierra y la determinación de las prácticas de conservación de suelos y aguas.

$$P_c = \left( \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L \text{ (m)}} \right) \times 100 \quad [3]$$

Donde

Pc: pendiente media del cause (%)      Hmin: altitud mínima del cause (m)  
 Hmax: altitud máxima del cause (m)      L: longitud del cause (m)

- **Orden de la subcuenca.** Se determinó con la herramienta de “Hydrology” de ArcGis. Esta herramienta utiliza el método algorítmico de Strahler para cuantificar los segmentos de los ríos de cada orden aguas arriba.
- **Largo total de segmentos.** Esto se determinó con el ArcGis midiendo las longitudes de todos los ríos y luego la sumatoria de los mismos.
- **Pendiente del cauce principal:** para calcularla se utiliza la siguiente fórmula

$$S_{cl} = \frac{E_{85\%} - E_{10\%}}{0.75(LC)} \times 100 \quad [4]$$

Donde:

Scl: pendiente del cauce principal

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

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

LC: .Longitud del cause

- **Longitud del cauce principal:** Se determinó con la función de distancias del ArcGis, tomando como río principal El Zenón y como punto de inicio este río hasta su desembocadura.
- **Densidad de drenaje:** Se obtuvo sumando las longitudes de todos los tributarios dividido entre el área total de la subcuenca.

$$D = \frac{\sum L_i}{A} \quad [5]$$

Donde:

D: densidad de drenaje (km)

$\Sigma$ : Suma de las longitudes de los cursos que se integran la subcuenca (km).

A: superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>)

- Evaluación de conflictos en el uso y cobertura de la tierra

El mapa de conflictos de uso y cobertura de la tierra fue producto de la sobre posición del mapa de uso actual y el mapa de zonas de vida. De esta manera se determinaron las zonas que están utilizadas de manera adecuada o inadecuada. Así mismo se identificó la necesidad de tomar medidas de conservación de suelos priorizando la producción hídrica en cantidad y calidad.

### 3. RESULTADOS

La subcuenca El Coyolar tiene una superficie de 191 km<sup>2</sup> y un perímetro de 66 km (Figura 3), se localiza a partir de los 783 msnm en el valle de Comayagua, hasta los 2,137 msnm. La red hidrográfica principal está formada por los ríos El Bermejo, Los Chivos, Ciprés, El Horno y su principal río es El Zenón. La subcuenca comparte su área entre los departamentos de Comayagua (14,884 ha) y Francisco Morazán (4,191 ha).

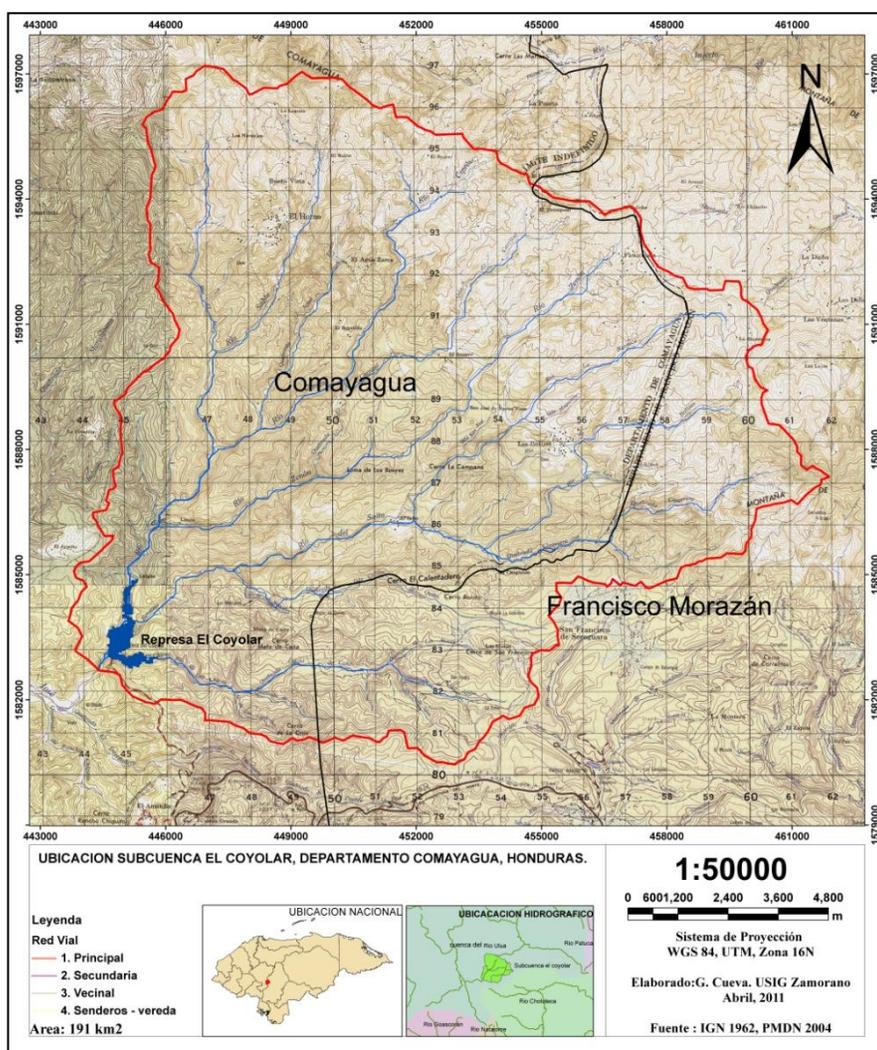


Figura 3. Ubicación política y administrativa de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.

Los municipios que comparten la subcuenca son Comayagua (8,434 ha), Villa de San Antonio (6,447 ha), Distrito Central (3,185 ha) y el municipio de Cedros (1,006 ha). La elevación de la subcuenca se extiende desde los 783 msnm hasta los 2,137 msnm (Anexo 4). En la parte baja se localiza el valle de Comayagua, en la parte media a 1,500 msnm se encuentran pequeños asentamiento humanos (aldea las Moras y Los Valles) y en la zona núcleo están ubicados cuatro poblados que son Las Botijas a 1,400 msnm, Buenos Aires a 1,603 msnm, El Socorro y concepción del Horno se ubican a los 1,500 msnm. Las características geomorfométricos más importantes de la subcuenca El Coyolar son: área, perímetros, forma de la cuenca, altura máxima y mínima (Cuadro 2)

Cuadro 2. Principales parámetros geomorfométricos de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.

Parámetros geomorfométricos	Unidades	Total
Área	km <sup>2</sup>	191
Perímetro	km	66
Longitud de la subcuenca	km	18
Ancho de la subcuenca	km	10
Parámetro de la forma		
Índice de Graveleus	ovalada	1.34
Parámetro de relieve		
Altura máxima de la subcuenca	msnm	2,137
Altura mínima de la subcuenca	msnsm	784
Pendiente media	%	7.47
Parámetro de la red hidrográfica		
Orden de los ríos		4
Altura máxima del cause principal	msnsm	1,900
Altura mínima del cause	msnm	784
Longitud del cause principal (Río Zenón)	km	18
Pendiente del cause	%	8
Densidad de drenaje	km <sup>2</sup>	0.98
Tiempo de concentración	segundos	22,624.6
Longitud de todos los ríos	km	187

La clasificación de zonas de vida: Las zonas de vida son un conjunto de ámbitos específicos de los principales factores climáticos (precipitación, biotemperatura y evapotranspiración), que afectan el desarrollo o la presencia de los ecosistemas. La importancia de esta clasificación radica en poder identificar los cambios introducidos por el hombre. Además, mediante su análisis se puede comparar la descripción natural de la zona, sus potencialidades y el uso actual. Según la clasificación de zonas de vida por el método de Holdridge, en la subcuenca El Coyolar se identificaron seis zonas de vida (Cuadro 3).

Cuadro 3. Zonas de vida según el sistema de clasificación de Holdridge, áreas y porcentajes por zona de vida en la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.

Zonas de vida	Área (ha)	Porcentaje de área (%)
Bosque seco subtropical	97	0.5
Bosque húmedo subtropical transición sub húmedo (bh-S <sub>h</sub> )	596	3.1
Bosque húmedo subtropical	10,999	57.7
Bosque húmedo montano bajo subtropical	3,687	19.3
Bosque húmedo montano bajo subtropical transición per húmedo (bh-MBS <sub>h</sub> ).	2,715	14.2
Bosque muy húmedo montano bajo subtropical	981	5.1
Total	19,075	100

Cada unas de estas zonas de vida presentan diferentes condiciones climáticas, atmosféricas y edáficas que determinan las formaciones vegetales que a continuación se detallan y así como su distribución espacial (Anexo 5).

Bosque seco subtropical (bs-S). Esta zona de vida se extiende desde el valle de Comayagua (600 m) hasta los 800 msnm de altitud y comprende un área de 97 ha. La biotemperatura anual en esta zona de vida varía entre los 18 y 24 °C. La precipitación promedio anual oscila entre los 500 y 1,000 mm. La relación de Evapotranspiración Potencial (ETP), tiene un ámbito entre 1 y 2, situación que ubica a este ecosistema en la provincia de humedad sub húmedo. Algunos registros climáticos para este ecosistema en Honduras indican que el período de sequía dura aproximadamente de 4.5 a 5 meses.

Bosque húmedo subtropical transición a sub húmedo (bh-S<sub>h</sub>). Esta zona de vida se distribuye desde los 800 a 900 msnm y comprende una área de 596 ha. La biotemperatura media anual varía entre 18 y 24 °C. La precipitación promedio anual oscila entre 1,000 – 1,400 mm y la relación entre ETP y la precipitación ocurre entre 1 y 1.15. Esta zona de vida transicional pertenece a la provincia de humedad sub húmedo. Normalmente, la evapotranspiración anual es ligeramente superior a la precipitación total anual. Con base en la información climática para este ecosistema, el período de sequía dura entre tres a cinco meses seguido por una temporada lluviosa.

Bosque húmedo subtropical (bh-S). Esta zona de vida tiene como límite climático general un promedio anual de precipitación entre 1,000 y 2,000 mm, una biotemperatura media anual entre 18 a 24 °C. La relación entre la ETP está comprendida entre 0.5 y 1.0. Este ecosistema se caracteriza por un período seco de solo dos meses a cinco meses y medio, según datos climáticos para este ecosistema a nivel nacional se ubica entre los 900 a 1,500 msnm. En la subcuenca El Coyolar este ecosistema representa un área de 11,000 ha, los cual indica su alta potencialidad en la recarga hídrica para el embalse.

Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MBS). Esta zona de vida tiene como límite climático una temperatura media anual entre los 12 y 18 °C y una precipitación media anual entre 1,000 y 2,000 mm. Los únicos datos climáticos disponibles para este

ecosistema a nivel de Honduras son los publicados por la estación meteorológica de La Esperanza, Intibucá. La relación de ETP varía entre 0.5 y 1, lo que indica que la precipitación anual es igual o dos veces mayor que el potencial anual de evapotranspiración, por lo tanto presenta un alto potencial de recarga hídrica.

Bosque húmedo montano bajo subtropical transición per húmedo (bh-MBS  $\text{☼}$ ). Esta zona de vida se clasifica como transicional y abarca una pequeña banda entre los 1,650 y 1,800 m de altitud, esta zona comprende un área de 2,715 ha. La biotemperatura media anual oscila entre los 12 y los 18 grados centígrados y la precipitación media anual oscila entre 1,480 y 2,000 mm. Debido a las condiciones de humedad y temperatura este ecosistema está ubicado en la provincia de humedad per húmedo lo que indica que la ETP varía entre 0.45 a 0.50. Denotando su alta capacidad de recarga hídrica.

Bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MBS). Este ecosistema ocupa las áreas más altas, frías y húmedas de la subcuenca, mismo que se extiende desde los 1,800 hasta los 2137 msnm, representa un área de 980 ha. La biotemperatura media anual tiene un ámbito entre los 12 y 18 °C y la precipitación promedio total anual fluctúa entre los 2,000 y 4,000 mm. La ETP varía entre 0.25 y 0.50. Aunque se carece de información climática este ecosistema se presume que debido a la elevada cifra de precipitación y a la baja temperatura ocurre siempre un sobrante de agua en el suelo durante casi todos los meses del año (Anexo 5).

Evapotranspiración Potencial: Debido a la falta de información, la ETP se calculó utilizando el método de Holdridge de 1987, en el cual se utilizan como parámetros la elevación, biotemperatura promedio y la precipitación promedio actual (Cuadro 4).

Cuadro 4. Parámetros que determinan la evapotranspiración potencial por zona de vida de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.

Zonas de vida	Limite de elevación (msnm)	Temperatura media anual °C	Precipitación $\bar{X}$ total anual (mm)	ETP*
Bosque seco subtropical (bs-S)	< 800	± 18 - 24	500-1,000	1.0- 2.0
Bosque seco subtropical transición a sub húmedo (bs -S $\text{☼}$ )	800-900	± 18 - 24	1,000-1,480	1.0 -1.1
Bosque húmedo subtropical (bh -S)	900-1,500	± 18 - 24	1,000-2,000	0.5 -1.1
Boque húmedo montano subtropical (bh - MBS)	1,500-1,650	± 12 - 18	1,000-2,000	0.5- 1.2
Bosque húmedo montano bajo subtropical transición a per húmedo ( bh - MBS $\text{☼}$ )	1,650-1,800	± 12 - 18	1,480-2,000	0.45-.5
Bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MBS)	1,800-2,137	± 12 - 18	2,000-4,000	0.25-.5

\*Evapotranspiración potencial

Flora: La caracterización florística de la subcuenca El Coyolar se elaboró principalmente a nivel de especies mayores (árboles y arbustos) y su descripción se presenta por zonas de vida.

Bosque seco subtropical (bs-S). La vegetación original de este ecosistema ha sido severamente alterada hasta tal punto que no ha sido posible observar estas en sus condiciones primarias. La vegetación actual es de tipo secundario con especies pertenecientes a varios estados de recuperación. Prácticamente toda la vegetación es de hoja ancha o latifoliada y están compuestas por una mezcla de especies arbustivas con árboles de bajo porte que alcanzan una altura promedio de 5 a 10 m. Las especies son por lo general espinosas o con aguijones, de hojas pequeñas, caducifolias y con copas extendidas en sentido horizontal entre ellas tenemos: Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), Laurel (*Cordia alliodora*), Roble (*Quercus peduncularis*), Guayacán (*Guaiacum sanctum*), Guacimo (*Guazuma ulmifolia*), Guapinol (*Hymenaea courbaril*), Tamarindo (*Tamarindus Indica*), Macuelizo (*Tabebuia rosea*), Mora (*Chlorophora tintoria*), Cedro real (*Cedrela odorata*) y Ceiba (*Ceiba pentandra*).

Bosque húmedo subtropical, transición a sub húmedo (bh-S  $\frac{1}{2}$ ). La vegetación natural de este ecosistema está constituida básicamente por rodales relativamente puros de pino ocote (*Pinus oocarpa*). Estos pinares que son típicamente de segundo crecimiento se caracterizan por presentar un dosel abierto con árboles de poca altura y regeneración natural escasa. Las comunidades naturales de pino están principalmente mezcladas con Roble (*Quercus peduncularis*), Quebracho (*Lisosoma seemanii*), Nance (*Byrsonima crassifolia*), Jagua (*Genipa americana*), Malacatillo (*Dodonaea viscosa*) y Chaparro (*Curatela americana*).

Bosque húmedo subtropical (bh-S). La vegetación de este ecosistema está constituida básicamente por bosque secundario de pino mezclado con algunas especies latifoliadas, tales como: Roble encino curtidor (*Quercus hondurensis*), Liquidámbar (*Liquidámbar styraciflua*), Guajinquil (*Inga edulis*), Guayabo (*Psidium guajava*), Asta (*Clusia salvini*) y Encinillo (*Rapanea myricodes*).

Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MBS). La vegetación arbórea de este ecosistema está conformado esencialmente por rodales relativamente puro de *Pinus maximinoi* (Pinabete) asociado con Liquidámbar, Roble, Curtidor, Álamo blanco (*Clethra macrophylla*), Achiotillo (*Vismia mexicana*), Pasmado (*Lippia substrigosa*), Mano de león (*Dendropanax* sp), Indio desnudo (*Bursera simaruba*). Se encuentra también en esta zona de vida grandes extensiones de terreno cubierto por rodales casi puros de liquidámbar en estado juvenil. Con algunos individuos relativamente maduro

Bosque húmedo subtropical transición a per húmedo (bh-MBS  $\frac{3}{4}$ ). La cobertura vegetal original de este ecosistema prácticamente ha desaparecido. A la fecha, se encuentran pequeños lotes de pinabete mezclados con especies latifoliadas, rodales de liquidámbar y algunos árboles aislados que son remanentes del bosque original.

Bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MBS). Este ecosistema ha perdido prácticamente su cobertura original, solo se observó una pequeña muestra de lo que fue el

bosque maduro. Este pequeño remanente que se encuentra en la vía que conduce de la aldea El horno a Jardines es un claro indicador de la composición florística, estructura y fisonomía del bosque primario. Los árboles de este relicto tienen fustes largos y limpios, Diámetro de Altura al Pecho (DAP) de más de 1 m y alturas de más de 35 a 40 m. Algunas de las especies encontradas fueron: Malcota (*Quercus skinneri*), Cedro (*Cidreira tonduzii*) y Encino (*Quercus trichodonta*). En los sitios abiertos de este ecosistema aparece la nómada Cedrillo (*Brunellia mexicana*) y pequeños lotes de Liquidámbar.

Fauna: La subcuenca El Coyolar por su topografía tiene una gran diversidad de hábitad dentro de las seis zonas de vida, dentro de la subcuenca existe 14 especie de fauna. Según entrevista con Arturo Valles, la expansión de la agricultura, la fuerte deforestación y destrucción del hábitad han obligado a muchas de estas especies a migrar y otras están en peligro de extinción pero todavía es posible encontrar algunas especies de importancia (Cuadro 5).

Cuadro 5. Especies de fauna identificadas dentro de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.

Especies de fauna	Nombres científicos
Mamíferos	
Pizote	<i>Nasua narica</i>
Guatusa	<i>Dasyprocta punctata</i>
Coyote	<i>Canis latrans</i>
Venado Cola Blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>
Puerco Espín	<i>Sphiggurus mexicanum</i>
Tepezcuintle	<i>Agouti paca</i>
Mono Cara Blanca	<i>Cebus capucinus</i>
Puerco de Monte	<i>Tayassu Pecari</i>
Cusuco	<i>Dasypus novemcinctus</i>
Aves	
Pava de Monte	<i>Penelope purpurascens</i>
Perico Verde	<i>Aratinga strenua</i>
Quetzal	<i>Pharomachrus mocinno</i>
Carpintero	<i>Campephilus guatemalensis</i>

Fuente: Portillo, 2007. Adaptado por el autor.

Parámetro de la red hidrográfica: La subcuenca se caracteriza por estar limitada por altas montañas, laderas, pequeñas colinas donde la mayor parte de su agua drena formando seis ríos que se integran en la represa artificial El Coyolar. Existen 55 nacientes de orden 1, estos forman las quebradas de orden 2 entre ellos tenemos El Mico, El Subte, El Carrizal, Las Botijas, San Isidro, Quebrada Quipeles y La Barraca (Figura 3). Estas quebradas a su vez forma los tributarios del orden 3: Chivos (8.09 km), Bermejós (12.85 km), Ciprés (11.68 km) y Quebrada El Horno (3.2 km). Estos tributarios forman el río principal de orden 4 que es conocido como el Zenón que posee una longitud de 18.2 km. La subcuenca del Río Zenón desemboca en Río San José que pertenece a la cuenca del Río Humuya.

Zona de recarga hídrica. Desde el punto de vista hidrológico, la gran zona de recarga hídrica para esta subcuenca la componen tres ecosistemas: el bosque húmedo montano bajo subtropical transición a per húmedo y el bosque muy húmedo montano bajo subtropical. El reconocimiento preliminar de campo indica que en esta zona de recarga la precipitación total anual podría variar entre 1,500 y más de 4,000 mm. Las bajas temperaturas que caracterizan estos ecosistemas están asociadas a nubosidades altas y persistentes manifestando condiciones de alta humedad a nivel de cobertura vegetal y suelos. Por el método de clasificación supervisada se determinó que desafortunadamente la cobertura vegetal original de estos dos ecosistemas prácticamente ha desaparecido, quedando un área aproximada de 3,171 ha (Figura 4). La red de drenaje obtenida de los mapas topográficas a escala 1: 50,000 y del MDE se puede apreciar que la mayor parte de los tributarios de orden 1 tiene su origen en la zona de recarga o el bosque húmedo montano bajo subtropical.

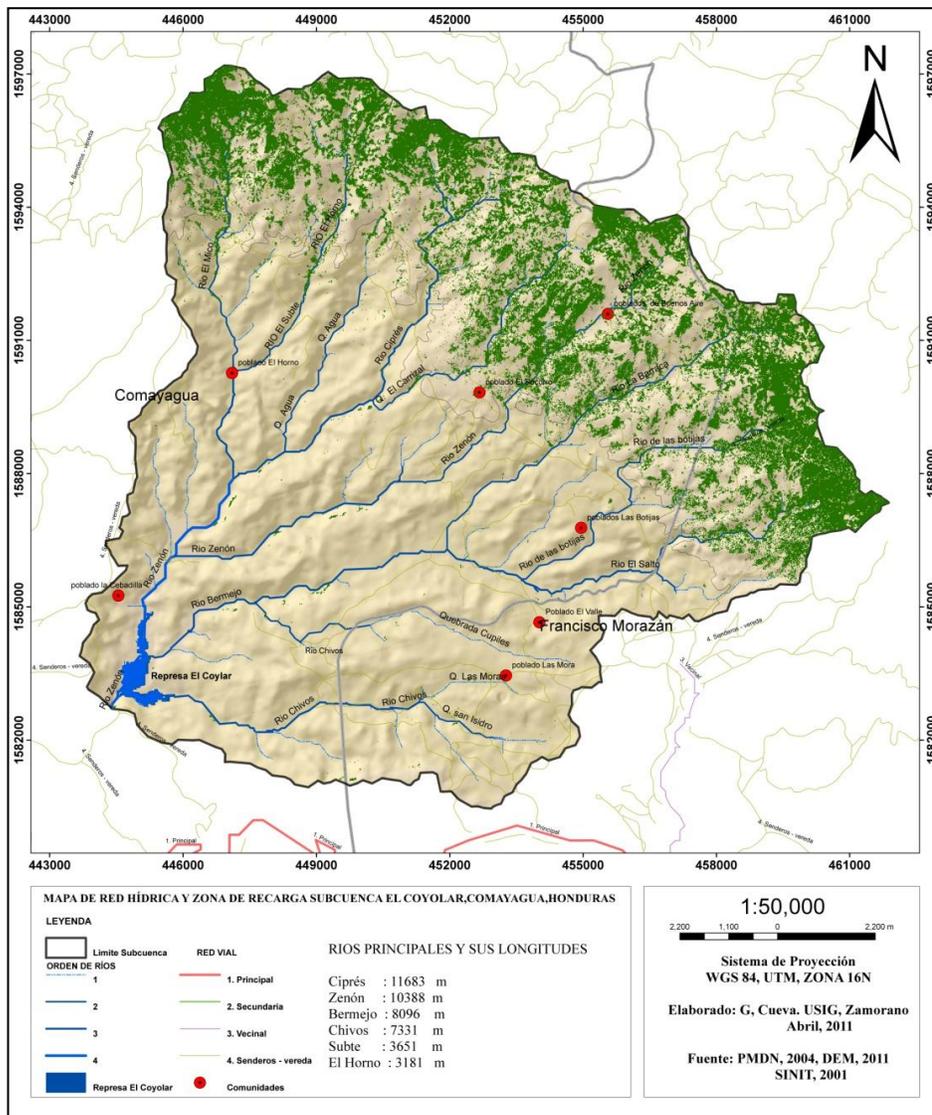


Figura 4. Distribución espacial de la red de drenaje y de la zona de recarga hídrica de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.

El análisis de superficie aplicado al Modelo Digital de Elevaciones permitió determinar seis categorías de pendientes en porcentaje. Este análisis indica que el área plana solo representa el 6% del total de la subcuenca, las otras categorías van desde ligeramente ondulado hasta pendientes escarpadas (Anexo 6). Los análisis topográficos indican que las categorías más predominantes y que representan el 46% de área de la subcuenca corresponden a terrenos ondulados, seguidos por terrenos moderadamente ondulados que ocupan 24% del área total de la subcuenca. Las condiciones de pendiente no favorecen el uso actual de suelo, es decir que no son apropiados para la producción agrícola y ganadera que se desarrolla en la zona media y alta de la subcuenca (Cuadro 6).

Cuadro 6. Distribución de pendientes por ámbitos, categorías, área y porcentaje del área total de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.

Ámbito de pendientes en porcentaje	Categorías de pendientes	Área (ha)	Porcentaje del área total
0 – 3%	Plano a casi plano	1335	7
3 – 7%	Ligeramente ondulado	2671	14
7 – 12%	Moderadamente Ondulado	4578	24
12 – 25%	Ondulado	8775	46
25 – 50%	Fuertemente ondulado	1660	9
> 50%	Escarpado	57	0.3
	Total	19075	100.0

Fuente: clasificación según las FAO 1994.

La clasificación de uso y cobertura de la tierra: En la subcuenca fue posible reconocer y clasificar seis usos actuales de la tierra tales como agricultura, bosque latifoliado, bosque de pino denso, bosque mixto, bosque pino ralo y por último el cuerpo de agua (Cuadro 7).

Cuadro 7. Cobertura y uso del suelo de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.

Clasificación de usos del suelo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Cuerpo de agua	63.0	0.3
Agricultura	2266.0	12
Bosque latifoliado	3171.0	17
Bosque pino denso	3824.0	20
Bosque mixto	7016.0	37
Bosque pino ralo	2735.0	14
Total	19075.0	100.00

La mayor parte del territorio de la subcuenca está cubierto por bosques (88%). Uno de los tipos de bosque más predominante es el mixto, seguido por bosque de pino denso. El 12%

de la subcuenca es destinado al uso agrícola, actividad que se desarrolla principalmente en la parte alta de la subcuenca y coincide con la zona de recarga hídrica. Esto da lugar a implementar acciones de restauración. Se determinó que el grado de transformación de hábitat natural a actividades productivas y asentamientos humanos es continuo, causando mayor impacto en la parte alta de la subcuenca (Anexo 7). Lo anterior se debe a que los residentes de la zona dependen en su mayoría de la producción agrícola, ganadera y agroforestal.

Descripción de los conflictos en el uso de la tierra: Para la elaboración del mapa de conflictos se elaboró desde el punto de vista hidrológico y se clasificó en dos categorías.

Uso inapropiado: Corresponde a la zona media y alta de la subcuenca donde se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas, lo cual representa el 26% del área total de la subcuenca. Los principales cultivos de hortalizas dentro de la zona son repollo (*Brassica oleracea*), tomate (*Lycopersicon esculentum*), cebolla (*Allium cepa L*), lechuga (*Lactuca sativa*), pimentón (*Capsicum anquén*), cebollina (*Alien schoenoprasum*) y otros. Los cultivos de granos básicos de importancia son el maíz (*Zea maíz*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y café (*Coffea arábica*). En la actualidad hay una fuerte deforestación y quema para establecer las parcelas de café y pasto para la cría de ganado, estas parcelas se localizan en las zonas con pendientes mayores al 30%.

Uso correcto: Corresponde a 73% de la superficie total y se concentran en la parte media de la subcuenca, esta categoría es representada en mayor proporción por bosque de pino, también incluye bosque secundario y remanente de bosque latifoliado (Anexo 8). Actualmente el bosque de pino es aprovechado por los residentes para la obtención de resina sin la aplicación de medidas técnicas y de supervisión (Cuadro 8).

Cuadro 8. Distribución de los conflictos de usos y coberturas de la tierra en la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.

Categoría de conflicto	Área (ha)	Porcentaje de área total
Espejo de Agua	63	0.33
Uso Inapropiado	5001	26
Uso Correcto	14011	73
Total	19075	100.00

En la actualidad se observan cultivos de hortalizas en las áreas ribereñas de la subcuenca. Producto de esta actividad los bosques ribereños se están degradando. En estas zonas y en otras de la subcuenca es evidente notar que los bosques secundarios están en estado de recuperación. Se prevé que estos bosques fueron afectados por las inapropiadas prácticas agrícolas y uso inadecuado de zonas de vocación forestal.

## 4. CONCLUSIONES

- La caracterización biofísica e hidrológica de la subcuenca El Coyolar indica que el 30% del territorio se encuentra seriamente afectado por la deforestación, expansión de la frontera agrícola y por las inadecuadas prácticas agropecuarias. Esta degradación es evidente en la parte alta o zona de recarga hídrica y las áreas ribereñas de la subcuenca.
- Desde el punto de vista hidrológico los ecosistemas más importante para esta subcuenca son el bosque húmedo montano bajo subtropical transición a per húmedo, bosque muy húmedo montano bajo subtropical y bosque húmedo montano bajo subtropical ya que constituyen la zona de producción de agua o zona de recarga hídrica. Desafortunadamente la cobertura vegetal original de estos ecosistemas prácticamente ha desaparecido, quedando un área aproximada de 3,171 ha en comparación con 7,383 ha que originalmente estuvieron cubiertas por bosques.
- La mayor parte de la subcuenca El Coyolar es de vocación forestal, ya que 70% del territorio se clasifica con pendientes que van desde moderadamente onduladas a escarpadas. En estas zonas el uso agrícola, está en constante expansión sobre todo en la parte alta de la subcuenca y está desplazando el bosque latifoliado. Por lo tanto, la zona de recarga hídrica se encuentra degradada.
- El futuro plan de manejo debe enfocar sus acciones a este conflicto con el fin de asegurar la producción de agua para las comunidades agua abajo.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Aunque este estudio no se enfocó en los aspectos demográficos, según las visitas de campo y análisis de imágenes satelitales, dentro de la subcuenca existen siete comunidades de las cuales la gran mayoría se dedicada a actividades de producción agrícola. Por lo tanto, su involucramiento en la elaboración de plan de manejo será clave para su implementación
- Es muy importante que las principales instituciones promotoras del manejo de la subcuenca (ICF y SERNA) y encargados de liderar los procesos de conservación y desarrollo de la subcuenca tomen en consideración las condiciones socioambientales de la población, para que sus futuros planes y proyectos tenga un impacto positivo.
- En el plan de manejo se debe establecer un programa de agricultura apropiada a la zona y a los medios de vida de los pobladores para hacer efectiva la implementación de las buenas prácticas de conservación de suelos y aguas. Estas a la vez deben contribuir a la productividad y así evitar su extensión a nuevas áreas de bosque.

## 6. LITERATURA CITADA

AEET (Asociación Española de Ecología Terrestre). 2008. Ecosistema (en línea). Consultado 31 ene. de 2011. Disponible en [www.revistaecosistemas.net/pdfs/131.pdf](http://www.revistaecosistemas.net/pdfs/131.pdf).

Agenda 21, 1992. Cap. 18, los recursos de agua dulces (en línea). Consultados 26 abr. de 2010. Disponible en [www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/rio92/agenda21/age18.htm](http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/rio92/agenda21/age18.htm).

Agudelo, N. 1983. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. 2da edición. Tegucigalpa, D. C. Honduras 168 p.

Alianza para las Montañas, 2011. Cuencas Hidrográficas (En línea). Consultado 18 Feb. de 2011. Disponible en <http://www.alianzamontanas.org/issues/watersheds.html>.

ASDI (Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional)/CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanzas)/C, R) 2006. Innovación, Aprendizaje y Comunicación para la Cogestión adaptativas de Cuencas (en línea). Consultado 20 Feb. de 2011. Disponible en <http://www.portalcuencas.net/grupo/pdf/cogestion.pdf>.

B. Ramkrishna. 1997. Proyecto IICA/GTZ Proyecto Sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. 171 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. Fase I de la implementación del Plan maestro de Manejo Sustentable (en línea). Consultado el 23 de Abr. de 2011. Disponible en [http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PNBM/File/TCP/folleto\\_tcpfao.pdf](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PNBM/File/TCP/folleto_tcpfao.pdf).

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1997. Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. (Estudio FAO: Riego y drenaje – 55) (en línea). Consultado 7 de Feb. 2011. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/W2598S/W2598S00.htm>.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 2009. Gestión Integrada de las Cuencas Hidrográficas como aporte a la mitigación de los cambios climáticos (en línea). Consultado 22 de Abr. de 2011. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/tecnica/redlach/boletines/cuencgestion.pdf>.

Franco, VA. 2009. Agua, Ciudad y Derecho. Revista Jurídica de la Universidad Metropolitana, México. 18p.

Fundación Río Urbano, 2003. Propuesta de clasificación y manejo de cuencas hidrográficas fronterizas (en línea). Consultado 28 Feb. 2011. Disponible en [http://www.riourbano.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=37:propuesta-de-clasificacion&catid=7:medioambiente&Itemid=8](http://www.riourbano.org/index.php?option=com_content&view=article&id=37:propuesta-de-clasificacion&catid=7:medioambiente&Itemid=8).

García Jovel, JG. 2002. La situación sobre el manejo de cuencas en Honduras. 44p

Holdridge, L. 1987. Ecología basada en zona de vida. Centro Agronómico tropical de Investigaciones y Enseñanza (IICA), Turrialba, Costa Rica. 216p.

ICF (Instituto Nacional de Conservación Forestal, Áreas protegida y Vida silvestres). 2010. Guía metodológica para la elaboración de planes de manejo de cuenca/microcuenca. 9 P.

Llopis, JP. 2008. Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio: Entrada, análisis y salida de de datos espaciales teoría general y practica para ESRI ArcGIS 9.3 aplicados a la gestión del territorio.2 ed. 2008.cottolengo, 25 – San Vicente (Alicante).España. Club Universitario.310p.

Martínez Ardon, CR. 2001. Análisis de factibilidad financiera, económica e institucional de la privatización y sostenibilidad en los Distritos de riego Flores y Segualpa, en Comayagua, Honduras. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanzas). Turrialba, Costa Rica. 141p

Ministerio de Medio Ambiente, Tragsa (Empresa de Transformación agrarios, S.A), Tragsatec (Tecnologías y servicio agrarios, s.a). 1998. Restauración hidrológica forestal de cuencas y control de erosión. 2da. Edición. Ciudad de Barcelona. España. Ediciones mundi-prensa. 945 p.

Miranda, L. 2011. Cantidad de habitantes beneficiarias de la represa El Coyolar (entrevista). Comayagua, Honduras. Director Proyecto El Coyolar.

Miranda, L. 2011. Base de datos: Registro precipitaciones anuales 2003-2011. (Correo electrónico). Comayagua, Honduras.

ONU (Organización de las Naciones Unidas). 1992. Convención Marco de las Naciones Unida sobre el Cambio Climático (en línea). Consultado 25 de Mar. de 2011. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

Portillo, H.O. 2007. Recopilación de la Información Sobre Biodiversidad de Honduras. Informe Final de Consultoría. Tegucigalpa: INBIO-DIBIO, 234 P.

Rodríguez M, A. 1997. Políticas institucionales sobre cuencas hidrográficas. 1997. Políticas, San Jose, Costa Rica. 232 p.

Rogers, R.D. y E.A. O'Conner, 1993, Mapa geológico de Honduras: Hoja de Tegucigalpa (segunda edición), Instituto Geográfico Nacional, Tegucigalpa, Honduras, escala 1:50000.

(En línea). Consultado 27 de Mar. De 2011. Disponible en <http://geology.csustan.edu/rrogers/honduras/teguc.htm>.

Salinero, C. 2008. Teledetección Ambiental: La observación de la tierra desde el Espacio. 3 ed. Septiembre 2008. Barcelona, España. 594 p.

SERNA. 2007. Rehabilitación de la central hidroeléctrica de la represa El Coyolar. Tegucigalpa, Honduras. 4 p

Torres, P. Hernán, C. Patiño, PJ. 2008. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizada en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, Colombia. 16 p.

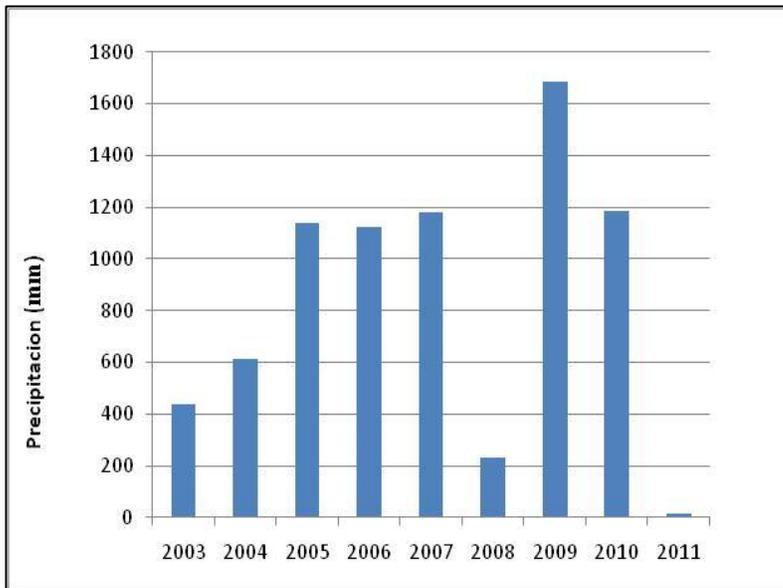
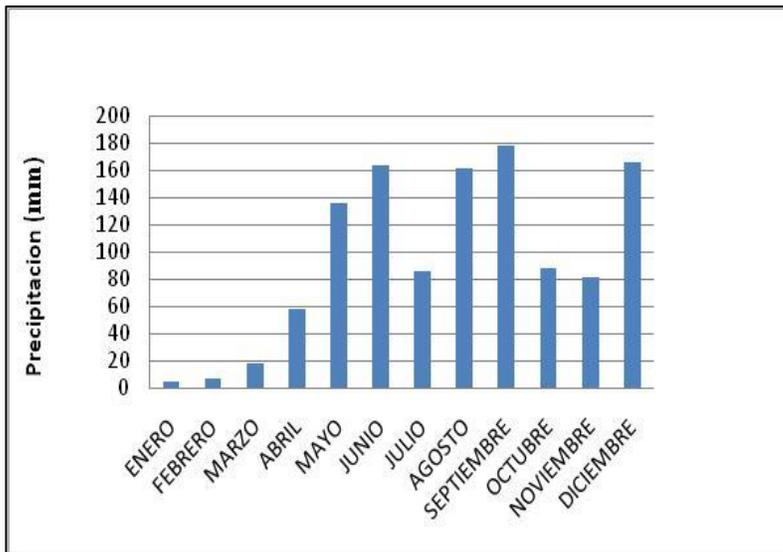
Umaña G, E. 2002. Taller de Capacitación: Educación ambiental con enfoque en manejo de cuencas y prevención de desastres. 26 p.

Universidad Nacional del Nordeste de Argentina. 2007. Determinación de las características físicas de la cuenca (en línea). Consultado 8 de Feb. de 2011. Disponible en <http://ing.unne.edu.ar/pub/hidrologia/hidro-tp1.pdf>

Visión mundial, 2004. Manual de Manejo de Cuenca (En línea). Consultado 31 de Ene. 2011. Disponible en: [www.visionmundial.org.do/archivosdeusuario/Documentos/52.pdf](http://www.visionmundial.org.do/archivosdeusuario/Documentos/52.pdf)

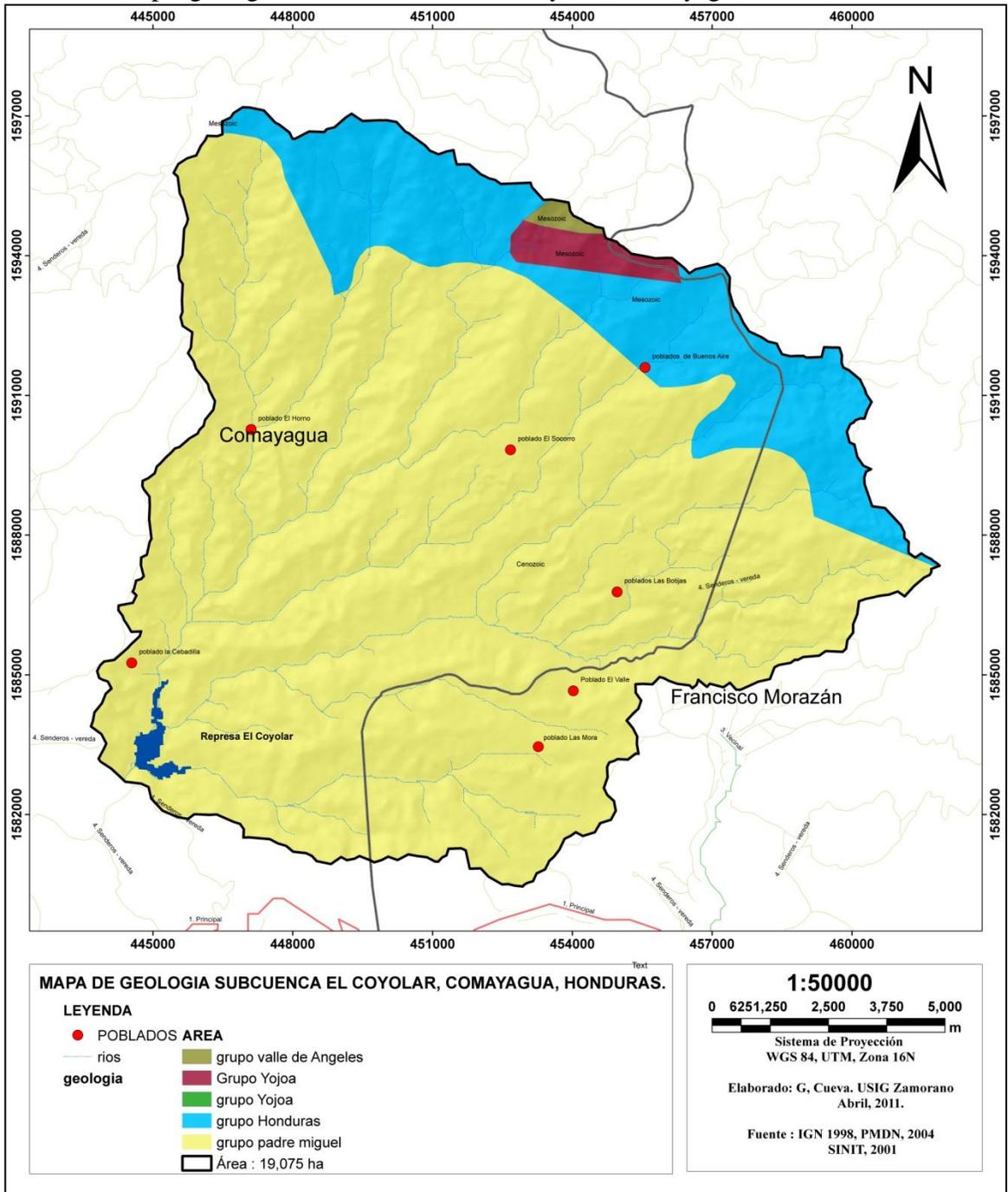
## 7. ANEXOS

Anexo 1. Precipitación media mensual y media anual (2003 – 2011) de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.



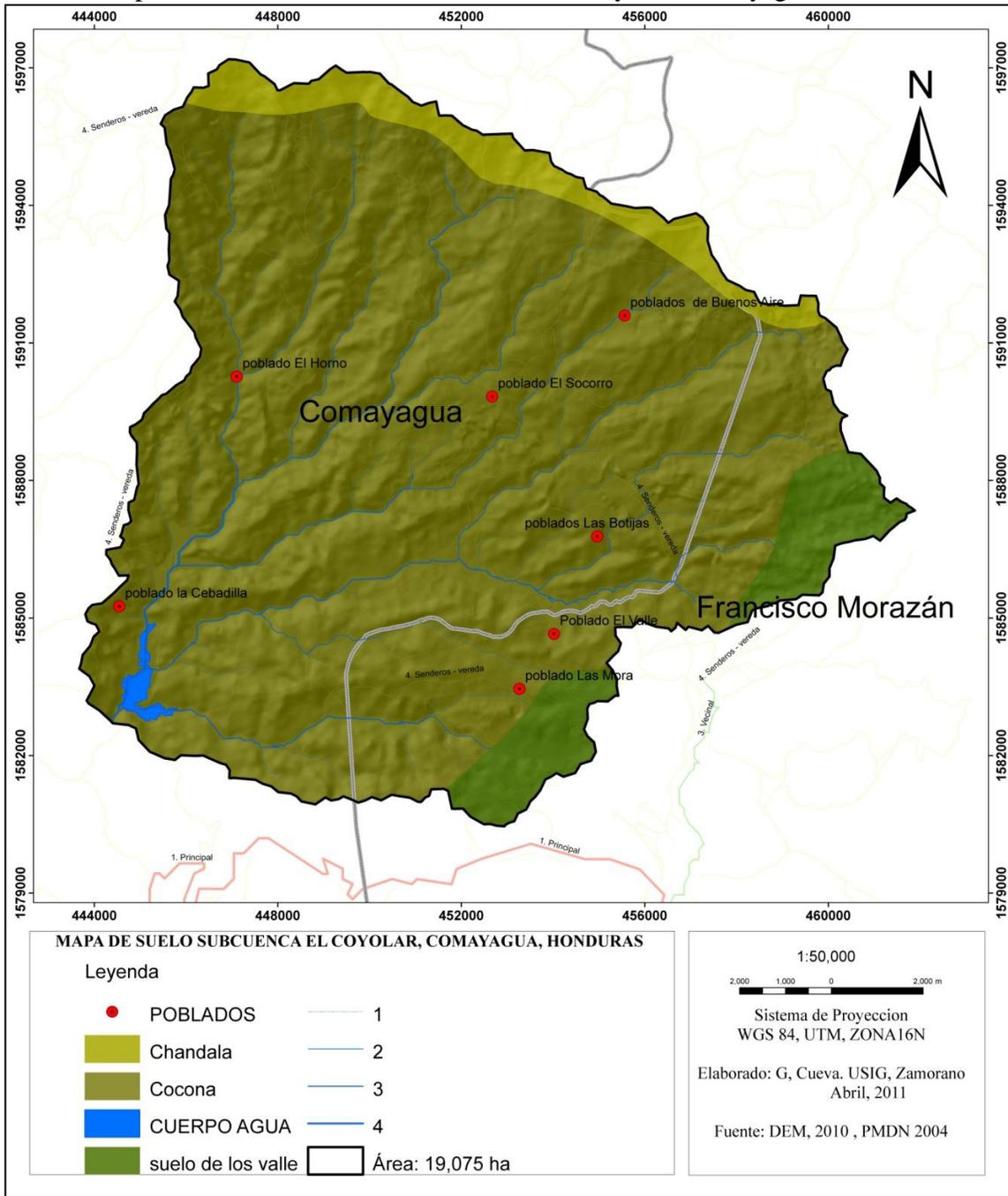
Fuente: SERNA 2011.

Anexo 2. Grupo geológico de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.



Fuente: IGN 1991 adaptado por autor.

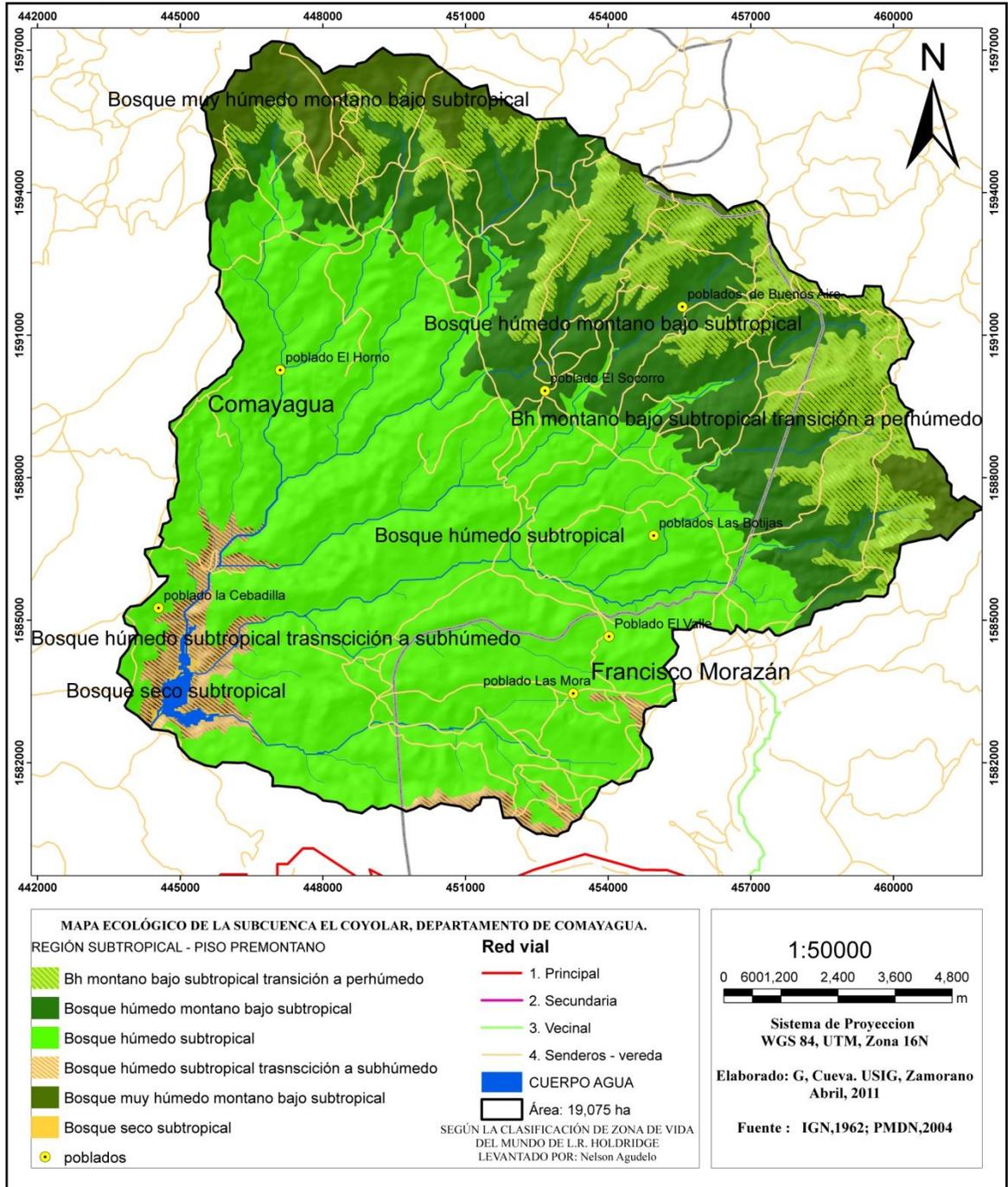
Anexo 3. Tipos de suelo dentro de la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.



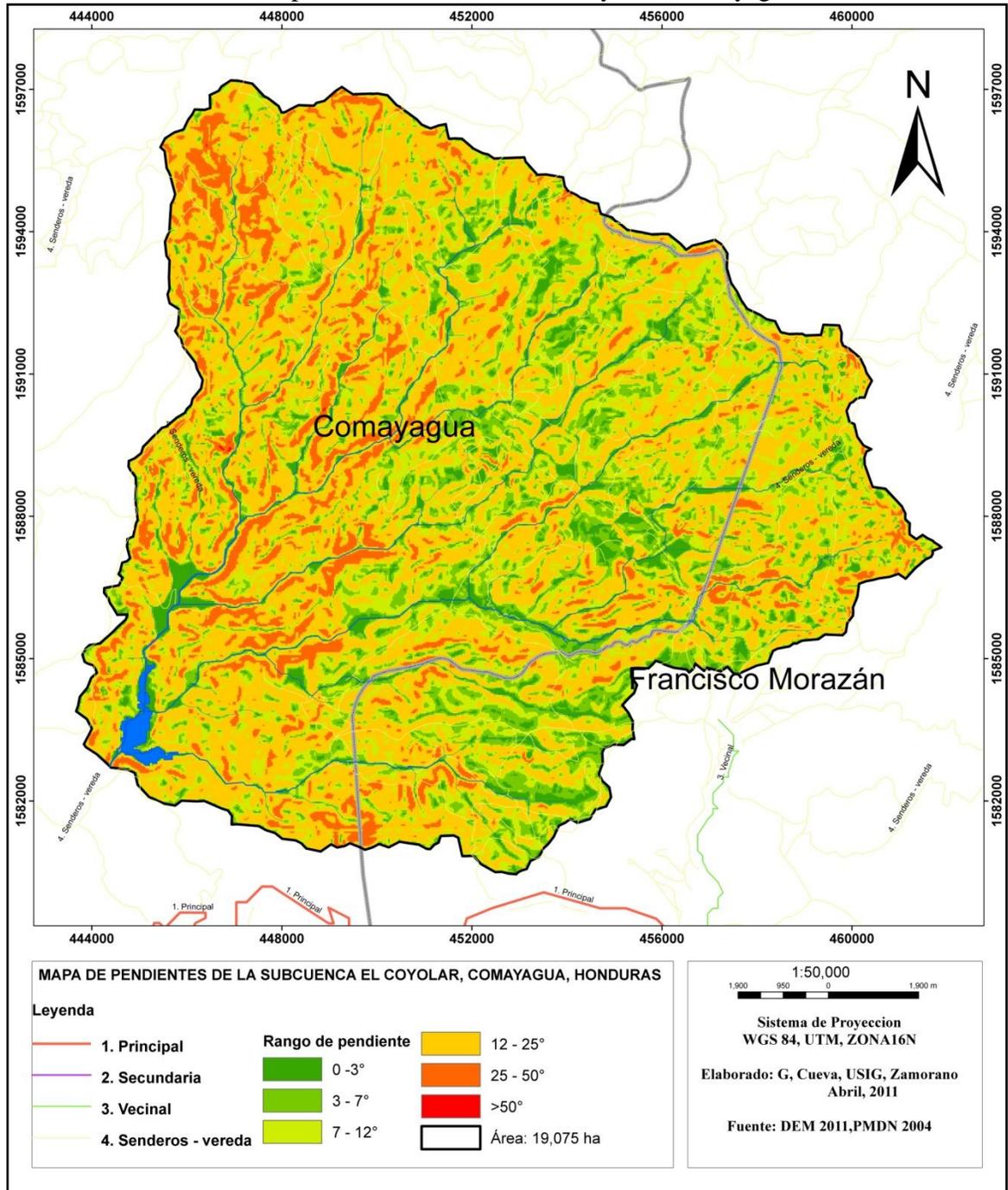
Fuente: Suelos de Simmons y Castellanos 1968, adaptado por el autor.



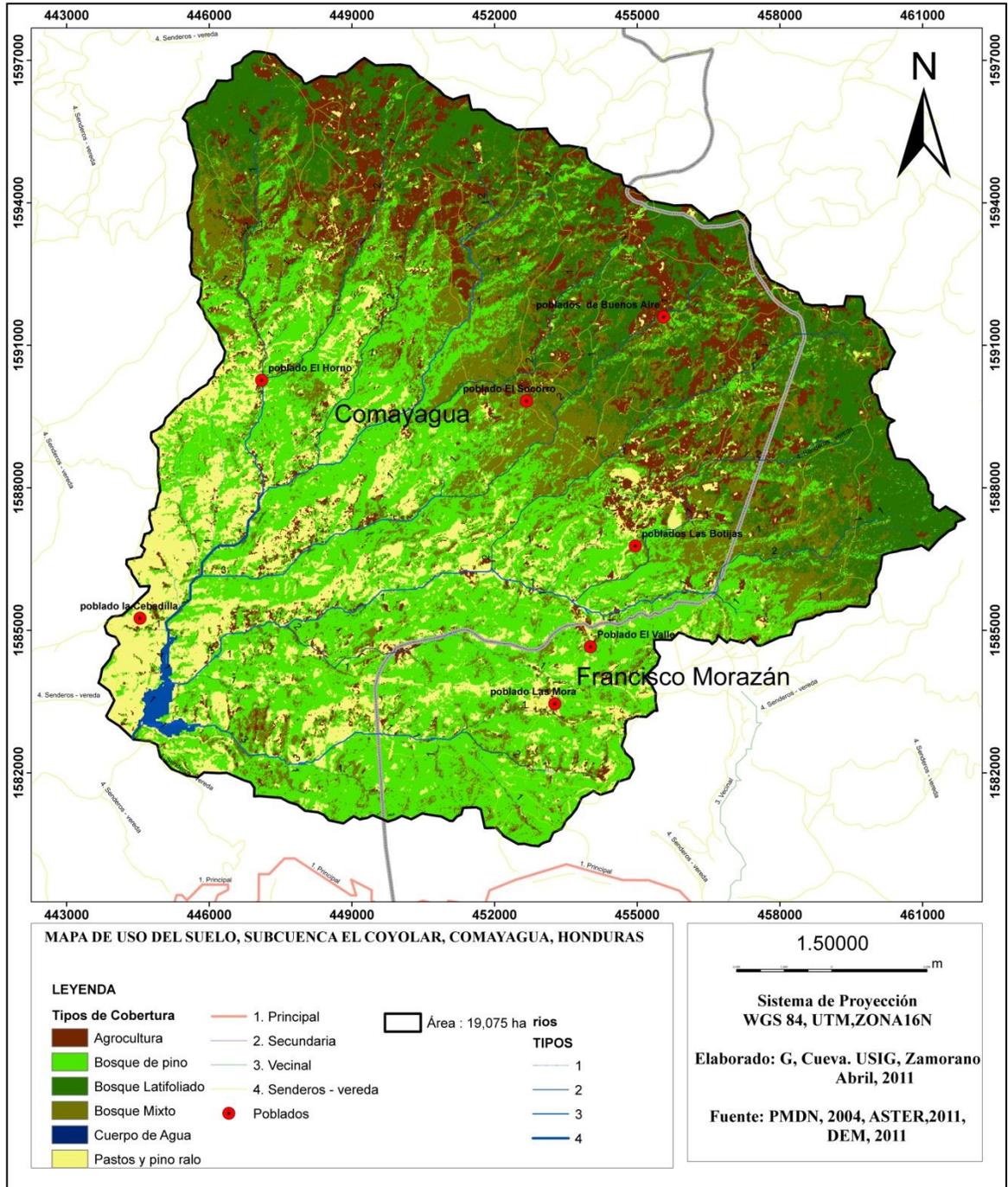
Anexo 5. Zonas de vida según la clasificación de Holdridge, subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.



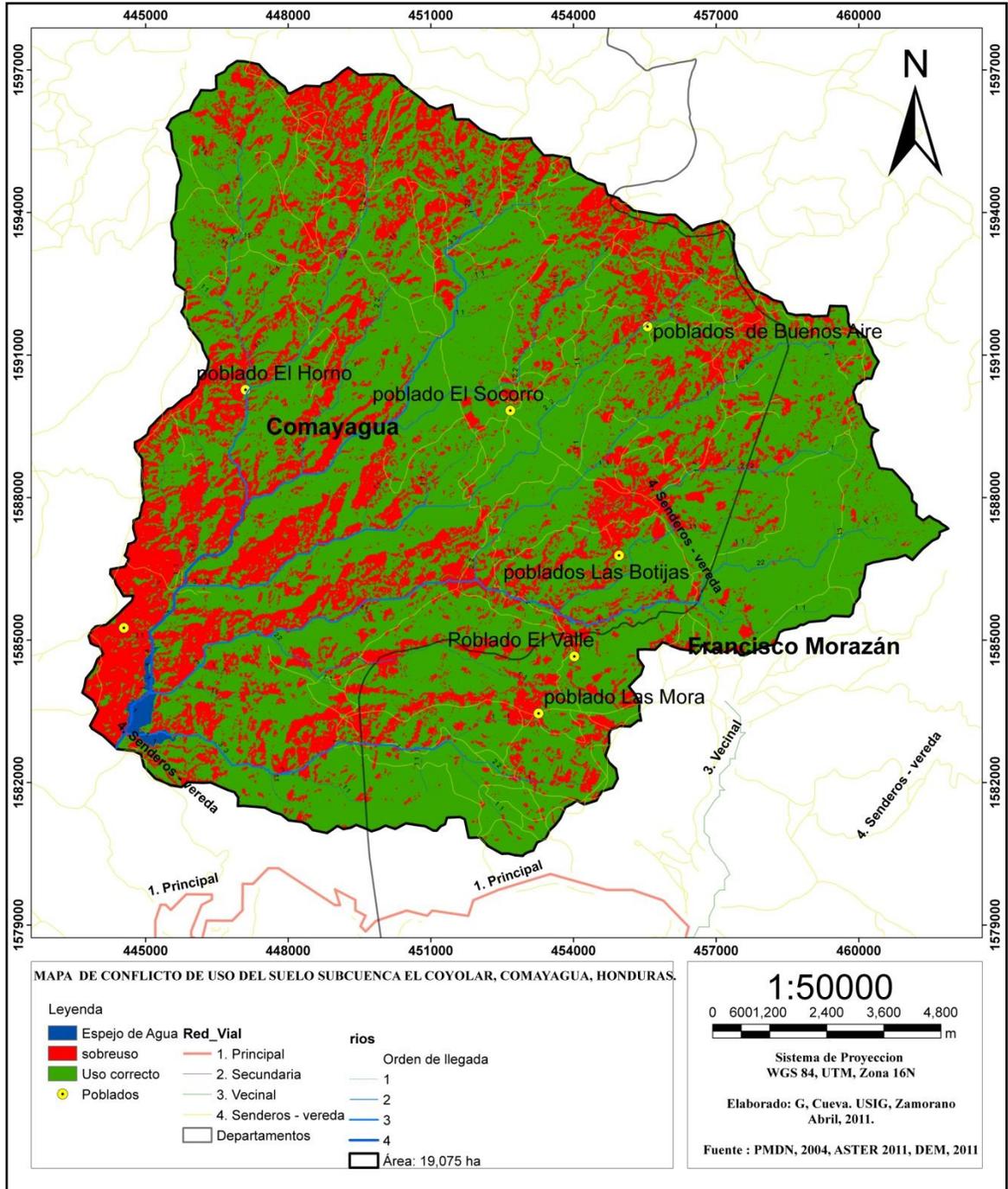
Anexo 6. Distribución de pendientes subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.



Anexo 7. Usos y cobertura de suelo en la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.



Anexo 8. Área de terreno en conflicto de uso en la subcuenca El Coyolar, Comayagua, Honduras, 2011.



## Anexo 9. Puntos de control utilizado en la clasificación de cobertura de suelo, El Coyolar

ID	X	Y	Descripción	ID	X	Y	Descripción
0	453849	1579854	agricultura	42	455602	1592047	agricultura
1	453846	1580672	bosque de pino	43	455513	1592174	bosque mixto
2	453560	1581179	mosque de pino	44	455556	1592372	suelo quemados
3	454572	1581609	bosque de pino	45	455331	1592488	bosque de pino
5	455904	1582095	bosque de pino	46	454837	1592140	bosque de latifoliado
6	454561	1582734	agricultura	47	454172	1594843	bosque de pino
7	454099	1582994	agricultura	48	454175	1591865	bosque de pino
8	453784	1583016	bosque de pino	49	453640	1591003	suelo labrado
9	453269	1583457	poblado Las Mora	50	453534	1590333	bosque pino
10	453286	1583423	agricultura	51	453178	1589856	bosque de pino
11	453609	1583559	bosque pino	52	452674	1589831	Pob. El Socorro
12	454154	1583609	agricultura	53	453137	1589042	bosque de pino
13	454042	1583819	agricultura	54	453655	1589003	bosque de pino
14	454126	1584212	agricultura	55	454133	1588623	cultivo
15	454005	1584392	agricultura	56	454161	1588771	cultivo
16	454012	1584764	agricultura	57	454415	1581455	bosque de pino
17	454013	1584764	rio chivo	58	454892	1582107	bosque de pino
18	453898	1585188	pino ralo	59	453265	1583457	poblado las mora
19	454223	1585675	bosque de pino	60	452799	1583521	pino ralo
20	454543	1585767	agricultura	61	454297	1583731	agricultura
21	454867	1586011	rios	62	454020	1584656	pob. El Valle
22	454723	1586278	suelo desnudo	63	453841	1584997	agricultura
23	454961	1586781	Pob. Las Botijas	64	453921	1585195	rio chivo
24	454734	1586940	agricultura	65	454980	1587009	pob. La Botija
25	454611	1587135	agricultura	66	455515	1587857	rio
26	454580	1587294	agricultura	67	456336	1583683	pob. San Francisco
27	454581	1587294	agricultura	68	457242	1583568	desvio Coralitos
28	454590	1587437	agricultura	69	455587	1591864	rio
29	454559	1587711	agricultura	70	439271	1582138	rio san jose
30	454313	1588173	bosque pino ralo	71	439493	1582937	canal de riego
31	454536	1588693	bosque mixto	72	440094	1583824	poblado El Cimiento
32	454616	1589211	bosque mixto	73	440794	1584228	bosque seco
33	454610	1589384	pastizales	74	442267	1584386	bosque mixto
34	454832	1589850	agriltura	75	444565	1585209	bosque mixto
35	454942	1590300	bosque mixto	76	444545	1585256	poblado la Cebadilla
36	454928	1590529	rios	77	444957	1588131	agricola
37	454970	1590761	bosque mixto	78	446096	1590091	rio el Horno
38	455141	1591137	rios	79	447105	1590268	poblado El Horno
39	455167	1591255	agricultura	80	448687	1592747	rio el sute
40	455353	1591378	agricultura	81	449653	1594372	rio Tamarinda
41	455561	1591599	pob. Buenos Aire	82	447964	1592735	rio el Horno

