

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES**



**“EXPERIENCIAS EN LA MITIGACIÓN DE IMPACTOS AL RECURSO BOSQUE  
DENTRO DEL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA SULIN EN EL  
MUNICIPIO DE PURULHÁ DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ, GUATEMALA,  
C.A.”**

**LUIS FELIPE FERNÁNDEZ MILIÁN**

**Guatemala, abril de 2014**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES**

**DOCUMENTO DE GRADUACIÓN**

**“EXPERIENCIAS EN LA MITIGACION DE IMPACTOS AL RECURSO BOSQUE  
DENTRO DEL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA SULIN EN EL  
MUNICIPIO DE PURULHÁ DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ, GUATEMALA,  
C.A.”**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**LUIS FELIPE FERNÁNDEZ MILIÁN**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

**Guatemala, abril de 2014**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES**

**RECTOR MAGNÍFICO**

**DR. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

<b>DECANO</b>	<b>Dr.</b>	<b>Lauriano Figueroa Quiñónez</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Dr.</b>	<b>Ariel Abderramán Ortiz López</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. Agr. M. Sc.</b>	<b>Marino Barrientos García</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr. M. Sc.</b>	<b>Oscar René Leiva Ruano</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>P. For.</b>	<b>Sindi Benita Simón Mendoza</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>Br.</b>	<b>Sergio Alexsander Soto Estrada</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Carlos Roberto Echeverría Escobedo</b>

**Guatemala, abril de 2014**

**Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente**

**Honorables miembros:**

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado:

**“EXPERIENCIAS EN LA MITIGACIÓN DE IMPACTOS AL RECURSO BOSQUE DENTRO DEL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA SULIN EN EL MUNICIPIO DE PURULHÁ DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.”**

Como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

**Atentamente,**

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

**LUIS FELIPE FERNÁNDEZ MILIÁN**

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**DIOS:** Por darme la vida y la oportunidad de poder realizar este triunfo.

**MIS PADRES:** Por estar siempre a mi lado en todo momento de mi vida.

**MIS HERMANOS:** **Laura, Carlos y Adela**, por motivarme a concluir mi trabajo de graduación.

**MI ESPOSA E HIJOS:** Que son mi razón de ser.

## **DOCUMENTO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO**

A:

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

Central Hidroeléctrica Sulín, S.A. por su continuo trabajo en la conservación y manejo de los recursos naturales.

.

.

## AGRADECIMIENTOS

**A:**

Mi asesor de tesis **Dr. Marvin Salguero**, por todas las recomendaciones tanto de fondo como de forma realizadas al trabajo inicial que hoy permiten presentar un documento de acuerdo a las normas del programa extraordinario de tesis de grado.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>ii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 Marco Conceptual.....</b>	<b>3</b>
3.1.1 Las cuencas hidrográficas en la generación de electricidad .....	3
3.1.2 Definición y clasificación de las hidroeléctricas.....	5
3.1.3 Impactos potenciales de las hidroeléctricas .....	6
3.1.4 Protección forestal en Guatemala .....	8
<b>3.2 Marco referencial .....</b>	<b>12</b>
3.2.1 Descripción general del proyecto hidroeléctrico Sulín .....	12
3.2.2 Vías de comunicación .....	12
3.2.3 Geología.....	13
3.2.4 Capacidad productiva de la tierra.....	13
3.2.5 Clima .....	14
3.2.6 Hidrografía.....	14
3.2.7 Aspectos de flora y fauna.....	15
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Objetivo general.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>5. METODOLOGÍA .....</b>	<b>19</b>
<b>5.1 Recopilación y síntesis de la información .....</b>	<b>19</b>
<b>5.2 Análisis de la información .....</b>	<b>19</b>
<b>5.3 Diagramación y gráficas .....</b>	<b>19</b>
<b>5.4 Integración de la información.....</b>	<b>19</b>
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>6.1 Protocolo en materia forestal del proyecto hidroeléctrico Sulín.....</b>	<b>21</b>
6.1.1 Proyecto hidroeléctrico.....	21
6.1.2 Plan de manejo forestal por cambio de uso de la tierra .....	23
6.1.3 INAB Sub-Regional .....	24
<b>6.2 Proceso de aprovechamiento forestal y compromiso de     reforestación.....</b>	<b>25</b>
6.2.1 Proceso de aprovechamiento forestal .....	25
6.2.2 Proceso de cumplimiento de compromiso forestal .....	30
<b>6.3 Implicaciones en la cobertura forestal derivado del proyecto     hidroeléctrico Sulín (mitigación de impactos) .....</b>	<b>33</b>
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>8. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>37</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Flujograma del protocolo en materia forestal para proyectos hidroeléctricos .....	22
Figura 2.	Área de aprovechamiento y áreas de compromiso de reforestación, proyecto hidroeléctrico Sulín .....	26
Figura 3.	Limpieza del área .....	27
Figura 4.	Apeo o talado de árboles.....	28
Figura 5.	Desrame y troceo de árboles .....	28
Figura 6.	Labrado de la madera y ordenamiento en bodega.....	29
Figura 7.	Hechura y transporte de leña.....	30
Figura 8.	Diferentes aspectos de la fase de vivero .....	31
Figura 9.	Identificación de rodales y trasplante de arbolitos .....	32
Figura 10.	Apariencia de <i>Pinus maximoi</i> , afectado por <i>Phyllophaga</i> spp. ....	32
Figura 11.	Fertilización de plantación de <i>Pinus maximoi</i> .....	33
Figura 12 A.	Ubicación del proyecto hidroeléctrico Sulín. ....	39
Figura 13 A.	Geología en el área del proyecto hidroeléctrico Sulín, Purulhá, Baja Verapaz. ....	40
Figura 14 A.	Capacidad de uso de la tierra en el proyecto hidroeléctrico Sulín. ....	41
Figura 15 A.	Mapa de zonas de vida. ....	42

## RESUMEN

**“EXPERIENCIAS EN LA MITIGACION DE IMPACTOS AL RECURSO BOSQUE DENTRO DEL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA SULIN EN EL MUNICIPIO DE PURULHÁ DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.”**

**EXPERIENCES IN THE MITIGATION OF IMPACTS TO THE RESOURCE FOREST WITHIN THE AREA OF CONSTRUCTION OF THE HYDROELECTRIC SULIN, IN THE MUNICIPALITY OF PURULHÁ, DEPARTMENT OF BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.**

En Guatemala es utilizado alrededor del 20 % del potencial hidroeléctrico que posee de un total de 5,000 megavatios (MV); sin embargo debido al crecimiento poblacional y sus necesidades energéticas, el mercado es creciente, tanto a nivel local con pequeñas hidroeléctricas en las microcuencas, que generan 1 MV hasta medianas y grandes con más de 20 MV en las subcuencas del país.

Para hacer uso del recurso hídrico con el fin de generar electricidad, se deben construir embalses, casas de máquinas, canalizaciones y entubamientos de alta presión, por lo que es necesario realizar actividades como el movimiento de tierras en los márgenes de los ríos, con lo cual se elimina completamente la vegetación y fauna del sitio, afectando la biodiversidad. Es por ello que el papel del profesional de la agronomía en los proyectos hidroeléctricos es de suma importancia, a fin de realizar una adecuada mitigación de impactos negativos.

Considerando lo anterior, en el presente trabajo se sistematizaron las experiencias en la mitigación de impactos al recurso bosque dentro del área de construcción de la hidroeléctrica Sulín, en Purulhá, Baja Verapaz, la cual se encuentra en la fase de planificación y construcción y que en operación generará 18 MV. Con el fin de orientar a los profesionales de la agronomía, que intervengan en proyectos hidroeléctricos similares, se sistematizó y diagramó el protocolo que actualmente se sigue en estos proyectos para mitigar los impactos al recurso bosque; observando que el reglamento del INAB, en cuanto al cambio de uso de la tierra es deficitario y arbitrario para asegurar la viabilidad de los ecosistemas, pues únicamente establece que el área deforestada debe ser reemplazada

por otra, sin atender que especies de flora han sido removidas, mucho menos las relaciones entre los subsistemas flora-fauna; en ese sentido, la mitigación de impactos al recurso bosque es esencialmente cuantitativa, no cualitativa, lo que pone en peligro la biodiversidad.

Para asegurar la biodiversidad en el establecimiento de los proyectos hidroeléctricos se recomienda realizar una revisión exhaustiva de la ley forestal, que permita disponer de una valoración apropiada de la calidad de las especies en los rodales establecidos, así como un enfoque integral de sistemas en la evaluación de los proyectos, además valorar el aprovechamiento forestal en las zonas de recarga hídrica y en aquellas tierras donde su capacidad de uso es para protección.

## 1. INTRODUCCIÓN

Guatemala se encuentra dividida por tres vertientes que drenan sus aguas hacia el océano Pacífico, hacia el Atlántico y hacia el Mar Caribe, las cuales conforman 38 cuencas principales que proporcionan un potencial hidroeléctrico de 5,000 megavatios (MW), siendo utilizados apenas 926.95 MW que corresponde al 18.53 del total del potencial hidroeléctrico, a pesar de su fomento a través de la ley de incentivos para proyectos de energía renovable (Ministerio de Energía y Minas, 2007).

Dentro de las responsabilidades del Ministerio de Energía y Minas se encuentra la de fomentar el desarrollo de los recursos renovables de energía, coordinar el crecimiento ordenado de la electrificación rural y la supervisión de los proyectos hidroeléctricos como el de Sulín en el municipio de Purulhá, Baja Verapaz, para cumplir y hacer cumplir la ley y sus reglamentos en materia de sus competencias.

El proyecto hidroeléctrico Sulín que generará 19 Megavatios (Ministerio de Energía y Minas, 2012), ha concluido satisfactoriamente las fases de diseño y planificación, pero a la fecha no se ha implementado, es decir, no se han construido las obras físicas que este conlleva (represa, casa de máquinas, canales de derivación, etc); sin embargo, la implementación del mismo prevé la pérdida de cobertura forestal en el área de embalse y canales de conducción; y es en esta competencia, donde el profesional de la Agronomía, basado en el marco regulatorio del Instituto Nacional de Bosques, juega un papel importante en los proyectos hidroeléctricos, para asegurar los menores impactos negativos al recurso bosque desde el punto de vista legal y técnico.

En el presente trabajo de graduación se presentan las experiencias en la mitigación de impactos al recurso bosque debido al proyecto de la hidroeléctrica Sulín del municipio de Purulhá, Baja Verapaz.

## **2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Todo proyecto hidroeléctrico ineludiblemente conlleva la pérdida de cobertura vegetal, especialmente en el área destinada para el embalse, casa de máquinas, canales de acceso y vías entre otros, por lo que de acuerdo al marco legal en materia forestal en Guatemala, debe ser compensado de forma directa a través de reforestaciones o indirecta a través del pago al Fondo Forestal Privativo a fin de minimizar los impactos negativos sobre el ambiente y la propia regulación del ciclo hidrológico; sin embargo en Guatemala, con apenas 19 generadores de hidroelectricidad en funcionamiento, a la fecha no se cuenta con un documento que permita sistematizar de forma apropiada la experiencia en la mitigación de impactos del recurso bosque en los proyectos hidroeléctricos que es de vital importancia ya que según el (MEM, 2007) la demanda energética para el 2020 requiere un incremento de 100 megavatios (MW) por año, lo que implica la incorporación de nuevas microcuencas a este importante sector de los servicios.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Marco Conceptual

##### 3.1.1 Las cuencas hidrográficas en la generación de electricidad

###### A. Vertientes y cuencas hidrográficas en Guatemala

Guatemala está ubicada en el centro geográfico del continente americano, entre dos grandes masas continentales: la América del Norte y la América del Sur, específicamente entre los paralelos 13° 44´ y 18° 30´ de Latitud Norte y los meridianos 87° 30´ y 92° 13´ de Longitud Oeste. Es un país montañoso de posición geográfica intertropical que goza de un clima cálido, en promedio, con variaciones regionales y micro climas locales caracterizados en función del relieve montañoso del lugar y de su distancia al mar (Arteaga, 1994).

Por su orografía, el país se divide en tres vertientes de escurrimiento superficial: la del Pacífico, la del Caribe, y la del Golfo de México.

###### a. Vertiente del Pacífico

La vertiente del Pacífico tiene una extensión de 24,237.26 km<sup>2</sup> (22% del territorio), 18 cuencas y caudal promedio anual de 808 m<sup>3</sup>/s. En su parte alta está conformada por los valles del altiplano central del país, que drenan tanto a esta vertiente como a la del Caribe y la del Golfo de México, los cauces atraviesan la cadena volcánica para drenar finalmente en la planicie costera y llegar al Océano Pacífico. En general las cuencas son angostas, con fuertes pendientes en la parte media y con una pendiente muy suave en la parte baja. Las cuencas de esta vertiente se ven caracterizadas por una rápida respuesta a la precipitación y un alto grado de sedimentación en la planicie costera, incrementado por la alta disponibilidad de sedimento producto de los volcanes activos. Los cauces corren perpendiculares a la costa y la cadena volcánica. Los límites entre las cuencas en la planicie costera están vagamente definidos (Castañeda, Castañón y Arteaga, 2000).

**b. Vertiente del Caribe**

La vertiente del Caribe tiene una extensión de 33,799.29 km<sup>2</sup> (31% del país), con 10 cuencas y un caudal promedio anual de 1,010 m<sup>3</sup>/s. Incluye los ríos con mayor longitud en el territorio guatemalteco. En general las cuencas están muy bien definidas. En las partes altas tiene fuertes pendientes, que van drenando para convertirse en ríos sinuosos con valles inundables en las partes más bajas cerca de las desembocaduras. Las condiciones orográficas inducen a que en esta vertiente se tenga una de las zonas más secas del istmo centroamericano (Castañeda, Castañón y Arteaga, 2000).

**c. Vertiente del Golfo de México**

La vertiente del Golfo de México, contiene cuencas que cruzan la frontera con dicho país, con un área de 50,852.45 km<sup>2</sup> (47% del territorio), está conformada por 10 cuencas, con un caudal medio anual de 1,372 m<sup>3</sup>/s. Son las cuencas más extensas del país y las más caudalosas, todas conforman finalmente el caudal del río Grijalva en México.

La riqueza hídrica del país incluye: siete lagos, 19 lagunas costeras, 49 lagunas, 109 lagunetas, siete embalses y tres lagunas temporales.

El potencial de agua subterránea, calculado con base en el índice de infiltración se estima en 33,699 millones de m<sup>3</sup>. Los acuíferos aluviales de la costa pacífica son los que se estiman de mayor rendimiento y algunos en el altiplano (los más estudiados), donde el agua subterránea representa la fuente de abastecimiento más utilizada (Castañeda, Castañón y Arteaga, 2000)

**B. Potencial hidroeléctrico**

Guatemala cuenta con un potencial hidroeléctrico de 5,000 megavatios (MW), siendo utilizados apenas 926.95 MW que corresponde al 18.53 del total del potencial hidroeléctrico, a pesar de su fomento a través de la ley de incentivos para proyectos de energía renovable (Ministerio de Energía y Minas, 2007).

Dentro del mercado eléctrico en Guatemala, se puede establecer que son cinco las fuentes principales de donde se obtiene la electricidad como sigue:

- Hidroeléctricas 36.88 %
- Motores de combustión interna 34.78 %
- Plantas de vapor 26.14 %
- Geotérmicas 2.09 %
- Turbinas de gas 0.11 % (Ministerio de Energía y Minas, 2007).

Según el Mercado Mayorista 2000, citado por la URL 2005 se estima que la hidroelectricidad requiere 2,882 millones de metros cúbicos de agua anuales. No existe ningún cobro por el uso del recurso o por servicios ambientales de las zonas aguas arriba de las presas de almacenamiento. Si se quintuplicara el potencial hidroeléctrico del país, según el Plan Maestro de Electrificación de 1976, se requerirían en el futuro 15,000 millones de metros cúbicos. El agua utilizada para generación eléctrica no es consumida y vuelve para su uso, sin embargo es importante considerar su volumen, pues aguas arriba del proyecto el agua no puede ser desviada para otro tipo de usos.

### **3.1.2 Definición y clasificación de las hidroeléctricas**

Las hidroeléctricas consisten en utilizar la caída (altura) o el caudal del río para generar electricidad. Los tipos de hidroeléctricas se clasifican por la potencia que generan y comúnmente se dividen de menor de 5 MW y mayores de 5 MW. La otra clasificación que se puede dar es si la generación es a filo de agua, en donde se aprovecha el caudal del agua y el otro es cuando se regula y se aprovecha además la caída del agua (altura) (Basterrechea, 2006).

#### **A. Hidroeléctricas menores de 5 MW**

En general, los proyectos pequeños de generación de hidroelectricidad (< de 5MW) consisten en construir una presa de derivación y una obra de toma que desvía el agua hacia un canal o tubería a presión y de aquí llega hacia la casa de máquinas donde se encuentran las turbinas que aprovechan la caída y el caudal para rotar y generar de esa forma electricidad. Estos proyectos se encuentran en la mayoría de casos dentro de una

misma propiedad y no hay usos consuntivos entre el sitio de toma y el sitio de descarga del caudal turbinado. En áreas del país donde la topografía es escarpada, además de que la precipitación es mayor al promedio nacional, no es necesario construir embalses. Al no contar con ninguna obra de regulación generan lo que el caudal del río conduce a lo largo del año. En general, en las áreas protegidas del país el tipo de proyectos que se promueven son de este tipo. Es decir, pequeñas hidroeléctricas cuyas presas de derivación y obras de toma son construcciones que pueden ser realizadas con poca ayuda de maquinaria y equipo pesado, sin necesidad de construir caminos, sino utilizar los accesos existentes y sin ampliarlos (Basterrechea, 2006).

## **B. Hidroeléctricas mayores de 5 MW**

En proyectos medianos y grandes, a diferencia de los pequeños se requiere de obras de regulación como embalses o disponer de caudales y caídas importantes para poder suplir una potencia contratada. En el país, la hidroeléctrica Chixoy es la que tiene el embalse más grande y de regulación anual, ya que el resto de medianas y pequeñas hidroeléctricas que tienen embalses, su regulación es diario, semanal o mensual (Basterrechea, 2006).

Hay cuencas como la del río Samalá donde existen varias hidroeléctricas en cascada, es decir, que el caudal turbinado de la primera es aprovechado por la segunda, y así sucesivamente, como es el caso de Canadá y El Recreo, además de otras pequeñas aguas arriba (Basterrechea, 2006).

### **3.1.3 Impactos potenciales de las hidroeléctricas**

Son varios los impactos que las hidroeléctricas generan, en este caso se categorizarán en los impactos al medio físico, al medio biótico y al medio social.

#### **A. Impactos al medio físico**

La calidad del aire puede verse contaminada por el polvo y emisiones de los motores de combustión de la maquinaria y equipo de construcción. Además, el movimiento de tierras genera polvo, incluyendo su traslado a los sitios de disposición (Basterrechea, 2006).

El uso de la maquinaria y equipo de construcción, incluyendo los motores de los camiones que transportarán los materiales y equipos, generará niveles de sonido alto.

El suelo y la geomorfología se ven alterados por el movimiento de tierras, cambio de pendientes naturales del terreno (taludes) y aumento de material suelto que puede transportarse y sedimentarse en los taludes y eventualmente en el cauce de los ríos. También puede haber alteración de la estructura permanente de las terrazas aluviales y el suelo cerca del río por la creación del embalse y cambio del régimen de caudales entre la presa y las casas de máquinas. Puede existir un cambio puntual en la morfología del cauce de los ríos, debido a la construcción de las obras de derivación (Basterrechea, 2006).

.

#### **B. Impactos al medio biótico**

La construcción de las obras requiere del corte de árboles y ahuyenta la fauna del área de influencia directa del proyecto. La formación del embalse crea condiciones para organismos y aves acuáticas. La presa y obras de derivación cambian el régimen de los caudales afectando a los organismos acuáticos (Basterrechea, 2006).

El corte de árboles deberá ser compensado con la reforestación en otros sitios de la propiedad. El movimiento de tierras en particular y las actividades de construcción en general, ahuyentará temporalmente algunas especies que se encuentran en el área de influencia directa y cercana a los cauces. Aunque no se permitirá cortar innecesariamente árboles y cazar, habrá interrupción del hábitat y de la locomoción de la mastofauna. También puede darse caza furtiva en esta zona del proyecto, aunque como se indicó será prohibida para los trabajadores (Basterrechea, 2006).

En el área de embalse será necesario cortar la cobertura arbórea y herbácea para prevenir su descomposición cuando este bajo agua y por consiguiente el aporte de nutrientes que podría favorecer la eutrofización. Habrá organismos acuáticos que serán afectados por el cambio del régimen del flujo de agua, sin embargo, la mayoría se adaptarán a las nuevas

condiciones. Las obras de retención y derivación dejarán fluir agua para el mantenimiento de los organismos acuáticos (caudal ecológico) (Basterrechea, 2006).

### **3.1.4 Protección forestal en Guatemala**

A continuación se presentan los distintos tipos de licenciamiento que según la ley vigente del INAB (INAB 1997) en Guatemala establece en materia forestal y que además está contenido en manuales técnicos, de uso de suelo y de incentivos forestales (INAB 1999, 2000 y 2006).

#### **A. Licencia de saneamiento o licencia de salvamento**

El INAB podrá otorgar licencia de saneamiento o salvamento, para el efecto el interesado deberá presentar ante las oficinas jurisdiccionales del INAB la solicitud de licencia acompañada de:

- a) Documento que acredite la propiedad;
- b) Plan de Manejo Forestal para saneamiento o salvamento, según el caso; y,
- c) Para los casos de salvamento por incendio forestal,

#### **B. Licencia de saneamiento**

La licencia de saneamiento es la facultad que el INAB otorga a personas individuales o jurídicas para que por su cuenta y riesgo realicen actividades silviculturales, con la finalidad de controlar o erradicar las plagas o enfermedades que afecten los bosques.

Los planes de manejo forestal para saneamiento tendrán como objetivo controlar o erradicar las plagas o enfermedades que afecten los bosques así como aprovechar el producto forestal dañado por causas naturales, propiciando la recuperación de la masa arbórea dañada; deberán contener como mínimo:

- a) Descripción general del área;
- b) Descripción del agente causal de los daños y estimación del daño causado;
- c) Descripción de las medidas de control a aplicar y su justificación;
- d) Cantidad y tipo de productos forestales a extraer;
- e) Acciones de repoblación forestal del área boscosa dañada; y,
- f) Medidas de protección forestal contra incendios forestales (INAB 1997).

### **C. Licencia de salvamento**

La licencia de salvamento es la facultad que el INAB otorga a personas individuales o jurídicas para que por su cuenta y riesgo realicen el aprovechamiento de los árboles muertos en pie, derribados total o parcialmente causados por fenómenos naturales, excluyéndose los causados por el hombre (INAB 1997).

Los planes de manejo forestal para salvamento tendrán como objetivo, eliminar o controlar el agente causante, propiciando la recuperación de la masa arbórea dañada y deberán contener como mínimo:

- a) Estimación del área y volumen dañado por especie;
- b) Volumen por tipo de producto a extraer;
- c) Acciones de repoblación forestal del área boscosa dañada; y,
- d) Medidas de protección contra incendios forestales.

### **D. Licencia de salvamento en caso de incendio forestal**

En caso de solicitud de licencia de salvamento por incendio forestal, el INAB no otorgará licencia hasta que el interesado acredite, mediante certificación extendida por autoridad competente, que la investigación ha sido agotada y la anuencia de intervenir el bosque (INAB 1997).

### **E. Licencias para cambio de uso**

Para toda operación de cambio de uso forestal a usos no forestales, el INAB autorizará, cuando proceda, licencias de aprovechamiento y cambio de uso del suelo, para lo cual el interesado deberá presentar:

- a) Solicitud que contenga como mínimo las generales del propietario del terreno, lugar para recibir notificaciones, carta de solicitud y la firma debidamente autenticada;
- b) Certificación del Registro de la Propiedad, que acredite la propiedad del bien, indicando las anotaciones y gravámenes que contiene. En caso que la propiedad no esté inscrita en el Registro de la Propiedad, se podrá aceptar, otro documento legalmente válido (INAB 1997);

- c) Plan de aprovechamiento, que contenga como mínimo la información siguiente:  
Localización, áreas a intervenir y volúmenes de las especies a extraer;
- d) Estudio de factibilidad o justificación del proyecto, y anuencia de los propietarios cuando sea una obra de infraestructura de interés colectivo;
- e) Estudio de capacidad de uso de la tierra, y,
- f) Constancia de aprobación del estudio de impacto ambiental.

Para el caso donde el cambio de cobertura sea de forestal a uso agropecuario. El INAB no debe autorizar licencia de aprovechamiento y cambio de uso del suelo en las partes altas de las cuencas hidrográficas cubiertas de bosque por su importancia en el proceso de captación y recarga hídrica. El interesado, a su elección, pagará al Fondo Forestal Privativo o reforestará un área igual a la transformada. En caso que el interesado opte por el pago al Fondo Forestal Privativo, el mismo tendrá que pagar el monto equivalente al costo de la reforestación del área sujeta a cambio de cobertura, monto que se establecerá por el INAB anualmente. En el caso que el interesado opte por realizar la reforestación, ésta tendrá que ser igual al área transformada y deberá realizarse dentro del mismo municipio o departamento, como segunda opción (INAB 1997).

#### **F. Rozas**

Las tierras con uso agropecuario aledañas a bosques podrán ser sujetas a rozas, en cuyo caso toda persona individual o jurídica debe llenar un formulario para informar a la municipalidad respectiva.

Para el presente Reglamento se consideran tierras con uso agropecuario aledañas a bosques, todos aquellos terrenos colindantes, a áreas con cobertura forestal y aquellos que se encuentran a una distancia de hasta doscientos metros del área forestal.

Al presentar el formulario para la realización de rozas, las municipalidades deberán entregar al interesado un instructivo que contenga las medidas técnicas para evitar los incendios forestales. Dicho instructivo será elaborado por el INAB en coordinación con la ANAM (INAB 1997).

Las rozas podrán realizarse en terrenos cubiertos de vegetación arbustiva y/o herbácea. Para realizar rozas el responsable de dicha actividad deberá chapear el terreno, para seguidamente agrupar la vegetación eliminada en fajas para posteriormente quemarla. Es obligatorio la realización de rondas alrededor del terreno objeto de rozas, las cuales deben ser al menos de tres metros en terrenos periféricos a bosques o dentro de bosques y de al menos un metro y medio en otro tipo de terrenos.

En terrenos con pendientes mayores a treinta por ciento, se deberá iniciar el fuego de arriba hacia abajo y en contra del viento, evitando el avance rápido del fuego.

En terrenos planos o con pendientes menores al treinta por ciento, se deberá iniciar el fuego siempre en contra del viento.

Cuando se realicen quemas controladas como parte de las rozas, éstas deberán ejecutarse antes de las nueve horas o después de las diecisiete horas (INAB 1997).

#### **G. Protección de cuencas hidrográficas**

El INAB dictará las medidas específicas de manejo forestal que considere técnicamente apropiadas para garantizar que los bosques ubicados en las zonas de captación y regulación hidrológica, continúen cumpliendo funciones de regulación.

Además fomentará procesos de negociación y proyectos de manejo y restauración de cuencas con el fin de reconocer, a los propietarios de bosques, los servicios ambientales generados por los ecosistemas forestales (INAB 1997).

## **3.2 Marco referencial**

### **3.2.1 Descripción general del proyecto hidroeléctrico Sulín**

El proyecto hidroeléctrico El Sulín, aún no se encuentra en la fase de construcción, por lo que en los párrafos subsiguientes se hablará en términos de lo que se espera con dicho proyecto. En general consiste en utilizar el agua de las cuencas de los ríos Sulín y Cafetal y del riachuelo Colorado, para generar 22 MW. El proyecto se localiza en la finca Sulín y en terrenos municipales en posesión por particulares, en jurisdicción del municipio de Purulhá, Baja Verapaz. Tanto las familias que tienen en posesión los terrenos por donde pasarán los canales de conducción y se construirán las obras, como la Municipalidad de Purulhá y los COCODES están de acuerdo en que se desarrolle el proyecto; la Municipalidad recibirá los impuestos de la licencia de construcción y las comunidades (COCODES) serán beneficiadas por la rehabilitación del camino de acceso de las aldeas Peña del Ángel y Panimaquito hacia Purulhá; las comunidades de Panima serán también favorecidas por la rehabilitación de este camino (Basterrechea 2007).

La hidroelectricidad se generará en dos casas de máquinas; la primera tendrá una potencia instalada de 3 MW y la segunda 19 MW. Los caudales y caídas asociadas a cada planta serán: 2.0 m<sup>3</sup>/segundo y 185 metros y 3.0 m<sup>3</sup>/segundo y 770 metros, respectivamente. Se derivará las aguas del río Sulín, a través de una toma a un costado de la presa a 1,530 m.s.n.m., y se conducirá 1.5 kilómetros en canales y tubería de presión hacia la casa de máquinas ubicada a 1,340 m.s.n.m.; hacia la segunda casa de máquinas la conducción será de 8 kilómetros y ésta se ubicará a 742 m.s.n.m. El embalse en el río Sulín será de regulación horario dando prioridad a la operación de la primera planta, mientras que la segunda planta operará únicamente cuando el caudal disponible en el río supere el requerido por la primera (Basterrechea 2007).

### **3.2.2 Vías de comunicación**

Baja Verapaz se comunica con la capital por 2 vías; la primera, por medio de la ruta nacional 5, la cual partiendo de la ciudad de Guatemala atraviesa los municipios de San Pedro y San Juan Sacatepéquez, ambos del departamento de Guatemala, seguidamente cruza los municipios de Granados y El Chol, ascendiendo hasta la cumbre del mismo

nombre para bajar directamente a Rabinal, esta ruta es de terracería; de aquí la ruta es asfaltada y sigue hacia San Miguel Chicaj y llega a Salamá. Esta ruta cubre una distancia aproximada de 150 km; la otra vía con una distancia aproximada de 167 km completamente asfaltada es la Carretera al Atlántico CA-9 o ruta al atlántico, desprendiéndose en el Rancho (El Progreso) el ramal hacia las Verapaces, pero a la altura de la cumbre de Santa Elena se encuentra el cruce hacia Salamá Baja Verapaz, pasando antes por San Jerónimo (MAGA, 2000).

El proyecto se localiza en la finca Sulín y en terrenos municipales en usufructo (posesión) por particulares, en el municipio de Purulhá, departamento de Baja Verapaz (Figura 12 A en anexo). La vía más conveniente para llegar al proyecto desde la ciudad de Guatemala, es por la carretera CA-14 que comunica con la ciudad de Cobán, Alta Verapaz, la cual entronca con la CA-9 Norte a la altura del Rancho, El Progreso (Basterrechea 2007, MAGA 2000).

### **3.2.3 Geología**

Este término se refiere al estudio y la investigación de los orígenes de los suelos de Guatemala, para poder determinar el período o era en que se inició su formación, la composición de cada uno de los mismos y cómo se encuentran distribuidos en cada uno de los 22 departamentos que componen el país; en cuáles existen volcanes y si las fallas sísmicas atraviesan o pasan por cada uno de estos. La geología del lugar corresponde al pérmico con formación Chochal (carbonatos) (MAGA, 2000) (Figura 13 A en anexo 1).

### **3.2.4 Capacidad productiva de la tierra**

Según el INAB 2000, para evidenciar con que capacidad productiva de terreno se cuenta en este departamento, en Guatemala de acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, existen 8 clases de clasificación de capacidad productiva de la tierra, en función de los efectos combinados del clima y las características permanentes del suelo. De estas 8 clases agrológicas la I, II, III Y IV son adecuadas para cultivos agrícolas con prácticas culturales específicas de uso y manejo; las clases V, VI, y VII pueden dedicarse a cultivos perennes, específicamente bosques naturales o plantados;

en tanto que la clase VIII se considera apta sólo para parques nacionales, recreación y para la protección del suelo y la vida silvestre. En Baja Verapaz están representadas seis de las ocho clases agrológicas indicadas, predominando las clases VII, IV y III y en el área del proyecto hidroeléctrico Sulín la capacidad productiva de la tierra es de clase VIII (Figura 14 A en anexo).

### **3.2.5 Clima**

El proyecto se encuentra en dos zonas de vida, Bosque muy húmedo subtropical frío y Bosque pluvial montano bajo subtropical (Figura 15 A en anexo) (MAGA 2000). Los registros climáticos de la estación meteorológica ubicada en el Biotopo del Quetzal, indican una precipitación pluvial promedio anual entre 2,100 a 2,000 mm; una temperatura promedio anual de 16 °C, con un rango promedio de 4.1 a 29.4 °C; y, una humedad relativa promedio entre 80 y 100%. Las montañas del área usualmente se encuentran cubiertas por neblina, lo cual es característico del ecosistema. Esto se debe a los fuertes vientos frescos que provienen del noreste, abundantemente cargados de humedad. Es por esta razón que a este tipo de selva se le denomina comúnmente “bosque nuboso o nublado” (García, 1998, Cruz 1982).

La mayor parte de la lluvia se manifiesta como llovizna densa, a veces fuerte, pero sin vientos; otra parte cae en forma de llovizna intermitente, más pronunciada entre los meses de octubre a enero, que localmente se conoce como (chipi-chipi), y que es resultado de las diferentes fluctuaciones de temperatura, influyendo esto en las variaciones de la misma (García 1998).

### **3.2.6 Hidrografía**

En términos generales, los ríos, riachuelos y quebradas existentes en el área, se caracterizan por correr en pendientes sobre terrenos accidentados, lo que define corrientes rápidas. Dado que el área del proyecto se localiza en una zona lluviosa, la mayoría de las quebradas son de carácter perenne y las pendientes de los lechos son muy escarpadas. Los saltos han formado pequeños estanques que durante el verano permanecen abastecidos de agua. Además, drenajes subterráneos y puntos de agua se

observan en todo el bosque. En las cuencas se determinaron 1,200 cauces entre perennes, intermitentes y efímeros, siendo la longitud de cada uno la siguiente: perennes (39,857 metros); intermitentes (31,082 metros); y efímeros (479,752 metros). Los ríos arriba de los 1,000 m.s.n.m. se definen como ríos de altura, caracterizándose por su baja productividad, lo que se refleja en una baja biodiversidad (Basterrechea 2007, Fernández 2012).

El río Sulín nace en la sierra de Chuacús, bordea la cabecera de Purulhá y toma rumbo sureste, donde recibe al riachuelo Colorado. Al sureste del caserío Panimaquito se une con el río Cafetal, origen del río Panima. Los ríos Sulín y Cafetal y el riachuelo Colorado, hidrológicamente pertenecen a la cuenca del río Matanzas, afluente del Polochic, que desemboca en el lago de Izabal. Utilizando la información morfométrica de las cuencas de los ríos Sulín, Colorado, Cafetal y Panima, se obtuvo que la densidad de drenaje es de 69.20, su frecuencia es de 0.15 y la infiltración relativa de 10.38 (Basterrechea 2007).

### **3.2.7 Aspectos de flora y fauna**

El área del proyecto hidroeléctrico se ubica en el límite del Biótopo del Quetzal, área protegida bajo la administración de la Universidad de San Carlos de Guatemala por el Centro de Estudios Conservacionistas, CECON. En junio de 1976, el Consejo Municipal de Salamá, Baja Verapaz, otorgó en usufructo por 50 años, a la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, los terrenos municipales situados en los cerros Quisés y Carpintero. Fue declarada como “área protegida” con la Declaratoria de la Ley de Áreas Protegidas, Decreto 4-89 y sus reformas, Decretos 18-89 y 110-96. El Biótopo tiene un área 1,044 hectáreas y posee infraestructura para uso público, para investigación y para administración (García 1998).

El principal atractivo turístico del Biótopo es la observación del Quetzal, así como de muchas otras especies de aves como la cayaya, aurora, tucán esmeralda, verdín, mirlo negro, oropéndola, pito real, quetzalillo, chinchinero y shara. También puede observarse diversidad de especies de fauna como pizotes, ardillas, serpientes y ratones silvestres; el mono aullador puede escucharse y observarse raramente.

Además, apreciar la abundancia y diversidad de especies de flora característica del área y disfrutar de la belleza escénica de los ríos y cascadas que lo atraviesan.

Entre las especies de flora las que más atractivo presentan son las orquídeas, tillandsias, hongos y helechos arborescentes, el conocimiento del bosque nublado y su importancia con la ayuda de guías interpretativas.

La región de estudio se ubica en la zona de vida (Bosque pluvial) de poca cobertura nacional, en la eco región Selva de Montaña en el sistema de Biomas de Guatemala, que se caracteriza por poseer una de las estructuras florísticas más complejas. La región alberga comunidades de montañas que sirvieron de refugio en la época post-pleistoceno y son considerados como centros de endemismo y de alta diversidad biológica. En la Lista Roja de Flora Silvestre para Guatemala se listan las especies endémicas y amenazadas para el área del proyecto, entre las que se encuentran *Vriesia spp.*, *Lobelia mubicola*, *Cecropia silvícola*, *Empedoclesia brachysiphon*, *Drymonia oinochrophylla*, *Laplacea coriacea*, *Phyllonoma cacuminis*, *Magnolia guatemalensis*, *Clidemia tuerckheimii*, *Calyptanthes paxillata*, *Peperomia cobana*, *Piper frioense*, *Piper tacticanum*, *Guettarda cobanensis*, *Solanum tuerckheimii*, *Hoffmannia sessilifolia* y *Symplocos culminicola*. (García, 1998).

La destrucción de la vegetación natural en el área de influencia del proyecto ha afectado profundamente la fauna, ya que la vegetación constituía el hábitat natural de diversas especies. La fauna de esta zona se encuentra tipificada por especies en peligro de extinción. Dentro del grupo de los mamíferos mayores, 8 especies se encuentran incluidas dentro de los Listados Rojos para Guatemala: Puma, tigrillo, zaraguate, coche de monte, huitzitzil, venado cola blanca, armadillo y tepezcuintle, lo que representa alrededor del 35% de los mamíferos mayores que se pueden encontrar en el área. La región de las Verapaces se caracteriza por un alto endemismo en especies de anfibios y reptiles. Dentro de los grupos que se encuentran con mayor endemismo en el área del Biótopo Mario Dary Rivera están las especies de ranas (familia Hylidae) y salamandras (familia Pletodontidae)

que viven en los bosques subtropicales húmedos y bosques nubosos del área. (Campbell y Vaninni, 1989). Son abundantes los roedores: *Peromyscus sp.*, *Reithrodontomys sp.*, *Heteromys sp.*, *Baiomys sp.*, y *Hortogeomys hispidus*. Los murciélagos: *Chiroderma sp.*, *Myotis sp.*, *Phyllostomus sp.*, *Desmodus sp.*, *Artebius sp.*, *Nectivora sp.*, y *Stunira sp.*

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

Sistematizar las experiencias en la mitigación de impactos al recurso bosque dentro del área de construcción de la hidroeléctrica Sulín en el municipio de Purulhá, departamento de Baja Verapaz.

### 4.2 Objetivos específicos

- 4.2.1 Establecer los protocolos en materia forestal que implica el desarrollo del proyecto hidroeléctrico Sulín.
- 4.2.2 Describir el proceso de aprovechamiento forestal y compromiso de reforestación en el proyecto hidroeléctrico Sulín.
- 4.2.3 Analizar las implicaciones en la cobertura vegetal, producto del desarrollo del proyecto hidroeléctrico desde el punto de vista legal y técnico.

## 5. METODOLOGÍA

Para la realización del presente trabajo se efectuaron cuatro fases importantes en forma secuencial de la siguiente manera: a) recopilación y síntesis de información; b) análisis de la información, c) diagramación, gráficas y mapas, d) redacción e integración de la información.

### 5.1 Recopilación y síntesis de la información

En esta fase se consultaron los registros del proyecto hidroeléctrico Sulín, especialmente el estudio de impacto ambiental, otros informes técnicos y una revisión bibliográfica de los temas relacionados con la hidroelectricidad en Guatemala. Asimismo se revisó la normativa del INAB y los licenciamientos otorgados a favor del proyecto. Se revisaron los apuntes del autor, referente al aprovechamiento forestal, así como al establecimiento del vivero a fin de poder integrar toda esta información por medio de diagramas y gráficos al presente estudio.

### 5.2 Análisis de la información

La información obtenida fue estudiada de manera detallada y luego se procedió a clasificarla para poder de esta manera analizarla de una forma efectiva y relacionarla con los criterios del autor como ingeniero agrónomo, bajo la normativa legal en materia forestal vigente en Guatemala y bajo el criterio del autor según su experiencia de vida en el área.

### 5.3 Diagramación y gráficas

De la información analizada en la fase anterior, se procedió a realizar algunos diagramas para establecer los protocolos pertinentes que todo agrónomo debe conocer dentro de su competencia en los proyectos hidroeléctricos que se realizan en Guatemala.

### 5.4 Integración de la información

Una vez obtenida, analizada y diagramada la información se procedió a integrarla en un documento de graduación de Tesis de Grado, cumpliendo las normas establecidas

tanto de forma como de fondo por el Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales y las normas de redacción de citas bibliográficas avaladas por el CEDIA.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La hidroeléctrica Sulín, como todo proyecto hidroeléctrico, supone una serie de impactos tanto en la fase de construcción como en la fase de operación sobre el aire, suelo, subsuelo, aguas superficiales y subterráneas, medio socio-económico, recursos culturales e históricos, paisaje y sobre la fauna y flora entre otros.

Desde la perspectiva y campo de acción del ingeniero agrónomo, interesa documentar y sistematizar toda la información relativa a la flora, específicamente en el componente forestal, puesto que implica por un lado la tala de árboles para el establecimiento del área de inundación, la cual debe ser mitigada de acuerdo al marco legal vigente en materia forestal en Guatemala.

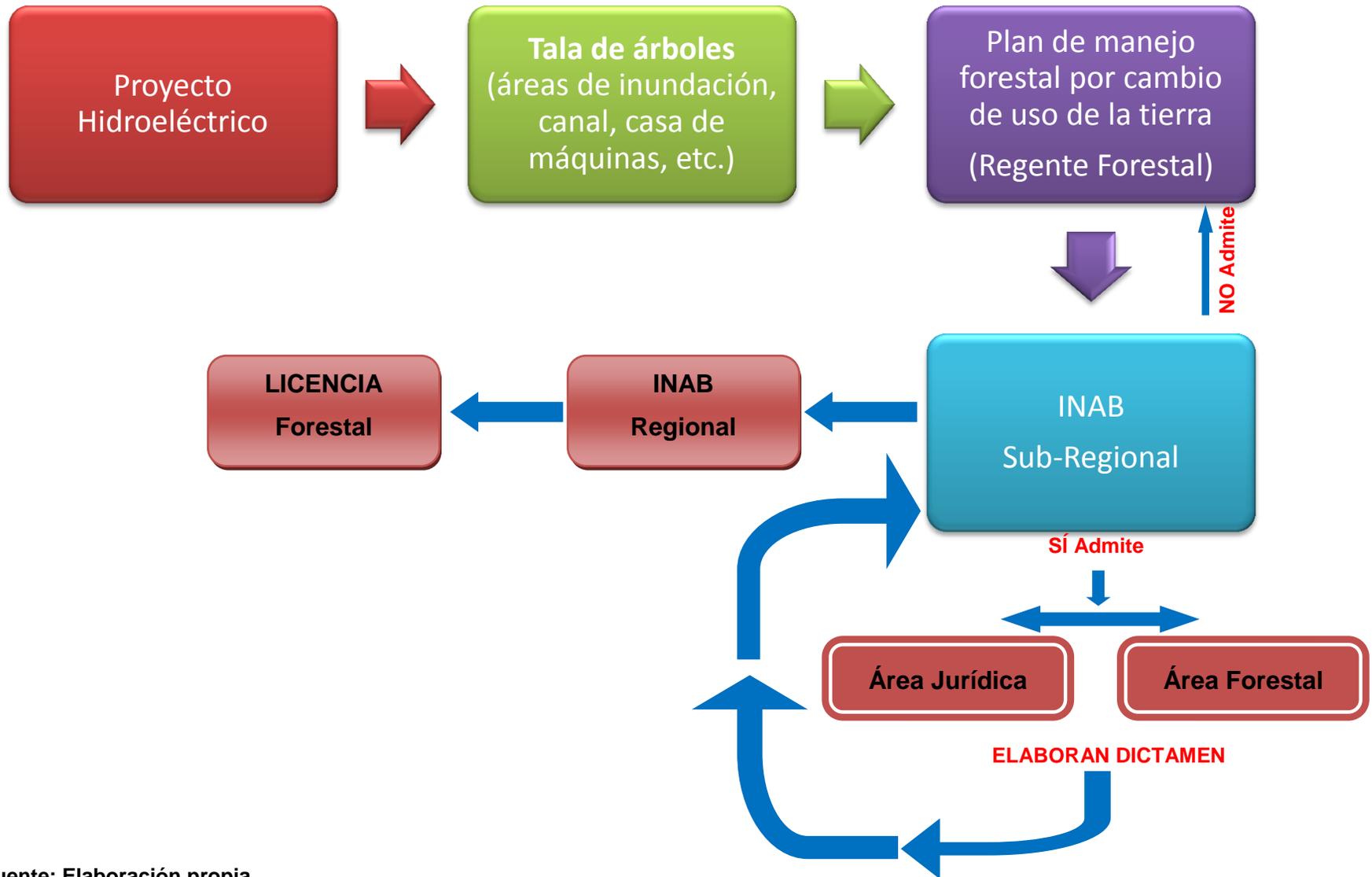
A fin de poder contar con un marco de referencia del papel del agrónomo en los proyectos hidroeléctricos en Guatemala que cada día van cobrando auge a diferentes escalas y en distintos territorios, en el presente capítulo en primer lugar se trata de establecer un protocolo de acción en materia forestal, en seguida se describe el proceso de aprovechamiento forestal y compromiso de reforestación adquirido, para finalmente analizar las implicaciones en la cobertura forestal tanto desde el punto de vista legal como técnico.

### 6.1 Protocolo en materia forestal del proyecto hidroeléctrico Sulín

En la Figura 1, se presenta el flujograma del protocolo en materia forestal del proyecto hidroeléctrico Sulín, el cual puede ser aplicado a otros tipos de proyectos hidroeléctricos; a continuación se describen cada uno de los pasos a seguir.

#### 6.1.1 Proyecto hidroeléctrico

En primer lugar el profesional de la agronomía, debe conocer todo el contexto del proyecto hidroeléctrico, en especial todos aquellos procesos que afecten de forma directa o indirecta el componente forestal. Luego de identificados, se debe determinar las áreas que sean susceptibles de manejo forestal con su respectivo volumen existente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Flujograma del protocolo en materia forestal para proyectos hidroeléctricos

En los proyectos hidroeléctricos, es normal que se presente el cambio de uso del suelo, especialmente en las áreas siguientes:

- Áreas de inundación.
- Áreas de canal.
- Áreas de casa de máquinas.
- Áreas de tubería de presión.

Para el caso de la hidroeléctrica Sulín, dentro de la competencia del autor de la presente tesis de grado, el área de cambio de uso del suelo corresponde únicamente al área de inundación y parte del área de canal (Figura 2).

### **6.1.2 Plan de manejo forestal por cambio de uso de la tierra**

Identificadas las áreas de competencia forestal que serán afectadas por el proyecto hidroeléctrico, se procede a realizar el plan de manejo forestal, que en las áreas de inundación, áreas de canal, casa de máquinas y tuberías de presión, conlleva siempre la tala de la cobertura forestal, por lo que es necesario una licencia de aprovechamiento forestal emitida por el INAB. Para el caso en estudio, ésta área representó un total de 3.48 hectáreas de bosque de galería con las especies que se mencionan a continuación:

- Encino (*Quercus sp.*)
- Aguacatillo (*Ocotea austini*)
- Capulín (*Montigia calabura*)
- Granadillo (*Dalbergia glomerata*)
- Pata de chunto (*Hedysmum mexicanum*)

En el plan de manejo forestal por cambio de uso de la tierra que fue presentado en el año 2006 al INAB, por parte del regente forestal contratado por la empresa hidroeléctrica Sulín, se contempló un compromiso de reforestación de 3.48 hectáreas con pino candelillo (*Pinus maximinoii*), el cual es nativo de la región de las verapaces (CATIE 2003); sin embargo no se encuentra dentro de la finca Sulín, debido a que es un bosque latifoliado de galería.

### **6.1.3 INAB Sub-Regional**

Realizado el plan de manejo forestal por cambio de uso de la tierra por parte del regente forestal, este es enviado a las oficinas sub-regionales del INAB, quien de primera mano puede no admitirlo por los criterios siguientes:

- Que no contenga fotocopias de representación legal o propietario del inmueble.
- Que no contenga el estudio de capacidad de uso de la tierra (ECUT).
- Que no vaya en el formato proporcionado por el INAB.

Si el documento contempla todos los requisitos, el director sub-regional lo envía al área jurídica y al área forestal.

#### **A. Área Jurídica**

En ésta área se verifica el contenido de cada uno de los documentos legales que acompañan al estudio tales como:

- Número de libro, folio y finca
- Que el inmueble no posea conflicto legal (embargo, hipoteca, invasiones).
- Que el inmueble corresponda al propietario o representante legal consignado.

#### **B. Área Forestal**

En esta área se asigna a un técnico forestal, el cual verifica los datos contenidos en el plan de manejo y realiza una inspección de campo para corroborar entre otros:

- Inventario forestal.
- ECUT.
- Especies.
- Área consignada.
- Compromiso de reforestación.

Si el plan no atiende todos los aspectos considerados dentro de las áreas jurídica como forestal, es regresado al regente forestal para su corrección e inicia de nuevo el trámite.

Si el plan atiende todos los aspectos considerados, es enviado a la Regional del INAB donde se emite la respectiva licencia forestal, teniendo una vigencia, la cual depende de las actividades que se van a realizar; para el caso de la hidroeléctrica Sulín se emitió la licencia forestal con una vigencia de diez meses, pero no se procedió a realizar las actividades contempladas, por lo que fue necesario una primera y segunda ampliación de la licencia forestal.

## **6.2 Proceso de aprovechamiento forestal y compromiso de reforestación**

En la Figura 2, se presenta el área para el aprovechamiento forestal, que corresponde a la zona de inundación y las tres áreas que corresponden al compromiso de reforestación de 3.48 hectáreas aprobado según licencia del INAB DR-II-1999-M-06.

Es importante señalar que a pesar de que la licencia de aprovechamiento forestal y compromiso de reforestación fue inicialmente dictaminado en el año 2006, fue necesario realizar tres ampliaciones a la misma, una en el año 2007, una en el año 2009 y otra en el año 2011.

El aprovechamiento forestal incluyó la tala de 611.18 metros cúbicos de las cinco especies forestales presentes en el área de inundación del proyecto. En el año 2009 según ampliación de la licencia mediante dictamen DR-II-39-M-09, se inició con el aprovechamiento y se concluyó en el año 2012 mediante ampliación de la licencia según dictamen DR-II.006-M-11.

### **6.2.1 Proceso de aprovechamiento forestal**

El proceso de aprovechamiento forestal, contempla la conservación de especies no forestales, limpieza del área, apeo, desrame y troceo, labrado, hechura de leña y transporte.



Figura 2. Área de aprovechamiento y áreas de compromiso de reforestación, proyecto hidroeléctrico Sulín

### **A. Conservación de especies no forestales**

Para las especies de orquídeas y bromelias (tilandsias), presentes en el área de aprovechamiento forestal se procedió a su colecta y reubicación en áreas aledañas con bosque de galería para su protección.

### **B. Limpieza del área**

Se limpió el área en donde se realizó el aprovechamiento debido a que es un área que tenía mucha maleza y se dificultaba el apeo del árbol (Figura 3).



**Figura 3. Limpieza del área**

### **C. Apeo de árboles**

Durante el apeo o talado de los árboles, se tuvo especial cuidado con las lianas y gambas que dificultaban el uso de la motosierra; así mismo se tuvo especial cuidado sobre la orientación de caída del árbol a fin de evitar accidentes y facilitar su acarreo (Figura 4).



**Figura 4. Apeo o talado de árboles**

#### **D. Desrame y troceo**

Para facilitar el manejo de los árboles se le quitaron las ramas, dejando únicamente la troza tal como se muestra en la Figura 5.



**Figura 5. Desrame y troceo de árboles**

### E. Labrado

El labrado fue de mucha importancia debido a que se aprovechó la troza al máximo, a fin de disponer del máximo volumen que proporcionó la troza. Las reglas y tablas que se obtuvieron en el labrado, sirvieron dentro del mismo proyecto para las obras de canal y de cunetas y bodegas entre otros (Figura 6).



Figura 6. Labrado de la madera y ordenamiento en bodega

## F. Hechura de leña y transporte

Los palos de leña tenían un largo de aproximadamente 70 a 80 centímetros, por lo que las trozas se cortaron con esa longitud y luego se apilaron en sitios estratégicos con acceso al transporte, donde el camión llegó para poder transportarlos hacia la bodega, tal como se muestra en la Figura 7.



**Figura 7. Hechura y transporte de leña**

### 6.2.2 Proceso de cumplimiento de compromiso forestal

El cumplimiento de compromiso forestal consignado en la licencia de aprovechamiento forestal indica que deben incorporarse un total de 3.48 hectáreas con la especie de pino candelillo (*Pinus maximinoii*), a fin de mitigar el cambio de uso del suelo de igual número de hectáreas que fueron taladas en el área de inundación del proyecto.

Para dar cumplimiento a este compromiso se desarrollaron cinco etapas que se describen a continuación:

#### A. Establecimiento de vivero forestal

El vivero forestal (Figura 8) se estableció dentro del casco de la finca en el mes de junio del año 2009, contiguo a la bodega general, con disponibilidad de agua entubada proveniente de un arroyo. Las dimensiones del mismo fueron de 30 metros de ancho por 60 metros de largo en un área semi-plana. Por instrucciones de las autoridades del

proyecto y convenios establecidos con organizaciones cercanas a la finca, además de producir la especie de pino para cumplir con el compromiso de reforestación, se incluyeron 10,000 plantas de ciprés (*Cupressus lusitánica*), 3,000 de aguacatillo (*Persea sp.*) y 3000 de guarumo (*Cecropia sp.*).



**Figura 8. Diferentes aspectos de la fase de vivero**

### **B. Identificación de rodales y trasplante a campo definitivo**

Dentro de la finca se identificaron tres rodales, tal como se muestra en la Figura 2 que en total suman 3.48 hectáreas. En cada uno de los rodales se estableció un rotulo de vinil, en el cual se indicaba la especie, área y el número de licencia forestal del INAB, tal como se muestra en la Figura 9.



**Figura 9. Identificación de rodales y trasplante de arbolitos**

El trasplante a campo definitivo se realizó desde el mes de mayo del año 2010, y la siembra se realizó al tresbolillo a un distanciamiento de 3 m x 3 m entre plantas.

#### **D. Manejo de plagas y enfermedades**

En uno de los tres rodales establecidos, que está paralelo a la cinta asfáltica que conduce de Purulhá a Cobán se presentó la plaga de rizófagos conocidos como gallina ciega (*Phyllophaga spp.*), esto debido probablemente a que contiguo a este rodal se cultivan hortalizas. Las plantas trasplantadas durante el primer año presentaron un amarillamiento generalizado y fue necesario aplicar Phoxim para el control de la plaga (Figura 10).



**Figura 10. Apariencia de *Pinus maximoi*, afectado por *Phyllophaga spp.***

## E. Fertilización

En cada uno de los tres años que lleva la plantación desde el trasplante a campo definitivo se realizan dos fertilizaciones al año con triple quince a razón de 15 gramos por planta. Previo a la fertilización se realiza un ploteo (Figura 11).



**Figura 11. Fertilización de plantación de *Pinus maximinoii***

### 6.3 Implicaciones en la cobertura forestal derivado del proyecto hidroeléctrico Sulín (mitigación de impactos)

Desde el punto de vista legal el proyecto hidroeléctrico Sulín, que implica la tala rasa de 3.48 hectáreas de bosque a una cota de 1,530 msnm para el establecimiento del área de inundación en los márgenes del río, ha cumplido ante el INAB, al establecer tres rodales que en conjunto suman 3.48 hectáreas de Pino Cadelillo (*Pinus maximinoii*) y que agrónomicamente ha sido bien manejado. Es importante recordar que para la emisión de la licencia de aprovechamiento forestal por cambio de uso del suelo el INAB ha sometido el plan a las áreas jurídica y forestal de dicha institución.

Sin embargo, a criterio del autor del presente trabajo, desde el punto de vista técnico ambiental la mitigación de impactos propuesta por el INAB no es apropiada, puesto que el bosque talado es un sistema complejo con cinco especies forestales y diversidad de especies no forestales que conforman hábitat para fauna específica del lugar. Por ejemplo las especies de aguacatillo y capulín sirven de alimento para el ave patria, el quetzal. Es

por eso que el proyecto hidroeléctrico Sulín adicional al compromiso de reforestación con una sola especie, también incluyó dentro del vivero 3,000 plantas de aguacatillo y 3,000 plantas de guarumo, ambas son alimento del quetzal.

## 7. CONCLUSIONES

1. A partir de la sistematización de experiencias en la mitigación de impactos al recurso bosque, del proyecto hidroeléctrico Sulín, Purulhá, Baja Verapaz, se ha elaborado un protocolo a seguir en materia forestal para cualquier proyecto hidroeléctrico.
2. Se analizan los aspectos que indica la licencia forestal emitida a favor del proyecto hidroeléctrico Sulín, los cuales son por cambio de uso del suelo, el compromiso de reforestación de 3.48 hectáreas con una sola especie de pino candelillo (*Pinus maximinoii*) que no estaba presente en el área a cambio de cinco especies que fueron taladas.
3. El cumplimiento de los requisitos legales exigidos por el INAB para un plan de aprovechamiento forestal por cambio de uso de la tierra, no es suficiente para asegurar una apropiada mitigación de impactos.

## **8. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda una revisión exhaustiva de la ley forestal, que permita realizar una valoración apropiada de la calidad de las especies en los rodales establecidos, así como un enfoque integral de sistemas en la evaluación de los proyectos.
2. Valorar el aprovechamiento forestal en las zonas de recarga hídrica y en aquellas tierras donde su capacidad de uso es para protección.
3. Analizar los impactos de forma sistémica y no aislados al recurso bosque.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Arteaga, O. 1994. Taller sobre la gestión integrada de los recursos hídricos en el Istmo Centroamericano (1994, GT). Memoria. Guatemala, Parlamento Centroamericano. Citado por: IARNA (Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambientales, GT); IIA (Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Instituto de Incidencia Ambiental, GT). 2005. Situación del recurso hídrico en Guatemala: documento técnico del perfil ambiental de Guatemala. Guatemala, IARANA/ IIA/ Embajada de los Países Bajos. 32 p.
2. Basterrechea, M. 2006. Manual de capacitación para la evaluación ambiental de los proyectos energéticos. Panamá, ECODESA / Asesoría Basterrechea Asociados. 49 p.
3. \_\_\_\_\_. 2007. Estudio de evaluación de impacto ambiental hidroeléctrica Sulín. Guatemala, ECODESA / Asesoría Manuel Basterrechea Asociados, 170 p.
4. Campbell, JA; Vannini, P. 1989. Distribution of amphibians and reptiles in Guatemala and Belize. US, Western Foundation of Vertebrate Zoology. 47 p.
5. Castañeda, M; Castañón Arteaga, O. 2000. Lineamientos de política hídrica nacional y propuesta para el fortalecimiento del marco institucional y legal del sector recursos hídricos. Guatemala, MAGA. 52 p.
6. CATIE, Programa de Investigación Forestal, CR. 2003. Árboles de Centroamérica, un manual para extensionistas. Turrialba, Costa Rica. 1 CD.
7. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema de Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
8. Fernández Milián, LF. 2012. Registro documental de archivos, boletas y experiencias en el Instituto Nacional de Bosques, Purulhá, Baja Verapaz, Guatemala, Central Hidroeléctrica Sulín. 4 p. Sin publicar.
9. García, B. 1998. Estudio del dosel de la selva nublada del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal "Marío Dary Rivera". Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 143 p.
10. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1997. Reglamento de la ley forestal. Guatemala. 28 p.
11. \_\_\_\_\_. 1999. Manual técnico forestal. Guatemala. 110 p.
12. \_\_\_\_\_. 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.

13. \_\_\_\_\_. 2006. Programa de incentivos forestales (PINFOR) (en línea). Guatemala. Consultado 15 feb 2012. Disponible en <http://www.inab.gob.gt>
14. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala, a escala 1:250,000. Guatemala. 1 CD.
15. MEM (Ministerio de Energía y Minas, GT). 2007. La energía en Guatemala. Guatemala. 44 p.
16. \_\_\_\_\_. 2012. Autorizaciones definitivas y en trámite para utilizar bienes de dominio público para la instalación de centrales hidroeléctricas. Guatemala. 3 p.
17. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación y reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1,000 p.
18. URL (Universidad Rafael Landívar, GT). 2005. Situación del recurso hídrico en Guatemala. Guatemala. 30 p.
19. Valdez, C. 2006. Manejo forestal. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 50 p.

### 10. ANEXOS

#### Anexo 1. Mapas temáticos donde está ubicado el proyecto hidroeléctrico Sulín (MAGA, 2000)

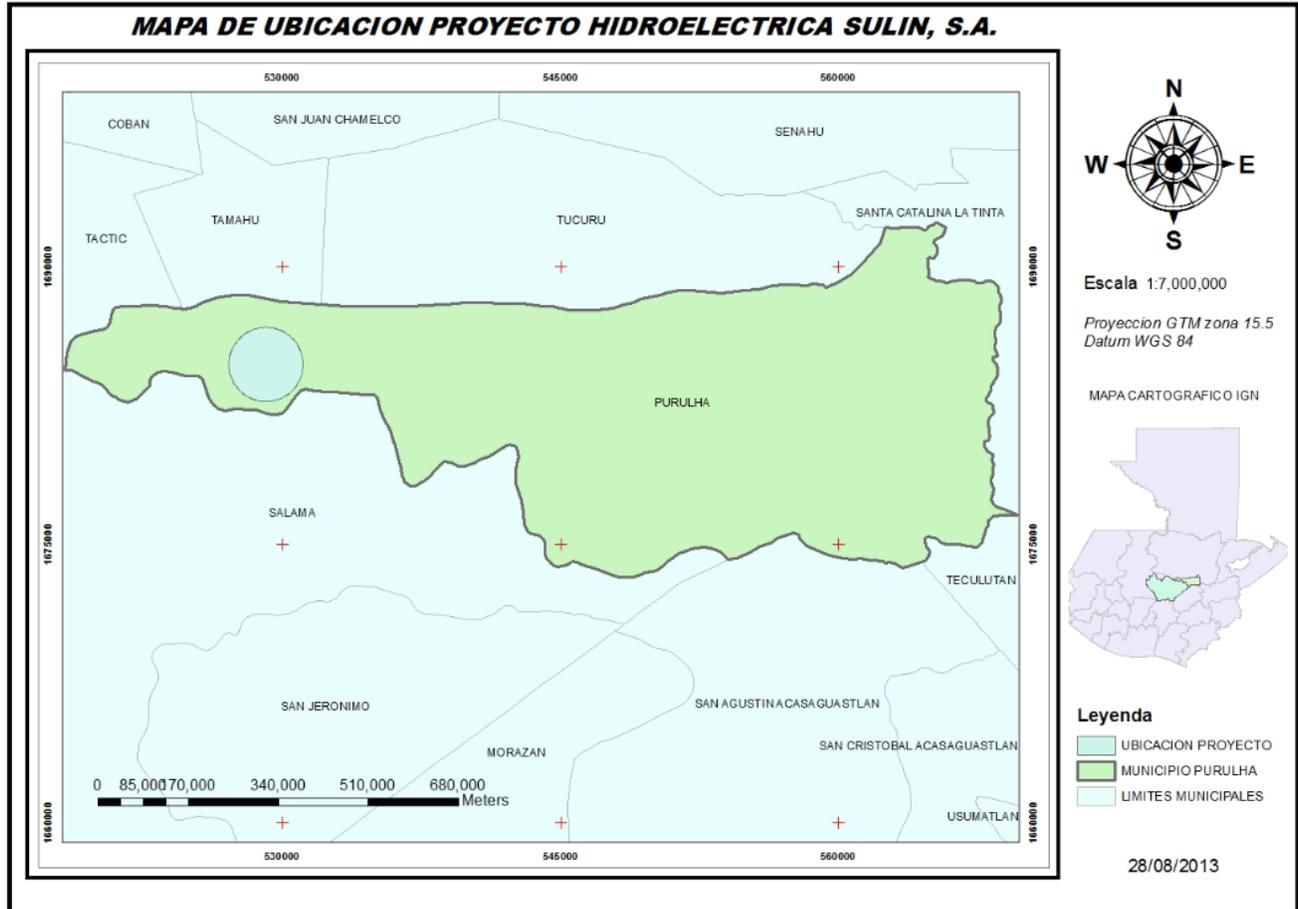
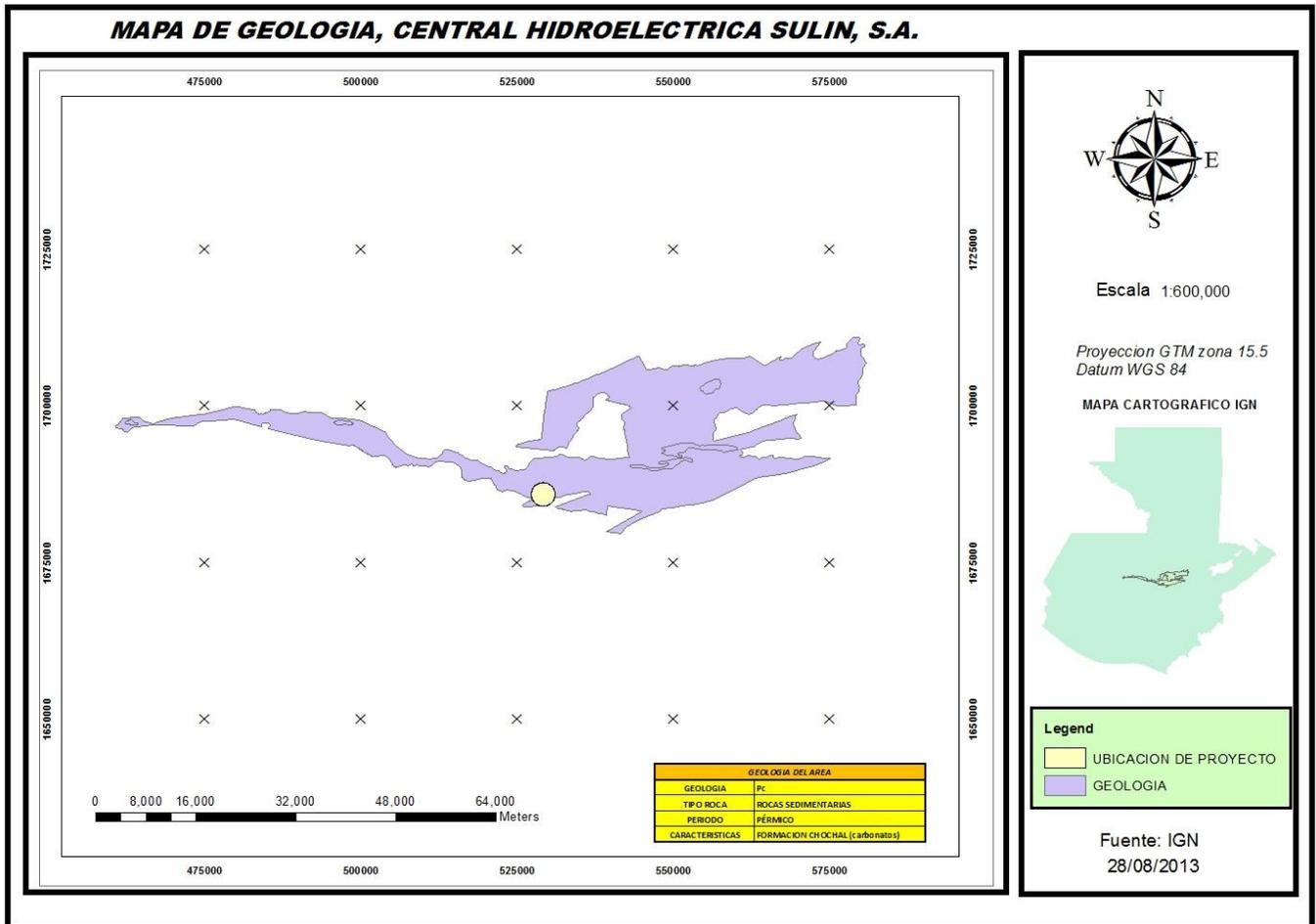


Figura 12 A. Ubicación del proyecto hidroeléctrico Sulín.



**Figura 13 A. Geología en el área del proyecto hidroeléctrico Sulín, Purulhá, Baja Verapaz.**

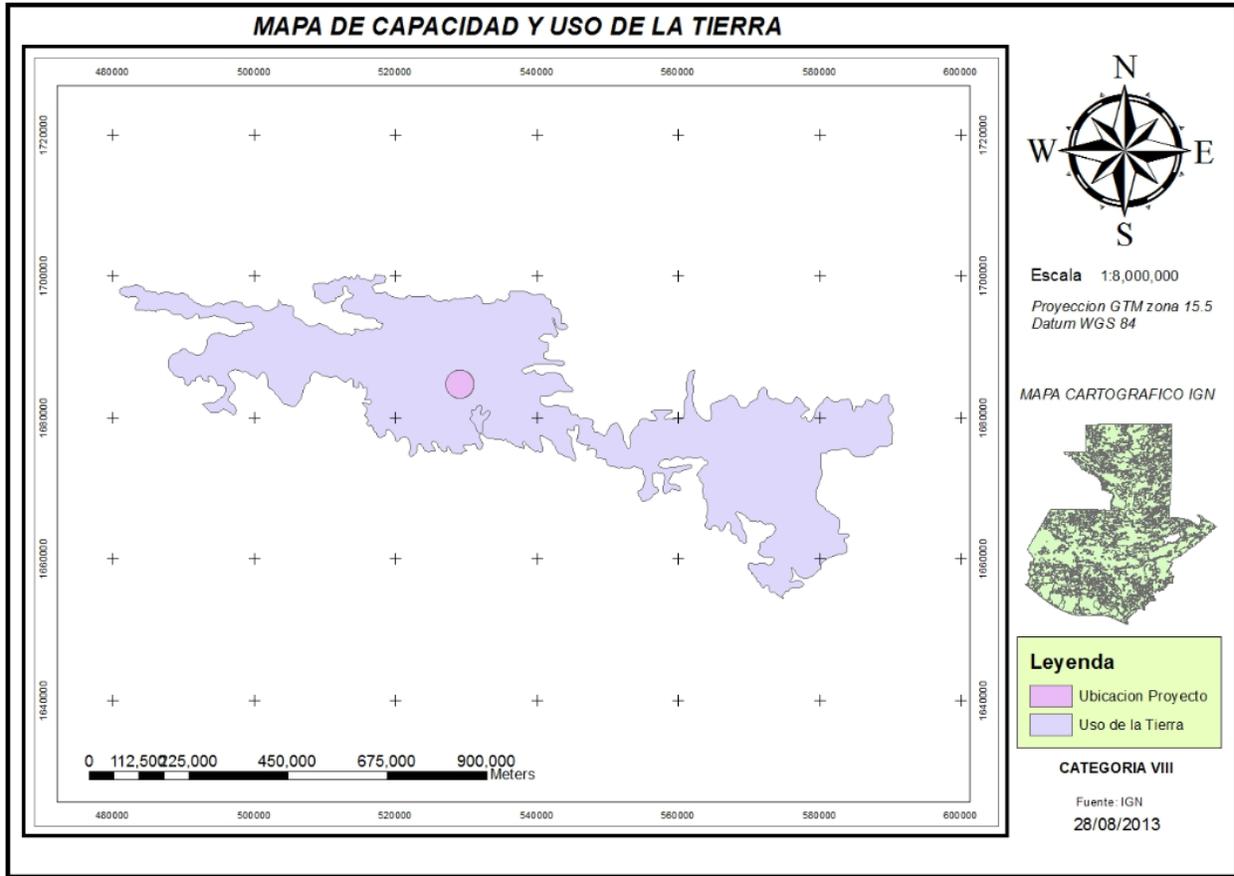


Figura 14 A. Capacidad de uso de la tierra en el proyecto hidroeléctrico Sulín.

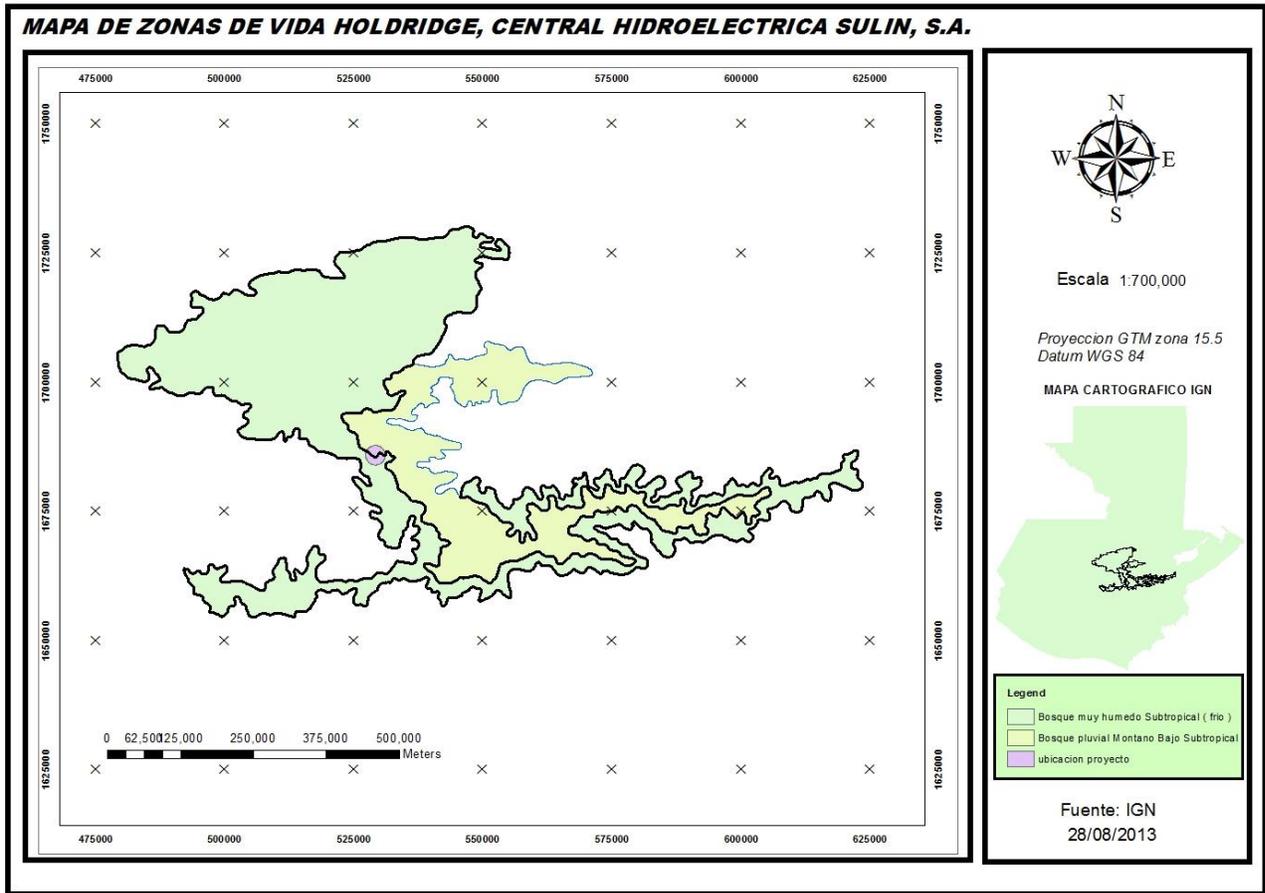


Figura 15 A. Mapa de zonas de vida.