

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL
(UCI)

CRITERIOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR PARA EL MANEJO Y
RECUPERACIÓN DE VEGETACIÓN EN SERVIDUMBRES DE LÍNEAS DE
TRANSMISIÓN DE ALTA TENSIÓN EN LA REGIÓN HUETAR BRUNCA DE
COSTA RICA

MARGARETH MARÍN ACUÑA

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MASTER EN LIDERAZGO Y
GERENCIA AMBIENTAL

San José, Costa Rica

Septiembre, 2008

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como
Requisito parcial para optar al grado de Master en Liderazgo y Gerencia Ambiental

Dr. Rodrigo Rojas Morales
PROFESOR TUTOR

Guillermo Thiele
LECTOR No.1

Nolan Quirós
LECTOR No.2

Márgareth Marín Acuña
SUSTENTANTE

Dedicatoria y Agradecimientos

Cuando das inicio a una labor; no imaginas cuán valiosa puede llegar a ser la colaboración de quienes te rodean; pero cuando esas personas son tus compañeros de labores, tus amigos, tu familia, el agradecimiento expreso, es la mejor forma de reconocer cuanto les necesitamos y lo mucho que significan para poder alcanzar nuestros éxitos más anhelados...

Debo por ende, abordar este documento, agradeciendo en primer lugar a ese ser supremo, sin cuyo aliento de vida, jamás habría contado con el brío para emprender el camino en el que hoy me encuentro. De igual forma, es necesario dejar manifiesta gratitud hacia mi familia, mi más preciado tesoro mi mamá Cecilia, mi papá Eduardo a mis queridos Rolando, Kattia, Kevin y a Luis que me motivó constantemente para concluir este trabajo; sin cuyo apoyo no podría haber conseguido lo que hoy tanto celebro y me llena de orgullo.

Es menester agradecer también, el importante aporte en revisión y guía orientadora que me brindó el señor Rodrigo Rojas Morales como mi tutor de tesis y orientador del trabajo. Quiero manifestarle mi más sincero reconocimiento por el tiempo dedicado y los oportunos consejos que hoy se ven reflejados en este documento.

No quiero dejar por fuera a mis compañeros de trabajo, los señores: Carlos Arias, Christiam Valerio, Luis Hurtado y Laura Vásquez, cuya amplia experiencia en las faenas de mantenimiento de líneas de transmisión, constituyeron una de las bases técnicas más fuertes que contribuyeron al fundamento de esta investigación. Espero retribuirles por ende, con un documento de apoyo que se convierta en un importante acervo de "criterios ambientales" para el complemento de sus labores, de modo que se incremente la armonía entre ambiente y desarrollo.

Por último, pero no por ello menos importante, quiero agradecer a las seis cuadrillas del área de mantenimiento de líneas de transmisión de la región Huetar Brunca y a todos los trabajadores técnicos y profesionales destacados en el área de mantenimiento de líneas y gestión ambiental del Instituto Costarricense de Electricidad; por los diferentes aportes de información y vivencias prácticas; que constituyen uno de los más valiosos recursos que dan fundamento práctico y realista a esta investigación.

A todos quiero dedicarles mi más honesto reconocimiento y sentimiento afectivo. De verdad que sin su colaboración, no me habría resultado posible acabar la tarea que hoy culmino y que tanto regocijo me provoca.

Mil gracias sinceras a cada uno de ustedes.....

Márgareth

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.2 Problemática u oportunidad que da origen al proyecto..... | 7 |
| 1.3 Justificación del proyecto | 15 |
| 1.4. Objetivos | 19 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 20 |
| 2.1 Diagnóstico de las condiciones actuales de las servidumbres de las líneas de transmisión de alta tensión de la región Huetar Brunca. | 20 |
| 2.1.1 Características generales de una línea de transmisión eléctrica de alta tensión. | 20 |
| 2.1.2 Descripción del uso actual del suelo de las servidumbres de las líneas de transmisión de alta tensión de la región Huetar Brunca..... | 22 |
| 2.1.2a Cultivos permanentes..... | 22 |
| 2.1.2b Cultivos semi-permanentes | 30 |
| 2.1.2c Cultivos anuales | 32 |
| 2.1.3 Caracterización de las principales actividades que se realizan dentro y fuera de las servidumbres de las líneas en la región Huetar Brunca..... | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 2.1.3a Identificación y solicitud de permiso al propietario para poda y corta de árboles en la servidumbre de la línea..... | 35 |
| 2.1.3b Inventario forestal o agrícola dentro y fuera de servidumbre de la línea..... | 36 |
| 2.1.3c Corta de árboles y reporte de daños forestales y agrícolas..... | 36 |
| 2.1.3d Envío de reportes de daños agrícolas o forestales al departamento de avalúos del ICE | 37 |
| 2.1.3e Pago de daños agrícolas o forestales al propietario de la finca | 37 |
| 2.1.3f Implementación de medidas de mitigación ambiental dentro y fuera de la servidumbre de la línea: | 37 |
| 3. MARCO METODOLÓGICO..... | 37 |
| 4. RESULTADOS | 42 |
| 4.1 Criterios a considerar en la recuperación y manejo de la vegetación de servidumbres en líneas de transmisión de alta tensión en la región Huetar Brunca de Costa Rica. | 42 |
| 4.1.1 Identificación y priorización de los sitios | 42 |
| 4.1.2 Condición legal de la propiedad | 43 |
| 4.1.3 Propiedad bajo alguna categoría de protección..... | 43 |
| 4.1.4 Condición de la línea de transmisión con respecto al vano | 43 |
| 4.1.5 Objetivo del propietario por donde pasa la línea de transmisión..... | 44 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1.6 Investigación sobre la presencia de fallas geológicas en corredores de servidumbre | 45 |
| 4.1.7 Estimación del costo de recuperar o manejar la vegetación en un sitio determinado | 46 |
| 4.2 Criterios ambientales para la recuperación de la vegetación de las servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión de la región Huetar Brunca de Costa Rica. | 46 |
| 4.2.1 Caracterización climática del sitio seleccionado | 46 |
| 4.2.1a Precipitación | 46 |
| 4.2.1b Temperatura | 49 |
| 4.2.1c Humedad relativa..... | 50 |
| 4.2.1d Microclima | 52 |
| 4.2.1e Zona de vida..... | 52 |
| 4.2.2 Caracterización edafológica del sitio seleccionado | 52 |
| 4.2.2a Textura | 52 |
| 4.2.2b Compactación..... | 53 |
| 4.2.2c Grado de erosión | 54 |
| 4.2.2d Nivel del pH | 55 |
| 4.2.2e Cantidad de nutrientes | 56 |
| 4.2.2f Profundidad del suelo..... | 57 |
| 4.2.2g Drenaje..... | 57 |
| 4.2.2h Pedregosidad | 58 |
| 4.2.3 Topografía..... | 58 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.4 Selección y caracterización de especies arbóreas seleccionadas..... | 59 |
| 4.2.5 Preparación del lugar de siembra | 59 |
| 4.2.6 Transporte del material vegetal..... | 60 |
| 4.2.7 Siembra..... | 60 |
| 4.2.8 Mantenimiento | 61 |
| 4.2.9 Monitoreo y seguimiento | 62 |
| 4.3 Criterios ambientales para el manejo de la vegetación de las servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión en la región Huetar Brunca de Costa Rica. | 62 |
| 4.3.1 Realizar un diagnóstico sobre la vegetación que se desarrolla en las servidumbres de las líneas y su entorno..... | 62 |
| 4.3.2 Construir y aplicar un diseño de muestreo sobre las servidumbres de las líneas de transmisión | 63 |
| 4.3.3 Determinar por medio de un recorrido sobre la red de transmisión; si existe la verdadera necesidad de mantener todas las servidumbres desprovistas de vegetación..... | 64 |
| 5. CONCLUSIONES | 65 |
| 6. RECOMENDACIONES..... | 67 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 68 |
| ANEXOS | 73 |
| GIOSARIO | 80 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| CUADRO N° 1: Información técnica de las líneas de transmisión de alta tensión ubicadas en la región Huetar Brunca..... | 21 |
| CUADRO N° 2: Valores promedio de precipitación para diferentes regiones de Costa Rica..... | 47 |
| CUADRO N° 3: Valores promedio de temperatura para diferentes zonas de Costa Rica..... | 49 |
| CUADRO N° 4: Valores promedio de humedad relativa para diferentes regiones de Costa Rica..... | 51 |
| CUADRO N° 5: Tipos de textura encontradas en suelos de Costa Rica..... | 53 |
| CUADRO N° 6: Tipos de suelo según el nivel de pH..... | 56 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA N° 1: Organigrama del proceso gestión de la red región Huetar Brunca del ICE..... | 4 |
| FIGURA N° 2: Límites de seguridad establecidos entre los conductores y la vegetación que se desarrolla debajo de la servidumbre de la línea de transmisión de alta tensión Siquirres-Limón..... | 9 |
| FIGURA N° 3: Corta de la vegetación en el Parque Nacional Macizo de la Muerte, de la servidumbre de 20 metros de la línea de transmisión Río Macho-San Isidro..... | 14 |
| FIGURA N° 4: Potreros arbolados presentes en la línea de transmisión General-Lesville..... | 24 |
| FIGURA N° 5: Ganadería extensiva que se desarrolla cerca de la torre N° 117 de la línea de transmisión San Isidro-Río Claro..... | 24 |
| FIGURA N° 6: Corta de la vegetación para dar mantenimiento a las servidumbres de las líneas de transmisión de alta tensión, Parque Nacional Macizo de la Muerte..... | 24 |
| FIGURA N° 7: Eliminación de bosque secundario para dar paso a una línea de transmisión de alta tensión, sector Limón..... | 27 |
| FIGURA N° 8: Rebrotos de melina (<i>Gmelina arborea</i>) debajo de la servidumbre de la línea de transmisión San Isidro-Río Claro..... | 28 |

| | |
|---|----|
| FIGURA N° 9: Plantación de café asociado con poró (<i>Eritrina sp.</i>), ubicado en Pavones de Turrialba..... | 29 |
| FIGURA N° 10: Cultivo de piña ubicado en la línea de transmisión Trapiche-Lesville, Pocora de Guápiles. La flecha señala el paso de la línea de transmisión..... | 31 |
| FIGURA N° 11: Cultivo de palma aceitera ubicado en la servidumbre de la línea de transmisión Río Claro-Paso Canoas..... | 32 |
| FIGURA N° 12: Cultivo de caña ubicado a la par de la estructura N° 36 de la línea de transmisión Siquirres-Limón..... | 33 |
| FIGURA N° 13: Plantación de banano ubicada debajo de la servidumbre de la línea de transmisión Siquirres-Moín, entre las estructuras N° 64 y 65..... | 34 |
| FIGURA N° 14: Mapa de ubicación de las líneas de transmisión de alta tensión de la región Huetar Brunca..... | 39 |
| FIGURA N° 15: Línea de transmisión en la cual los conductores pasan muy alto de la vegetación, permitiendo el desarrollo completo de la misma..... | 44 |
| FIGURA N° 16: Colocación de plástico para evitar la erosión del suelo entre las torres N° 21 y 22 de la línea de transmisión Río Macho-San Isidro..... | 45 |

INDICE DE ABREVIACIONES

| | |
|--|----|
| UEN-TE: Unidad Estratégica de Negocios Transporte de Electricidad..... | 1 |
| PGRHB: Proyecto Gestión de la Red Región Huetar Brunca..... | 3 |
| ICE: Instituto Costarricense de Electricidad..... | 4 |
| SINAC: Sistema Nacional de Áreas de conservación..... | 24 |
| MINAE: Ministerio Nacional de Ambiente y Energía..... | 35 |
| UNA: Universidad Nacional de Costa Rica..... | 41 |
| CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza..... | 41 |
| TEC: Instituto Tecnológico de Costa Rica..... | 41 |
| IMN: Instituto Meteorológico Nacional..... | 48 |
| MEM: Ministerio de Energía y Minas..... | 52 |
| FAO: Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación..... | 58 |
| MAVDT: Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial..... | 59 |

RESUMEN

La Unidad Estratégica de Negocios Transporte de Electricidad (UEN-TE), del Instituto Costarricense de Electricidad, es el ente encargado de planificar, desarrollar, operar y mantener la red nacional de electricidad de acuerdo con las necesidades del plan de desarrollo del país. Sus funciones están divididas en tres regiones; Central, Chorotega y Huetar Brunca. Este último esta conformado por 5 áreas importantes: subestaciones, medición y protección, área civil-mantenimiento de aire acondicionado, operación y para interés de este trabajo líneas de transmisión. Líneas de transmisión es el subproceso encargado de la eliminación de la vegetación encontrada en la servidumbre (Carmirol, 2003).

Dentro de este contexto institucional se ha delimitado la presente investigación, la cuál tiene como objetivo principal definir criterios ambientales que se deben considerar para procurar un manejo y recuperación integral de la vegetación de servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión en la región Huetar Brunca de Costa Rica.

Los criterios se basan en el análisis de los aspectos ambientales, sociales y económicos que deben ser considerados para recuperar o dar un manejo a la vegetación que crece dentro de una servidumbre. Para el caso de la región Huetar Brunca el mantenimiento consiste específicamente en eliminar completamente la vegetación de la servidumbre; sin valorar las especies arbóreas que aquí se desarrollan, y si existe riesgo de que estas puedan llegar a tener contacto con los conductores de la línea (Alfaro, 2005). Esta práctica ha generado impactos ambientales desde la fase constructiva de la línea hasta la operación. Las principales afectaciones son: la reducción de hábitat de especies de flora y fauna silvestre, fragmentación y destrucción de bosques, cambios en la estructura de un ecosistema, entre otros.

Es a partir de estos antecedentes que surge el interés por parte del área de gestión ambiental; de establecer criterios ambientales que contribuyan a la determinación de especies arbóreas que deban ser eliminadas o reintroducidas en estas áreas sin ocasionar problemas.

Para establecer estos criterios se realizó una descripción del entorno de los sitios donde se ubican los proyectos de transmisión. La investigación fue complementada con información de visitas o inspecciones de campo y la aplicación de entrevistas a técnicos y profesionales del área de líneas y gestión ambiental del ICE.

Con criterio de expertos, se construyó una lista de criterios para recuperar o manejar la vegetación en una servidumbre del tendido eléctrico. Entre ellos se tomó en cuenta la condición legal de la propiedad, la posición del vano de la línea con respecto al suelo, el objetivo del propietario por donde atraviesa la línea y la presencia de fallas geológicas en el sitio.

Otro alcance de la investigación, es que se especifican criterios aplicables cuando se va a realizar la recuperación de una servidumbre, como las características climáticas, edafológicas, químicas, técnicas y económicas para preparar el proyecto de recuperación del sitio o cuando se desea aplicar un diseño de muestreo para monitorear la especies arbóreas que crecen o realizar un chequeo exhaustivo sobre la eliminación de vegetación en todos los tramos de servidumbre (Delgado, 2007).

Como conclusión del trabajo se enfatiza que en Costa Rica y específicamente para las labores que ejecuta el ICE, no existen criterios como los que esta investigación plantea para el manejo y recuperación de la vegetación en las servidumbres de líneas de transmisión. Esta propuesta técnica y metodológica busca solventar la ausencia de apoyo a la gestión ambiental relacionada con este tipo de obras y ser herramienta de capacitación para todos los trabajadores que por más de 15 años han realizado este trabajo en los proyectos que actualmente se encuentran en operación.

La implementación de los criterios minimizarán los impactos negativos sobre el medio ambiente, condición que nos permite recomendar una apropiada divulgación dentro de los sectores involucrados. Igualmente se sugiere la aplicación inmediata por parte de los técnicos y profesionales que realizan este trabajo en los proyectos que el ICE tiene a lo largo de todo el país.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Instituto Costarricense de Electricidad cuenta con la Unidad Estratégica de Negocios Transporte de Electricidad (UEN-TE), encargada, de acuerdo con las necesidades del plan de desarrollo del país, de planificar, desarrollar, operar y mantener la red nacional de transporte de electricidad. Le corresponde realizar estudios de alternativas de redes asociadas a los proyectos de generación orientados a optimizar las inversiones, las que posteriormente serán analizadas por la Unidad Estratégica de Negocios Centro Nacional de Planificación Eléctrica.

La UEN-TE atiende el mercado nacional y garantiza la distribución de energía eléctrica a todo el territorio nacional, independientemente de dónde esta se produzca.

Parte de sus funciones es que la energía que se produce en las plantas generadoras, estatales o, privadas sea entregada en forma confiable, estable y bajo estándares de calidad internacional, a los centros de consumo de manera que el servicio no sea interrumpido por causas ambientales, técnicas, operacionales u obsolescencia de los equipos, entre otros.

La Misión de esta Unidad es "Contribuir al desarrollo del país con una red de transporte de electricidad consolidada, de cobertura óptima, en equilibrio con el ambiente, que permita el trasiego de energía desde los centros de producción hasta los centros de consumo, con precios y calidad competitivos en el ámbito internacional; y con el complemento de servicios especializados en ingeniería de alta tensión y en transmisión de voz, datos y video a través de fibra óptica en líneas de transporte de electricidad (Carniol, 2003). Entre otros objetivos de la UEN transporte de energía se mencionan:

- 1 Conocer y satisfacer las necesidades de los clientes y exceder sus expectativas.
- 2 Disponer de un sistema tarifario acorde con los costos y los servicios prestados.
- 3 Desarrollar una organización apoyada en recurso humano altamente capacitado, motivado, proactivo e innovador capaz de forjar un clima laboral de cordialidad y satisfacción.
- 4 Adecuar la expansión y la gestión del sistema de transporte para brindar los servicios con: disponibilidad, confiabilidad, calidad y sostenibilidad ambiental; con el complemento de servicios especializados en ingeniería de alta tensión y en transmisión de voz, datos y video a través de fibra óptica en líneas de transporte de electricidad.
- 5 Garantizar la continuidad del servicio y la calidad de la onda, acordes con sistemas de calidad internacional (Carmirol, 2003).

El desempeño de la Unidad Estratégica de Negocios Transporte de Electricidad está dividida en tres regiones a lo largo del país; región Central, región Chorotega y región Huetar Brunca. Para el propósito de este trabajo se enfocará la gestión realizada en la región Huetar Brunca.

El Proceso Gestión de la red región Huetar Brunca

Físicamente este proceso se encuentra situado en la subestación Cónccavas en Paraíso de Cartago y está conformado por 5 áreas:

1. Área de subestaciones
2. Área de protección y medición
3. Área de líneas de transmisión
4. Área civil y mantenimiento de aire acondicionado
5. Área de operación.

Cada una de estas está representada por un coordinador el cual está supervisado por el líder del proceso. El líder está bajo la supervisión del director de la Unidad Estratégica de Negocios, el cual también tiene a su cargo los otros dos procesos de gestión de la red en las zonas denominadas Central y Chorotega (Carmioli, 2003).

El siguiente organigrama presenta el Proceso Gestión de la Red Región Huetar Brunca (PGRHB) y señala la ubicación actual del componente de gestión ambiental dentro de la estructura organizacional del proceso.

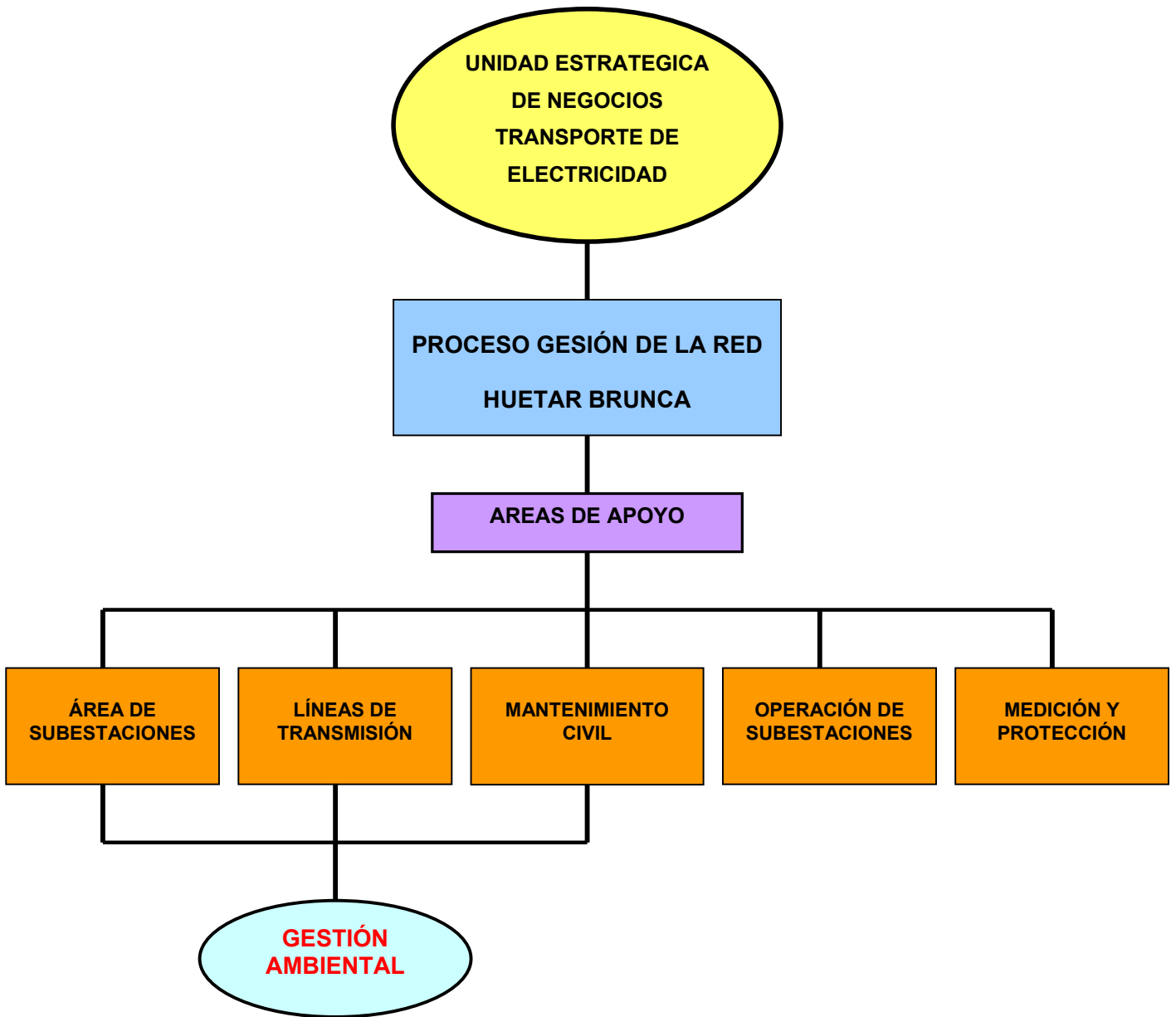


Figura N° 1: Organigrama del proceso gestión de la red región Huetar Brunca del ICE.

Dentro del proceso gestión de la red región Huetar Brunca, existen dos subprocesos importantes como los son subestaciones y líneas de transmisión. Las subestaciones que se encargan de enlazar las líneas de transmisión que atraviesan distintos puntos de la región Huetar Brunca los cuales son: Cartago, Turrialba, Siquirres, Guápiles, Limón, y en la zona Sur del país San Isidro y Río Claro hasta Paso Canoas; y las líneas a las cuales hay que inspeccionar y realizar el mantenimiento preventivo.

Dentro del subproceso de líneas de transmisión y como parte de las labores de mantenimiento es necesaria la eliminación de vegetación en el área de servidumbre. En algunas ocasiones es de 20 metros de ancho y para otras es de 30 metros dependiendo del voltaje que cada una trasiegue.

Dinámica del mantenimiento de líneas de transmisión en la región Huetar Brunca del ICE.

Por muchos años el área de líneas de transmisión de la región Huetar Brunca ha realizado el mantenimiento de servidumbres bajo la política de eliminar completamente la vegetación encontrada; sin valorar realmente si todas las especies arbóreas que se desarrollan en el sitio, tienen riesgo de llegar a tener contacto con la línea (Alfaro, 2005).

Por lo tanto a partir de estos antecedentes; así como la inclusión del componente de gestión ambiental dentro del área de mantenimiento de líneas de transmisión (ver Figura N° 1) es que surge el interés por definir criterios ambientales que permitan recuperar y dar un mejor manejo a la cobertura del suelo que crece en el área de servidumbre del tendido eléctrico.

Además este trabajo pretende no solo mejorar la gestión ambiental del ICE, sino ejecutar los lineamientos ambientales que fueron establecidos en el sector energía para las etapas de operación y mantenimiento, los cuales incluyen los siguientes aspectos:

- Las actividades de operación y mantenimiento deberán efectuarse de tal manera que se minimicen los daños al medio ambiente, así como las posibles molestias a los habitantes aledaños a las obras.
- Se deben acatar de manera obligatoria las recomendaciones establecidas para esta etapa en el plan de gestión ambiental, para la prevención, mitigación o compensación de impactos en el medio, así como aquellas adicionales que hayan estipulado los entes y órganos competentes, en los documentos de aprobación ambiental y las emitidas por los responsables ambientales de las obras.
- Se debe promover el análisis y la aplicación permanente de medidas para el mejoramiento de las instalaciones y de las operaciones tendientes a reducir los impactos ambientales típicos de esta etapa.

Con la incorporación del componente de gestión ambiental en la región Huetar Brunca, se pretende actuar bajo estos lineamientos ambientales y cambiar la práctica que por muchos años realizó el personal técnico encargado de brindar mantenimiento a las servidumbres de las líneas de transmisión de alta tensión, de manera que los trabajadores encargados de realizar este trabajo puedan tener criterios ambientales a considerar sobre la vegetación que debe ser eliminada durante la ejecución del mantenimiento.

1.2 Problemática u oportunidad que da origen al proyecto

Algunas condiciones poco comunes dentro de la planificación de obras de transmisión eléctrica invitan y propician el desarrollo de este trabajo. A continuación, se explican las razones de causalidad que forman la problemática que se aborda en esta investigación.

En Costa Rica la práctica usual del mantenimiento de las líneas eléctricas de alto voltaje ha sido la remoción al estilo de la “tala rasa”, es decir eliminando todo elemento vegetal ubicado por debajo del tendido eléctrico. Por esta razón esta investigación aborda el problema de que no existe criterio de selección para las especies que por sus características puedan o no, llegar a alcanzar la zona de seguridad de las líneas de transmisión.

Es bajo un protocolo que el ICE ha realizado este tipo de práctica y es justamente el problema que esta investigación desea analizar. A continuación se exponen algunos elementos que constituyen dicho protocolo:

- 1 Permitir un acceso seguro a las líneas de transmisión de alta tensión y brindarle mantenimiento en toda su fase operativa; así como en una eventual avería.
- 2 Prevenir el daño potencial hacia la línea de transmisión causada por incendios forestales, naturales o provocados, por la existencia de vegetación debajo de la servidumbre.

3. Mantener las distancias de seguridad entre los conductores y la vegetación encontrada en la servidumbre de la línea de transmisión, ya que según los parámetros de diseño, la distancia mínima de seguridad que debe existir entre los conductores más bajos de la línea y algún objeto del suelo, no debe ser menor de 5 metros.

Partiendo del principio anterior y considerando que la distancia mínima entre el conductor en su condición mínima de tensión y el suelo no debe ser menor de 8 metros, se ha permitido el crecimiento de la vegetación hasta los 3 metros (ver Figura N° 2).



Figura N° 2: Límites de seguridad establecidos entre los conductores y la vegetación que se desarrolla debajo de la servidumbre de la línea de transmisión de alta tensión Siquirres-Limón (Arias, 2008).

A partir de los parámetros de seguridad anteriormente citados, las prácticas de mantenimiento de servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión tanto en Costa Rica como en otros países, tradicionalmente han estado fundamentadas en prácticas de control de la vegetación a través de la corta total de la vegetación, adoptadas en función de la comodidad de los proyectistas u operadores; esto ha significado la remoción indiscriminada del recurso arbóreo, más el componente arbustivo y herbáceo, generando impactos altamente significativos como los que se mencionan a continuación:

1. Fragmentación y destrucción de hábitats: La pérdida de hábitat es la razón más importante de la extinción de especies en los últimos años, ya que al disminuir el hábitat, se ve afectada la distribución del hábitat restante por una falta de continuidad (Santos y Tellería, 2006). Cuando se realiza la fragmentación de un bosque para atravesar una línea de transmisión eléctrica se dejan parches (o islas) separados de bosque, esto trae consecuencias para los ecosistemas; ya que cuando esto ocurre se presenta la reducción y pérdida del tipo de hábitat natural de un paisaje y, cambios en la configuración, quedando el original, en pequeños parches aislados.

A medida que la fragmentación del bosque procede, el tamaño de los fragmentos disminuye, y el aislamiento aumenta, conformándose los llamados "hábitat-isla". Éstos, facilitan la extinción de una o más especies y la preservación de otras; generalmente las especies que requieren de un área más grande para desarrollarse, son las más afectadas. Con la construcción de proyectos de transmisión en medio de un fragmento forestal, los mayores cambios ecológicos que se presentan, no incluye únicamente la reducción del área de ese ambiente; sino que también, aumenta el efecto de borde.

Según (Santos y Tellería, 2006) uno de los impactos más estudiados de la fragmentación, es el efecto borde. Este se ha concebido como un hábitat distinto, como una "membrana semipermeable" entre dos áreas que concentran recursos diferentes, o como la zona de contacto entre dos comunidades estructuralmente diferentes, las que pueden ser un bosque y un campo de trigo, o un bosque y una plantación, etc.

Además esta fragmentación afecta en gran medida el desarrollo de las especies arbóreas, ya que, en la interfase entre un bosque y el campo abierto circundante ocurren procesos interactivos que llevan a la degradación progresiva del ambiente forestal. Como las especies al interior de un bosque están adaptadas a determinadas condiciones ambientales de sombra, temperatura y humedad, muchas no sobreviven en los bordes, en donde son más expuestas a la insolación, los vientos, una mayor variación de temperaturas y humedad más baja; que a su vez presenta cambios;

- En la degradación y simplificación de bosques.
- Invasión de especies pioneras toleras de mucha luz (Guarumos, Poró, etc).
- Disminución de la diversidad y desaparición de árboles grandes característicos de vegetación original.
- Reducción de la biomasa (Forero, M y Finegan, B, 2002).

2. Reducción de hábitat de especies de flora y fauna silvestre dependientes de masas boscosas o áreas inalteradas: A pesar de que se realiza un proceso para definir la ruta antes de construir una línea de transmisión de alta tensión; existen ocasiones en que es inevitable el paso por áreas boscosas de importancia para la conservación de especies arbóreas y faunísticas. Aunque la remoción de la vegetación sea limitada, la construcción de un proyecto con las características de una línea, tiende a crear islas de vegetación; que pueden ser demasiado pequeñas para asegurar la viabilidad ecológica de especies de flora y fauna (Alfaro, 2005).

La reducción de masas boscosas puede llevar a la disminución en los números poblacionales de las especies que habitan los fragmentos, por un aumento de la mortalidad o por un aumento en las emigraciones de los individuos.

Además puede afectar indirectamente la intensidad y calidad de las interacciones biológicas; la polinización, dispersión de semillas; así como procesos ecosistémicos que incluye la descomposición de materia orgánica, y la disminución de humedad en el suelo, que reduce la actividad microbiana y con ello la tasa de descomposición de la materia orgánica; todos estos cambios se reducen en alteraciones en la flora y fauna (Bustamante y Grez, 1996).

Una vez construida la línea, así como el mantenimiento que se le brinda constantemente a la servidumbre, sin recuperar y brindarle manejo, repercute en el desarrollo de las especies faunísticas que se desarrollan a lo largo de las servidumbres; ya que esta vegetación es la conexión de parches boscosos y en ocasiones la ruta de paso para muchas especies de fauna silvestre (Sánchez, 2000). Asociados a los impactos antes mencionados es importante agregar a manera de resumen los impactos que se presentan en las líneas debido a las prácticas usuales en el manejo de la vegetación:

Eliminación sistemática de especies forestales de alto valor comercial y/o ecológico, con los consecuentes impactos en el ecosistema derivados de su derribo y aprovechamiento.

- Exposición de los suelos a la incidencia directa de las lluvias, provocando problemas de erosión.
- Potenciación del cambio de uso de la tierra hacia usos agrícolas no necesariamente compatibles.
- Afectación del paisaje debido al trazo “antinatural y el aspecto artificial de los corredores de ruta (Sánchez, 2000).

Conociendo los aspectos anteriores y al hacer una evaluación rápida de algunos de los estudios de impacto ambiental que el ICE ha elaborado para varios proyectos de transmisión ya construidos, en proceso de construcción o en planes de ejecutarse, es posible advertir que el asunto del “manejo tolerable” de la vegetación en las servidumbres no se ha dejado de lado y figura como una de las áreas mejor cubiertas con medidas de control ambiental tendientes a evitar, atenuar o compensar dicho impacto, pero estas consideraciones son tomadas en cuenta principalmente en la fase constructiva de la línea de transmisión (Alfaro, 2005).

Sin embargo, el manejo de la vegetación en servidumbre (eliminación de vegetación) ha sido muy deficiente y carente de análisis, ya que la parte de mantenimiento simplemente realiza la eliminación de toda la vegetación encontrada en el área de servidumbre.

Teniendo presente que las actividades de manejo de vegetación, son usualmente efectuadas por personal técnico no necesariamente formado en aspectos ambientales, cobra especial relevancia que las soluciones planteadas además de efectivas, tengan un carácter práctico. Por ello es preciso entonces efectuar un intenso proceso de clarificación y delimitación del problema, el cuál debe ser participativo; de fácil interpretación y que conduzca a la autosostenibilidad en el largo plazo (Alfaro, 2005).

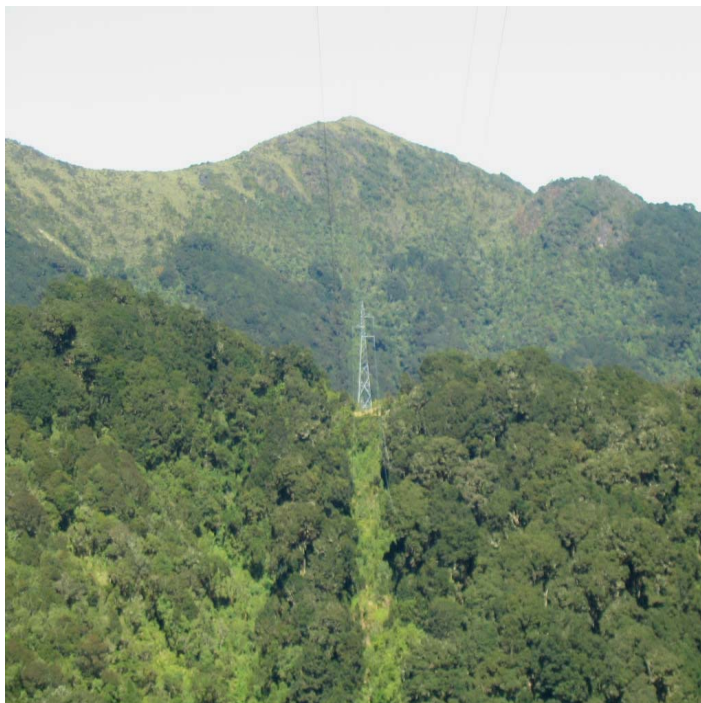


Figura N° 3: Corta de la vegetación en el Parque Nacional Macizo de la Muerte, de la servidumbre de 20 metros de la línea de transmisión Río Macho-San Isidro.

Es así como determinar lineamientos para el manejo y recuperación de las servidumbres, será una herramienta de aplicación para los trabajadores que se dediquen a esta labor. De aquí que uno de los alcances de esta investigación, es aportar criterios ambientales que se deben de tomar en cuenta cuando se elimine o introduzca vegetación en una servidumbre, así como cuando se necesite seleccionar aquellas especies arbóreas que deben ser desplazadas permanentemente; de otras que por sus características de desarrollo puedan permanecer, sin ser consideradas un riesgo para el funcionamiento de la línea.

1.3 Justificación del proyecto

A nivel nacional el manejo de servidumbres se ha limitado a la eliminación completa de la vegetación ubicada en la línea de transmisión; no existe la clasificación o decisión de corta dependiendo de la especie o sus características de crecimiento, ni un criterio técnico que separe las especies que deben erradicarse permanentemente, de aquellas que pueden permanecer o así de otras que pueden ser incorporadas y se adapten a las condiciones de seguridad que exige el funcionamiento de la línea (Alfaro, 2005). Esta problemática ha generado que la mayor parte de las servidumbres de las líneas en Costa Rica se encuentren desprovistas de vegetación.

Según Alfaro (2005) la mayor parte de los esfuerzos realizados sobre el manejo de la vegetación en servidumbres, se inclina a eliminar toda la vegetación, ya que se considera un riesgo para la línea, sin considerar su crecimiento o características de desarrollo; siendo de esta manera como se les brinda mantenimiento en su totalidad a los proyectos que operan actualmente en Costa Rica.

Considerando lo anterior son cuatro aspectos los que justifican esta investigación:

1. Aspectos ecológicos: Cuando un sitio mantiene cubierta forestal conserva la humedad del suelo, proporcionando la sombra que reduce la pérdida por evaporación causada por el intercambio de energía radiante con la atmósfera. Las raíces de los árboles mejoran la porosidad del suelo, reducen la compactación y facilitan la infiltración. Los árboles actúan como barreras contra el viento, reduciendo la fuerza de desecación y erosión de este último en el nivel del suelo (Sánchez, 2000).

Todos estos cambios a nivel de composición y estructura del suelo se presentan en un sitio cuando se realiza el cambio de cobertura en el suelo; los cuales son muy marcadas en la dinámica de un ecosistema; de aquí la importancia de eliminar única y exclusivamente la vegetación que pueda afectar directamente la línea de transmisión de alta tensión (Sánchez, 2000).

2. Fauna: Cuando ocurre la destrucción, fragmentación o alteración de hábitat, los impactos sobre la fauna suceden en dos niveles: la destrucción de individuos o su huida. La muerte de especímenes ocurre, en general, en grupos que tienen baja movilidad, principalmente los invertebrados. Las especies de mayor tamaño como: mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces, huyen buscando refugio en sus alrededores.

Cuando estos individuos que huyeron de un sitio original por disturbios de la construcción de un proyecto llegan a otro sitio, puede suceder que encuentren o no espacio, ya que la población existente en la nueva área podrá estar ya en equilibrio, o sea: el número de individuos está de acuerdo a los recursos ofrecidos por el ambiente; siendo así, que en algunos casos se presente la muerte de cierto número de los individuos que llegaron del área afectada (Sánchez, 2000).

3. Dimensión Social: Actualmente el ICE está desarrollando simultáneamente una serie de proyectos de transmisión de electricidad en todo el territorio nacional. Estos proyectos necesitan una servidumbre de 30 metros de ancho; presentándose la necesidad de que estas obras atraviesen sitios densos de vegetación (bosques primarios, bosques secundarios, zonas protectoras de ríos, etc).

La eliminación completa de vegetación (franja de 20 o 30 metros de ancho) puede generar una respuesta social de las personas dueñas de las propiedades por donde atraviesan estos proyectos u aquellas comunidades cerca de esta. De aquí la necesidad que en el mantenimiento que realiza el personal encargado de la operación de la línea, empleen criterios ambientales de recuperación de éstas áreas y que además le brinden un manejo adecuado a aquella vegetación que se desarrolla en el sitio.

Este aspecto es de gran importancia para el ICE, ya que las obras de transmisión de energía, tienen actualmente una orientación de desarrollo no solo por la importancia de construir la línea de transmisión; sino que esta concluya tomando en cuenta tanto el aspecto ambiental como la opinión de las comunidades encontradas en el sitio donde se realiza.

Es importante dar a conocer el manejo que se le da a la vegetación que se encuentra en el área de servidumbre después de que inicia la operación de la línea, ya que de ella depende la recuperación de la flora y el regreso de la fauna existente en el lugar.

3. Aporte Institucional: En Costa Rica y específicamente en el área de mantenimiento de líneas de transmisión del ICE, cuando se realiza el mantenimiento de las obras, se corta toda la vegetación de estos sitios y no se realiza una selección de las especies que deben ser eliminadas con aquellas que pueden permanecer en la servidumbre, mientras que en otros países si se realiza la recuperación y el manejo de la vegetación que crece en estos sitios.

Por eso, surge la iniciativa de desarrollar esta investigación, como una pauta concreta para las personas que trabajan en el área de mantenimiento de líneas de transmisión en la región Huetar Brunca y el resto del país.

Esta información obedece a la preocupación de llenar este vacío que se ha manifestado por muchos años, además de que el ICE como institución está comprometida y trabaja actualmente bajo el cumplimiento de dos principios estrechamente vinculados a este estudio.

- **Política ambiental del ICE:** Esta política dice textualmente que “El Instituto Costarricense de Electricidad planifica y ejecuta sus actividades con fundamento en el principio de desarrollo sostenible, su gestión se realiza con una actitud de conservación, protección, recuperación y uso responsable del medio ambiente”

En la institución existe conciencia de la implicación del desarrollo de sus actividades sobre el medio ambiente. Esta política evidencia el espíritu ambientalista de la institución y establece un compromiso de acatamiento obligatorio para todos los trabajadores; así como para todas aquellas empresas que están involucradas en obras o actividades para el ICE.

Todo el trabajo se realiza tomando en cuenta el compromiso de la institución con el medio ambiente; de aquí que a partir del año 2000, todo los proyectos planificados por el ICE, cuentan con su viabilidad ambiental a los cuales se les brinda seguimiento en su fase constructiva y operativa.

- **Responsabilidad Social Corporativa:** El ICE pretende contribuir activa y voluntariamente al mejoramiento social y ambiental, con el fin de mejorar su situación competitiva y valorativa. Esta responsabilidad social va más allá del cumplimiento de las leyes y normas y en primera instancia no solo pretende cumplir con las normativas relacionadas con el medio ambiente sino más bien con un aporte a la gestión ambiental de manera que se obtenga un equilibrio entre lo económico, social y ambiental.

Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente la institución trabaja de una forma integrada en su desarrollo social, ambiental, y calidad del servicio. De aquí el incentivar que los diferentes sectores del ICE trabajen estos tres factores conjuntamente en todos los procesos de cada proyecto. Para todas las obras planificadas y ejecutadas actualmente se cuenta con una unidad ambiental que se encarga de brindar seguimiento a todos los compromisos ambientales, un área de seguridad ocupacional, para brindar apoyo a sus trabajadores en lo que necesiten, y la calidad del servicio, que se persigue siempre bajo la misma importancia que los dos factores anteriormente mencionados.

1.4. Objetivos

General

- Definir los criterios ambientales que se deben considerar para procurar un manejo y recuperación integral de la vegetación de servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión en la región Huetar Brunca.

Específicos

- Realizar una descripción del entorno de los sitios donde se ubican las servidumbres de las líneas de transmisión de alta tensión en la región Huetar Brunca.
- Recopilar información por medio de entrevistas y visitas de campo sobre los factores que deben ser considerados en la definición de criterios para la recuperación y manejo de las servidumbres de las líneas de transmisión de alta tensión en la región Huetar Brunca.

- Recopilar la información disponible sobre los aspectos a considerar en la definición de criterios para la recuperación y manejo de las servidumbres de las líneas de transmisión de alta tensión.
- Analizar y procesar la información documental, entrevistas y visitas de campo para la confección de criterios ambientales para la recuperación y manejo de las servidumbres de las líneas de transmisión de alta tensión en la región Huetar Brunca.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Diagnóstico de las condiciones actuales de las servidumbres de las líneas de transmisión de alta tensión de la región Huetar Brunca.

2.1.1 Características generales de una línea de transmisión eléctrica de alta tensión.

Según Villegas (2003) una línea de transmisión es el medio por el cual se transporta la energía eléctrica de una subestación a otra. Se compone básicamente de herrajes, servidumbre de paso, aisladores, conductores de potencia, hilos de guarda y torres. La distancia entre torres denominada “vano”, varía entre los 300 y 1000 metros dependiendo de las características del terreno y la catenaria no debe estar a una altura menor a 8 metros desde el suelo (ver Figura N° 2).

Asociado al establecimiento de la línea, se encuentra la servidumbre de paso o calle de seguridad. Este es el pasillo en el que se elimina la masa forestal, con la finalidad de “evitar que por la proximidad entre conductores y los árboles ocurra un arco eléctrico y puedan producirse cortes de suministro de energía o incendios forestales” (Villegas, 2003).

En la región Huetar Brunca el departamento de líneas de transmisión brinda mantenimiento a 444 kilómetros de línea; las cuáles tienen una longitud variable y trasiegan un voltaje de acuerdo al ancho de servidumbre que la misma posee. El resumen de la información se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 1. Información técnica de las líneas de transmisión de alta tensión ubicadas en la región Huetar Brunca.

| Línea de Transmisión | Voltaje (kv) | Circuitos | Año Construcción | Longitud (km) | Ancho servidumbre (m) |
|----------------------|--------------|-----------|------------------|---------------|-----------------------|
| ANG-COV | 138 | 1 | 1999 | 32.6 | 26 |
| RMA-EST | 138 | 2 | 1963 | 25.5 | 20 |
| CAC-SAB | 138 | 2 | 1978 | 35.3 | 20 |
| CAC-RMA | 138 | 2 | 1967 | 14 | 20 |
| COV-INC | 138 | 1 | 1998 | 2 | 20 |
| TRA-LEE | 138 | 1 | 1991 | 32 | 20 |
| RMA-CAC-MOI | 138 | 1 | 1976 | 106.7 | 20 |
| RMA-SIS | 230 | 1 | 1984 | 57.1 | 20 |
| SIS-RCL | 230 | 1 | 1984 | 103.6 | 20 |
| RCL-PC | 230 | 1 | 1985 | 34.4 | 20 |
| | | | Totales | 444 | |

Simbología:

| | | | | | |
|------------|-----------|------------|-------------|------------|------------|
| ANG | Angostura | SIS | San Isidro | TUR | Turrialba |
| COV | Cóncavas | RCL | Río Claro | TRA | Trapiche |
| RMA | Río Macho | PC | Paso Canoas | INC | Incса |
| EST | El este | SAB | Sabanilla | SMI | San Miguel |
| CAC | Cachí | SIQ | Siquirres | MOI | Moín |
| LEE | Lesville | | | | |

Fuente: (Delgado, 2008).

2.1.2 Descripción del uso actual del suelo de las servidumbres de las líneas de transmisión de alta tensión de la región Huetar Brunca.

El uso del suelo está caracterizado específicamente por el área que comprende la servidumbre de la línea (20 o 30 metros de ancho), así como el área de influencia indirecta (aproximadamente 750 metros a cada lado). La descripción es realizada de acuerdo a los usos de suelo más representativos, además de aquellos cultivos que con el tiempo se han ido expandiendo dentro del área donde atraviesan las líneas. La identificación y descripción del uso del suelo permite conocer la sensibilidad de estas áreas a cambios drásticos, como lo es el impacto de la eliminación de vegetación.

La caracterización del uso del suelo, contempla aquel que actualmente se desarrolla en la servidumbre de la línea; y un diagnóstico que permite determinar aquellos sitios de la servidumbre con posibilidad de recuperar o manejar la vegetación. Además que brinda un panorama del uso del suelo por donde pasa la línea, permitiendo conocer el desarrollo de la vegetación arbórea; ya que a como cambia el uso del suelo varían mucho las especies forestales. Entre los principales usos del suelo presentes en las servidumbres de las líneas y su entorno se presentan los siguientes:

2.1.2a Cultivos permanentes

Áreas abiertas (potreros arbolados y ganadería):

Este uso del suelo se presenta en toda la región Huetar Brunca, en el sector de Guápiles, los potreros arbolados caracterizan el uso del suelo por donde pasa la línea, debido a que son áreas muy intervenidas y que no tienen inconvenientes para la instalación de torres para líneas de alta tensión, en comparación con otras zonas que mantienen obstáculos como asentamientos humanos y parches boscosos.

Se presenta la ganadería extensiva (entre 50-150 ha) en el sitio denominado como Pocora, así como desde Guácimo hasta Río Jiménez, existen fincas con un promedio de 75 has con predominancia de pastos de la especie ratana (*Ischaemun timorense*), combinados esporádicamente con estrella (*Cynodon niemfuensis*) en las áreas bajas (Sánchez, 2008a).

En el sector que va desde Horquetas hasta Puerto Viejo de Sarapiquí se observan fincas ganaderas en pequeños sectores, esto es producto de la eliminación del bosque que ha sido sustituido poco a poco por la ganadería de leche, la cual ha tenido un desarrollo importante hacia la zona de Tortuguero. Actualmente el desarrollo de fincas medianas y de gran tamaño para carne, se ubica como el uso del suelo de mayor representatividad en esta zona (Sánchez, 2008a). De igual manera predomina este uso del suelo en el cantón de San Isidro de Pérez Zeledón, entre los vanos de las torres N° 64-70 ubicadas en las mesas de Pejibaye y N° 74-84 en Zapote de Pejibaye (Arias, 2008b).

Todo el desarrollo de la ganadería se ha establecido a partir de la desaparición del bosque en un proceso paulatino de cambio de uso; es así como la mayor cantidad de árboles, son remanentes del bosque original que existía. No obstante en pasturas antiguas y dependientes del manejo aplicado, es posible observar rodales de botarrama (*Vochysia ferruginea*) y laurel (*Cordia alliodora*) en muchas dimensiones comerciales. La ganadería extensiva es de reciente introducción a la zona. A mediano plazo y como resultado de la fragmentación de las unidades agronómicas, la producción pecuaria intensiva será cada vez más aceptada.



Figura N° 4: Potreros arbolados presentes en la línea de transmisión General-Lesville.



Figura N° 5: Ganadería extensiva que se desarrolla cerca de la torre N° 117, línea de transmisión San Isidro-Río Claro.

Bosque primario: El principal bosque primario que se encuentra es el representado por el Parque Nacional Macizo de la Muerte, donde atraviesa la línea que va desde Río Macho hasta la subestación San Isidro. Este bosque forma parte de un corredor biológico y además es considerada como la masa boscosa continua más extensa del país que incluye la más grande concentración de robles, caracterizado por 5 zonas de vida (SINAC, 2008).

En esta área se presenta el bosque de páramo, ecosistema escaso y único en Centroamérica. Las zonas paramunas han sido calificadas como inhóspitas con temperaturas frías a menudo inferiores a 0C° y con humedades y nubosidades altas. Recibe una precipitación media anual de 2667 milímetros; y presenta una marcada estación seca durante enero, febrero y marzo. La estación lluviosa empieza en abril, siendo los meses de agosto, septiembre y octubre los más lluviosos.

La humedad relativa es bastante alta a través del año, ascendiendo hasta 100% en horas de la madrugada. Las temperaturas medias anuales en el Cerro de la Muerte varían desde 6,5 °C en el mes de diciembre hasta 8,1 °C en el mes de abril. En los meses de la época seca a menudo se registran temperaturas de 0°C (kappelle y Horn, 2005).

La zona altitudinal de la vegetación de la cordillera de Talamanca, entre los 3800 y 1500 metros de altitud, según (kappelle y Horn, 2005) presenta cuatro formaciones vegetales (a) páramo alpino, caracterizado por el bambú (*chusquea subtessellata*), gramíneas, asteráceas, *Drimys escallonia*, *Miconia*, *Myrsine*, *Oreopanax*, *Weinmannia* etc. El bosque montano alto (c) el cual se ubica entre los 2400 y 3000 metros sobre el nivel del mar. Aquí domina el roble (*Quercus copeyensis*) los encinos, (*Quercus costarricensis* y *Quercus seemannii*) y el Jaúl (*Alnus acuminata*). El bosque montano bajo (b) entre los 1500 a 2400 m (altitud del Cerro de la Muerte), lo caracterizan las especies de los géneros *Alchornea*, *Acalypha*, *Billia*, *Beilschmiedea*, *Clusia* y *Croton* así como las familias lauráceas, rubiáceas y melastomatáceas. Y por último la turbera ubicada en el límite del bosque montano alto (c) y el bosque montano bajo (b) que está rodeado de las especies *Quercus seemannii* y *Quercus copeyensis*.

Además del Parque Nacional Tapanti-Macizo de la Muerte, las principales áreas que mantienen especies de bosque primario, son aquellas en donde las líneas de transmisión atraviesan por zonas de protección de ríos o quebradas, en donde permanecen especies amenazadas y endémicas de los sitios, esto ya que las mismas no han sido sustituidas por estar su corta restringida por la ley forestal N° 7575.



Figura N° 6: Corta de la vegetación para dar mantenimiento a las servidumbres de las líneas de transmisión de alta tensión, Parque Nacional Macizo de la Muerte.

Bosque secundario: La corta inicial que se realiza dentro de la servidumbre de una línea de transmisión crea condiciones muy favorables para la formación de un bosque secundario. Sin embargo por el mantenimiento que se lleva a cabo en las primeras etapas del desarrollo de la cobertura vegetal, es que estas áreas con características de bosque secundario, son sustituidas en la mayoría de los casos para dar paso a cultivos agrícolas (piña, banano, caña, café, hortalizas, cítricos, ornamentales entre otros) de mayor beneficio para el dueño de la propiedad.

En toda la región Huetar Brunca del país hay muchos tramos dispersos con estas características a lo largo del tendido eléctrico. Como ejemplo se citan sectores con bosques secundarios entre Siquirres y Turrialba; desde la estructura N° 70 y la N° 110, atravesando Moravia de Siquirres, Guayacán, El Coco y Bella Vista.

Este tramo pertenece a la línea de transmisión Angostura-Siquirres. Además se observa la predominancia de este uso en la que va de Río Macho a San Isidro entre las estructuras N° 109 y N° 110 que comprende el poblado de Rivas de Pérez Zeledón.



Figura N° 7: Eliminación de bosque secundario para dar paso a una línea de transmisión de alta tensión, sector Limón.

Plantaciones forestales: La siembra de especies forestales procede a la eliminación de fincas ganaderas en la zona Sur del país. Se observa con gran predominancia la teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*). La teca es representativa del sector de Olla Cero, especialmente por las plantaciones de la finca El Clavo, que se encarga de exportar trozas a la India para muebles, además se encuentra la empresa BARCA S.A. que posee plantaciones de teca por todo el sector de Salamá, Zancudo y Panamá. Actualmente se están cosechando y vendiendo en Palmar Sur para exportación (Sánchez, 2008b).

La melina es la especie más abundante, ya que es de muy rápido crecimiento y existen muchas áreas que fueron plantadas por la empresa Ston Forestal bajo contratos de arrendamientos de las fincas y posteriormente abandonadas, siendo actualmente aprovechadas por sus propietarios para la fabricación de tarimas que son vendidas en San Carlos, Valle Central y Guácimo (Sánchez, 2008b). Debido a estas prácticas, existen en el sector Sur del país una serie de plantaciones en la servidumbre del tendido eléctrico, principalmente en las torres de la N° 2-5 en Río Claro de la N° 11-15 en la Esperanza; de la N° 23-26 en el Caracol; y de la N° 81-86 en Dorisara, sitios encontrados desde Río Claro hasta Paso Canoas (Cordero, 2008).

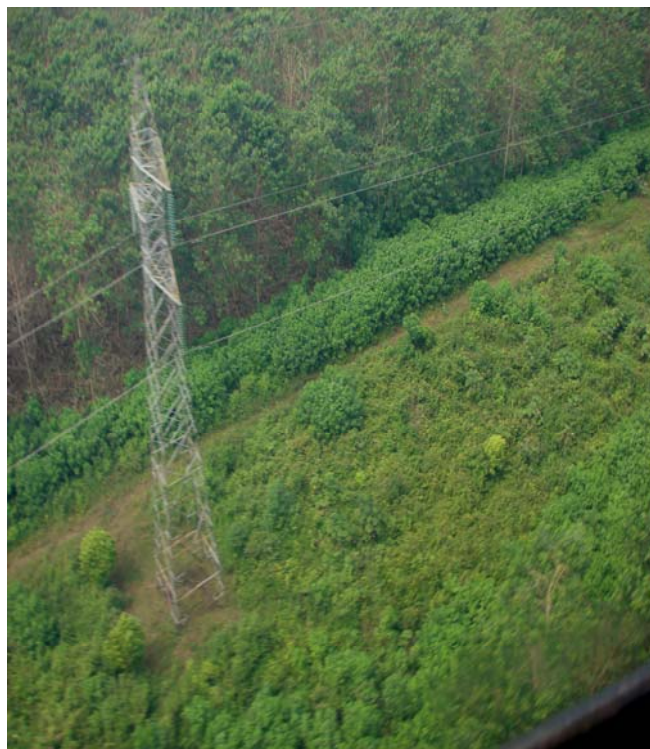


Figura N° 8: Rebrotos de melina (*Gmelina arborea*) debajo de la servidumbre de la línea de transmisión San Isidro-Río Claro.

También se ubican plantaciones forestales de diferentes especies en el sector de Moravia de Siquirres y Rivas de Pérez Zeledón, estas son dispersas y de poca extensión siendo el manejo de la misma aceptable, a juzgar por las condiciones actuales de poda, raleo y estado fitosanitario que presentan. Entre las especies más representativas en la zona están: Mayo blanco (*Vochysia guatemalensis*), Eucalipto (*Eucalyptus deglupta*), Cedro maría (*Calophyllum brasiliense*) y Roble coral (*Terminalia amazonia*).

Café: El café es un cultivo presente en toda la región Huetar Brunca, específicamente en Cartago, Turrialba, Juan Viñas y Orosi. Este cultivo agrícola se presenta como una actividad de buen manejo y desarrollo en la zona, predomina el café convencional. En el caso de Orosi hay pequeños productores y fincas que poseen hasta 330 hectáreas de café convencional como finca Laja y Navarro, todos para exportación de café y formación del café de Orosi (Sánchez, 2008a).



Figura N° 9: Plantación de café asociado con poro (*Eritryna sp*) ubicado en Pavones de Turrialba.

En la zona Sur del país se despliega como actividad comercial en Pejibaye de Pérez Zeledón. Se identifican parcelas cultivadas de solo café, así como parcelas bajo sistemas agroforestales combinadas con las especies de Cedro amargo (*Cedrella odorata*) y Laurel (*Cordia alliodora*).

2.1.2b Cultivos semi-permanentes

a) Piña: Es de destacar la expansión que experimenta en estos momentos la producción de piña (*Ananas comosus*) en toda la zona Atlántica de Costa Rica. En primera instancia se presentan las piñeras ubicadas entre Siquirres y Guácimo, así como en el sector de río Hondo y Cimarrones, donde se ubican las estructuras (torres) desde la N° 7 hasta la N° 13 de la línea Siquirres-Moín.

En el caso de estas áreas cultivadas de piña, es un cultivo que puede desarrollarse bajo la presencia de la línea de transmisión, ya que según (Calvo, 2008) únicamente el sitio de torre que va desde 25m² hasta 40m² debe estar libre de este cultivo. En cuanto a la piña es un cultivo agrícola que se expande como un uso tradicional del suelo y las fincas de piña siguen siendo por su productividad un cultivo atractivo para desarrollarse en este sector.

La mayor parte de los suelos en los que se cultiva piña son de naturaleza ácida y pertenecen al orden de los Ultisoles e Inceptisoles. Dado que los suelos dedicados al cultivo de piña en su gran mayoría presentan un rango de acidez de muy fuertemente ácidos a medianamente ácidos (Bertsch, 1995).



Figura N° 10: Cultivo de Piña ubicado en la servidumbre de la línea de transmisión Trapiche-Lesville, Pocora de Guápiles. La flecha señala el paso de la línea de transmisión.

b) Palma africana: Se presentan áreas extensas de este cultivo en la zona Sur del país. Las principales empresas son Palma Tica y Agroopal R.L, ellas lideran el procesamiento de la palma africana (*Elaeis guineensis*). Las plantaciones atendidas por Palma Tica se extienden desde Abrojo hasta Río Nuevo y Coto 47, donde se ubica la planta procesadora de Palma Tica. A esta cooperativa la abastecen sus socios así como la compra de fruta de palma a clientes externos, pero siempre con un trato preferencial para sus socios (Sánchez, 2008a). Encontradas dentro del cultivo de palma se presentan las estructuras (torres) de la N° 46-50 en el sitio denominado Abrojo y en Coloradito de la N° 56-58, todas como parte de la línea de transmisión Río Claro-Paso Canoas (Cordero, 2008).



Figura N° 11: Cultivo de palma aceitera ubicado en la servidumbre de la línea de transmisión Río Claro-Paso Canoas.

2.1.2c Cultivos anuales

a) Caña de azúcar: La caña de azúcar la cultiva principalmente la Hacienda Juan Viñas; se ubica en el cantón de Jiménez de la provincia de Cartago, donde en este mismo sitio poseen el ingenio azucarero encargado de procesar el azúcar doña María, la cual es consumida en Costa Rica y exportada a otros países (Sánchez, 2008a). En este sector se ubica el tendido eléctrico que va desde Angostura en Turrialba hasta Cóncavas en Cartago; también predomina este tipo de cultivo el tramo que va desde Siquirres hasta Moín entre el vano de la estructura N° 36 y 37 cerca de la entrada al poblado de 28 millas.

Además en la zona Sur del país en la línea San Isidro-Río Claro se observa la predominancia de este cultivo, entre los vanos de las estructuras N° 17-22 en el sitio conocido como Barrio de los ángeles, y entre las torres N° 117-119 en las Brisas de Rivas de Pérez Zeledón (Arias, 2008b).



Figura N° 12: Cultivo de caña ubicado a la par de la estructura N° 36 de la línea de transmisión Siquirres-Limón.

b) Banano: Este cultivo se desarrolla principalmente en la zona Atlántica, en el sector de Siquirres desde la estructura N° 52 hasta la N° 77, contempla las fincas bananeras denominadas Estrada, Chirripó, Bramadero, Boston y Venecia. El desarrollo de banano se presenta en fincas con un promedio entre las 50 y 150 has, la producción desarrollada en estas áreas abastecen a las transnacionales Dole, Chiquita Brands, y Del Monte S.A (Sánchez, 2008a).

El patrón de uso de la tierra de esta categoría se mantiene hasta Sixaola, ya que la mayor parte de fincas son cacaotales abandonados que han dado paso a este cultivo.



Figura N° 13: Plantación de banano ubicada debajo de la servidumbre de la línea de transmisión Siquirres-Moín entre las estructuras N° 64 y 65.

En general los usos de suelo anteriormente descritos son los más predominantes por donde atraviesan las líneas de transmisión de la región Huetar Brunca donde con mayor predominancia, para el caso de zona Atlántica, se encuentran ocupados por cultivos agrícolas como la piña, banano y áreas abiertas, y el caso de la zona Sur del país por plantaciones forestales; áreas de bosque y el cultivo de palma aceitera. Para la mayor parte de áreas de bosque, las mismas se ubican en áreas de difícil acceso, con fuertes pendientes y propensos a deslizamientos.

2.1.3 Caracterización de las principales actividades que se realizan dentro y fuera de las servidumbres de las líneas en la región Huetar Brunca.

El entorno en el que se encuentran las líneas de transmisión de la región Huetar Brunca, presentan un uso del suelo, que en algunos casos no es el adecuado para el sitio. Durante muchos años no se le prestó atención al cambio de uso del suelo y al desarrollo de cultivos que se presentan en la servidumbre, siendo este en muchos casos, plantaciones forestales de rápido y alto crecimiento u otros que por sus características de desarrollo amenazan el funcionamiento del tendido eléctrico.

Posteriormente se incorpora al equipo de trabajo el componente de gestión ambiental, que como tarea urgente es la obtención de permisos para poda y corta de árboles. Esta autorización incluye la del propietario de la finca y en algunos casos de ser necesaria la de la Administración Forestal del Estado (MINAE). Esta labor se realiza actualmente de carácter prioritario ya que en muchos casos los árboles están cerca de tener contacto con los conductores y en el menor de los casos con posibilidades de caída sobre los mismos.

Estos trabajos se realizan para toda la región Huetar Brunca respaldado y apoyado por 6 cuadrillas en Limón, Siquirres, Turrialba, Cartago, San Isidro y Río Claro. Entre las etapas que conllevan estas actividades a manera de síntesis se exponen las siguientes:

2.1.3a Identificación y solicitud de permiso al propietario para poda y corta de árboles en la servidumbre de la línea: Se identifica el propietario de los árboles que es necesario podar o cortar dentro y fuera de la servidumbre, con el fin de solicitarle autorización para ingresar a la propiedad.

Además se le informa sobre el trabajo que la cuadrilla de mantenimiento va a realizar en el sitio, y de la necesidad del mismo, ya que el contacto o caída de algún árbol sobre el tendido eléctrico puede ocasionar un accidente. Siempre se le explica al dueño de la propiedad sobre el trámite a realizar y se solicita que él esté presente durante las labores, con el fin de acatar alguna sugerencia que permita una buena relación entre el ICE y el finquero.

2.1.3b Inventario forestal o agrícola dentro y fuera de servidumbre de la línea: Se realiza una demarcación de los árboles que se necesitan cortar; esto para preparar un informe, o solicitar la autorización de corta a la Administración Forestal del Estado (MINAE). Existen casos en que por las condiciones del campo y las especies forestales y agrícolas a cortar no es necesario tramitar un permiso para corta de árboles. Cuando no es necesario realizar el trámite de obtención de corta, y se cuenta con autorización del propietario, y las condiciones del campo lo permiten, se realiza inmediatamente la corta, ya que las cuadrillas siempre llevan consigo el equipo de trabajo al campo.

2.1.3c Corta de árboles y reporte de daños forestales y agrícolas: Una vez obtenido la autorización de corta en caso de haber sido necesario; se procede a cortar los árboles o plantas agrícolas. Estas son eliminadas tomando en cuenta algunas sugerencias o recomendaciones del propietario. Cuando se concluye el trabajo en el sitio, se realiza un reporte de daños utilizando un formulario según el tipo de intervención (forestal, agrícola, pecuario, etc) (ver anexo N° 3). Este documento contempla un inventario de lo cortado, información detallada del propietario, de la finca y las firmas de conformidad.

2.1.3d Envío de reportes de daños agrícolas o forestales al departamento de avalúos del ICE: Una vez concluido el reporte de daños, este se envía al departamento de avalúos del ICE. En esta oficina es asignado a un perito valuador especializado según el tema, que se encarga de verificar el inventario, así como asignarle un valor económico a la intervención.

2.1.3e Pago de daños agrícolas o forestales al propietario de la finca: Una vez concluida toda la tramitología legal y después que el perito valuador brinda su informe, el área financiera del ICE, emite un cheque que indemniza el daño causado, el cual es entregado al dueño de la propiedad.

2.1.3f Implementación de medidas de mitigación ambiental dentro y fuera de la servidumbre de la línea: Una vez cumplido el trabajo en la finca, se procede a reponer los árboles con características de crecimiento compatibles con la línea. Esta gestión se realiza de dos formas; la primera con la siembra realizada por el área de mantenimiento y la segunda cuando son entregados al propietario y con asesoría del área de gestión ambiental, el mismo lo siembra.

3. MARCO METODOLÓGICO

El método de investigación que comprendió este trabajo es el objetivo-subjetivo, ya que se basa en observación y estudio de hechos y fenómenos reales; el cual contempló principalmente dos diferentes fuentes de información que a continuación se detallan:

3.1 Visitas de campo: Se realizó un diagnóstico sobre las líneas transmisión en operación de la zona Atlántica y Sur del país como: Río Macho-San Isidro; San Isidro-Río Claro; Río Claro-Paso Canoas; Angostura- Cóncevas; Cachí-Moín.

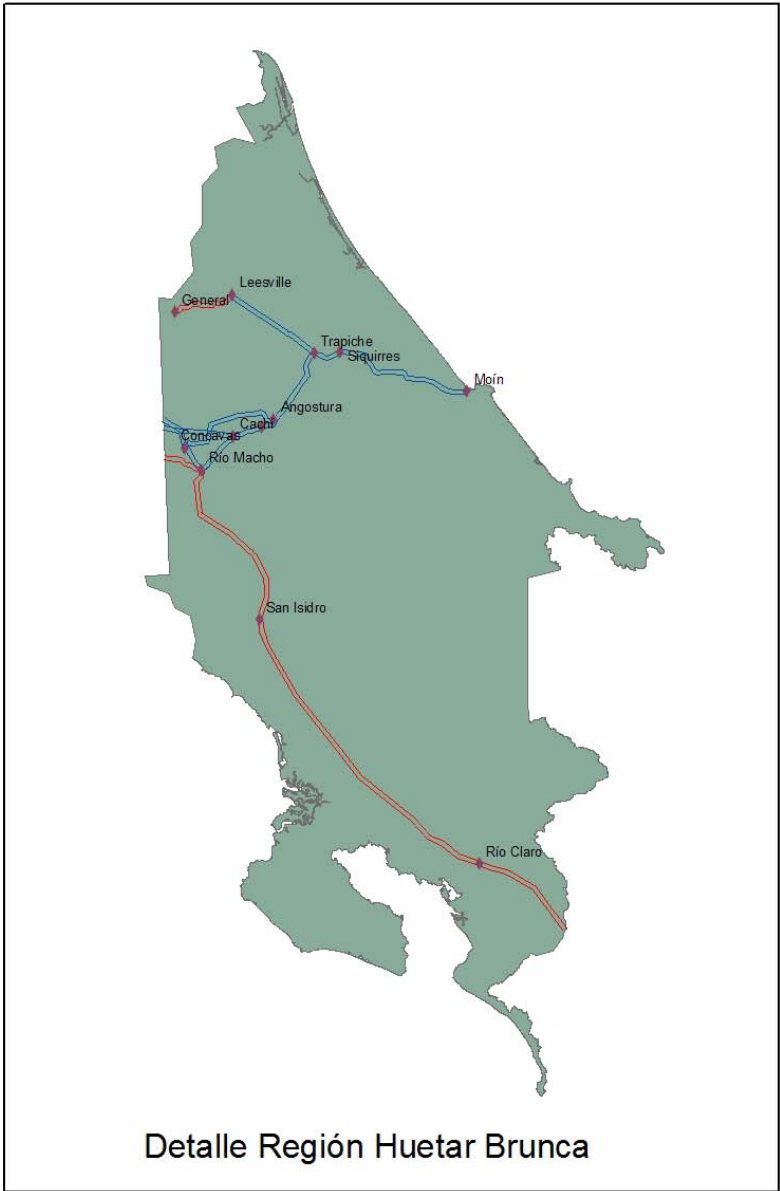
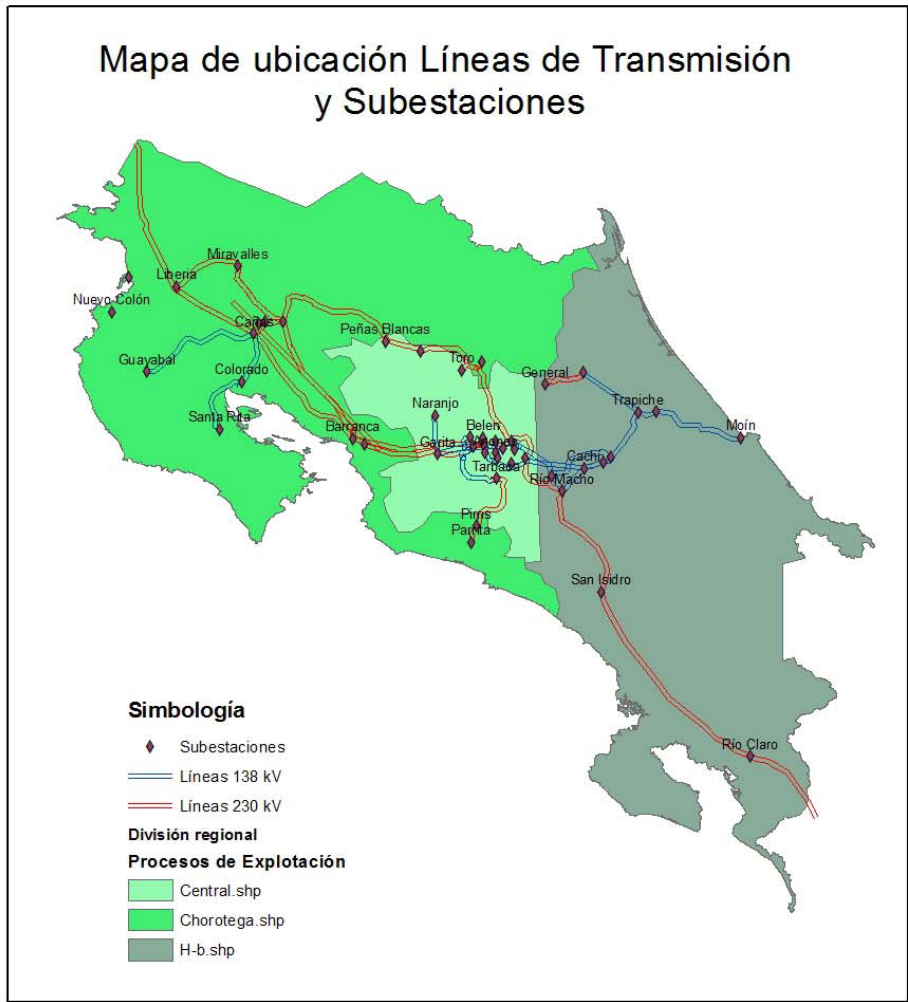
Se ejecutó un reconocimiento de campo, sobre el estado de las servidumbres del tendido eléctrico, identificando aquellas que presentan mayores problemas de erosión, deslizamientos o pérdida progresiva de cobertura vegetal como resultado de la completa eliminación de la vegetación dentro del área de servidumbre.

Además se puso especial atención a las áreas con problemas potenciales de cobertura, en las cuales existe la posibilidad de colocar alguna estructura (torre) o atravesar una línea; así como algunos casos con estas características que se han presentado en alguna otra región del país donde se desarrollan líneas de transmisión.

La mayor parte de la información se basa en el panorama que presentan las servidumbres de los proyectos que operan actualmente en la zona Sur y Atlántica de Costa Rica (ver Figura N° 14). Todas las visitas de campo fueron realizadas como parte de los trabajos en el área de gestión ambiental que implementa el departamento de líneas de la región Huetar Brunca

3.2 Entrevistas: se realizaron entre los meses de Enero y Julio del año 2008 a los trabajadores encargados del mantenimiento de las líneas de transmisión, además de técnicos de la zona Sur y Atlántica de Costa Rica, así como profesionales y personal del ICE que participa en esta actividad.

Estas entrevistas permitieron determinar, en el caso de los técnicos que trabajan en el área de mantenimiento, como se ha venido efectuando el control de la vegetación en las líneas. Para el caso de los trabajadores del área de gestión ambiental, su aporte principal fue manifestarse sobre el manejo de la vegetación en la servidumbre; además de exponer como se realizaría un manejo adecuado de la cobertura vegetal que se desarrolla en estos sitios, así como los criterios que hay que considerar para el éxito en su recuperación.



Instituto Costarricense de Electricidad
 UEN-Transporte de Electricidad
 Proceso Aseguramiento de la Calidad

Elaborado por: Ing. Carlos Arias Sanabria
 23 de mayo del 2008

Figura N° 14: Mapa de ubicación de las líneas de transmisión de alta tensión de la región Huetar Brunca.

Con estas fuentes de información se realizó una compilación sobre la manera en que las actividades del mantenimiento preventivo (eliminación de la vegetación) se han ejecutado en los últimos años. Así como el estado actual en condición de uso del suelo que presentan las servidumbres de las líneas y su entorno.

En resumen entre las entrevistas y las inspecciones de campo se realizó lo siguiente:

A) Selección de los sujetos de investigación: Comprendió la selección de técnicos encargados de brindar mantenimiento, así como distintos profesionales en el área de gestión ambiental que trabajan en la recuperación de áreas degradadas por la eliminación de la vegetación (Marín, 2005). Se incluyó el personal técnico con más de 15 años de trabajar para el ICE en las actividades de poda y corta de árboles dentro y fuera de las servidumbres.

B) Recolección de información de campo: Se complementaron las entrevistas con el trabajo de campo e inspecciones realizadas a los diferentes sitios, que requieren manejo y recuperación de la vegetación, a lo largo de las líneas en la región Huetar Brunca, en donde la necesidad de manejar adecuadamente la vegetación se presenta como mayor prioridad para el área de gestión ambiental.

Cuando se realizaron las visitas al campo para observar el estado de las servidumbres, se aplicó a los técnicos de mantenimiento de líneas una entrevista semi-estructurada, utilizándola además como guía para consultar información adicional abiertamente con todos los integrantes de la cuadrilla de mantenimiento que se encarga de estas obras.

Las consultas surgen conforme se realizan los recorridos en el campo, siendo útil durante las visitas en el campo este tipo de entrevista; ya que permite que los técnicos y profesionales expongan su conocimiento sobre la dinámica que comprende el trabajo de mantenimiento que se brinda dentro de las servidumbres.

C) Investigación documental: Se recopiló toda la información disponible dentro de los proyectos ya construidos del Instituto Costarricense de Electricidad. Se revisó la literatura de manejo de la vegetación, así como búsquedas por Internet y material facilitado por funcionarios destacados en el área de gestión ambiental del ICE. Lo anterior se complementó con consultas a documentos ya existentes sobre la recuperación de la vegetación, así como visitas a bibliotecas de la Universidad Nacional (UNA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).

De la información documental se tomó aquellos conceptos aplicables al manejo y recuperación de la vegetación; además de lo señalado para la creación de prácticas para recuperar y brindar manejo a la vegetación de la servidumbre.

D) Diseño y resultados del trabajo: Una vez obtenido los insumos anteriores, se analizó la información y se definieron los principales criterios desde el punto de vista legal, social y ambiental que deben de tomarse en cuenta, antes de dar inicio con la recuperación o manejo de la cobertura del suelo en determinado sitio.

Además se expone un apartado con cada uno de los criterios que deben ser tomados en cuenta cuando un sitio amerita ser recuperado, en cuanto a cobertura de suelo, o cuando el mismo mantiene vegetación, pero la misma debe ser tratada de manera que esta se desarrolle en compatibilidad con las restricciones de la línea de transmisión.

4. RESULTADOS

4.1 Criterios a considerar en la recuperación y manejo de la vegetación de servidumbres en líneas de transmisión de alta tensión en la región Huetar Brunca de Costa Rica.

Para el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y en específico para el área de mantenimiento; es de suma importancia mantener el fluido de energía constante y seguro. Por eso lo estratégico que representa la definición de criterios ambientales que afirmen un funcionamiento seguro de la línea; así como el desarrollo y recuperación de aquella vegetación que pueda crecer debajo de los conductores.

En este apartado se definen aquellos criterios ambientales que son aplicables en los dos casos; durante el manejo y la recuperación de la vegetación en determinado sitio, así como los ajustables específicamente cuando hay que recuperar la vegetación en la servidumbre, o cuando en la misma existe vegetación arbórea, pero esta debe crecer y mantenerse en armonía con la línea de transmisión. A continuación se definen los criterios a ser considerados en cualquiera de los dos casos que se presente en un sitio de servidumbre:

4.1.1 Identificación y priorización de los sitios: Es imprescindible la identificación exhaustiva de las zonas de interés donde se implementará la recuperación y manejo sostenible de la vegetación. Debe priorizarse las áreas sometidas a recuperación y manejo entre los distintos corredores de servidumbres, que por su condición actual sean áreas con potencial para la formación de corredores biológicos, que permitan el desarrollo de especies de flora y fauna.

4.1.2 Condición legal de la propiedad: Una vez identificados los sitios en los cuáles es necesario la recuperación de la vegetación, es indispensable investigar la condición legal de la propiedad y la servidumbre. Es requisito saber si la misma está inscrita en el registro de la propiedad, que ancho tiene la servidumbre y si existen restricciones incluidas en la escritura sobre el uso del suelo permitido en el área de servidumbre. Esto debido a que las obras construidas hace más de 20 años por el ICE, tienen problemas de inscripción de servidumbre, por lo que es importante confirmar esta información en el campo y en los documentos legales, para estar en acuerdo con el dueño de la propiedad.

4.1.3 Propiedad bajo alguna categoría de protección: Es importante considerar si el área seleccionada, para recuperación o manejo de la vegetación, se encuentra bajo alguna categoría de protección (reserva forestal, parque nacional, u otro), o si se encuentra bajo el sistema de pago de servicios ambientales (protección de bosque, reforestación, manejo de bosque, sistema agroforestal etc.), ya que esto puede contribuir con el objetivo de recuperación o manejo de la vegetación que se desea implementar en la servidumbre (Vasquez, 2008).

4.1.4 Condición de la línea de transmisión con respecto al vano: Es importante tomar en cuenta la condición del vano en el sitio seleccionado, esto va a determinar la selección de la especie a incorporar, así como el crecimiento máximo permitido de la vegetación en la servidumbre; ya que el espacio entre los conductores y el suelo, decide y selecciona la especie a introducir.

Cuando se colocan estructuras (torres) en lomas o sectores montañosos, los conductores atraviesan a una gran altura desde el suelo, por lo que permite el crecimiento de cualquier especie arbórea, ya que esta nunca alcanzará la zona de seguridad de la línea; mientras que en sectores planos, los cables pasan más cerca del suelo y esto condiciona el crecimiento de la vegetación.



Figura N° 15: Línea de transmisión en la cual los conductores pasan muy alto de la vegetación permitiendo el desarrollo completo de la misma.

4.1.5 Objetivo del propietario por donde pasa la línea de transmisión:

Normalmente cuando se constituye la servidumbre de una línea de transmisión, le especifican al dueño de la propiedad algunas restricciones sobre los cultivos que se pueden desarrollar dentro de esta área, por lo tanto al pasar los años el propietario hace uso del suelo de acuerdo a su necesidad como; potreros, cultivos agrícolas, ornamentales etc., por lo que el cambio de este uso a otro tipo de vegetación, debe ser una decisión de mutuo acuerdo con el propietario de la finca por donde atraviesa el proyecto.

El cambiar el uso del suelo y el éxito en sí de la recuperación y manejo de esa servidumbre depende también de la participación efectiva, ya sea de una comunidad o del dueño de la propiedad; es necesario que se conozca los objetivos del proyecto así como las fases que este contempla.

El propietario debe estar informado sobre los beneficios esperados de la recuperación o manejo de la vegetación en el sitio (Vásquez, 2008).

4.1.6 Investigación sobre la presencia de fallas geológicas en corredores de servidumbre: Existen torres de alta tensión que por efecto del tiempo han tenido problemas de deslizamientos, debido a fallas locales existentes o deslizamientos resultado de áreas muy erosionadas por el cambio de uso del suelo. Es clave determinar si existe un problema relacionado por una falla existente en el sitio, o si las condiciones del sitio son una consecuencia de las actividades realizadas en ese suelo durante el transcurso de los años; ya que una falla que haya permanecido siempre, puede repercutir negativamente con la recuperación del sitio, mientras que deslizamientos o desgastes de suelo por escorrentía, son efectos que pueden ser contrarrestados con la recuperación de la vegetación en el sitio.



Figura N° 16: Colocación de plástico para evitar la erosión del suelo entre torres N° 21 y 22, de la línea de transmisión Río Macho-San Isidro.

4.1.7 Estimación del costo de recuperar o manejar la vegetación en un sitio determinado: Es indispensable realizar una estimación del costo del proyecto y si el mismo durante su aplicación rendirá tantos beneficios que compensen los recursos y mano de obra que se necesitarán para llevarlo a cabo. Tener asegurado el presupuesto que se utilizará durante el proyecto permite la consecución del cumplimiento de los objetivos del mismo.

4.2 Criterios ambientales para la recuperación de la vegetación de las servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión de la región Huetar Brunca de Costa Rica.

Los criterios que se proporcionan en este apartado pretenden ser concisos, prácticos y viables para la recuperación exitosa de la vegetación de las servidumbres de las líneas. Estos criterios consideran aspectos que colaboran en el desarrollo satisfactorio de la vegetación, que se desea incorporar dentro de la servidumbre, y la aplicación de los criterios contribuirá a la revegetación y recuperación de áreas perturbadas con la posibilidad de que las mismas puedan establecer condiciones similares a las existentes antes de la aparición de un proyecto como estos (MEM, 2004).

4.2.1 Caracterización climática del sitio seleccionado: Para poder seleccionar las especies arbóreas adecuadas para la recuperación de un sitio, es necesario conocer las características climáticas, las cuales van a variar dependiendo del área seleccionada para recuperar. Entre los principales factores están:

4.2.1a Precipitación: Hay que considerar como se distribuye la lluvia a través del tiempo, sobre valores totales mensuales mayores presentes en el lugar seleccionado, así como la menor y máxima precipitación registrada (ICE, 2003).

El siguiente cuadro expone algunos valores de precipitación para diferentes zonas de Costa Rica. Esta información debe ser lo más precisa para cada sitio seleccionado.

Cuadro N° 2. Valores promedio de precipitación para diferentes regiones de Costa Rica.

Valle Central: Comprende parte de las provincias de San José, Alajuela, Heredia, y Cartago. En esta región se analizan las estaciones meteorológicas de Pavas y Fraijanes.

La cantidad de lluvia registrada varía de acuerdo con la zona. En el sector central (Pavas), se acumula durante el año una cantidad promedio de 1967 milímetros y en Laguna de Fraijanes el registro anual es de 3230.8 milímetros. En las dos estaciones, la época seca va desde diciembre hasta marzo, y la lluviosa se extiende desde mayo a octubre.

Cartago presenta una característica especial con un promedio anual apenas de 1400 milímetros siendo la cabecera de provincia con menos precipitación.

Pacífico Sur: Encierra la parte Sur de la provincia de Puntarenas y el Valle del General (Pérez Zeledón).

La topografía de la región influye bastante en la precipitación promedio anual, haciéndola muy variada. En Pérez Zeledón los promedios alcanzan los 3000 milímetros anuales, mientras que en la península de Osa se registran máximos con más de 5000 milímetros anuales. En cuanto a la estación seca, es un poco más corta que la observada en el Pacífico Norte, inicia a finales de diciembre y termina alrededor de abril.

Pacífico Norte: Incluye Guanacaste, Alajuela (Orotina y San Mateo) y la parte norte de Puntarenas, hasta la desembocadura del río Grande de Tárcoles. Para representar esta región se analizan las estaciones de Liberia y Tilarán.

La distribución de las lluvias en las llanuras y en la costa de esta región es de tipo Pacífico, es decir con una época lluviosa bien definida desde mayo a octubre, presentando los máximos de precipitación en los meses de junio, septiembre y octubre, para un promedio de 1400 milímetros en las llanuras. La época seca comprende los meses de diciembre a marzo. En cuanto a la zona montañosa de esta región (Tilarán) también tiene un comportamiento similar (tipo Pacífico) con un promedio de 19631 milímetros anuales.

Zona Norte: Contempla las estaciones de San Jorge en Los Chiles y San Vicente en Ciudad Quesada.

Los mínimos de precipitación se dan desde enero hasta abril, se observa que mientras el promedio en las llanuras es de 2612 milímetros, en lugares montañosos, este valor es mayor a 3992 milímetros, en ambas estaciones se da una disminución de las lluvias entre febrero y marzo, pero fácilmente se observa que la disminución es mas acentuada en las llanuras de la Zona Norte (San Jorge y Los Chiles).

Vertiente del Caribe: Toda la provincia de Limón y parte de Cartago.

En la provincia de Limón (zona costera) se registran 3525 milímetros de lluvia en promedio, y 3620 milímetros en el sector montañoso (Guayabo, Turrialba). En la zona costera se puede definir dos periodos relativamente secos, uno que va desde febrero hasta marzo y otro, los meses de septiembre y octubre que son los más secos. Los meses más lluviosos tanto en la región costera como montañosa son: julio y diciembre.

Fuente: (IMN, 2005).

4.2.1b Temperatura: El comportamiento de la temperatura en los trópicos y la diferencia de temperatura entre una zona y otra, están determinados por la altura sobre el nivel del mar, y la oscilación anual del promedio mensual de temperatura media diaria en todo el país. Es imprescindible conocer los cambios en la temperatura por variaciones climáticas, ya que estos son parte de la dinámica para el desarrollo de las especies arbóreas (Villalobos, 2008). El cuadro siguiente detalla los valores de temperatura reportados en las regiones más importantes de Costa Rica.

Cuadro N° 3. Valores promedio de temperatura para diferentes zonas de Costa Rica.

| |
|--|
| Valle Central: Comprende parte de las provincias de San José, Alajuela, Heredia, y Cartago. En esta región se analizan las estaciones meteorológicas de Pavas y Fraijanes. |
| En Pavas la temperatura promedio está entre los 22 y 24 grados Celsius (°C), mientras que la máxima promedio no excede los 29° C y los promedios de la temperatura mínima oscilan alrededor de los 18° C. En Laguna de Fraijanes, la temperatura máxima alcanza los 23° C en los meses de marzo y abril, mientras que en enero y febrero baja hasta los 7° C |
| Pacífico Sur: Encierra la parte Sur de la provincia de Puntarenas y el Valle del General (Pérez Zeledón). |
| Las temperaturas medias anuales fluctúan alrededor del los 26° C en los lugares próximos a la costa, mientras que en las partes más elevadas de la Cordillera de Talamanca se registran valores de hasta 10° C. |
| Pacífico Norte: Contempla Guanacaste, Alajuela (Orotina y San Mateo) y la parte norte de Puntarenas, hasta la desembocadura del río Grande de Tárcoles. Para representar esta región se analizan las estaciones de Liberia y Tilarán. |

En Liberia la temperatura promedio ronda los 28° C: Los máximos se presentan durante el mes de abril, alcanzando valores próximos a los 38° C. Mientras que las temperaturas mínimas se dan en los meses que van desde noviembre a marzo; cerca de los 20° C. Conforme ascendemos a las cordilleras de Tilarán y Guanacaste las temperaturas van en descenso y en las faldas oscilan entre los 23 °C y 17° C.

Zona Norte: Contempla las estaciones de San Jorge en Los Chiles y San Vicente en Ciudad Quesada.

La temperatura en la Zona Norte depende de muchos factores, y uno de ellos es la altitud, a 1450 metros sobre el nivel del mar en el área de montaña, los promedios de temperatura son de 17° C, claramente más bajos que los de Santa Clara de San Carlos, a 170 metros sobre el nivel del mar, donde los valores medios de temperatura rondan los 25.4° C. Coinciden los meses de abril y mayo como los más cálidos, mientras que los primeros meses del año son los más fríos.

Vertiente del Caribe: Toda la provincia de Limón y parte de Cartago.

La Temperatura promedio de esta región varía entre los 25° C y 27° C en toda la costa, las temperaturas mínimas se producen durante los meses de diciembre a febrero (20° C), mientras los termómetros de máximas alcanzan hasta 31° C en los meses de mayo, junio y octubre que son los más cálidos. En la región montañosa (Turrialba) las mínimas alcanzan fácilmente los 16° C y como promedio las máxima apenas rozan lo 28° C.

Fuente: (IMN, 2005).

4.2.1c Humedad relativa: La humedad relativa varía poco en espacio y tiempo, pero hay que determinar cuáles son los meses con menor y mayor humedad relativa (ICE, 2003). Algunos valores que pueden ser tomados en cuenta son los siguientes:

Cuadro N° 4. Valores promedio de humedad relativa para las diferentes regiones de Costa Rica.

| Región del País | Humedad relativa |
|-----------------------------|--|
| Valle Central | La humedad relativa promedio anual en San José es de 75%, con valores de 69% en la época seca y una oscilación de 10%, a lo largo de cada año. En las partes montañosas, el promedio es de 87% y pocas veces se registran humedades por debajo de 80%. |
| Pacífico Sur | Durante el mes más seco (marzo), se mantiene como promedio 75%, en julio, octubre y diciembre se acerca el promedio al 90%. |
| Pacífico Norte | Oscila entre 60 y 65% en la época seca y en la lluviosa entre 80 y 85%, junio, septiembre y octubre, presentan los máximos valores, y marzo los mínimos. Las zonas montañosas presentan humedades altas la mayor parte del año, debido al viento alisio y arrastre de humedad y lloviznas desde la región del Caribe y zona Norte. |
| Zona Norte | La mayor parte del año los valores se mantienen en rangos próximos al 80%, hay un descenso del porcentaje de humedad durante los primeros meses del año. Destaca que esta misma humedad coincide con los meses de menos precipitación en la zona Norte de nuestro país. |
| Vertiente del Caribe | Toda la región caribeña es la más húmeda de nuestro país, por el viento alisio que ingresa desde el mar Caribe. La humedad presenta poca variación anual. En Limón durante febrero, abril y marzo el valor es de 84%, el resto del año entre 87% y 90%. En Turrialba (zona alta), el descenso durante febrero hasta marzo también es perceptible llegando a valores de 85%, y los meses más húmedos son julio y noviembre, con el 90%. |

Fuente: (IMN, 2005).

4.2.1d Microclima: Llamado clima local, comprende las características climáticas específicas de un punto determinado. Los factores que la afectan son: temperatura, humedad, precipitación, nubosidad, vientos, presión atmosférica, tipo de vegetación y topografía. Todos estos factores varían dependiendo del sitio seleccionado donde se vaya a reintroducir la nueva vegetación (Arias, 2008a).

4.2.1e Zona de vida: Para establecer la zona de vida del sitio seleccionado se puede considerar el sistema de zonas de vida de L.R. Holdridge, en donde la unidad central es la zona de vida, la cual comprende temperatura, precipitación y humedad. El objetivo de dicha zonificación es determinar áreas donde las condiciones ambientales sean similares, con el fin de agrupar y analizar las diferentes poblaciones y comunidades bióticas. Para así aprovechar mejor los recursos naturales sin deteriorarlos y conservar el equilibrio ecológico.(Holdridge, 1987).

4.2.2 Caracterización edafológica del sitio seleccionado: Es importante realizar una investigación del suelo en el área a recuperar. Este análisis debe incluir todos los horizontes del suelo, y que el mismo sea realizado en un laboratorio que utilice procedimientos estándares de análisis de suelos. Entre los parámetros más destacados a considerar del suelo están:

4.2.2a Textura: La textura se refiere al tamaño de las partículas que tiene el suelo. La textura del suelo influye en la infiltración, la capacidad de retención de agua y la capacidad de intercambio catiónico. La textura va a determinar que el suelo mismo pueda permitir la aireación y evitar pérdidas para lograr el crecimiento y desarrollo de la raíz de la planta, así como proveer los nutrientes adecuados de manera que pueda constituir las condiciones ideales para un buen desarrollo de la planta (MEM, 2004).

Por lo tanto es de suma importancia conocer la textura del suelo mediante una prueba de laboratorio. Algunas texturas que pueden presentarse son las siguientes:

Cuadro N° 5. Tipos de textura encontradas en los suelos de Costa Rica.

| Tipo de textura | Características |
|------------------|--|
| Arcillosa | Un suelo con textura arcillosa, es aquel en el que predomina la arcilla (partículas minerales menores de 0,002 milímetros de diámetro). Son suelos muy impermeables y mal aireados, pues en el, predominan los microporos. Ejemplo el fango. |
| Arenosa | Tiene sobre todo arena (partículas minerales de 0,02 milímetros de diámetros). Son muy permeables pues en ellos predominan los macroporos. Ejemplo la playa. |
| Limosos | En este suelo abunda el limo (partículas minerales entre 0,02 y 0,002 milímetros de diámetro). En ellos la impermeabilidad varía mucho según sea su estructura. Ejemplo las orillas de los ríos. |
| Francos | En ellos no predomina claramente ninguno de los tres tipos de partículas. Presenta una mezcla de arenas, limos y arcillas en proporciones equilibradas. Estos suelos son los mejores para el crecimiento de la mayoría de las plantas. |

Fuente: (Zaballos, 2006).

4.2.2b Compactación: La compactación del suelo corresponde a la pérdida de volumen que experimenta determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. Estas fuerzas externas, en la actividad agrícola, tienen su origen principalmente en:

- Implementos de labranza de suelo.
- Cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre.
- Lluvia y pisoteo de animales.

Cierta cantidad de compactación o firmeza puede ser beneficiosa para establecer el contacto semilla-suelo para una apropiada germinación. Cuando la compactación es excesiva, destruye y debilita su estructura, inhibe el crecimiento de las plantas, ya que dificulta y reduce la aireación, la penetración de las raíces, la absorción de agua y nutrientes, concluyendo en un menor desarrollo de la planta en su conjunto. Conocer el nivel de compactación, determina la necesidad o no de buscar alternativas para mitigar los problemas asociados a la compactación del suelo (InfoAgro, 2008).

4.2.2c Grado de erosión: La erosión en áreas disturbadas, especialmente aquellas que tienen muchos años de encontrarse desprovistas de vegetación puede ser un factor primordial que limite el éxito de la restauración del sitio. Para determinar el tipo de erosión presente en el sitio, es importante observar las características físicoquímicas del suelo, la cobertura vegetal, la topografía y las características de las lluvias que se presentan en el sitio (MEM, 2004). Entre los principales tipos de erosión que se pueden presentar están:

1. Erosión Hídrica: Es aquella ocasionada por el agua cuando golpea fuertemente y arrastra todo el suelo de la superficie. Esta puede presentarse de 3 formas:

- Laminar: El material se arrastra superficialmente en capas delgadas, por lo que las raíces y troncos de los árboles quedan al descubierto en el transcurso de poco tiempo.

- En surcos: La escorrentía superficial ocasiona depresiones en forma de surcos, especialmente en terrenos con cierto grado de inclinación.
- En cárcavas: Se producen fisuras profundas y anchas en el suelo, hasta la roca madre. Es fácil apreciarla en aquellas colinas donde se desarrolla actividad ganadera (García, 2003).

2. Erosión eólica: Es aquella producida por la acción del viento, sobre todo cuando este sopla fuerte y los terrenos están sin cobertura vegetal. Su efecto es marcado en suelos descubiertos que se preparan para la siembra (García, 2003).

4.2.2d Nivel del pH: Una propiedad importante de la solución del suelo es su reacción, es decir, si es ácida, neutra o alcalina. Un pH no adecuado puede influir en el crecimiento de las plantas, y además impedir la correcta absorción de los nutrientes, bien porque estos nutrientes no se encuentran disueltos en el suelo o bien porque las raíces se muestran incapaces de absorberlo. Además los organismos beneficiosos para el suelo necesitan de un suelo con un pH adecuado a sus necesidades para poder desarrollarse.

Hay que determinar el pH del suelo si es muy ácido (<7) o de lo contrario si son alcalinos (>7), o en el mejor de los casos si son neutras (=7) (MEM, 2004). Este valor se puede determinar llevando una muestra de suelo a un laboratorio especializado en análisis de tierras a que lo examinen o adquirir en un centro de jardinería el material necesario para aplicarlo uno mismo en el campo. El cuadro N° 6 muestra con más detalle los niveles de pH de acuerdo al tipo de suelo (InfoAgro, 2008).

Cuadro N° 6. Tipos de suelo según el nivel de pH.

| Tipo de suelo | Nivel de pH |
|--|---|
| Suelos neutros | Los que tienen un pH entre 6,8 y 7,2. |
| Suelos ácidos. Los que tienen un pH inferior al 6,8. | Suelos ligeramente ácidos: pH entre 6,5 y 6,8. |
| | Suelos ácidos: pH entre 5,5 y 6,5. |
| | Suelos muy ácidos: pH entre 4,5 y 5,5. |
| | Suelos extremadamente ácidos: pH inferior a 4,5. |
| Suelos alcalinos o básicos. Los que tienen un pH superior a 7,2. | Suelos ligeramente alcalinos: pH entre 7,2 y 7,5. |
| | Suelos alcalinos: pH entre 7,5 y 8,5. |
| | Suelos muy alcalinos: pH entre 8,5 y 9,5. |
| | Suelos extremadamente alcalinos: pH superior a 9,5. |

Fuente: (InfoAgro, 2008).

4.2.2e Cantidad de nutrientes: Conocer si un suelo tiene deficiencias de nutrientes, constituye uno de los muchos factores más determinantes para el éxito de la restauración del sitio. Todas las plantas necesitan tomar del suelo 13 elementos minerales en diferentes proporciones de acuerdo a las exigencias de cada especie. Estos son los Macronutrientes (Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S)) que los toman las plantas en grandes cantidades y los Micronutrientes (Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo) y cloro (Cl)) que los toman en menor cantidad (InfoJardin, 2008).

La deficiencia de nutrientes puede crear alteraciones como; la falta de microorganismos para convertir diversos compuestos a formas nitrogenadas que las plantas necesitan, de aquí la importancia de comprobar mediante un análisis de laboratorio, los nutrientes presentes en el suelo; y así introducir especies arbóreas exigentes de las proporciones de nutrientes presentes en el sitio seleccionado (MEM, 2004).

4.2.2f Profundidad del suelo: Es importante investigar la profundidad del suelo: La capa superficial del suelo adecuada para el crecimiento de una especie arbórea; incluye los horizontes A, B y porciones del C, encontrados en una profundidad mayor a los 80 centímetros, lo necesario para un adecuado desarrollo de las raíces de las plantas (InfoJardin, 2008).

Existen suelos pocos profundos (menores a 80 centímetros), que a su vez carecen de alguno de los horizontes superficiales (A y B) los cuales en muchas ocasiones han sido retirados por la limpieza de la servidumbre durante la fase constructiva de la línea de transmisión, y expuesta la capa superficial a la erosión del viento y del agua. Es así como antes de restaurar cualquier sitio, es indispensable conocer la profundidad del suelo y si el mismo presenta todos los horizontes. Esto puede determinarse utilizando un barreno, instrumento utilizado para determinar los horizontes y la profundidad del suelo (MEM, 2004).

4.2.2g Drenaje: Es importante considerar el drenaje que existe en el sitio, ya que un lugar donde no fluya el agua provoca que las raíces se asfixian y los hongos (*Phytophthora*, *Armillaria*, *Fusarium* etc) que viven en el suelo aprovechen para infectar a las plantas. Es importante considerar que si el área que se va a sembrar es plana, el suelo es arcilloso, cerrado, y al pie de la pendiente, la posibilidad de un mal drenaje de las aguas es más fácil, por lo que es necesario crear medidas y acondicionar el sitio (InfoJardin, 2008).

Cuando el drenaje es realmente deficiente, será necesario instalar una red de tuberías de drenaje, si el problema no es severo se pueden aplicar algunos procedimientos en el sitio como los que se mencionan a continuación:

- **Formar pendientes:** Moldear el terreno y crear pendientes suaves al terreno para que escurra el agua. El agua debe ser guiada hacia donde interese, procurando pendientes adecuadas.
- **Nivelación:** Nivelar el terreno con el fin de eliminar las depresiones que acumulen agua.
- **Construir canaletas o zanjas:** Colocar una zanja al pie de la pendiente o donde culmine el agua que escurre por el sitio seleccionado (InfoJardin, 2008).

4.2.2h Pedregosidad: La pedregosidad en el suelo puede o no ser ventajosa. Desde el punto de vista de conservación es eficaz cuando la vegetación es escasa debida al golpeo de las gotas de agua sobre las piedras, protege al suelo de la dispersión y arrastre de partículas, pero en tierras vírgenes el exceso de pedregosidad disminuye la superficie útil para el crecimiento vegetal (FAO, 2007).

4.2.3 Topografía: La topografía de un lugar, incluyendo el ángulo, forma, longitud y exposición de la pendiente, puede convertirse en un factor limitante para el éxito de la recuperación; si tales características son extremas no es fácil recuperar áreas con pendientes excesivas y pendientes largas ininterrumpidas debido a su difícil acceso, inestabilidad y potencial para la erosión (MEM, 2004).

4.2.4 Selección y caracterización de especies arbóreas: Una vez elaborado el listado de especies conviene recopilar información sobre ellas que contribuya a la toma de decisiones sobre su manejo y distribución. Es necesario de la especie seleccionada incluir la siguiente información:

- Nombre científico
- Nombre común (el nombre con el que se le conoce en la zona donde se va a sembrar el árbol).
- Familia
- Procedencia (sitio de colecta de la semilla y método de colecta de la semilla que da origen al árbol).
- Plagas y enfermedades (conocer a que plagas y enfermedades es susceptible la especie arbórea).
- Calidad del material (sin bifurcaciones y que la planta haya mantenido un buen sustrato, antes de ser transplantada en el sitio de siembra).
- Utilización de la especie (con fines maderables, para alimentación de fauna, protección de aguas etc).
- Tolerancia de la especie (períodos largos de sequías, crecimiento de maleza a su alrededor, plagas o enfermedades forestales, etc) (MAVDT, 2003).

4.2.5 Preparación del lugar de siembra: Antes de realizar cualquier siembra en un sitio determinado, es necesario hacer preparativos para crear un ambiente apropiado para el establecimiento de la planta. Es necesario considerar cambios en la superficie del suelo para crear mejores condiciones para la vegetación que se desea incluir. Dentro de la preparación del terreno es necesario contemplar:

- Ubicación del terreno (es importante que cualquier persona pueda ubicar en un futuro el área recuperada, ya sea mediante coordenadas geográficas en un mapa impreso o con un Sistema de Posicionamiento Global, comúnmente denominado GPS).
- Área a sembrar (especificar la cantidad de área efectiva, y las áreas constituidas como parte de ríos o quebradas encontradas en la propiedad).
- Limpieza y arreglo del lugar (movilización de algún tipo de escombros que pueda dificultar el crecimiento de los árboles).
- Trazado y demarcación del sitio a recuperar (el distanciamiento estándar utilizado para la siembra de árboles es de 3x3 metros, pero este va a depender de la especie que se vaya a introducir).
- Apertura de hoyos (va a depender del tamaño de la especie arbórea a sembrar).
- Fertilización (se aplica después de un análisis de suelo, según las necesidades de nutrientes que presenta el sitio) (Nicolau y Castro, 2005).

4.2.6 Transporte del material vegetal: Una vez que está listo el lugar de siembra, es necesario transportar el material que será utilizado para recuperar el sitio. El transporte debe asegurar óptimas condiciones.

4.2.7 Siembra: En la siembra es importante considerar aspectos que permitirán que esta etapa se desarrolle con gran éxito, se debe considerar lo siguiente:

- Época de siembra (la adecuada para permitir el desarrollo inicial de la planta).
- Densidad de siembra (de acuerdo a los objetivos de siembra, ya que el diámetro del árbol está determinado por el distanciamiento entre cada uno de ellos y la altura por la calidad del sitio donde se siembra).

- Rodajea (es imprescindible en los primero 2 años, ya que el árbol compite (por agua y nutrientes) con la maleza que lo rodea) (Cordero, 2008).

4.2.8 Mantenimiento: A fin de lograr buenos resultados es preciso brindarle atención y cuidados especiales durante todo el período de desarrollo. Las actividades de mantenimiento serán durante el tiempo que el proyecto lo estime y lo que las especies seleccionadas lo necesiten. Dentro de estas actividades es necesario contemplar:

- Riego (debe aplicarse de ser necesario, ya que el déficit de agua provoca estrés en las plantas y consecuentemente la muerte de ellas).
- Desyerbe (es importante el primer año de siembra para impedir el crecimiento de maleza que compite con el árbol por absorción de nutrientes y agua).
- Repique (es necesario contemplar un 10% de mortalidad para la totalidad de la siembra, la cual debe ser trasplantada aproximadamente 1 año después de realizada la siembra).
- Abonado (se aplica después de realizada la siembra, la cantidad y frecuencia, dependerá del sitio seleccionado).
- Mantenimiento de propiedades físicas y químicas del suelo (mediante la frecuencia de análisis de suelos).
- Tratamientos fitosanitarios (control de plagas y enfermedades).
- Prevención de incendios (establecimiento de barreras vivas, según la necesidad que se presente en el sitio).
- Raleo (Va ha depender de los objetivos de la recuperación; si es con fines maderables, para protección de suelos y aguas, u otro) (Nicolau y Castro, 2005).

4.2.9 Monitoreo y seguimiento: Establecer técnicas de monitoreo y seguimiento del proyecto permitirá conocer los resultados y factores que contribuyen a mejorar la recuperación del sitio. Además de la identificación de aquellas acciones que deben ser mejoradas con la aplicación del mismo procedimiento, pero en otras áreas seleccionadas.

4.3 Criterios ambientales para el manejo de la vegetación de las servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión en la región Huetar Brunca de Costa Rica.

Los criterios expuestos permiten determinar y conocer sobre el cómo manejar esta vegetación e identificar aquella que puede permanecer en el sitio sin problema para la línea de transmisión.

4.3.1 Realizar un diagnóstico sobre la vegetación que se desarrolla en las servidumbres de las líneas y su entorno: Es necesario realizar una identificación y descripción de las comunidades de plantas que se presentan en las servidumbres y los sitios aledaños (fuera de las servidumbres). Esta descripción debe contener todas aquellas especies arbóreas que se puedan visualizar, así como la identificación de las que crecen en estratos más bajos. Cada comunidad de plantas identificada debe describirse en términos de composición de especies, cantidad y capacidad regenerativa en el lugar (MEM, 2004).

Esta información permite crear una base informativa e identificar especies arbóreas que deben ser monitoreadas, además de decidir que especies se pueden introducir dentro de la servidumbre.

Dentro de la información que puede ser recopilada para cada especie arbórea debe ser incluida, el nombre de la especie, la altura, el diámetro, tamaño de la copa, entre otras; pero el detalle de la información, así como la calidad de la misma, va a depender de las características del lugar, de las especies que crecen, así como el tiempo disponible para brindar un seguimiento de las especies arbóreas que se desarrollan en el sitio.

4.3.2 Construir y aplicar un diseño de muestreo sobre las servidumbres de las líneas de transmisión: Es preciso construir un diseño de muestreo que involucre la instalación de parcelas permanentes dentro y fuera de las servidumbre. Esto permite monitorear la vegetación, así como identificar aquella que por sus características de crecimiento, no presenten riesgos para el funcionamiento seguro de la línea y se pueda permitir la regeneración natural de la misma dentro del sitio.

En caso contrario de identificarse especies de muy alto crecimiento deben ser sustituidas por otra vegetación que sea compatible con las características del sitio y con la línea de transmisión. El diseño de muestreo que se debe aplicar, así como el tamaño, cantidad y distanciamiento entre las parcelas que se establezcan, dependerá del uso del suelo, y las características del sitio seleccionado al momento de aplicación de la metodología del diseño de muestreo (Delgado, 2007).

4.3.3 Determinar por medio de un recorrido sobre la red de transmisión; si existe la verdadera necesidad de mantener todas las servidumbres desprovistas de vegetación: Es necesario que cuando se vaya a realizar limpieza de trochas (servidumbres), se realice un recorrido sobre la red de transmisión para definir en que sectores de la servidumbre (20 o 30 metros de ancho) se hace necesario la eliminación completa de la vegetación o si existen sectores en los cuales no es necesario realizar esta práctica tradicional en el área de mantenimiento de líneas, ya que por las condiciones del sitio la vegetación nunca se acercará a los conductores o en el peor de los casos, la eliminación de la vegetación en una franja de 5 o 3 metros de la servidumbre, es suficiente para ingresar a brindar mantenimiento en caso de una eventual avería de esta (Cordero, 2008).

5. CONCLUSIONES

- Esta investigación pone a disposición, del Instituto Costarricense de Electricidad, una selección de criterios para el manejo y recuperación de la vegetación en las servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión. El estudio culmina con el desarrollo de una herramienta de capacitación para trabajadores del área de líneas de transmisión, la propuesta incluye dentro de sus acciones, actividades en armonía con la implementación de los lineamientos ambientales propuestos para el sector de energía y el cumplimiento de la política ambiental de la institución.
- Este trabajo es un insumo para los técnicos y profesionales que por más de 15 años han trabajado para el ICE brindando mantenimiento, y marca pautas sobre los aspectos a considerar para la recuperación y manejo de la vegetación que se desarrolla en las servidumbres de líneas de transmisión.
- La elaboración de este documento representa el primer esfuerzo, en materia de gestión ambiental, para el manejo y recuperación de la vegetación que se desarrolla debajo de las líneas de transmisión.
- Se propone que el Instituto Costarricense de Electricidad implemente los hallazgos de este estudio en todos los proyectos de energía y generación que se desarrollan en todo el país.
- La herramienta contribuye a la minimización de impactos negativos sobre el ambiente que se encadenan desde el momento en que las líneas inician su funcionamiento.

- La investigación permite de forma sencilla y segura determinar las características del entorno donde se desarrollan las líneas de transmisión de alta tensión de la región Huetar Brunca.
- El estudio está respaldado en un análisis de la situación actual y el potencial de desarrollo de los suelos y sus actividades productivas; que pueden favorecer en un futuro en la selección de ruta y el desarrollo de algún proyecto de transmisión o generación que el ICE necesite ejecutar.

6. RECOMENDACIONES

- Los criterios para la recuperación y manejo de las servidumbres de líneas de transmisión presentados en este trabajo, deben ser de conocimiento y divulgación general para todos los sectores del ICE, especialmente para los técnicos y profesionales que trabajan en el área de mantenimiento de líneas de transmisión. Tomar en cuenta estos criterios, representa un importante apoyo en los proyectos que actualmente están operando, sobre todo aquellos que presentan problemas de cobertura de suelo en algunos sitios de servidumbre de las líneas de transmisión.
- Es imprescindible que los criterios desarrollados en este trabajo sean ejecutados de inmediato en todas las áreas de servidumbre de líneas de transmisión que se desarrollan a lo largo de todo el país. Su aplicación contribuirá a la gestión ambiental que se realiza actualmente en la institución como empresa responsable en la minimización de los impactos ambientales negativos que se despliegan de la construcción y operación de los proyectos de transmisión y generación.
- Se recomienda que estos criterios sea facilitados a técnicos y profesionales que laboran en otras empresas existentes en el país y que actualmente o en un futuro puedan estar incluidas dentro de la dinámica de trabajo que incluye el mantenimiento de servidumbres de líneas de transmisión.
- Se recomienda propiciar la elaboración de un documento similar para las regiones Central y Chorotega, ya que a pesar de que el uso del suelo por donde atraviesan estas obras y la dinámica de trabajo es diferente a la región Huetar Brunca; existen regiones con problemas de recuperación y desarrollo de la vegetación.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, E. Pautas a considerar para el abordaje del problema del manejo sostenible de vegetación en servidumbres de líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje en Costa Rica. Curso Ecología y Ambiente. Universidad para la Cooperación Internacional (UCI). San José, Costa Rica. 2005.9p.
- Bertsch, F. La fertilidad de los suelos y su manejo. Editorial Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Centro de investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica (UCR). San José Costa Rica. 1995.157p.
- Bustamante, R y Grez, A. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. Ciencia y Ambiente. Universidad de Chile. Chile. 1996.63p. Disponible en http://www.cipma.cv/RAD/1995/2_Bustamante.pdf. “Consultado el 15 de septiembre del 2008”.
- Carlos Arias (a). Criterios ambientales a considerar en la recuperación y manejo de la vegetación en servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión. Edificio 2x1 I.C.E. San José, Costa Rica. 20 de abril del 2008 “Comunicación personal”.
- Carmiol, A. Análisis y documentación de la infraestructura de la red digital de comunicación y fibra óptica, como parte de la red de transporte de electricidad. (tesina). Recinto Paraíso, Universidad de Costa Rica (UCR). Cartago, Costa Rica. 2003. 94p.
- Diego Delgado. Diseño de muestreo para la identificación de especies forestales. Oficinas Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba. 15 de mayo del 2007.”Comunicación personal”.
- Enrique Calvo. Información técnica de estructuras para líneas de transmisión de alta tensión. subestación Cóncavas, I.C.E, Paraíso, Cartago. 25 de Junio del 2008 “Comunicación personal”.
- Forero, M y Bryan Finegan. Efectos de borde en la vegetación de remanentes de bosque muy húmedo tropical en el norte de Costa Rica y sus implicaciones para el manejo y la conservación. Revista Forestal y Centroamericana. Comunicación técnica. San José, Costa Rica. 2002. 5p. “Disponible-en-<http://webcatie.ac.cr/informacion/rfca/rev38/ct6.pdf>. Consultado el 15 de septiembre del 2008”.

- Francisco Sánchez (a). Principales usos del suelo en la zona atlántica y Sur de Costa Rica. Proceso de avalúos, ICE, San José. 21 de mayo del 2008. "Comunicación personal".
- García, E. Impacto de las actividades agropecuarias sobre el medio ambiente. Editorial de la Universidad de Costa Rica (UCR), San José, Costa Rica. 2003. 4p.
- Holdridge, L. Ecología basada en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica. 1987.216p.
- InfoAgro. La compactación de los suelos agrícolas (origen, efectos, prevención y corrección). AbcAgro.com, Chile. 2008. 5.p. Disponible en http://www.abcagro.com/riego/compactacion_suelos.asp. "Consultado el 12 junio del 2008".
- InfoJardin. Drenaje del suelo y cómo mejorarlo. Boletín de InfoJardin, Artículos y Fichas. España. 2008. 4.p. "Disponible en <http://articulos.infojardin.com/articulos/drenaje-suelo-tierra-terreno.htm>. Consultado el 12 junio del 2008".
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Clima de Costa Rica. Comportamiento estacional, San José, Costa Rica. 2005. 6p. "Disponible en <http://www.imn.ac.cr/educacion/clima%20de%20rica.html>. "Consultado el 13 de septiembre del 2008".
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) Plan de Gestión Ambiental. Ampliación subestación transformadora Moín. Antiguas instalaciones Proyecto Hidroeléctrico Angostura, Cartago, Costa Rica. 2003. 300p.
- Kappelle, M y Horn S. Páramos de Costa Rica. Editorial del Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 2005. 767p.
- Kelly Sánchez (b). Desarrollo de teca y melina en la zona sur de Costa Rica. Proyecto Hidroeléctrico Diquís, I.C.E. Pérez Zeledón, San José. 20 de mayo del 2008 "Comunicación personal".
- Laura Vásquez. Criterios ambientales a considerar en la recuperación y manejo de la vegetación en servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión. Edificio 2x1 I.C.E. San José. 20 de abril del 2008 "Comunicación personal".

- Marín, M. Guía de prácticas ambientales mejoradas para la construcción de vías de acceso en líneas de transmisión de electricidad de alta tensión en la zona atlántica de Costa Rica. (tesis) Escuela de Ciencias Exactas y Naturales (UNED). Turrialba, Cartago, Costa Rica. 2005.83p.
- Mario Delgado. Información técnica sobre líneas de transmisión de alta tensión. subestación Cónccavas I.C.E, Cartago. 20 de abril del 2008 “Comunicación personal”.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). Guía técnica para el establecimiento y manejo de coberturas vegetales. Alianza Fondo para la Acción Ambiental, corporaciones regionales. Colombia. 2003. 18p.”Disponiblettp://www.cortolima.gov.co/old/proyecto/alfonamb/archivos/3guiatecnica.doc. Consultado el 22 de mayo del 2008”
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). Guía ambiental para vegetación de Áreas Disturbadas por la Industria Minero Metalúrgica. Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA). Lima, Perú. 2004. 47.p. “Disponiblettp://www.minem.gob.pe/archivos/dggaam/legislacion/guias/veg etacion.pdf. Consultado el 23 mayo del 2008”.
- Nicolau, M y Castro, P. Restauración de espacios degradados. Guión de prácticas. Departamento Interuniversitario de Ecología de la Universidad de Alcalá.Madrid.España.2005.”Disponiblettp://www2.uah.es/dep_ecologia_p castro/RED/Material%20practicass/Guion%20practicass%20RED%202005-06.pdf. Consultado el 22 de mayo del 2008”.
- Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Área de Edafología y Química Agrícola. Descripción de perfiles. Información general acerca del suelo. Pedregosidad y afloramientos rocosos. Programa de Edafología. Curso de ciencias ambientales. España. 2007. 3.p. “Disponible en [http://articulos.infojardin. Com/articulos/drenaje-suelo-tierra-terreno htm](http://articulos.infojardin.com/articulos/drenaje-suelo-tierra-terreno.htm). Consultado el 12 junio del 2008”.
- Sánchez, E. Impactos sobre los Ecosistemas. Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental. Departamento de Engenharia de Minas. Escola Politécnica da Universidad de São Paulo. Sao Paulo.Brasil.2000.10p.”Disponiblettp://www.unesco.org.uy/geo/campinas pdf/23ecosistemas.pdf y consultado el 22 de mayo del 2008”.

- Santos, T y Tellería L. Pérdida y Fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. Asociación Española de ecología terrestre (AEET). Madrid, España. 2006. 10p.
- Sergio Arias (b). Características de uso del suelo de las servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión. subestación San Isidro, I.C.E, Pérez Zeledón. San José. 24 de abril del 2008 “Comunicación personal”.
- Sergio Villalobos. Criterios ambientales a considerar en la recuperación y manejo de la vegetación en servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión. Edificio Recursos Humanos I.C.E, San José. 20 de abril del 2008 “Comunicación personal”.
- SINAC. Parque Nacional Tapanti-Macizo de la Muerte. Área de Conservación la Amistad Pacífico. Cartago. Costa Rica. 2008. 4p. “Disponible en <http://www.guiascostarica.com/area71.htm>. Consultado el 21 de mayo del 2008”.
- Víctor Cordero. Características del uso del suelo en las servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión. subestación Río Claro I.C.E, Río Claro, Puntarenas. 20 de abril del 2008 “Comunicación personal”.
- Villegas, J. Manejo de Regeneración de Regeneración de melina (*Gmelina aborea*) bajo las líneas de transmisión eléctrica en la zona Sur. (tesina) Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Cartago, Costa Rica. 2003.57p.
- Zaballos, J. Textura del Suelo y Propiedades Hídricas. Artículos y Fichas. España.2006.4p.Disponible en <http://weblogs.madrimasd.org/universo/archivo/2006/07/05/33887.aspx>. Consultado el 13 de septiembre del 2008”.

ANEXOS

Anexo N° 1

Entrevista aplicada a diferentes personas que trabajan en el mantenimiento de líneas de transmisión de alta tensión en el ICE; así como .técnicos y profesionales que trabajan en el área de gestión ambiental.

Nombre de la persona a la cuál se le va a entrevistar:

Fecha de la entrevista:

Ocupación:

Teléfono:

Cuestionario

1. ¿Ha participado usted de alguna actividad que contemple la eliminación de vegetación arbórea. ¿Qué tipo de actividad?
2. ¿Ha formado parte usted de alguna actividad que implique la eliminación de vegetación arbórea en servidumbres de una línea de Transmisión?
3. ¿Cómo considera usted que ha sido el manejo de la vegetación en servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión en el I.C.E?
4. ¿Cómo considera usted que ha sido el manejo de la vegetación en servidumbres de líneas de transmisión de alta tensión en el I.C.E, específicamente en la región Huetar Brunca?

5) ¿Considera usted que se toman en cuenta algún criterio ambiental antes de considerar la necesidad de eliminar la vegetación arbórea que se desarrolla en la servidumbre de una línea de transmisión de alta tensión?

6) ¿Considera usted que el personal encargado de realizar la eliminación de la vegetación arbórea que se desarrolla en las servidumbres de una línea de transmisión, tiene o se le ha impartido alguna capacitación sobre el manejo adecuado de la vegetación?

7) ¿Qué aspectos tomaría en cuenta para realizar un mejor manejo de la vegetación arbórea que crece y se desarrolla en las servidumbres de las líneas de transmisión de alta tensión?

8) ¿Qué problemas o ventajas ha traído el manejo de la vegetación que se ha implementado en los últimos 20 años en el área de mantenimiento de líneas de transmisión del ICE?

9) Considera usted la necesidad de recuperar la vegetación en algunos sitios de servidumbre de las líneas de transmisión de alta tensión?

10) ¿Considera usted que el ICE como institución posee un vacío en la experiencia sobre el manejo y recuperación adecuado de la vegetación encontrada en las servidumbres de las líneas de transmisión de alta Tensión? Explique.

Anexo N° 2

Lista total de las personas entrevistadas; incluye personal del área de mantenimiento de líneas de transmisión de alta tensión del Instituto Costarricense de Electricidad; así como profesionales y técnicos que trabajan en el área de gestión ambiental.

| Nombre | Ocupación | Fecha | Correo electrónico | Teléfono |
|-------------------|----------------------------------|----------|-----------------------|-------------|
| Laura Vásquez | Ing. Forestal | 12/01/08 | lvasquez@ice.go.cr | 8 871 96 45 |
| Carlos Arias | Ing. Forestal | 15/02/08 | carias@ice.go.cr | 2 220 65 63 |
| Sergio Villalobos | Biólogo | 15/05/08 | Svillalobos@ice.go.cr | 8 369 66 33 |
| Luis Hurtado | Técnico en Líneas de Transmisión | 24/04/08 | LHurtado@ice.go.cr | 2 217 20 36 |
| Carlos Ellis | Ing. Agrónomo | 22/02/08 | cellis@ice.go.cr | 2 556 76 20 |
| Mario Delgado | Ing. Eléctrico | 13/05/08 | mdelgado@ice.go.cr | 2 217 20 35 |
| Francisco Sánchez | Ing. Agrónomo | 12/03/08 | sanchezb@ice.go.cr | 2 220 56 94 |
| Christian Valerio | Ing. Eléctrico | 04/05/08 | cvalerio@ice.go.cr | 2 220 65 02 |
| Héctor Redondo | Ing. Eléctrico | 04/01/08 | hredondoC@ice.go.cr | 2 217 20 08 |
| Marvin Rojas | Ing. Eléctrico | 20/04/08 | mrojasC@ice.go.cr | 2 763 31 57 |
| Diego Delgado | Ing. Forestal | 15/02/08 | ----- | 2 558 20 00 |
| Kelly | Ing. Forestal | 22/05/05 | ksancheza@ice.go.cr | 2 730 23 67 |

| Nombre | Ocupación | Fecha | Correo electrónico | Teléfono |
|----------------|------------------------------------|----------|--------------------|-------------|
| Sánchez | | | | |
| Enrique Calvo | Técnico en Mantenimiento de Líneas | 25/06/08 | ----- | 2 217 20 36 |
| Víctor Cordero | Técnico en Mantenimiento de Líneas | 20/04/08 | ----- | 2 789 91 21 |
| Sergio Arias | Técnico en Mantenimiento de Líneas | 24/04/08 | ----- | 2 771 16 26 |

Anexo N° 3

| SOLICITUD DE AVALÚO POR DAÑOS MATERIALES | | SELLO DE RECIBIDO |
|---|---|----------------------|
| N° DE SOLICITUD | <small>(Uso exclusivo del Proceso de Avalúos)</small> | |
| PROYECTO | | |
| OBRA ESPECÍFICA | | |
| CUENTA N° | | |
| INFORMACIÓN DEL PROPIETARIO | | |
| Nombre: | | Cédula: |
| Estado civil: | Profesión/Oficio: | Teléfono: |
| Dirección exacta: | | |
| INFORMACIÓN DEL INMUEBLE DONDE SE REALIZARON LOS DAÑOS | | |
| N° de Folio Real: | Plano Catastrado: | Coordenadas: |
| Provincia: | Cantón: | Distrito: |
| Dirección exacta: | | |
| N° de torres: | | |
| FUNCIONARIO ENCARGADO DE LA OBRA | | |
| Nombre: | Firma: | Teléfono: |

**PROCESO DE AVALUOS
FORMULARIO PARA LA VALORACIÓN DE DAÑOS FORESTALES**

| | |
|------------------------|--|
| PROPIETARIO | |
| OBRA ESPECÍFICA | |

| Cantidad | Especie | Largo (m) | Diámetro mayor (m) | Diámetro menor (m) | % de pérdida |
|----------|---------|-----------|--------------------|--------------------|--------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Si por su forma, algún árbol no se pueda cubicar, se omitirá la información que corresponde a las columnas de largo y diámetro. En la sección de observaciones se anotarán aquellas características que sirvan para su descripción o cualquier otra particularidad.

Observaciones

Inventario realizado por

| | | |
|--------|-------|-------|
| _____ | _____ | _____ |
| Nombre | Firma | Fecha |

Propietario conforme con el presente inventario

| | | |
|--------|-------|-------|
| _____ | _____ | _____ |
| Nombre | Firma | Fecha |

**PROCESO DE AVALUOS
FORMULARIO PARA LA VALORACIÓN DE DAÑOS AGRICOLAS**

| | |
|------------------------|--|
| PROPIETARIO | |
| OBRA ESPECIFICA | |

| Cantidad | Unidad | Clase de Cultivo ¹ | % de afectación |
|----------|--------|-------------------------------|-----------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

¹ Las especies de árboles maderables, deben inventariarse en el formato de daños forestales siempre que sean comerciales

| | | |
|--|-------|-------|
| Observaciones | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Inventario realizado por | | |
| _____ | _____ | _____ |
| Nombre | Firma | Fecha |
| Propietario conforme con el presente inventario | | |
| _____ | _____ | _____ |
| Nombre | Firma | Fecha |

GIOSARIO

Aislador: Elemento que impide el paso de la corriente eléctrica.

Catenaria: Se denomina catenaria, a la curva descrita por los conductores como consecuencia del peso de los mismos y las diferencias de tensión entre los puntos de apoyo (torres y postes).

Conductor de línea: Porción de una línea eléctrica que tiene la función específica de transportar la energía.

Herrajes: Elemento que sirve para sostener la cadena de aisladores o la estructura de soporte.

Hilo de Guarda: (Shield Wire/overhead Ground Wire-OH GW); cable aterrizado colocado paralelo y encima de los conductores de fase que reduce el número de rayos que golpean directamente a los conductores de fase y que también reduce interferencia en líneas de telecomunicación paralela.

Revegetación: Proceso de siembra, plantación, fertilización, etc, para establecer vegetación en un área donde previamente se había eliminado.

Línea de transmisión eléctrica: Es un conjunto de conductores o cables que transmiten bloques de energía desde un centro de producción hasta un centro de consumo.

Servidumbre: Es un derecho de paso a través de una franja de terreno que permite colocar las estructuras y conductores de una línea de transmisión en terrenos pertenecientes a otros propietarios, previa negociación y compensación económica.

Subestación eléctrica: Es una instalación en donde un conjunto de dispositivos especiales permiten transformar, distribuir, medir y controlar la energía eléctrica recibida a través de una o más líneas de transmisión.

Vano: Es la distancia o tramo de línea comprendido entre dos puntos de apoyo o estructuras de soporte (torres y postes).

Zona Protectora de Agua: Es toda la vegetación riparia que crece o se establece a lo largo de un curso fluvial, este tipo de vegetación presenta síndromes de dispersión por agua o es poco tolerante de los déficit hídricos en los suelos. Con frecuencia esa vegetación riparia se estructura de tal manera que produce el efecto de un corredor de vegetación por el que discurre el cauce que la alimenta.