



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

Diseño y validación de una metodología de evaluación de conectividad
funcional en paisajes en la Cordillera volcánica occidental de Guatemala y
propuesta para mejoras con base en medios de vida locales

por

Martha María Ríos Palencia

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

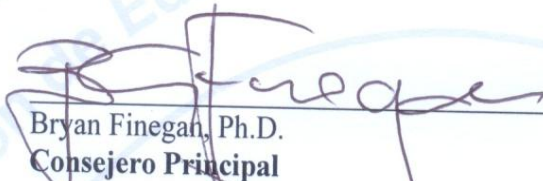
Magister Scientiae en Manejo y Conservación de
Bosques Naturales y Biodiversidad

Turrialba, Costa Rica, 2011

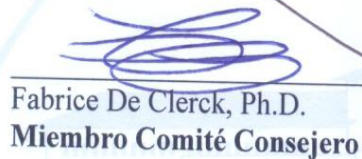
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y CONSERVACIÓN
DE BOSQUES TROPICALES Y BIODIVERSIDAD**

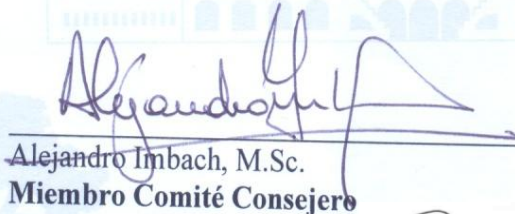
FIRMANTES:



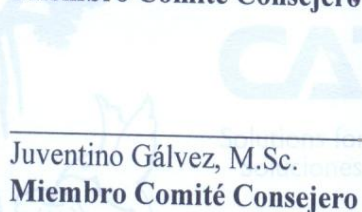
Bryan Finegan, Ph.D.
Consejero Principal



Fabrice De Clerck, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

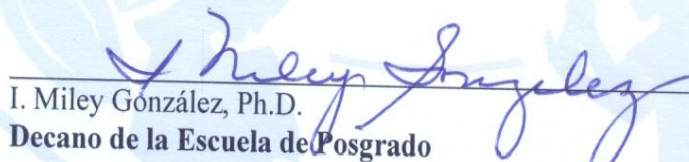


Alejandro Imbach, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Juventino Gálvez, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

José O. Rivera, M.Sc.
Coordinador, Especialización en Práctica para el Desarrollo



I. Miley González, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado



Martha María Ríos Palencia
Candidata

DEDICATORIA

Para mi madre Patricia Palencia Pineda y hermano Luis Pablo Ríos Palencia, las personas más importantes en mi vida, que siempre me apoyan y creen en mí. Son mi mayor fortaleza y motivación.

Para mi Mamita Tita.

“What is to give light must endure burning” (Frank, V.)

AGRADECIMIENTOS

A Jesús y la Virgen María por mi vida y las bendiciones que cada día me dan, por mostrarme el camino dándome los medios y la voluntad para seguir adelante.

A mi mamá y hermano, por ser mi inspiración, ejemplo y principal motor, gracias por estar allí constante y persistentemente a pesar de la distancia, los amo.

A mi familia: mi papá y abuelita por su amor y aliento. A mis tías por ayudarme en momentos difíciles, orientarme y aconsejarme, por cuidarme desde lejos y cuidar a mi familia en casa, gracias por motivarme con su ejemplo a ser mejor y servir a los demás. A mis tíos, primos y sobrinos por quererme, apoyarme y confiar en mí. Gracias Gaby por ir con nosotros al campo ☺.

A Juan Fernando Mendoza, por su amor, cuidados y compañía, por transmitirme su entusiasmo e incentivar me cariñosamente y con paciencia en el camino que emprendimos juntos.

A mi profesor consejero Bryan Finegan y a mi Comité conformado por Alejandro Imbach, Juventino Gálvez y Fabrice De Clerck, gracias por su tiempo, ayuda y consejos. Gracias por los conocimientos y la estimulación intelectual, por obligarme a buscar más y pensar un poco más allá.

A DAAD, el Programa de Intercambio Académico de Alemania y al pueblo Alemán que por medio de su desinteresado apoyo financiero me han permitido realizar estos estudios exitosamente.

De CATIE: a Sergio Vílchez por la ayuda e interés. Al personal de la Escuela de Posgrado y demás personal administrativo por su disponibilidad y apoyo constante.

De IARNA: Nuevamente a Juventino Gálvez, a Raúl Maas, Otoniel Monterroso, Alejandro Gándara, César Sandoval, César Castañeda, Pedro Pineda, Gerónimo Pérez, Diego Incer, Jaime Carrera, Cecilia Cleaves y demás compañeras y compañeros. Por los aportes a mi trabajo, su apoyo y amistad.

Gracias a Doña Elida Orozco y al Padre Gabriel Perdomo por ayudarme sin ningún interés y con mucha disponibilidad a recorrer el Departamento de San Marcos; su ayuda, voluntad e información es invaluable.

A mis amigas y amigos en CATIE y en Guatemala por su apoyo, compañía, solidaridad y cariño.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
LISTA DE SIGLAS, UNIDADES Y ABREVIATURAS.....	XII
1 INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Objetivos del estudio.....	16
1.1.1 <i>Objetivo general</i>	16
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	16
2 MARCO CONCEPTUAL.....	17
2.1 Componente ecológico.....	17
2.1.1 <i>Enfoque territorial de paisaje</i>	17
2.1.1.1 Parche natural.....	17
2.1.1.2 Corredores biológicos.....	18
2.1.1.3 Matriz.....	19
2.1.1.4 Modelo parche-corredor-matriz.....	20
2.1.2 <i>Fragmentación</i>	21
2.1.2.1 Efecto de borde.....	22
2.1.3 <i>Conectividad</i>	25
2.1.3.1 Conectividad funcional en árboles.....	26
2.1.3.1.1 Dispersión.....	28
2.1.3.1.2 Polinización.....	30
2.1.3.1.3 Colonización.....	31
2.1.3.1.4 Parámetros físicos, espaciales y de conectividad del paisaje.....	31
2.1.4 <i>Funcionalidad del paisaje</i>	32
2.1.4.1 Funcionalidad y servicios ecosistémicos.....	35
2.1.4.2 Alternativas para alcanzar la funcionalidad.....	36
2.2 Componente socioeconómico.....	42

2.2.1	<i>Enfoque de medios de vida</i>	42
2.2.1.1	Capitales	43
2.2.1.2	Medios de vida	44
2.2.1.3	Estrategias de vida.....	45
2.2.2	<i>Medición del éxito de los medios de vida: pobreza y vulnerabilidad alimentaria</i>	47
2.2.2.1	Pobreza	48
2.2.2.2	Vulnerabilidad alimentaria	48
3	MATERIALES Y MÉTODOS	50
3.1	Descripción del sitio	50
3.2	Metodología	54
3.2.1	<i>Resumen de metodología</i>	54
3.2.2	<i>Caracterización del área</i>	55
3.2.3	<i>Análisis de conectividad</i>	57
3.2.3.1	Muestreo biológico.....	57
3.2.3.2	Conectividad estructural.....	59
3.2.3.3	Conectividad funcional	65
3.2.4	<i>Análisis de medios de vida</i>	74
3.2.4.1	Entrevistas semiestructuradas sobre medios de vida	74
3.2.4.2	Análisis multivariado de indicadores socioeconómicos	75
3.2.5	<i>Generación de soluciones y alternativas para lograr la funcionalidad</i>	76
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
4.1	Conectividad funcional y estructural del paisaje de estudio.....	78
4.1.1	<i>Caracterización del paisaje</i>	78
4.1.2	<i>Conectividad</i>	81
4.1.2.1	Conectividad estructural.....	81
4.1.2.2	Conectividad funcional	92
4.2	Medios de vida de la población en el paisaje de estudio.....	94
4.2.1	<i>Entrevistas</i>	94
4.2.2	<i>Análisis multivariado de datos socioeconómicos</i>	95
4.2.2.1	Correlación canónica entre VAM y %POB con grupos de variables	95
4.2.2.2	Conglomerados de Municipios de acuerdo a VAM, %POB y usos del suelo	99
4.3	Soluciones y alternativas para la funcionalidad y sostenibilidad en sitios priorizados.....	103

4.3.1.1	Bosque Comunal de Totonicapán.....	104
4.3.1.2	Borde Sur colindante con zona cafetalera.....	104
4.3.1.3	Otras recomendaciones.....	105
4.4	Implicaciones de los resultados para el desarrollo	106
4.5	Potencial de los resultados para formación de políticas.....	109
4.5.1	<i>Formación de un comité para el corredor biológico.....</i>	<i>111</i>
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
5.1	Acerca de la metodología.....	113
5.2	Acerca de la Cordillera volcánica occidental de Guatemala	114
6	GLOSARIO.....	117
7	BIBLIOGRAFÍA.....	119
8	ANEXOS.....	128
8.1	Recategorización de usos del suelo.....	128
8.2	Descripción de especies de árboles a trabajar	131
8.2.1	<i>Pinos (Pinaceae)</i>	<i>132</i>
8.2.2	<i>Encinos (Fagaceae).....</i>	<i>134</i>
8.3	Matriz de paisajes manejados.....	137
8.4	Protocolo de trabajo en campo.....	150
8.4.1	<i>Introducción.....</i>	<i>150</i>
8.4.1.1	Objetivo de muestreo.....	151
8.4.1.2	Selección de sitios y muestras	151
8.4.2	<i>Componente ecológico</i>	<i>151</i>
8.4.2.1.1	Materiales	152
8.4.2.1.2	Método	152
8.4.3	<i>Componente socioeconómico.....</i>	<i>154</i>
8.4.3.1.1	Materiales	154
8.4.3.1.2	Método	154
8.4.4	<i>Recomendaciones finales</i>	<i>155</i>
8.5	Resultados de correlaciones canónicas de variables socioeconómicas	157
8.6	Resultados de análisis de componentes principales para identificar conglomerados de Municipios.....	158

RESUMEN

La destrucción y fragmentación de los ecosistemas es la causa principal de la disminución de la riqueza y abundancia de especies, así como la pérdida de bienes y servicios ecosistémicos; esta fragmentación se debe, en gran medida a la modificación del paisaje para producir alimento y demás bienes agrícolas para consumo humano. Actualmente se busca conservar la biodiversidad y los servicios que ofrece por medio de áreas protegidas y zonas de conservación que necesitan ser conectados para funcionar óptimamente (e.g. con corredores biológicos), es decir que entre ellos exista conectividad funcional. Por tanto, el presente estudio se focalizó en identificar el grado actual de la conectividad ecológica en el área y los medios de vida actuales de las poblaciones con el fin de correlacionarlos y en base a ello proveer alternativas y sugerir mecanismos para alcanzar la funcionalidad del paisaje, tanto a nivel ecológico/ambiental, como socioeconómico.

El trabajo se realizó en la Cordillera volcánica occidental en Guatemala, en donde existen sitios de conservación prioritarios para el país pero también es la segunda zona más poblada a nivel nacional y donde el CONAP ha hecho una propuesta de corredor biológico. Los resultados sobre conectividad ecológica medidos en la Cordillera para tres especies de árboles de pino y dos de encino así como para la ardilla gris de Guatemala, indican que el bosque es el uso de suelo con más extensión de terreno dentro de la Cordillera, pero es también el que presenta mayor número de parches que carecen de continuidad pues han sufrido un proceso de fragmentación; por tanto el grado de conectividad ecológica en la zona es alarmantemente bajo pero aún recuperable mediante medidas de restauración y conservación.

Respecto a los medios de vida, predominan aquellos que necesitan hacer uso del suelo para producir, tales como cultivo de granos básicos, árboles frutales, producción de flores y hortalizas. Desafortunadamente los índices de vulnerabilidad alimentaria y de porcentaje de población en pobreza analizados se ven mayormente inducidos por estos medios de vida. De aquí las potencialidades de promover el bosque y su manejo, así como agricultura ecológica, por tanto de acuerdo a la priorización de sitios se emitieron recomendaciones para las siguientes zonas en particular: Bosque comunal de Totonicapán y borde Sur colindante con zona cafetalera.

Palabras clave: corredor biológico, conectividad ecológica, paisaje funcional, medios de vida, desarrollo sostenible.

SUMMARY

The destruction and fragmentation of ecosystems is the main cause of the decline in species richness and abundance, as well as loss of goods and services provided by them; this fragmentation is due largely to the modification of the landscape to produce food and other agricultural products for human consumption. Today a lot of efforts are made to conserve biodiversity and the services provided by it through protected areas and conservation zones that need to be connected to function optimally (e.g. with corridors), in other words to achieve functional connectivity and thus harmonize the landscape. Therefore, this study focused on identifying the current degree of ecological connectivity in the area and also the population's current livelihoods in order to correlate them and provide alternatives to reach the functionality, both ecological and socioeconomically.

The work was performed in the Western's volcanic mountain range of Guatemala (la Cordillera), where there are priority conservation sites but is also the second most populated area at national level, and where CONAP has made a proposal for a biological corridor. Measured results on ecological connectivity (structural and functional) in the Cordillera for three species of pine and two of oak as well as the gray squirrel from Guatemala, indicate that the forest has the main cover of land in the Cordillera but it is also showing increased number of patches that lack of continuity due to fragmentation, and therefore the degree of ecological connectivity in the area is alarmingly low but still recoverable through restoration and conservation initiatives.

Concerning the population's livelihoods, are dominating those involved in using the soil to produce basic grains, fruit trees, flowers and vegetables. Unfortunately the rates of food vulnerability and poverty are mostly induced by these livelihoods, and from there the potential to promote the forest use and management as well as organic farming as solutions. According to the sites prioritization based on the state of ecological connectivity and the feasibility of livelihoods to be adapted, recommendations for the following areas are made: Tonicapán communal forest and the Southern edge of the Cordillera next to the coffee zone.

Key words: biological corridor, ecological connectivity, functional landscape, livelihoods, sustainable development.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Algunos efectos de borde causados por interacción entre parche natural y matriz agropecuaria	24
Cuadro 2. Metodología de paisajes manejados	55
Cuadro 3. Especies de árboles muestreadas en la Cordillera volcánica occidental de Guatemala	58
Cuadro 4. Parámetros del paisaje medidos con FRAGSTATS	60
Cuadro 5. Valor de contrastes entre usos de suelo	62
Cuadro 6. Resumen de insumos para FRAGSTATS	65
Cuadro 7. Valor de idealidad de hábitat para movimiento de la ardilla gris, dispersora de semillas	67
Cuadro 8. Resumen de insumos para FUNCONN	73
Cuadro 9. Medición de conectividad estructural del paisaje por clases, con umbral de un km	87
Cuadro 10. Métricas generales del paisaje de la Cordillera medidas con un umbral de un kilómetro	88
Cuadro 11. Medición de conectividad estructural del paisaje por clases, con umbral de 20 km	89
Cuadro 12. Resultados por Departamento de entrevistas a pobladores sobre medios de vida	95
Cuadro 13. Correlación entre las variables de VAM y %POB dentro de la Cordillera	96
Cuadro 14. Correlación canónica entre VAM y %POB con actividades productivas en la Cordillera	97
Cuadro 15. Recategorización de usos del suelo en la Cordillera	128
Cuadro 16. Descripción resumida de hábitat para las especies de árboles	136
Cuadro 17. Matriz con detalles de cada paisaje manejado de la Cordillera	137
Cuadro 18. Formulario de datos de campo para especies de pino y encino	153
Cuadro 19. Entrevista semiestructurada sobre medios de vida de la población	155
Cuadro 20. Correlación canónica entre variables clave y grupos de indicadores socioeconómicos	157
Cuadro 21. Valores de r^2 y p para correlación canónica entre variables clave y grupos de indicadores	157

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de paisaje parche-corredor-matriz	21
Figura 2. Mecanismo de fragmentación de ecosistemas naturales	21
Figura 3. Niveles de permeabilidad por efecto de borde en parches naturales	23
Figura 4. Evolución desde un medio de vida hasta la estrategia.	46
Figura 5. Delimitación de la Cordillera volcánica occidental de Guatemala	52
Figura 6. Diagrama resumen de la metodología de trabajo	54
Figura 7. Recategorización de usos del suelo en la Cordillera	57
Figura 8. Puntos de muestreo de árboles	59

Figura 9. Ilustración de reglas de vecindad para definición de parches dentro del paisaje	62
Figura 10. Diagrama de umbrales de distancia para definición de parches	63
Figura 11. Ejemplo de la distancia del efecto de borde	65
Figura 12. Distribución de ardilla gris en México y Guatemala.....	67
Figura 13. Calidad de hábitat para la ardilla gris según uso del suelo	68
Figura 14. Representación de la capacidad borde-neutro con tendencia a borde-negativo de la ardilla gris	69
Figura 15. Tolerancia de la ardilla gris a perturbaciones en el paisaje, de acuerdo al uso de suelo en el que se encuentra	70
Figura 16. Grados de perturbación para la ardilla gris de Guatemala, de acuerdo a las intervenciones humanas dentro de la Cordillera	72
Figura 17. Mapas de paisajes manejados dentro de la Cordillera volcánica occidental ordenados por: a. tamaño de paisajes, b. zonas de vida de Holdridge, c. proporción de bosque, y d. estado de protección	80
Figura 18. Mapa de definición de parches presentes en la Cordillera, medidos con la regla de 4-vecinos	82
Figura 19. Proporción de terreno por uso de suelo dentro de la Cordillera, basado en la regla de 4-vecinos.....	83
Figura 20. Número de parches por cada uso del suelo dentro de la Cordillera (regla de 4-vecinos)	84
Figura 21. Relación de densidad de parches con densidad de bordes por uso del suelo dentro del paisaje	86
Figura 22. Relación entre la densidad de parches con el índice de conectividad estructural para cada uso del suelo	88
Figura 23. Comparación de conectividad estructural para cada uso de suelo dentro de la Cordillera de acuerdo a las reglas de 4 y 8-vecinos.....	90
Figura 24. Mapa de definición de parches presentes en la Cordillera, medidos con la regla de 8-vecinos	91
Figura 25. Diferencias entre paisajes con aplicación de reglas de 4 y 8-vecinos para la definición de parches.....	92
Figura 26. Conectividad funcional para el bosque dentro de la Cordillera.....	93
Figura 27. Correlación canónica entre VAM y %POB con usos del suelo dentro de la Cordillera	96
Figura 28. Correlación canónica entre VAM y %POB con la producción agropecuaria y forestal en la Cordillera	98
Figura 29. Conglomerados de Municipios de acuerdo a VAM y %POB.....	100
Figura 30. Conglomerados de Municipios de acuerdo a usos del suelo	102
Figura 31. Priorización de sitios para trabajar la conectividad funcional en bosques de la Cordillera	103
Figura 32. Mapa de la Ecorregión de bosque de pino-encino de Mesoamérica	132
Figura 33. Análisis de componentes principales de VAM y %POB en Municipios de la Cordillera	158
Figura 34. Análisis de componentes principales de Usos del suelo en Municipios de la Cordillera	159
Figura 35. Análisis de componentes principales de Usos del suelo en Departamentos de la Cordillera.....	159

LISTA DE SIGLAS, UNIDADES Y ABREVIATURAS

SIGLAS:

ARNPG	Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en español)
GEF	Global Environment Facility (Fondo para el Medio Ambiente Mundial – FMAM- en español)
IARNA	Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar
IGN	Instituto Geográfico Nacional , Guatemala
INAB	Instituto Nacional de Bosques, Guatemala
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala
ONG's	Organizaciones no gubernamentales
PINFOR	Programa de Incentivos Forestales del INAB
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SIGAP	Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
URL	Universidad Rafael Landívar
USDA	United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en español)

UNIDADES:

ha	Hectáreas
km y km ²	Kilómetros y kilómetros cuadrados
Hab/km ²	Habitantes por kilómetro cuadrado
msnm	Metros sobre el nivel del mar

°C	Grados centígrados
m y m ²	Metros y metros cuadrados
mm	Milímetros

ABREVIATURAS:

VAM	Vulnerabilidad alimentaria
%POB	Porcentaje de población en pobreza
SIG	Sistemas de Información Geográfica
WGS84	World Geodetic System 84 (Sistema Geodésico Mundial 1984)
FRAGSTATS	Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps
FUNCONN	Functional Connectivity Modelling and Analysis Program
INFOSTAT	Software for Statistical Analysis
ArcGIS	Mapping and Spatial Analysis Program

1 INTRODUCCIÓN

La biodiversidad es comprendida por genes, poblaciones, especies, comunidades y ecosistemas que yacen sobre los procesos naturales, que interactúan entre sí y con los demás sistemas terrestres (atmosféricos, hídricos y demás), determinando así el ambiente en el que todos los organismos, incluyendo el ser humano, se desarrollan y del cual dependen. Así la biodiversidad y los ecosistemas brindan beneficios (bienes y servicios) como alimento, cultivos, agua y aire limpio, entre otros (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

La destrucción y fragmentación de estos ecosistemas es la causa principal de muchos problemas de conservación de hábitats y biodiversidad (Soons *et al.* 2005), siendo los más evidentes la disminución o modificación de la riqueza y abundancia de especies, así como también la influencia negativa sobre los procesos y las interacciones entre organismos (Debinski & Holt 2000). Esta destrucción y fragmentación se debe, en gran medida a la modificación y uso del paisaje para producir alimento y demás bienes agrícolas y forestales (debido a la extracción de leña principalmente) para consumo y bienestar humano, además de la presencia de las poblaciones humanas en sí. El uso agrícola intensivo y extensivo, sobre bases no sostenibles es la principal causa de pérdida de biodiversidad en el mundo (Donald & Evans 2006).

Actualmente se busca conservar la biodiversidad y los servicios que ofrece por medio de esfuerzos como áreas protegidas y zonas de conservación que necesitan ser conectados para funcionar óptimamente (e.g. con corredores biológicos), es decir que entre ellos exista conectividad funcional; esta conectividad funcional es comprendida como todos los elementos dentro del paisaje, en un territorio definido, que influyen sobre el desplazamiento de organismos entre hábitats y zonas de conservación (Bennett 2004).

Partiendo de la importancia de la conservación de la biodiversidad y los bienes y servicios que presta al ser humano (Millennium Ecosystem Assessment 2005), es necesario evaluar los efectos de la pérdida de conectividad y la fragmentación de hábitats naturales provocadas por la actividad humana a manera de encontrar soluciones o mecanismos de mitigación de los impactos entre sistemas conformantes de un mismo paisaje.

De este modo se hace evidente que es necesario promover tanto la conservación de la biodiversidad como el bienestar socioeconómico de la población y para ello se busca armonizar el paisaje (fomentar un paisaje funcional a través de la conectividad funcional). Así, este estudio busca aportar en alguna medida a conocer si ¿La conectividad funcional en paisajes con matrices agropecuarias mejorará por medio de nuevas soluciones de restauración ecológica y mejor operativización de los corredores biológicos, valiéndose de mejores prácticas productivas llevadas a cabo por las poblaciones locales?

En este sentido, el presente estudio consta de tres objetivos específicos: 1) identificar el grado actual de la conectividad funcional en el área de trabajo; 2) identificar los medios de vida actuales de las poblaciones humanas locales e identificación de sus capacidades para adaptarse y mejorar en beneficio de la conectividad y la sostenibilidad; y 3) proveer alternativas y sugerir mecanismos y acciones concretas para alcanzar la funcionalidad del paisaje, tanto a nivel ecológico y ambiental, como social y económico.

El trabajo se realizó en la Cordillera volcánica occidental en Guatemala, en donde existen sitios de conservación prioritarios para el país pero también es la segunda zona más poblada a nivel nacional; además recientemente se ha hecho una propuesta de corredor biológico por parte del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP 2010), sin embargo el área tiene serios problemas de carencia de conectividad funcional, por lo que es ideal para implementar la metodología que se valida mediante este estudio.

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

Validar la metodología de análisis de conectividad funcional en paisajes de la Cordillera volcánica occidental de Guatemala con el fin de proponer alternativas para mejorar tanto la funcionalidad ecológica como la sostenibilidad socioeconómica local.

1.1.2 Objetivos específicos

- i. Identificar el grado de conectividad funcional actual de la Cordillera volcánica occidental de Guatemala con base en dos grupos de especies de árboles, considerando sus mecanismos de dispersión.
- ii. Identificar los medios de vida actuales de la población local con especial énfasis en aquellos de índole agropecuario, con el fin de utilizarlos como base para proponer mejoras a la funcionalidad del paisaje.
- iii. Proveer alternativas y sugerir mecanismos a nivel de paisaje que contrarresten obstáculos y limitaciones y maximicen potencialidades para la conectividad funcional.

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Componente ecológico

2.1.1 Enfoque territorial de paisaje

Entiéndase el paisaje como un territorio comprendido por diversos sistemas naturales y modificados que interactúan entre sí y tienen conexiones tanto ecológicas como sociales, que además se repiten en forma similar sobre un área; un paisaje lo reconocen de manera distinta especies distintas y éste determinaría su libertad de desplazarse (Bennett 2004).

De acuerdo con Turner *et al.* (2001), los paisajes resultan de la interacción de varios factores, entre los que sobresalen la variabilidad en condiciones abióticas como el clima, topografía y tipo de suelos; interacciones bióticas (como competencia y predación entre especies) que producen patrones espaciales aun bajo condiciones ambientales homogéneas; patrones de uso del suelo, asentamientos humanos en el pasado y el presente (especialmente el uso agropecuario que ha tenido alto impacto), y las dinámicas de disturbancias naturales y su consecuente sucesión natural, tal es el caso de incendios, erupciones, inundaciones, sequías, tormentas, entre otros.

Los paisajes, de acuerdo con Murphy & Lovett-Doust (2004) son siempre heterogéneos a alguna escala espacial y temporal, desde el punto de vista estructural son conectores o barreras de movimiento, son fuente de recursos y una amalgama de lugares de confort y hostilidad; desde el punto de vista de los individuos son fuentes de alimentos, medios de competición y confrontaciones; además los paisajes son también un mosaico de usos del suelo y actividades productivas, tenencia legal y ocupación de la tierra, manejo y jurisdicción gubernamental a varias escalas (Forman 2002 citado por Murphy & Lovett-Doust 2004). A continuación se hará un desglose del enfoque ecológico, definiendo sus componentes.

2.1.1.1 Parche natural

Un parche natural es un fragmento de hábitat natural no lineal que ha sido aislado de otros por causa de la fragmentación del paisaje y por tanto su vegetación y composición difieren del contexto en que se ubica; estos parches pueden ser remanentes naturales, sistemas no tan perturbados o sistemas inducidos y en algunos los parches de tipo natural han sido convertidos en parques nacionales, reservas de vida silvestre y otras categorías de áreas protegidas para

conservar su interior natural (Barnes 2000 & Bennett 2004). Su naturaleza y forma es variable, dando lugar a cuerpos de agua como lagos y humedales, o islas, afloramientos rocosos y bosques naturales todos ellos con formas naturales, pero también existen fragmentos regulares originados por actividad antropogénica como parcelas regeneradas, plantaciones arbóreas, reservas naturales, entre otros; además la nitidez de los bordes de estos parches naturales y el contraste entre hábitats vecinos se van acentuando de acuerdo a la actividad productiva o presencia de infraestructura en el área modificada (Bennett 2004).

2.1.1.2 Corredores biológicos

La Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD-PNUD/GEF 2002) define a un corredor biológico como “un espacio geográfico delimitado que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitat naturales o modificados, y asegura el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos y evolutivos”; estos corredores son generalmente espacios alargados de terreno que presentan estrechez (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad 2009), más esto no es una regla.

Los corredores de vida silvestre, como también se les conoce, así como las llamadas “*stepping-stones*” (rocas de salto o puntos aislados de conectividad) han sido mecanismos reconocidos como maneras potenciales de reducir los efectos de la fragmentación de hábitats, que son utilizables a escalas espaciales variables y por tanto útiles bajo varias circunstancias (Donald & Evans 2006). A través de la conexión entre parches los corredores se convierten en viabilizadores de flujo genético, facilitadores de restablecimiento de poblaciones que habían sido localmente extintas y contribuyen al incremento de la biodiversidad en áreas que de otro modo estarían aisladas (Tewksbury *et al.* 2002, Murphy & Lovett-Doust 2004), aún más importante es decir que los corredores aumentan el movimiento entre parches un 50% más en comparación con parches no conectados (Gilbert-Norton *et al.* 2010).

De acuerdo con Lidicker (1999) citado por Murphy & Lovett-Doust (2004), los corredores deben ser vistos desde el punto de vista funcional (ver Inciso 2.1.4) y no como una delimitación angosta en el espacio que busca facilitar movimiento; los corredores no deben ser vistos como delimitaciones lineares de hábitat para solo algunas especies focales, en todo caso estos ni siquiera deben contener un solo tipo de hábitat o el mismo tipo de hábitat que tienen los parches que buscan conectar.

Lo principal debe ser buscar el éxito de las especies en cuestión a través del movimiento libre entre parches sin morir de inanición o ser cazados en la matriz; por tanto, según Murphy & Lovett-Doust (2004) se ha demostrado que los corredores son importantes para lograr esto pero no son esenciales. En todo caso Tewksbury *et al.* (2002) indican que los corredores pueden afectar la dinámica del parche en formas no esperadas, por ejemplo, convertirse en “cercas de percolación” interceptando el movimiento de ciertos individuos que transitan la matriz y dirigiéndolos hacia el parche; esto no contradice su papel de viabilizador de movimiento pero implica organismos no deseados y hasta letales para la dinámica de un parche determinado.

La importancia de los corredores biológicos en la actualidad ha dado lugar a la creación de los mismos incluso en sitios donde las condiciones ecológicas no lo respaldaban, dando lugar a corredores artificiales con condiciones controladas; sin embargo se ha demostrado que los corredores naturales son más efectivos para facilitar el movimiento de organismos que los corredores artificiales, aunque bajo las necesidades actuales de conservación todo los esfuerzos valen la pena (Gilbert-Norton *et al.* 2010).

En el caso de las “*stepping stones*” entre parches, como sería el caso de árboles aislados en medio la matriz, se han considerado como reproductores atípicos que juegan un papel muy importante en las dinámicas de poblaciones entre parches; estos árboles aislados a pesar de producir menos semillas que los que están dentro de parches pueden ser una fuente mayor de polen y semillas para poblaciones cercanas (es decir que actúan como semilleros o fuentes), retardando la divergencia de poblaciones locales y convirtiéndose en núcleo de nuevas poblaciones (Murphy & Lovett-Doust 2004).

2.1.1.3 Matriz

Por su parte, la matriz es el parche predominante y más extenso dentro del paisaje, que tiene gran influencia y control sobre los procesos ecosistémicos tales como el flujo hídrico y energético; generalmente se refiere a zonas modificadas antropogénicamente que no están destinadas a conservación natural (Barnes 2000, Lindenmayer & Franklin 2002) e inician justo en donde inicia el borde del parche (Murphy & Lovett-Doust 2004); básicamente es el área que rodea al sistema natural de parche-corredor.

La matriz debe tener al menos tres roles potenciales en los procesos ocurridos entre parches de árboles: a) reducir o mejorar las tasas de dispersión y colonización por medio de barreras o mecanismos conductores de movimiento de organismos, b) proveer hábitat alternativo para las especies del parche, aunque este tenga condiciones no tan buenas, y c) ser fuente de especies invasoras que competirán por espacio en el parche (Murphy & Lovett-Doust 2004).

En este análisis evaluaremos principalmente la matriz de índole agropecuario que incluye producción agrícola y actividad ganadera (lechera o de carne de diversos animales).

Esta matriz agropecuaria tiene preconcebida una imagen negativa frente a mecanismos e iniciativas de conservación por su alto impacto sobre los recursos naturales, en intensidad y extensión; sin embargo es la base de la alimentación humana a nivel mundial y su prevalencia es fundamental para la vida. Hoy en día nuevas y mejoradas técnicas y prácticas agrícolas (muchas veces retomadas o adaptadas de antiguas tradiciones menos intrusivas) que han permitido la sostenibilidad del sistema agropecuario con menos impactos en el ambiente (e.g. agricultura orgánica, estabulación de ganado, uso de biodigestores para aprovechamiento de desechos, entre otros) están surgiendo y siendo implementadas.

2.1.1.4 Modelo parche-corredor-matriz

Este modelo es utilizado para la descripción y caracterización de paisajes e integra los componentes antes expuestos (Figura 1) (Barnes 2000). En otras palabras, el corredor biológico representa la conexión entre parches que difieren de sus alrededores (matriz); esta relación es importante conocerla para poder manejarla y así promover ecosistemas funcionales (Dunning *et al.* 1992; CCAD-PNUD/GEF 2002; Donald & Evans 2006).

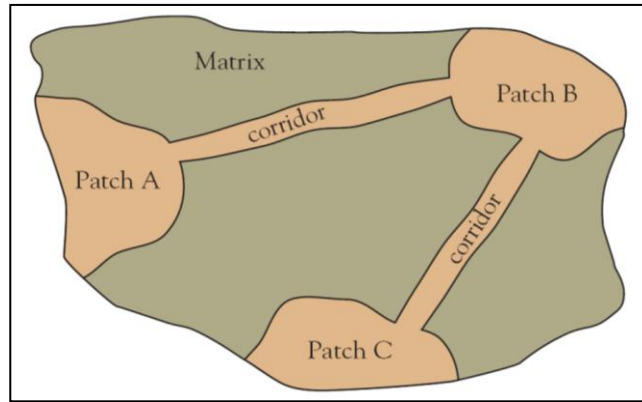


Figura 1. Esquema de paisaje parche-corredor-matriz

Fuente: Barnes 2000.

2.1.2 Fragmentación

La fragmentación de hábitats ocurre cuando un sistema natural es interrumpido por cambios de uso del suelo que aíslan parches de dicho hábitat natural (Figura 2).

Estos remanentes o parches quedan expuestos a cambios físicos y biológicos, químicos y geográficos determinados directamente por el tamaño, forma, y posición en el paisaje de estos parches; con esto vienen procesos de estrés para especies que aún habitan los parches o corredores pudiendo llegar hasta la extinción local, especialmente aquellas especies que tienen rangos de movimiento amplio para mantener sus poblaciones (Kattan 2002).

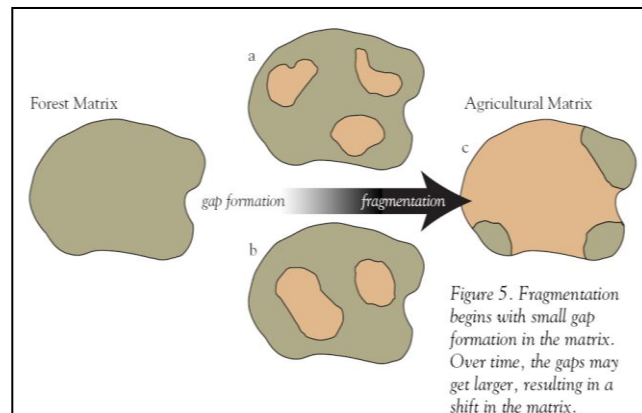


Figura 2. Mecanismo de fragmentación de ecosistemas naturales

Fuente: Barnes 2000.

Este mosaico con diferentes tipos de uso del suelo provoca que existan diferentes grados de resistencia en el movimiento de los organismos entre parches (es decir dentro de los corredores biológicos); por tanto los parches podría ser más o menos efectivamente aislados que lo que indica la simple distancia entre ellos, dependiendo del tipo de matriz intermedia (Ricketts 2001).

De acuerdo con Bennett (2004) “La fragmentación de hábitats es un proceso dinámico que tiene tres componentes básicos: pérdida generalizada de hábitats en el paisaje, reducción en el tamaño de los bloques remanentes y aislamiento creciente debido a nuevas formas de utilización de la tierra”. Además indica que los cambios en la estructura de un hábitat no solo inciden en los organismos vivos sino también en los procesos ecológicos que los sustentan (Bennett 2004).

2.1.2.1 Efecto de borde

Como consecuencia de la fragmentación de ecosistemas naturales ocurre el efecto de borde que expone a los seres vivos que persisten en el parche natural a condiciones hostiles provocadas por la transición abrupta y casi siempre negativa. Esta yuxtaposición entre los dos sistemas produce efectos recíprocamente (Cuadro 1); por ejemplo, de un parche boscoso natural hacia un sistema de cultivos anuales y viceversa (Murcia 1995).

La magnitud y el tipo de los efectos está directamente ligado al nivel de contraste entre la matriz y las demás unidades del paisaje, y esta magnitud es dependiente del parámetro que se estudia. Es decir, cambia entre organismos e incluso entre especies (e.g. dispersión o polinización para especies de plantas); por otra parte entre más grande sea la matriz más intenso será el efecto, el cual es variable geográficamente y a través del tiempo (Ricketts 2001, Lindenmayer & Franklin 2002). Hay dos factores que también influyen sobre la magnitud de este efecto, y son la influencia del microclima (distancia en la penetración del borde) y la estructura del borde, por ejemplo entre más irregular sea el borde de un parche este presentara mayor resistencia (Didham & Lawton 1999, Tewksbury *et al.* 2002). Los efectos de la distancia pueden penetrar hasta 300 metros dentro de la unidad de conservación y en remanentes de bosques tropicales puede ser aún mayor esta distancia (Debinski & Holt 2000).

La medida en la que el borde incrementa o disminuye los flujos de materia o energía se denomina permeabilidad, esta permeabilidad puede modular el efecto de la fragmentación sobre

especies del bosque; en este sentido los bordes abruptos o impermeables son barreras que organismos con alto grado de especialización no cruzarán, por el contrario los bordes suaves funcionan como membranas permeables para organismos migrantes y entre estos dos extremos se hayan varios grados de permeabilidad que también dependen de los organismos que están bajo estudio, por tanto la permeabilidad define el grado de movimiento de especies e influye sobre la ocurrencia de invasiones de agentes externos (Figura 3) (López-Barrera 2004). El borde básicamente determina la probabilidad de éxito de las especies para emigrar o inmigrar en el parche (Murphy & Lovett-Doust 2004).

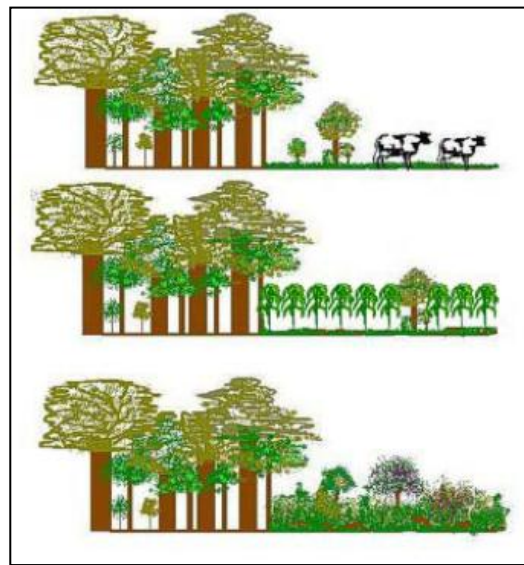


Figura 3. Niveles de permeabilidad por efecto de borde en parches naturales

De arriba hacia abajo está el bosque-pastizal (borde impermeable o abrupto), bosque-milpa (borde semipermeable), y bosque matorral (borde suave o permeable). Fuente: López-Barrera 2004.

La fragmentación de hábitats y el efecto de borde, al igual que alteraciones como la variabilidad climática, tienen incidencia directa sobre la distribución y comportamientos de los organismos, causan que migren hacia sitios menos hostiles, que se adapten *in situ* o que finalmente se extingan (Peterson *et al.* 2005).

En el caso de la matriz agropecuaria, un consistente esparcimiento e intensificación de las actividades productivas (especialmente aquella dedicada al monocultivo y que forman paisajes agrícolas pobremente conectados) ha sido la causa de la fragmentación y aislamiento de hábitats naturales, debido a lo hostil de este tipo de matriz para el tránsito de organismos; con ello viene la disturbancia y sus efectos en la composición de especies, estructura de las comunidades,

dinámicas poblacionales, comportamientos de organismos y demás. Estos efectos parecen ser más severos en la matriz agropecuaria que con cualquier otra matriz (Cuadro 1) (Donald & Evans 2006).

De hecho, estas matrices comparativamente más resistentes dan lugar a la disminución de riqueza de especies en parches aislados, parches con menor abundancia de organismos y por tanto menos flujo genético que asegure la permanencia de especies y su evolución natural (Debinski & Holt 2000, Ricketts 2001). Otras matrices han probado ser menos hostiles para la movilización de organismos, por ejemplo sucesiones secundarias de bosque aun en etapas primarias tienen cambios menos intensos en el microclima en comparación al del parche natural contiguo y tienen menos mortalidad de árboles asociada a efectos del borde, en comparación a matrices agropecuarias (Murphy & Lovett-Doust 2004).

Cuadro 1. Algunos efectos de borde causados por interacción entre parche natural y matriz agropecuaria

EFFECTOS DE BORDE NEGATIVOS	EFFECTOS DE BORDE POSITIVOS
Infiltración del efecto de pesticidas y fertilizantes.	Algunas especies prefieren el borde de parches ya que la disposición de animales adaptados a la matriz es mayor y está disponible para su alimentación.
Impacto por uso de mecanización que provoca compactación de suelos y ruido.	Existen mayores índices de polinización de especies agrícolas por parte de insectos del parche natural.
Integración de especies exóticas muchas veces de tipo maleza, del cultivo hacia el bosque.	Expansión de semillas arbóreas del bosque hacia zona agrícola, por acción de viento y animales mayores.
Atracción de predadores generalistas.	
Alteraciones en ciclos y procesos de especies nativas, especialmente aquellas con rango amplio de movilidad.	
Cambios en la composición de especies, estructura de comunidades, dinámicas poblacionales, comportamiento de organismos, proceso de crianza (mayor depredación de nidos y plántulas, por ejemplo).	
Disminución de biodiversidad.	
Perturbación de ciclos energéticos e hídricos.	
Cambio del curso e impacto de vientos.	
Migración de algunos insectos (como artrópodos) desde el parche de bosque hacia la plantación agrícola, que pueden ser consideradas como plagas.	

Alteración de cultivos y plantaciones por presencia de animales silvestres que cruzan el borde.	
---	--

Nota: Estos efectos se dan en mayor o menor grado dependiendo del contexto.

Fuente: Realizado con información de Debinski & Holt 2000, López-Barrera 2004, Storch *et al.* 2005, Donald & Evans 2006, Haynes & Cronin 2006.

2.1.3 Conectividad

La conectividad explica cómo el paisaje (mediante su composición parche-corredor-matriz) se convierte en viabilizador o limitante para el movimiento de organismos (componente estructural); y además explica cómo las condiciones del paisaje funcionan para cada organismo en particular, ya que cada uno posee un nivel de especialización y tolerancia a condiciones ambientales (componente conductual o funcional) (Merriam & Lanoue 1990, Merriam *et al.* 1991, Taylor *et al.* 1993, Forman 1995, Bennett 2004).

Bajo la premisa anterior podemos distinguir dos tipos de conectividad:

- a. La **conectividad estructural** se entiende como la configuración y disposición espacial de un territorio (Bennett 2004). De hecho la conectividad estructural ignora la respuesta y el comportamiento de los organismos a la estructura del paisaje y más bien describe las relaciones físicas como corredores o distancias entre parches o hábitats bajo estudio; en este sentido la conectividad estructural incrementará en la medida en que las relaciones físicas entre parches de hábitats son más estrechas y fortalecidas (Crooks & Sanjayan 2006).
- b. Por su parte la **conectividad funcional** abarca a los elementos del paisaje dentro de este territorio que influyen sobre el desplazamiento de organismos entre hábitats (Bennett 2004). Esta conectividad funcional aumenta en la medida que algunos cambios en la estructura del paisaje incrementan el grado de movimiento o flujo de organismos a través del paisaje; estos cambios incluyen pero no se limitan a cambios en la conectividad estructural (Crooks & Sanjayan 2006).

Entonces, conectividad es más que la distancia entre dos parches e implica además la presencia de corredores biológicos y “*stepping stones*” entre los fragmentos de hábitat natural, así como depende también de la resistencia de la matriz circundante a movimientos inter-parche de los individuos (Ricketts 2001).

Haciendo énfasis especial sobre la conectividad funcional, existen varios mecanismos para identificarla, Steffan-Dewenter *et al.* (2002) enfocan su metodología de análisis de conectividad en animales basada en el muestreo biológico, sistematizando el movimiento de especies a través de diferentes hábitats y a diferentes escalas espaciales a manera de identificar procesos ecológicos y patrones espaciales y ecológicos que promueven o inhiben la conectividad funcional a través de un paisaje, todo utilizando diferentes sistemas de información geográfica conjugados (Steffan-Dewenter *et al.* 2002).

En el caso de los árboles, esta “movilidad” no es fácilmente identificable, por tanto Soons y sus colegas (2002) proponen la medición de la conectividad funcional en paisajes a través de la cuantificación de “*seed dispersal kernels*” o rangos de dispersión de semillas, conjugado con una cuantificación del impacto de pérdida de hábitat y fragmentación en la conectividad; combinando estos procesos logran detectar grados de conectividad en el paisaje desde una perspectiva altamente ecológica (Soons & Heil 2002). Su metodología se basa en la importancia del proceso de colonización (en este caso dispersión) en las especies de árboles como indicador de su conectividad a través del paisaje (Soons *et al.* 2005).

Por otra parte existen varios software disponibles como FRAGSTATS, un software diseñado para computarizar una amplia variedad de métricas de paisaje para patrones de mapas categóricos (McGarigal *et al.* 2002) y FUNCONN (Functional Connectivity Model), una caja de herramientas de ArcGIS que consta de dos juegos primarios de herramientas, una para modelación de hábitats y otra para establecimiento de redes de paisajes en base a capacidad de movilidad de cierta especie indicadora (Theobald *et al.* 2006).

Identificar la conectividad funcional de corredores biológicos ayudaría a guiar a procesos de planificación de conservación más efectivos al proteger a la biodiversidad y promover poblaciones más viables y funcionales (Tutak 2007). En todo caso, coadyuvará a mejorar el diseño de corredores biológicos futuros y a implementar adecuadamente aquellos existentes.

2.1.3.1 Conectividad funcional en árboles

Cada organismo percibe la conectividad dentro del paisaje de maneras diferentes; para comprender la conectividad funcional en árboles es importante considerar cuatro premisas básicas:

1. Murphy & Lovett-Doust (2004) explican que las plantas probablemente no respondan a un concepción binaria del paisaje basada en el parche y la matriz, más bien indican que ellas responden a distintos gradientes de calidad de recursos, entiéndase ellos como un suelo con suficientes nutrientes, espacio adecuado para germinar, circulación de viento o presencia de animales para dispersarse.
2. Sin embargo, varios elementos físicos, espaciales y de conectividad del paisaje también inciden sobre el movimiento de estos organismos (Murphy & Lovett-Doust 2004).
3. Además las plantas se sustentan en agentes dispersores y polinizadores para asegurar sus poblaciones, y dichos agentes también son afectados por los niveles de conectividad en el paisaje (Murphy & Lovett-Doust 2004), así que es necesario considerar el efecto del paisaje también sobre ellos. Por otra parte, la habilidad de las poblaciones de plantas para persistir, expandirse y colonizar hábitats en paisajes fragmentados está determinado en gran medida por la polinización y dispersión de sus semillas (Tewksbury *et al.* 2002); Por tanto, la cuantificación de estos procesos es primordial para conocer la capacidad de ocupación de las especies en un espacio desocupado, así como para la capacidad de asegurar el flujo genético entre parches de hábitat ocupado, es decir, lo que significa la conectividad funcional del paisaje (Soons *et al.* 2005).
4. Es importante considerar también la premisa de que el ciclo de existencia largo de los árboles y sus largas etapas o estadíos conllevan que las poblaciones locales puedan persistir por un largo periodo de tiempo aunque las condiciones del parche que habitan sean inadecuadas, es decir, con baja calidad y cantidad de recursos (Murphy & Lovett-Doust 2004). Comúnmente los procesos de fragmentación de ecosistemas son relativamente recientes como para causar extinciones locales en estos árboles (Metzger 2000), por lo tanto los cambios en sus poblaciones pueden ser menos evidentes en plazos de tiempo cortos y medianos.

Además, Freckleton y Watkinson (2002) citado por Murphy & Lovett-Doust (2004) afirman que algunas especies de árboles parecen existir con persistencia a nivel regional donde los procesos son dominados por mecanismos de colonización de parches, extinción y recolonización; sin embargo, existen otras especies que más bien funcionan como sistemas regionales de poblaciones locales no conectadas persistentes a través de un mosaico indefinido de hábitat adecuado e inadecuado; y otro grupo más de especies existen como poblaciones espacialmente extendidas (normalmente una sola población) que ocupan grandes transectos de hábitat

adecuado. En todo caso, la conectividad podrá existir cuando existan hábitat adecuados para las especies, debidamente conectados. Y por hábitat adecuado se entiende como un espacio que reúne las condiciones adecuadas tanto bióticas como abióticas, de modo que una especie en particular pueda sobrevivir y permanecer, cubriendo todas sus necesidades básicas de compañía, alimento, sitios para guarecerse y anidar, agua, e incluso la competencia adecuada.

Con esta gran variabilidad es de concluir que para las plantas y especialmente árboles, los procesos locales son insuficientes para comprender las dinámicas regionales de estas poblaciones, y en todo caso los estudios deben hacerse a mayores escalas (Murphy & Lovett-Doust 2004), tal como este estudio lo realizó.

2.1.3.1.1 *Dispersión*

La dispersión de semillas de plantas es reconocida por influenciar patrones de distribución y rangos geográficos en plantas terrestres a grandes escalas; para plantas la movilidad para el reclutamiento de nuevos individuos ocurre principalmente a través de la dispersión de sus semillas y también por medio de la polinización (Nathan & Muller-Landau 2000, Murphy & Lovett-Doust 2004). La dispersión en las plantas necesita de agentes que movilicen semillas hacia y a través del paisaje. De acuerdo a su agente dispersor, las plantas pueden ser (Ciencia y Biología 2010):

- Anemochorous, dispersadas por viento,
- Zoochorous, dispersadas por animales,
- Hydrochorous, dispersada por agua,
- Barochorous, dispersada por gravedad, y
- Autochorous, se considera que la planta misma lo hace.

Las especies dispersadas por viento son las que logran una mayor distancia de esparcimiento en comparación con el resto y se ha determinado que la dispersión a través de largas distancias es fundamental para determinar estructura genética, tasas de rangos de expansión y otros rasgos importantes de las poblaciones de árboles (Nathan & Muller-Landau 2000), aportando a la conectividad funcional. Sin embargo, se ha comprobado que algunas especies que son dispersadas por agua o pelaje de mamíferos grandes son sobre-representadas en

hábitats en comparación de aquellas especies dispersadas por viento o por aves, lo cual se explica por el grado de degradación de su infraestructura de dispersión (Ozinga *et al.* 2009).

Sin embargo el éxito en la dispersión no solo depende de la capacidad de los organismos para dispersarse, sino también de atributos particulares del paisaje que inciden en las tasas de deposición de semillas (Nathan & Muller-Landau 2000). Por ejemplo, el sustrato para deposición final de las semillas también es determinante, ya que para las especies dispersadas por viento es más probable terminar en superficies rugosas y no en lisas, y para las especies dispersadas por animales podrían ser depositadas más frecuentemente en lugares de anidación o refugio de animales (Nathan & Muller-Landau 2000).

Nathan & Muller-Landau (2000) argumentan que las plantas con mayor habilidad de dispersión son más tolerantes a la pérdida de hábitat y a la fragmentación debido a que tienen mayor potencial para aumentar la colonización de nuevos sitios, estas son especies con altas tasas de migración que tienen más probabilidades de sobrevivir en una matriz con condiciones no tan adecuadas (Murphy & Lovett-Doust 2004). El patrón de dispersión de semillas no solo determina el área potencial de reclutamiento (sobrevivencia a través del de crecimiento y volverse parte de la población reproductiva) de un grupo de plantas, sino también sirve como base para procesos asociados como predación, competencia y apareo, además el patrón de dispersión de semillas influye en la estructura genética dentro y entre poblaciones.

A su vez, este patrón de dispersión está dado por patrones espaciales de los adultos reproductivos, su capacidad de generación de semillas y la calidad y alcance de la mismas (Nathan & Muller-Landau 2000). Aquí es necesario diferenciar entre hábitats fuente y hábitats sumideros (Universidad de Buenos Aires 2010):

- Fuente: es el hábitat que en su seno alcanza el éxito reproductivo gracias a que sus tasas de natalidad superan a las de mortalidad convirtiéndose en una población liberadora o dadora de material genético para otras poblaciones. Es posible observar tanto especímenes adultos como jóvenes.
- Sumideros: son poblaciones que dentro de su dinámica las tasas de mortalidad superan a las de natalidad debido a que carecen de adultos semilleros que brinden material para germinación nueva. Estas son poblaciones receptoras de material genético proveniente de hábitat fuente y dentro es posible no encontrar plántulas o especímenes jóvenes en desarrollo.

Estos últimos necesitan insumo genético externo de otros hábitat o de lo contrario desaparecerían (Gilbert-Norton *et al.* 2010). Para el modelaje de los mecanismos de dispersión existen varios métodos, para este estudio se considerarán aquellos dispersados por animales.

En este estudio se realizó el análisis de conectividad en un paisaje para una especie animal dispersora que indirectamente brinda información acerca de la distribución de las especies de árboles en cuestión, dada la estrecha relación y dependencia entre organismos.

2.1.3.1.2 Polinización

La polinización es el proceso de transferencia de polen entre plantas de la misma especie, que implica (al igual que la dispersión) la eficiencia de reproducción. La polinización puede ser mediante viento, aves, murciélagos o insectos y de allí la necesidad de mantener también la diversidad de éstos últimos grupos de polinizadores (Chacoff & Aizen 2006).

La mayoría de plantas sólo producen semillas para dispersar si los agentes polinizadores han transportado previamente el polen de las anteras a los estigmas de sus flores, por lo que si esto no sucediera no sólo las especies de plantas sino también organismos asociados no se reproducirían y por tanto no existiría la conectividad; y por otra parte “la polinización es vital para la producción de alimentos y los medios de vida de los seres humanos, y relaciona directamente los ecosistemas silvestres con los sistemas de producción agrícola (FAO 2010)” (e.g. Según FAO (2010) el 90 % de las cosechas de cacao dependen de que la polinización se realice adecuadamente, de hecho los polinizadores animales como aves, murciélagos y abejas intervienen en el 35% de la producción agrícola del mundo).

Las técnicas de estudio tanto de dispersión como de polinización implican mediciones de cantidad de semillas y polen, su peso, morfología y demás; además implica estudiar los agentes de manera individual, es decir que si fuesen animales habría que reconocer sus rangos de movimiento o incluso sus sistemas digestivos; y si fuese por viento la dirección, fuerza y hasta grado de contaminación del viento en ese sitio específico. Se han planteado metodologías como marcadores moleculares (y otros marcadores químicos o radioeléctricos) o tinción en semillas, trampas de recolección de polen y demás, sin embargo debido al alcance temporal y de recursos de este estudio, el análisis se basará solamente en especificar la naturaleza de este agente para cada especie de árboles.

2.1.3.1.3 Colonización

La capacidad de colonización de las especies se compone de los dos procesos previos, dispersión y polinización, y es primordial para definir niveles de conectividad de árboles en el paisaje; en el caso de la colonización se hace referencia a la capacidad de las plantas de poblar un sitio (o repoblar), hay dos tipos y son explicados a continuación (Swaine & Whitmore 1988):

- a. Longevas (estrategia K): especies clímax o especialistas en cuanto al uso de recursos, con baja tasa de reproducción pero organismos de larga vida, germinan y son tolerantes a la sombra; sus semillas son de tamaño grande y comúnmente dispersadas por animales, sus maderas son densas (representadas en este estudio por el grupo de encinos o también llamados robles).
- b. Pioneras (estrategia R): u oportunistas, con pocos requerimientos para vivir (menos calidad y cantidad de recursos), de rápido crecimiento, producen muchos descendientes de vida corta por medio de la generación de muchas semillas pequeñas, lo que les permite tener rangos ecológicos amplios. Colonizan sitios con alta disponibilidad de luz y son no tolerantes a la sombra, tienen raíces superficiales y su madera es de baja densidad (representadas por los pinos).

Identificar estos rasgos en las especies de árboles bajo estudio es importante para identificar su capacidad de renovar sus poblaciones y promover la conectividad funcional.

2.1.3.1.4 Parámetros físicos, espaciales y de conectividad del paisaje

Los parámetros físicos, espaciales y de conectividad del paisaje que inciden sobre la capacidad de bosques y grupos de árboles para conectarse funcionalmente, de acuerdo con Metzger (2000), varían de acuerdo al grupo funcional al que pertenecen las especies arbóreas. Así por ejemplo la influencia del paisaje parece ser más fuerte para especies tolerantes a la sombra, aquellas dispersadas por animales y aquellas dispersadas por gravedad. Las especies tolerantes a la sombra están influenciadas principalmente por la estructura de fragmentación del paisaje, mientras que las especies dispersadas por animales suelen ser más sensibles como parámetros de paisaje a grandes escalas, mientras aquellas dispersadas por gravedad responden a la estructura del paisaje a escalas más pequeñas (Metzger 2000), para las dispersadas por viento la escala de incidencia es mucho mayor y abarca grandes extensiones hacia donde el viento logra diseminar semillas.

Además afectan también dos parámetros importantes: la complejidad de los bordes de parches y conectividad entre fragmentos aislados (Metzger 2000, Lindenmayer & Franklin 2002).

- a. Bordes: Metzger adjudica la importancia del borde a la competencia por los recursos, que es mayor en el borde con los mismos árboles vecinos y con organismos de actividades del otro lado del borde (como cultivos por ejemplo). Sin embargo Murphy y Lovett-Doust (2004) difieren con la afirmación de Metzger (2000), y para ellos la capacidad de las plantas de no percibir límites abruptos en los bordes de parches sino gradientes de cantidad y calidad de recursos útiles para su desarrollo adecuado hace carecer de importancia al parámetro de borde; en cambio ellos enfocan su atención en la influencia de la naturaleza de todo el mosaico dentro del paisaje.
- b. Conectividad: El segundo parámetro, la conectividad entre fragmentos aislados, es fundamental para que los árboles sean capaces de polinizarse y dispersarse a través del terreno por medio de agentes, de estar aislados por largas distancias el intercambio sería imposible y la población disminuiría con el tiempo.

Para todas las especies sobresale la importancia de la estructura de la matriz en las relaciones entre el paisaje y las comunidades fragmentadas, es decir que una matriz más amigable y con menos fricción proveerá mayores índices de conectividad para estas importantes especies de árboles, y todas en general (Metzger 2000, Ricketts 2001).

2.1.4 Funcionalidad del paisaje

La funcionalidad de un paisaje dependerá del punto de vista del investigador, ya que puede ser tanto de enfoque netamente ecológico como de un enfoque socioeconómico incorporado al ecológico; el resultado de la revisión bibliográfica indica que el enfoque más común y estudiado es aquel ecológico, sin embargo este estudio busca incorporar ambos.

En general el concepto de "paisaje funcional" hace referencia a la capacidad de un área delimitada de mantener objetos de conservación (organismos y ecosistemas) saludables y viables y de sustentar procesos ecológicos clave dentro de sus rangos naturales de variabilidad a largo plazo (Poiani & Richter s.f.). Esto se complementarían con el concepto de Turner *et al.* (2001) de un paisaje bajo el nuevo paradigma del no-equilibrio, en donde los sistemas ecológicos son pensados

como abiertos al mundo exterior y por tanto son regulados tanto por factores intrínsecos como extrínsecos, carecen de estabilidad por ser altamente dinámicos y que incorporan perturbancias e influencia humana (Turner *et al.* 2001). Poiani & Ritcher (s.f.) indican además que estos paisajes deben contar al menos con las siguientes características:

1. El tamaño y configuración de los paisajes funcionales estarán determinados por los objetos de conservación (es decir especies animales o vegetales seleccionadas para ser conservadas y/o manejadas) y los procesos ecológicos que los sustentan.
2. “Funcional” se refiere a la habilidad de un paisaje para mantener objetos de conservación saludables y viables a largo plazo (más de 100 años), incluyendo la habilidad de responder al cambio ambiental natural o de origen humano.
3. Los paisajes funcionales no excluyen necesariamente la actividad humana, pero ésta puede influenciar en gran medida la habilidad de dichas áreas para funcionar naturalmente.
4. Los paisajes funcionales en cualquier escala pueden requerir de manejo o restauración ecológicos para mantener su funcionalidad.

A manera de agregación personal, incluiría el siguiente atributo de los paisajes funcionales:

5. El paisaje debe ser capaz, además de ser viabilizador de especies de flora y fauna y conectar ecosistemas, de suplir las necesidades humanas locales mediante diferentes sistemas productivos sostenibles en el largo plazo, haciendo uso adecuado de los recursos naturales.

Además, Poiani & Ritcher (s.f.) sugieren cuatro atributos ecológicos para conocer y analizar el estado de funcionalidad de un paisaje (Poiani & Richter s.f.):

1. Composición y estructura de los objetos de conservación: que se refiere a presencia de especies, su estado actual de salud de sus poblaciones (incluyendo tasas de reproducción y demás índices), índices de biodiversidad, entre otros.
2. Regímenes ambientales y disturbios naturales: es decir, si periódicamente y de manera constante en el tiempo existen dichos regímenes y disturbios naturales clave (como incendios e inundaciones) que intervienen en el estado de viabilidad de las poblaciones bajo estudio.
3. Área dinámica mínima: suficiente para permitir la viabilidad y salud de los objetos de conservación dentro del paisaje, que además brinde posibilidades de resiliencia frente a eventos emergentes. En este aspecto es posible incluir el tema de presencia humana y sus

actividades conexas de sobrevivencia y bienestar. En otras palabras, proveer resiliencia socioecológica.

4. Conectividad: este último atributo tiene que ver con el acceso que puedan tener los objetos de conservación hacia todos los sistemas naturales y recursos necesarios para su subsistencia, es decir, que los estos puedan desplazarse mediante sistemas naturales conectados de manera segura, de acuerdo a sus necesidades.

Así, partiendo de la idea de que un paisaje funcional integra sistemas ecológicos saludables con intervenciones humanas, se diría que un paisaje funcional sería una asociación armónica entre ecosistemas capaces de brindar bienes y servicios, con sistemas humanos productivos y sostenibles que satisfagan las necesidades de una población responsable con la naturaleza. Serían paisajes que favorezcan tanto la conectividad para objetos de conservación (funcional y estructural), y que a la vez sean sostenibles socioeconómicamente. En términos generales, ésta es la condición de paisaje que busca el presente estudio, como una base para lograr el desarrollo sostenible en la zona de estudio.

“La evaluación del estado funcional de un área es crítica para formular estrategias apropiadas de conservación, manejo y restauración y para evaluar los usos humanos actuales y potenciales en dicha área” (Poiani & Richter s.f.). Es decir que las estrategias de conservación deben estar orientadas con enfoques ambientales/ecológicos y socioeconómicos en áreas donde la presencia humana es importante. Bennett enuncia cuatro medidas a tomar para alcanzar la funcionalidad del paisaje mediante estrategias de conservación, que son: 1) ampliar el área de hábitats naturales protegidos; 2) maximizar la calidad de hábitats existentes; 3) minimizar los impactos de usos de tierra circundantes; & 4) promover la conectividad de hábitats naturales para contrarrestar los efectos del aislamiento (Bennett 2004).

Este estudio hará especial énfasis en las últimas dos medidas de Bennett, a través del objetivo general de proponer alternativas para mejorar la conectividad funcional dentro de la Cordillera volcánica occidental de Guatemala con base a actividades productivas sostenibles de la población local.

2.1.4.1 Funcionalidad y servicios ecosistémicos

A partir de la idea de que las personas reconocen el valor de la naturaleza como fuente de alimentos, combustibles, materiales, recreación y seguridad, nace la percepción de los servicios ecosistémicos que incluyen productos y servicios para los cuales existen mercados y que normalmente su valor económico es no considerado y subestimado (Kareiva & Marvier 2007); en otras palabras los servicios ecosistémicos son aquellos procesos naturales a partir de los cuales los ecosistemas sostienen la vida del ser humano (Ricketts *et al.* 2006). De acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio realizada por las Naciones Unidas, los servicios se dividen en cuatro categorías (Millennium Ecosystem Assessment 2005):

- a. De soporte: ciclo de nutrientes, formación del suelo, producción primaria, por mencionar algunos.
- b. De aprovisionamiento: alimento, agua fresca, madera y fibras, combustible, entre otros.
- c. De regulación: regulación climática y de inundaciones, control de enfermedades, purificación hídrica, además de otros.
- d. Culturales: estéticos, espirituales, educacionales, de recreación, entre otros.

Cada uno de estos bienes y servicios derivados de los ecosistemas aporta en mayor o menor medida al bienestar del ser humano dándole seguridad, provisión de materiales, salud, oportunidad de desarrollo, promoción de redes sociales, entre otras; y sin embargo el análisis realizado indica que la mayoría de los ecosistemas han decaído en calidad y cantidad y además siguen siendo usados de manera no sostenible (Millennium Ecosystem Assessment 2005, Kareiva & Marvier 2007). De hecho, de acuerdo con Kareiva y Marvier (2007) nuestro ambiente consiste hoy en día en sistemas con influencia humana y por lo tanto la protección y consecuente manejo de la biodiversidad debe ser conseguida a través de un contexto de paisaje, en el que se consideran componentes naturales en asociación con urbes y sistemas agrícolas que sustentan la vida humana. Entonces, a partir del contexto del paisaje, la conectividad entre diferentes hábitats puede afectar muchos procesos, algunos de los cuales confieren beneficios económicos a poblaciones humanas locales (Ricketts *et al.* 2006).

En todo caso se ha promovido últimamente la conservación enfocada en manejo adecuado de los recursos naturales en lugar de un ambientalismo extremo, en donde las poblaciones humanas se identifiquen con las metas de conservación y por tanto aporten a ellas,

con el incentivo de además asegurar la provisión que necesitan de bienes y servicios ecosistémicos. Por tanto, muchos estudios y entre ellos el presente, buscan correlacionar la conservación con el desarrollo socioeconómico local como una medida que aporta a la reducción de la pobreza y al mismo tiempo a la regeneración y recuperación de ecosistemas degradados (Kareiva & Marvier 2007).

2.1.4.2 Alternativas para alcanzar la funcionalidad

Ozinga y colegas (2009) argumentan que en estos tiempos en donde la investigación sobre conectividad y funcionalidad han dado resultados claros el siguiente paso es buscar medidas de restauración (sobre todo de las infraestructuras de dispersión de las semillas de cada especie) que intervengan en regiones amplias que vayan más allá de la conservación (Ozinga *et al.* 2009). La conservación de infraestructuras de dispersión (que incluyen plantas y animales y representa una relación mutualista importante para poder dirigir objetivos de conservación) traducidas en usos de suelo más saludables permitirán que los vectores de dispersión hagan uso del paisaje para contribuir a perpetuar las especies y con ello las funciones, bienes y servicios que brindan.

Por tanto, cualquier recomendación derivada de este y otros estudios con similares objetivos debe dirigirse al uso y manejo adecuado del bosque como componente principal de la infraestructura de dispersión de las especies vegetales y animales; y a la minimización de efectos hostiles de la matriz por medio de prácticas agroecológicas. El uso del suelo, al traducirse también en algunos casos como medios de vida, representa el nexo directo hacia una transformación social de mayor aporte a la conservación pero también a una mejor calidad de vida consecuente de esta conservación, en donde el esfuerzo se ve reflejado en mejoras en su diario vivir.

Además, este énfasis en los mecanismos de dispersión, el enfoque en los usos de suelo, la conectividad y funcionalidad no es solamente importante para los sistemas ecológicos, sino también es fundamental para los sistemas agrícolas que pueden beneficiarse de servicios de dispersión de semillas de cultivos de importancia social para disminuir la vulnerabilidad alimentaria de los pobladores (e.g. el papel de la ardilla como dispersora de semillas en árboles frutales). Por tanto puede decirse que la salud de los sistemas naturales y su funcionamiento adecuado son la clave para disminuir la vulnerabilidad alimentaria de las poblaciones humanas y con ello, disminuir los índices de pobreza. Sin embargo y contrariamente, las poblaciones más

pobres son menos propensas a ocuparse de conservar pues sus prioridades están enfocadas en subsistir.

Es importante realizar y ejecutar planes de ordenamiento territorial que internalicen la importancia de la conectividad junto con la naturaleza de la matriz agropecuaria de modo que la resistencia y el efecto de borde disminuyan; esto puede ser posible a través de estrategias de manejo y adecuación de regímenes agroproductivos (Ricketts 2001). Además se debe considerar en la planificación y modelación de sistemas de conservación aspectos como la edad, orientación e historia de uso del borde y la matriz ya que influyen directamente sobre la magnitud, intensidad y temporalidad de la disturbancia ocasionada por el corte abrupto entre el sistema natural y la matriz agropecuaria (Murcia 1995).

A manera de recordatorio, Bennet (2004) enuncia cuatro medidas a tomar para alcanzar la funcionalidad del paisaje mediante estrategias de conservación, que son: 1) ampliar el área de hábitats naturales protegidos; 2) maximizar la calidad de hábitats existentes; 3) minimizar los impactos de usos de tierra circundantes; & 4) promover la conectividad de hábitats naturales para contrarrestar los efectos del aislamiento (Bennett 2004). Y Castellón & Sieving (2006) argumentan que tanto la protección de zonas por medio de corredores biológicos así como el manejo de vegetación en la matriz para estimular el movimiento de especies son alternativas igualmente viables para fomentar la conectividad en una región, la idea principal es aumentar la cobertura de la vegetación (Castellón & Sieving 2006).

Por tanto, una nueva “infraestructura de funcionalidad del paisaje” debe ser construida partiendo de áreas protegidas bien manejadas y con suficiente representatividad ecológica, áreas buffer o corredores biológicos con conectividad estructural y funcional real, y una matriz agropecuaria y urbana más saludable. La propuesta principal derivada de una amplia lista de estudios previos se denomina “Esquemas agroambientales” (o *agri-environmental schemes*) (Donald & Evans 2006, Ozinga *et al.* 2009), los cuales aportan consistentemente a la conectividad de los sistemas ecológicos y al bienestar social. El reto es desarrollar procesos de producción en el campo que coincidan con criterios actuales de conservación y manejo de la biodiversidad (Ozinga *et al.* 2009).

La conjugación de actividades productivas sostenibles con prácticas ecológicas junto con sistemas naturales saludables y resilientes permitirán que las especies optimicen y potencialicen sus capacidades de subsistencia en los paisajes heterogéneos, promoviendo la biodiversidad.

A continuación se presentan soluciones y alternativas generales que son directrices generales abundantemente estudiadas e incluidas dentro de cualquier iniciativa de conservación y manejo de sistemas ecológicos y productivos sostenibles:

Áreas protegidas:

La promoción de áreas protegidas de diferentes categorías de manejo siguen siendo la primera opción para conservación (Tewksbury *et al.* 2002). Se da especial mérito a reservas naturales privadas, en donde se incluyen fincas privadas con sistemas productivos sostenibles y sistemas de conservación efectivos que conviven en una misma unidad territorial. Similar es el caso de los bosques y áreas naturales bajo tenencia comunal, en donde los pobladores buscan proteger y conservar como respuesta a una directa recepción de bienes y servicios ecosistémicos. La participación voluntaria de propietarios ha sido la mejor opción para la sostenibilidad de estas iniciativas.

Esta promoción de áreas protegidas, corredores biológicos y otros mecanismos de conservación deben considerar los efectos del cambio climático global que tiene especial efecto en microclimas en donde especies sensibles pueden verse desplazadas o incluso eliminadas. Este cambio de temperatura y consecuentes condiciones del entorno son capaces de afectar tanto sistemas naturales como productivos, por lo que espacios protegidos hoy pueden no tener la misma capacidad de proteger organismos y recursos el día de mañana. En otras palabras, el paisaje debe ser una herramienta para que las especies sean capaces de adaptarse a cambio climático (Ozinga *et al.* 2009).

Modelar sistemas y mecanismos de conservación incluyendo esta variable determinante puede cambiar esquemas nacionales de áreas protegidas, incluyendo los corredores biológicos para lo que se recomienda aplicar el principio precautorio.

Manejo forestal:

Estas alternativas van desde aquellas que trabajan con sistemas naturales hasta aquellas que pretenden asociar al bosque a otros sistemas o incluso replantarlo, y surgen de una revisión bibliográfica sobre métodos de producción sostenible. Sin embargo hay algunos factores que deben considerarse antes de aplicar cualquiera de las alternativas, tales como la seguridad en la tenencia de la tierra, la distribución equitativa de los beneficios que puedan percibirse del manejo

(sobre todo en áreas comunales), la disponibilidad de recursos financieros, humanos y tecnológicos, la disponibilidad de apoyo técnico e institucional, adecuado monitoreo de procesos y resultados, entre otros (Cordero *et al.* 2003).

Algunas alternativas de manejo forestal son las siguientes (Montagnini *et al.* 1992 y Cordero *et al.* 2003):

- El **manejo del bosque natural** es quizás la alternativa de manejo forestal que más aporta a la conectividad por conservar en parte las condiciones originales del bosque y los organismos que lo habitan; su papel en la conectividad es básicamente ser hábitat fuente de especies forestales y refugio de especies animales dispersoras. Para aplicar esta alternativa de manejo es necesario conocer a fondo las características del bosque que se desea alterar, es decir su dinámica interna, la composición y abundancia de especies de árboles y las especies animales y vegetales asociadas; en tal caso es fundamental el papel del técnico forestal como colaborador del productor.

Algunos beneficios directos que el agricultor percibe y que lo puede incentivar a adaptar sus medios de vida para contribuir a la conectividad funcional de los bosques son: la generación directa de productos de autoconsumo como madera, leña, material de construcción, fibras, alimentos para humanos y animales de granja, para autoconsumo o para comercialización. Quizás no sea la alternativa más rentable económicamente en el corto plazo pero si es la más rentable ecológica y ambientalmente, no necesita una inversión inicial significativa y además brinda mayor estabilidad al productor por ser una herramienta de diversificación de la producción bajando su nivel de vulnerabilidad.

- En los **sistemas agroforestales y silvopastoriles** el denominador común es la asociación de árboles y parches de bosque con sistemas de producción agrícola y pecuaria respectivamente. La incorporación de árboles dentro de estos sistemas puede responder a varios fines, tales como producción de madera en menor escala, aprovechamiento de árboles frutales, árboles como cortinas rompe-vientos o como cercas vivas para proteger cultivos o ganado, árboles como fuente de forrajeo, árboles como fuente de sombra para animales y cultivos perennes, entre otros. La distribución y temporalidad de estas asociaciones dentro de la finca del productor depende de sus necesidades y de la manera en cómo se maximice la producción.

Esta es también una alternativa de diversificación de la producción y optimiza el uso de recursos, entre ellos el suelo. Esta metodología contribuye a la conectividad funcional del paisaje por medio de cercas vivías, “*stepping stones*”, masas forestales diversificadas y ser buen hábitat para especies dispersoras como aves y mamíferos pequeños.

- Programas de **reforestación y regeneración natural** se implementan con el fin de reducir la degradación de suelos, proteger cuencas hidrográficas, conservar biodiversidad, proveer bienes y servicios ecosistémicos y apoyar a los medios de sustento de los pobladores.

Desde el punto de vista de la conectividad y funcionalidad del paisaje la reforestación y regeneración natural del suelo (presente a través de arbustos y matorrales en este estudio) fungen un papel de viabilización del paisaje al disminuir el grado de hostilidad. Si bien la reforestación implica un proceso en el largo plazo, sus etapas de desarrollo contribuyen igualmente a la conectividad por medio de “*stepping stones*”. El problema puede residir en la singularidad de las especies que se reforestan, ya que normalmente una sola especie se planta en un área amplia de terreno, formando una masa arbórea que no necesariamente aporta a la biodiversidad o genera bienes y servicios como un bosque; es decir que las especies animales pueden movilizarse más seguramente a través de ese bosque replantado pero difícilmente encontrarán alimento especializado.

La debilidad de las reforestaciones consiste en la falta de seguimiento que se le da por parte de agricultores, quienes perciben el beneficio a largo plazo como riesgoso para su situación económica vulnerable. Esto puede ser parcialmente solucionado con programas de incentivos para la siembra y manejo de bosques reforestados; en Guatemala el PINFOR (Programa de Incentivos Forestales del Instituto Nacional de Bosques) es el más prominente.

- Las **plantaciones forestales** son otra alternativa de manejo forestal similar a la reforestación, pero se diferencia por tener fines netamente comerciales; es decir, esta plantación se establece con el fin de eventualmente tumbarla para ofrecer productos como madera para aserrío y leña.

Lo más común es encontrar plantaciones de una sola especie, sin embargo se ha detectado más beneficios en terrenos con varias especies de árboles maderables asociadas. Como en todos los casos previos, es necesario el acompañamiento técnico constante y el conocimiento de las especies con las que se trabaja. Esta alternativa necesita una atención más intensiva del productor, ya que debe seguir un régimen estricto de podas y raleos de los árboles que permitirán optimizar la calidad de la madera en arboles remanentes, obteniendo así mejores ganancias.

Desde el punto de vista de la conectividad, brindan sitio de guarecimiento para especies dispersoras y dependiendo de la diversidad de especies dentro de la plantación ésta podrá ser fuente de bienes y servicios, pero nunca será un bosque como tal.

Agroecología:

El fin principal es minimizar el espacio de efecto en el área para maximizar la efectividad de los espacios de conservación dentro de las áreas y así reducir su vulnerabilidad (Debinski & Holt 2000). Se busca estimular el movimiento de especies mediante la interacción con una matriz menos hostil y con mayor cobertura vegetal (Castellón & Sieving 2006), que es precisamente el diseño de mosaicos bien conjugados y armoniosos en el paisaje. Los grupos de organismos que probablemente se beneficiarían más por la restauración de la matriz serán aquellos con capacidades medias de dispersión como reptiles, anfibios, mamíferos y algunos invertebrados, por el contrario organismos con poca capacidad de dispersión como algunos invertebrados, plantas y árboles quizá no reciban tantos beneficios de esta restauración (Donald & Evans 2006).

La agroecología es un concepto amplio que toma bajo consideración diferentes metodologías y prácticas, unas más restrictivas que otras, pero que finalmente dependen de las necesidades del agricultor y las condiciones del contexto rural. La agroecología básicamente busca explotar las complementariedades y sinergias que surgen al combinar cultivos, árboles y animales en diferentes arreglos espaciales y temporales (Altieri & Nicholls 2000). Así, se toman en cuenta los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas (Altieri & Nicholls 2000), con el fin de equilibrar el ecosistema, y lograr buenos rendimientos en cultivos que retribuyan satisfactoriamente a los productores agropecuarios y los incentiven a contribuir a la conservación de la biodiversidad.

Clasificados de acuerdo a la actividad, algunos ejemplos de actividades agroecológicas son (Benzing 2001, Gliessman 2002):

Agricultura: agricultura orgánica, manejo integrado de plagas, eliminación de monocultivos, rotación de cultivos, aprovechamiento de organismos y microorganismos benéficos, sistemas de aprovechamiento de viento, sistemas de cultivos en terrazas.

Ganadería: ganadería orgánica con sistemas de estabulación, uso de biodigestores para aprovechamiento de desechos, implementación de medidas de conservación de suelos, cercas vivas, uso de tecnología amigable con el ambiente, entre otros.

Sin embargo, aun con toda la variedad de técnicas agroecológicas existentes, se puede decir que todas comparten denominadores comunes tales como mayor diversificación de cultivos, el uso de rotaciones con leguminosas, la integración de la producción animal y vegetal, el reciclaje y uso de residuos de cosecha y estiércol, y el uso reducido de productos químicos sintéticos (Altieri & Nicholls 2000), además no se utilizan fertilizantes de síntesis ni pesticidas, utiliza la materia orgánica como base de preparaciones, lo mismo que microorganismos (Pazderka 2003 y Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica 2010).

Hacer más sostenible y amigable la tierra agrícola podría ayudar a disminuir fragmentación y pérdida de biodiversidad; estos “nuevos” esquemas agronómicos buscan por una parte optimizar rendimientos productivos con calidad y con menor contaminación por químicos para sostener a la población humana, y por la otra reparar y mitigar el daño ambiental promoviendo la vida silvestre, biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos que prestan, tales como conservación de suelos y protección de fuentes hídricas, entre otros (Donald & Evans 2006). En algunos casos los mecanismos pueden ser costosos de implementar (Donald & Evans 2006), más por medio de políticas y programas nacionales sería posible hacerlos más accesibles a la población.

2.2 Componente socioeconómico

2.2.1 Enfoque de medios de vida

El término “medios de vida” proviene principalmente de las conceptualizaciones hechas por Robert Chambers y Conway basados en temas de lucha contra la pobreza de organizaciones internacionales y se refiere a “las capacidades, los activos/recursos (tanto materiales como sociales) y las actividades requeridas para satisfacer una forma de vida” (Imbach *et al.* 2009). El enfoque se compone de 3 niveles de análisis: capitales, medios y estrategias de vida.

2.2.1.1 Capitales

También denominados activos o recursos son los bienes o recursos que disponen las personas, grupos y comunidades para satisfacer sus necesidades. Estos recursos son, según la disponibilidad, acceso, uso y beneficios, los que determinan la calidad de vida de las comunidades.

Estos pueden preservarse, gastarse e incrementarse según las estrategias de vida en curso. Debe tenerse presente que una mayor dotación de recursos disponibles permite ejercer mayor libertad para diseñar las estrategias de vida y lograr una menor vulnerabilidad (Imbach & Bartol 2010). Existen siete grupos de capitales: humanos, culturales, sociales, políticos, naturales, financieros y de infraestructura; descritos a continuación (Imbach *et al.* 2009):

1. Humanos: se refiere a las personas, los habitantes de las comunidades, sus atributos y capacidades (lo que son y lo que se llevan “puesto” consigo si se van a otra comunidad). Se consideran como recursos humanos a las mismas personas, sus habilidades, su salud, nivel de educación, los conocimientos que les permiten a las personas concretar sus estrategias de medios de vida.
2. Culturales: aspectos culturales característicos de la comunidad o de los grupos que la componen en cuanto a los valores y otros aspectos que constituyen el “legado cultural” específico del grupo. Entre otros aspectos incluyen el concepto de qué puede cambiarse y qué no se puede cambiar; conocer y hacer explícito este último aspecto (tanto para los integrantes de la comunidad como para quienes median procesos) resulta de vital importancia para la apropiación y el éxito de cualquier proceso de cambio.
3. Sociales: se conforma de las formas de relación horizontal dentro de la comunidad y son estructuras organizativas existentes. Se incluyen tanto las permanentes (e.g. comités de desarrollo, juntas de agua) como las temporales (e.g. grupos que se organizan para hacer el tendido de las tuberías de agua o para hacer frente a una emergencia).
4. Políticos: incluye a todas las instituciones que permiten la relación de la comunidad con instancias jerárquicas del Estado fuera de la misma con el fin de lograr objetivos comunitarios. Entre estos recursos se incluyen las representaciones de las instituciones activas en el área (no es necesario que tengan sedes físicas en la comunidad pero sí que tengan presencia) tales como ministerios (salud, educación, de agricultura y demás), organizaciones civiles, agencias de cooperación y sus proyectos, partidos políticos y otros.

5. Naturales: se refiere a los recursos naturales y servicios derivados de ellos que conforman el entorno de la comunidad y permiten el desarrollo de las estrategias de vida de sus integrantes. Esta dotación incluye las tierras, aire, suelo, subsuelo, agua (lluvias, río, mantos acuíferos, mar, lagunas y lagos), bosques, biodiversidad, recursos pesqueros, paisaje y minerales, funciones que generan servicios ecosistémicos a la comunidad y otros. Además del análisis de los recursos en sí, es importante analizar sus condiciones de conservación, producción y degradación, su evolución, las distintas modalidades de acceso y quiénes gozan de dicho acceso, su uso, los beneficios derivados de su uso y otros.
6. Productivos y financieros: ligados a actividades que generan ingresos en dinero (empleo, comercio, industria) así como otros bienes económicos directos (como alimentos para el consumo familiar) o convertibles fácilmente en dinero como la producción agropecuaria, la forestal, la extracción de productos silvestres y otros. Dentro de estos recursos se incluyen otros muy relacionados como el crédito, préstamos, ahorros y otros.
7. De infraestructura: o también construidos o físicos, comprenden a toda la infraestructura física a la que se tiene acceso. La misma incluye tanto la que da soporte a los servicios vitales para las comunidades (escuelas, puestos de salud, acueducto, tratamiento de aguas residuales y basuras, telecomunicaciones, electricidad y otros) como a los bienes inmuebles que soportan a las actividades productivas (sistemas de riego, silos, depósitos y otros).

2.2.1.2 Medios de vida

Son las formas concretas en que las personas, grupos y comunidades usan (y combinan) los recursos o capitales disponibles. Esto se traduce en una serie de actividades productivas y no productivas que realizan las personas, grupos y comunidades para satisfacer parte de sus necesidades; cada una de estas actividades es un medio de vida (Imbach & Bartol 2010).

Los medios de vida agroproductivos tienen como propósito generar ingresos o producir bienes para autoconsumo y algunos ejemplos son la parcela productiva de maíz (o de cualquier otro cultivo), los animales domésticos (desde ganado hasta gallinas), una tienda familiar, el trabajo asalariado temporal o permanente y otros. Sin embargo existen también medios de vida no agropecuarios, tales como remesas, migración por cierto número de meses para una actividad determinada, entre otras (Imbach & Bartol 2010).

Este enfoque plantea que las formas de vida están definidas por un conjunto de factores (humanos, sociales, políticos, económicos, infraestructurales y naturales) en lugar de ser un tema unidimensional, como se planteaba previamente. Es decir, que antes la idea era que la pobreza era cuestión de solamente no tener dinero y ahora es posible percibir la complejidad de la pobreza más allá de eso, asumiendo que responde a condiciones sociales, de capacidades, disponibilidad de oportunidades y recursos, contextos nacionales y locales, presencia institucional, entre otros temas. Entonces este enfoque multidimensional conduce a una serie de procesos de análisis para identificar variables de cada sitio, sus fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades, y su interacción para poder hacer mejores intervenciones para el cambio (Imbach *et al.* 2009).

Bajo la premisa anterior se puede decir entonces que “un medio de vida es sostenible cuando puede sobrellevar y recobrase del estrés y de los golpes y mantiene o mejora sus capacidades y recursos tanto en el presente como en el futuro, sin desmejorar la base de recursos naturales”; esta sostenibilidad implica (Imbach *et al.* 2009):

- Resiliencia: capacidad de recuperarse frente a la adversidad.
- Autonomía de apoyos externos (en el caso en que se dependa este apoyo es sostenible a lo largo del tiempo).
- Mantenimiento de la productividad de los recursos naturales que necesita.
- Ausencia de efectos negativos a los medios de vida propios o ajenos.

2.2.1.3 Estrategias de vida

Las estrategias de vida son comprendidas por la combinación de diferentes medios de vida de las personas, familias y grupos de las comunidades, con el fin de satisfacer sus necesidades (Figura 4). Básicamente las estrategias de vida muestran las interacciones entre diferentes medios de vida, como por ejemplo, la interacción de cultivos anuales y ganado vacuno lechero dentro una finca, en donde se genera alimento para consumo familiar pero también para comercio local, adquiriendo con este comercio los recursos necesarios para financiar educación y salud (Imbach & Bartol 2010). En otras palabras significa que las personas combinan una serie de actividades como en un mosaico o portafolio que les ayuda a desarrollar su vida (Scoones 2009).

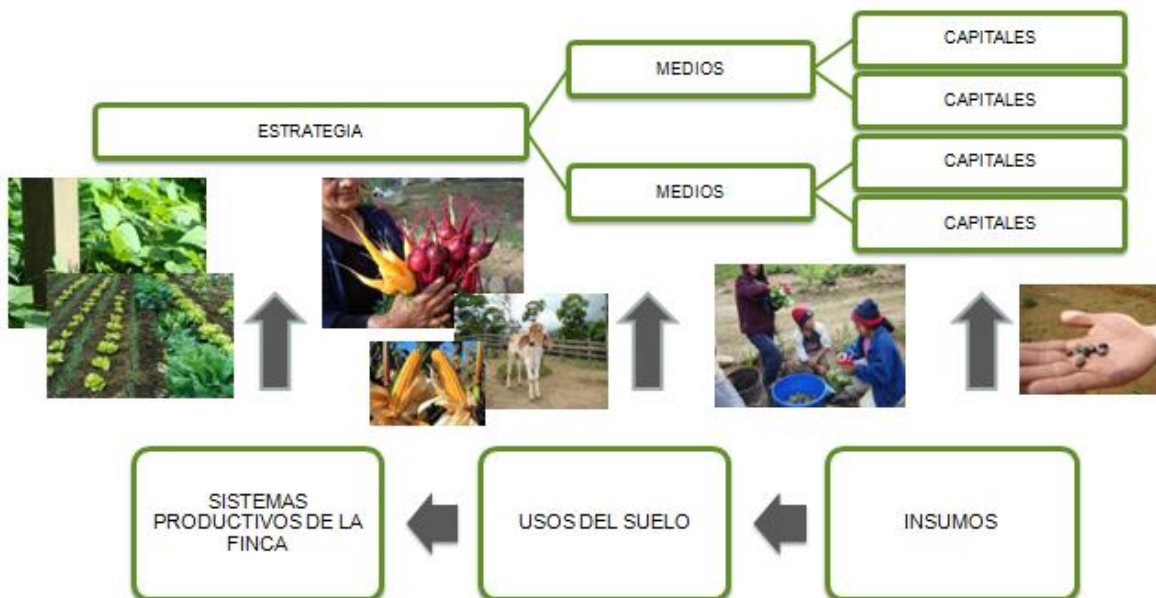


Figura 4. Evolución desde un medio de vida hasta la estrategia.

“Esta secuencia que conecta recursos con medios y con estrategias permite apreciar claramente la diversidad de formas en que las personas resuelven la problemática de satisfacer sus necesidades, y esto lleva al siguiente paso que es la identificación de las necesidades que son satisfechas (o no) por cada una de estas estrategias” (Imbach & Bartol 2010). Como un aporte adicional, el análisis puede dar información sobre la calidad de vida de las personas, abarcando de nuevo el tema de la pobreza pero esta vez vista como las necesidades satisfechas o no por dichas estrategias, lo que orientará entonces la prioridad respecto a las situaciones en las que se puede y debe intervenir o causar impactos hacia mejoras.

Por otra parte, las estrategias de vida se dinamizan dentro de un contexto político, institucional, económico y de estructura física que le rodea. Se realizan procesos de intercambio entre la estrategia y el contexto delimitando muchas veces la existencia, disponibilidad, acceso, uso y beneficios relacionados con los recursos que necesitan (Imbach *et al.* 2009). Según Albert Hirschman (citado por Chambers en “Rural Development, Putting the last First”, y citado por Imbach *et al.* 2009) hay tres opciones de estrategias:

1. Estrategia de salida: escapar de la condición de pobreza a través de migración o la educación/capacitación que permita acceder a empleos mejor remunerados.

2. Estrategia de hacer oír su voz: se entiende hacer oír sus derechos mediante organizaciones, protestas colectivas o fuerzas que les permitan ganar posiciones en la negociación.
3. Estrategia de lealtad: es la más usada de las estrategias, e implica la acomodación a las condiciones dadas y tratar de lograr lo mejor sin cambiarlas.

Entonces, los resultados del análisis de las diferentes estrategias de vida varía de acuerdo a su recorrido o trayectoria, es decir, que una estrategia de vida es dinámica y su evaluación debe entonces enfocarse en términos de la forma en que copia condiciones de otros, en cómo es capaz de adaptarse a cambios, en ver si es posible implementar mejoras, si es capaz de diversificarse y fortalecerse, y si puede en el mayor de los casos, transformarse; esta evaluación debe ir desde la escala más pequeña (como individuos y familias) hasta escalas mayores a nivel de comunidades e incluso Departamentos (Scoones 2009). Precisamente este estudio busca alternativas de adaptación y mejora de los medios de vida locales en aras de la conectividad funcional pero también del bienestar socioeconómico.

De acuerdo con Scoones (2009), todos estos enfoques a diferentes escalas y con diferentes actores, tales como trabajo con comunidades, análisis de género y de beneficio económico, investigación y análisis de sistemas agroproductivos, sistemas participativos e inclusivos, estudios de cambios socioeconómicos y ambientales, relacionados a política, ecología, sustentabilidad, resiliencia y demás variables, deben siempre ofrecer dentro del complejo mundo rural, la promoción del desarrollo integral (Scoones 2009).

2.2.2 Medición del éxito de los medios de vida: pobreza y vulnerabilidad alimentaria

La pobreza y el hambre son dos indicadores directos de que las necesidades de las poblaciones humanas no están siendo satisfechas por medio de los medios de vida actuales, y tal es su importancia que las Naciones Unidas les ha incluido en el listado de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (con plazo de vencimiento para el año 2015). Más específicamente el Objetivo 1 indica que es necesario erradicar la pobreza y el hambre basándose en una promoción de sus ingresos, más empleo y disponibilidad e alimentos (Organización de las Naciones Unidas 2011).

Dada su importancia a nivel mundial, la capacidad de los indicadores para denotar necesidades insatisfechas y la disponibilidad de datos e información, estos dos indicadores han sido seleccionados en este estudio para elaborar el análisis sobre medios de vida de las poblaciones de la Cordillera. A continuación se explica cada indicador.

2.2.2.1 Pobreza

De acuerdo con la ONU, la pobreza es mucho más que falta de ingresos y recursos productivos para asegurar medios de vida sustentables, e incluye además temas de hambre y malnutrición, acceso limitado o ausente a educación y servicios básicos, implica discriminación social y exclusión de grupos de toma de decisión (Organización de las Naciones Unidas 2011).

Como indicador, la pobreza se calcula midiendo el porcentaje de personas cuyos ingresos son inferiores a US\$1 por día; sin embargo el defecto de este indicador radica en que esta es una cifra variable de acuerdo a dinámicas mercantiles y comerciales globales por lo que nuevos indicadores multidimensionales y más completos están surgiendo (Organización de las Naciones Unidas 2011).

En aras de erradicar la pobreza de raíz y poder responder a los Objetivos del Milenio, la ONU indica que es necesario proveer a las personas de recursos productivos, incluyendo crédito, educación y capacitación para poder suplir sus necesidades básicas. Además es necesario enfocar esfuerzos contra la pobreza buscando siempre el desarrollo integral y sostenible de las personas, empoderándolas a través de su participación en aspectos políticos, económicos y sociales, y sobre todo el involucramiento en diseño e implementación de políticas que les afectan directamente y pueden mejorar su calidad de vida (Organización de las Naciones Unidas 2011).

2.2.2.2 Vulnerabilidad alimentaria

Para entender el concepto de la vulnerabilidad es necesario comprender lo que significa la seguridad alimentaria. Ésta última existe cuando todas las personas poseen acceso permanente a alimentos nutritivos, seguros y suficientes que suplan sus necesidades y preferencias, y que les permitan tener una vida activa y saludable; este concepto puede aplicarse a nivel individual, familiar o de grupos. Por el contrario la inseguridad alimentaria existe cuando las personas no tienen acceso físico, social o económico adecuado para conseguir estos alimentos (FAO 2003).

La vulnerabilidad por su parte, se refiere a un amplio rango de factores bajo los cuales una población determinada puede encontrarse en riesgo de tener inseguridad alimentaria. Esta vulnerabilidad está determinada por su exposición a factores de riesgo así como por su capacidad de sobrellevar y superar situaciones de estrés o daño (FAO 2003).

Estas personas son comúnmente vulnerables a cualquier otra situación (no alimentaria) como discapacidades, enfermedad, edad y otras; además son personas cuya dotación de recursos es insuficiente por lo que es difícil producir ingresos provenientes de cualquier fuente; y además sus características particulares y disponibilidad de recursos los hacen más vulnerables a cualquier cambio social o económico a más amplia escala (e.g. cambio de precios en productos) (FAO 2003).

Para medir y poder mapear esta vulnerabilidad se ha creado el índice de Vulnerabilidad Alimentaria (VAM), el cual es un índice compuesto de varios indicadores y variables que se han asociado para categorizar a las poblaciones según su estado respecto a la disponibilidad de alimentos y las situaciones que le rodean. En particular cada país puede adaptar su propia metodología para detectar el VAM, sin embargo todas ellas son validadas por la FAO y el Programa Mundial de Alimentos (PMA). En el caso particular de Guatemala, el VAM fue el resultado de la conjugación de tres grupos de variables (FAO 2005, Fernández 2011):

- El índice de Situación Alimentaria, con una ponderación de 40%. Se conformó de las variables de Porcentaje de Pobreza Extrema (35%), Desnutrición Crónica (40%) y Disponibilidad de Alimentos (25%).
- Índice de Amenazas, con una ponderación de 25%. Éste considera las variables de Amenaza por Sequía (60%), Amenaza por Heladas (20%) y Amenaza por Inundación (20%).
- Índice de Capacidad de Respuesta, con una ponderación de 35%. Este incorpora las variables de Densidad de Carreteras en el municipio (40%) y Disponibilidad de Suelo Cultivable (60%).

El índice da como resultado valores entre cero (0) y uno (1), que indica que mientras el valor resultado se aproxime a uno, la vulnerabilidad es mayor.

De acuerdo con Fernández (2011), “el índice de vulnerabilidad bajo la metodología de Guatemala, refleja adecuadamente las desigualdades que caracterizan al país y recupera los elementos de carácter estructural y largo antecedente, así como efectos de fenómenos recientes como cambios climáticos y reconversiones en la producción y el empleo” (Fernández 2011).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del sitio

El trabajo se llevó a cabo en la Cordillera volcánica occidental de Guatemala, Guatemala, zona delimitada por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas a través de la propuesta de Corredores Biológicos para el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (CONAP 2010). El corredor abarca desde el volcán Tacaná a 4,092 msnm (la parte más alta considerada en este estudio) en el departamento de San Marcos hasta el Lago de Atitlán en el departamento de Sololá que se encuentra a 1,500 msnm (la parte más baja); ambas son áreas protegidas incluidas dentro del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas, la primera bajo la categoría de Zona de Veda Definitiva y la segunda una Reserva de Uso Múltiple de la Cuenca del Lago.

El corredor de la Cordillera volcánica occidental en Guatemala, adaptado a como se propone en este estudio, ocupa un área de 460,162 ha (4,601.62 km²) que forma parte de la Sierra Madre y atraviesa además los Departamentos de Chimaltenango, Sololá, Totonicapán, Quetzaltenango, Suchitepéquez, San Marcos, Quiché y Huehuetenango; abarcando total o parcialmente 83 territorios municipales (Figura 5).

Esta franja montañosa y volcánica cuenta con la mayor cantidad de microclimas del país, con temperaturas promedio anual que van desde los 8°C hasta los 29°C, con un promedio de precipitación anual entre 1,000 y 2,000 mm que aumenta en la medida que se dirige hacia el Sur (Secretaría de Seguridad Alimentaria del Gobierno de Guatemala *et al.* 2009).

Los ecosistemas presentes son en su mayoría bosques latifoliados y mixtos, y en menor medida bosques de coníferas (URL IARNA 2004, CONAP 2010). El área ocupa regiones fisiograficas-geomorfológicas denominadas Tierras altas volcánicas y Pendiente volcánica reciente, con suelos taxonómicamente clasificados como Andisoles, Entisoles e Inceptisoles (URL IARNA 2004). Las zonas de vida de Holdridge presentes en el área son Bosque muy húmedo montano bajo (el predominante), Bosque muy húmedo montano, Bosque húmedo montano bajo y Bosque muy húmedo subtropical (c) en donde predomina la producción cafetalera (CONAP 2010).

Además en la zona existen aproximadamente 30 áreas protegidas comprendidas mayormente por conos volcánicos (declarados como zonas de veda definitiva), reservas naturales privadas y la más grande, la Cuenca del Lago de Atitlán (CONAP 2010).

Los usos del suelo dominantes son (URL IARNA 2004): parches de bosques de especies de latifoliadas, coníferas, y bosques mixtos; arbustos y matorrales, como sistemas en sucesión secundaria; cultivos anuales como granos básicos (maíz y frijol principalmente) y hortalizas (en grandes cultivos para comercio); cultivos perennes de café hacia la zona Sur del corredor; pastos cultivados y naturales; zonas urbanas, en donde la más grande y significativa es la ciudad de Quetzaltenango; y otros usos que abarcan pequeñas extensiones, que incluyen plantaciones forestales y mosaicos de cultivos. Estos usos dan lugar a ciertas estrategias de vida locales, que son la actividad productiva cafetalera, agricultura de granos básicos para subsistencia, venta de mano de obra local para actividades agrícolas y comercio, y actividad agroturística; se cultivan gran variedad de hortalizas para consumo local y para venta en mercados externos, hay también turismo, manufactura de artesanía y el comercio en general (Secretaría de Seguridad Alimentaria del Gobierno de Guatemala *et al.* 2009).

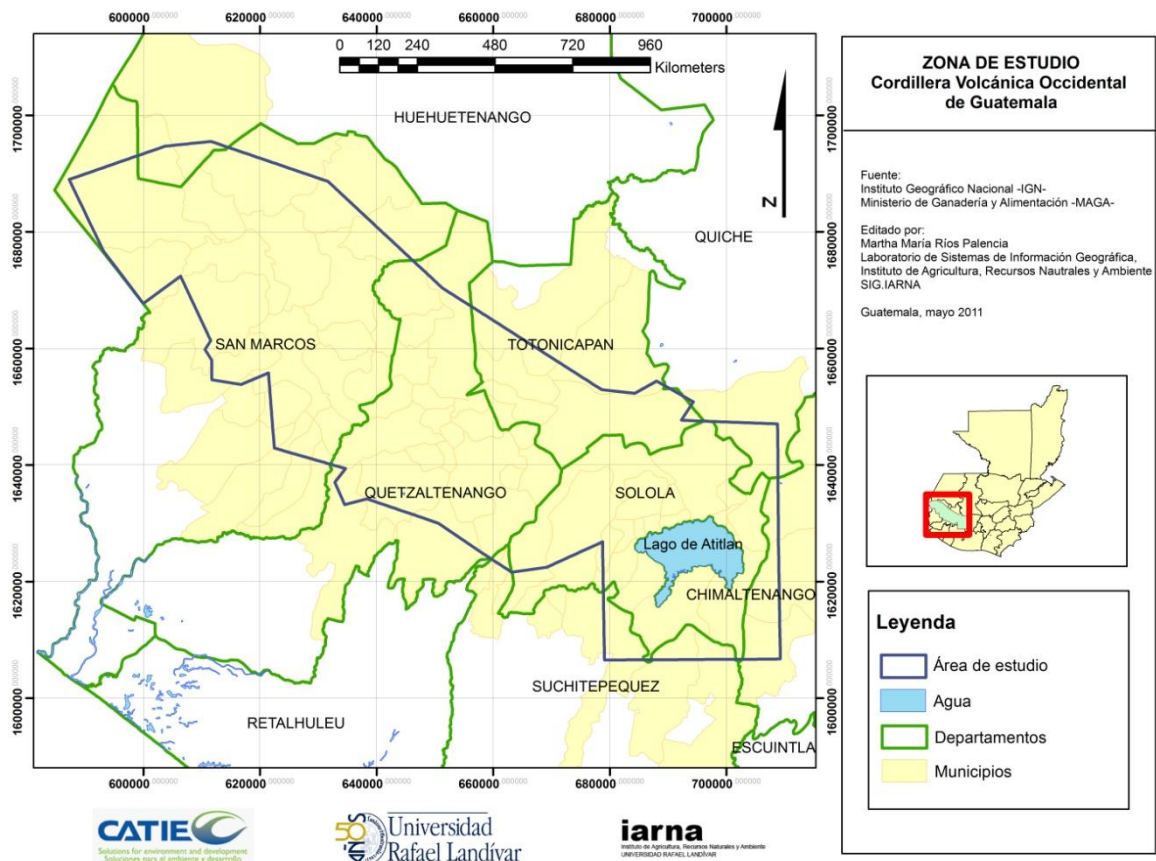


Figura 5. Delimitación de la Cordillera volcánica occidental de Guatemala

Fuente: Elaboración propia, 2011.

El número de habitantes por kilómetro cuadrado (densidad poblacional) de la zona es de las más altas en el país, solamente después de la ciudad capital por lo que el impacto sobre los sistemas naturales por parte de poblaciones humanas es más intenso que en otros sitios. En cifras, el Departamento central de Guatemala tiene una densidad de 1,209 hab/km², mientras que Quetzaltenango cuenta con 348 hab/km², Totonicapán con 342 hab/km², Sololá con 289 hab/km² y San Marcos con 224 hab/km²; en contraste, el Departamento de Petén al Norte del país tiene una densidad de 9 hab/km² (URL IARNA 2004).

Cabe mencionar que la Reserva de Uso Múltiple de la Cuenca del Lago es el área protegida más habitada por seres humanos en Guatemala (Secretaría de Seguridad Alimentaria del Gobierno de Guatemala *et al.* 2009). Además, la Cordillera concentra el mayor porcentaje de población indígena del país; aquí habitan poblaciones de diversas etnias, en su mayoría de origen Maya K'iche', Tz'utujil, Kaqchikel y Mam, además de Ladinos, que en otras latitudes se conoce como "criollos" (Secretaría de Seguridad Alimentaria del Gobierno de Guatemala *et al.* 2009).

Respecto a la tenencia de la tierra, de acuerdo con PNUD (2002) citado por URL IARNA (2004), hay un minifundio creciente, con un distribución de tierras en microfincas y fincas subfamiliares (cuyo tamaño va de 5.4 a 3.6 ha), lo que significa que la mayor parte del área está dividida en pequeñas fincas. En la parte Sur la tendencia cambia hacia latifundio en la medida que se establece la zona cafetalera y de cultivos perennes.

3.2 Metodología

3.2.1 Resumen de metodología

La metodología de este estudio se basó en los siguientes pasos (Figura 6), explicados posteriormente.

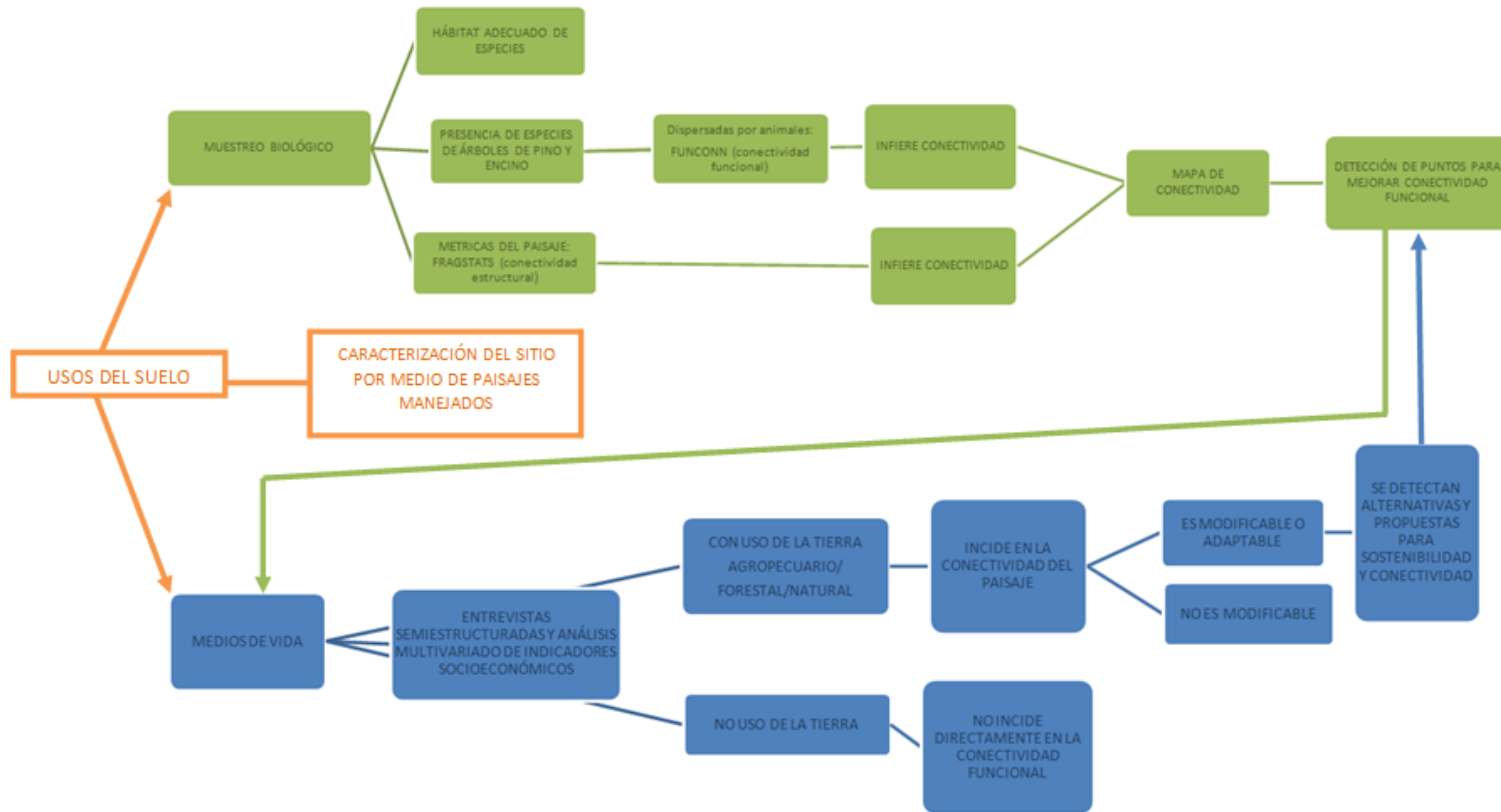


Figura 6. Diagrama resumen de la metodología de trabajo

3.2.2 Caracterización del área

La caracterización se llevó a cabo mediante la metodología de paisajes manejados propuesta por Imbach (2010); en donde con “paisajes” se quiere evidenciar el componente ecológico y con “manejados” la idea de que intervienen personas y la importancia del componente social. Estos son unidades territoriales relativamente homogéneas tanto ecológicamente como socialmente y su determinación se basa en parámetros como temperatura/altitud, agua, pendientes y uso de la tierra, explicados a continuación.

Para la realización del proceso se hizo uso de SIG y se utilizaron mapas de la Cordillera volcánica occidental a escala 1:50,000. El territorio se subdividió de acuerdo a las zonas de vida Holdridge (basadas en la clasificación de las diferentes áreas terrestres y su vegetación delimitada por condiciones bioclimáticas locales) presentes en el área (CONAP 2010). Posteriormente, las zonas de vida se subdividieron para dar lugar a “grandes paisajes” con base en dos criterios:

- a. Taxonomía de suelos de acuerdo a USDA para Guatemala (URL IARNA 2004).
- b. Influencia de cuerpos de agua (lagos y ríos) incluyendo zonas inundables regularmente.

Finalmente los grandes paisajes se subdividieron de acuerdo a:

- a. Régimen de protección de la tierra, definiendo si son áreas protegidas bajo el Sistema Nacional de Áreas Protegidas o no.
- b. Principales usos de la tierra, desde usos naturales hasta zonas urbanizadas.

En resumen, los criterios de delimitación de paisaje en este estudio se presentan en el siguiente Cuadro 2.

Cuadro 2. Metodología de paisajes manejados

CRITERIOS DE DELIMITACIÓN DE PAISAJES MANEJADOS	
CRITERIO 1	
Zonas bioclimáticas: zonas de vida	Bosque muy húmedo montano bajo
	Bosque muy húmedo montano
	Bosque húmedo montano bajo
	Bosque muy húmedo subtropical (C)
CRITERIO 2	
Taxonomía de suelos USDA	Andisoles
	Entisoles
	Inceptisoles
Agua	Lago de Atitlán

CRITERIO 3	
Estado de protección	Área Protegida
	No área protegida
Uso de la tierra	Bosques (de latifoliadas, coníferas y mixtos)
	Arbustos y matorrales
	Cultivos anuales (granos básicos y hortalizas)
	Cultivos perennes (café)
	Pastos y herbazales (cultivados y naturales)
	Poblados
	Otros (plantaciones forestales y mosaico de cultivos, arenas y otros)

Fuente: Elaboración propia con base en The Nature Conservancy 2007 e Imbach 2010.

Como primer paso se realizó la recategorización de usos del suelo y a partir de allí los análisis siguientes. Para la recategorización se partió de un listado original de 62 usos de suelo que se agruparon en siete finales (Anexo 8.1 y Figura 7). Este mapa fue realizado por el Laboratorio de SIG de URL/IARNA con insumos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala (MAGA) generados en el año 2003; el mapa se realizó bajo el sistema de coordenadas cartográficas WGS84, con un tamaño de pixel (o celda) de 25x25 m.

Esto resultó en varios paisajes (unidades o polígonos distinguibles unos de otros) que hicieron posible la caracterización de la zona de estudio, identificando principalmente aquellos paisajes cruciales para contribuir al aumento de la conectividad por tener poblaciones significativas de bosques, arbustos, matorrales y cultivos perennes, aquellos que sean más repetitivos y aquellos que ocupan mayor área dentro de la Cordillera.

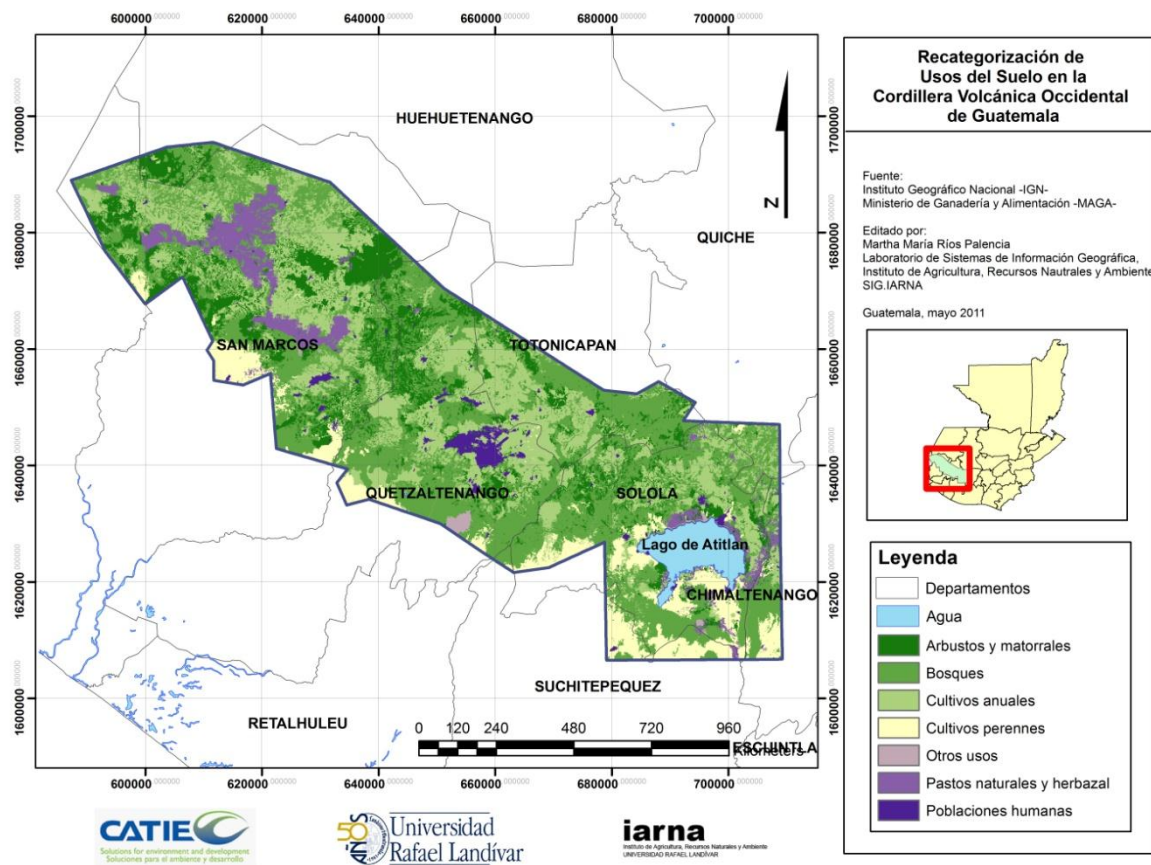


Figura 7. Recategorización de usos del suelo en la Cordillera

3.2.3 Análisis de conectividad

3.2.3.1 Muestreo biológico

Una vez caracterizados los paisajes manejados dentro de la Cordillera se realizó el muestreo biológico. Para ello se tomaron cinco especies de árboles (Cuadro 3) como indicadores de conectividad funcional; los criterios usados para seleccionarlas fueron:

- Que dentro del listado existan especies endémicas de la zona;
- Que se seleccionen tanto especies pioneras (oportunistas o de rápida colonización) como especies longevas.
- Que entre sus mecanismos de dispersión esté la realizada por animales (como primera o segunda estrategia), lo que ayudará a establecer conexiones directas entre árboles con sus dispersores, dando más información sobre la funcionalidad del paisaje para varias especies;

- Que tengan distribución sobre toda el área de trabajo (en la medida de lo posible);
- Que sean fáciles de identificar en el campo; y
- Que al menos una de las especies seleccionadas tenga importancia para las poblaciones humanas locales, es decir que tenga uso o aprovechamiento.

Las especies seleccionadas fueron:

Cuadro 3. Especies de árboles muestreadas en la Cordillera volcánica occidental de Guatemala

NO.	ESPECIE DE ÁRBOL	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	ÁREA DE ENDEMISMO	MECANISMO DE DISPERSIÓN	POLINIZACIÓN	TAMAÑO MÁXIMO DE LA PLANTA	USO HUMANO
1	<i>Pinus ayacahuite</i>	Pinaceae	Pino , ocote	México y Centroamérica	Viento y mamíferos	Viento	45 m	Madera para carpintería, combustible, extracción de resina, medicinal
2	<i>Pinus hartwegii</i>	Pinaceae	Pino, ocote	México, Guatemala y Honduras	Viento y mamíferos	Viento	30 m	Extracción de resina
3	<i>Pinus pseudostrabus</i>	Pinaceae	Pino blanco o pino liso	México y Centroamérica	Viento y mamíferos	Viento	45 m	Construcción, para leña, madera cortada y decorativos
4	<i>Quercus acatenangensis</i>	Fagaceae	Roble, encino, chicharro	Guatemala y México	Mamíferos y aves	Viento	30 m	Madera, medicinal
5	<i>Quercus sapotifolia</i>	Fagaceae	Roble, encino colorado	México y Centroamérica	Mamíferos y aves	Viento	20 m	Madera, aserrío, construcción y leña

Fuente: Realizado con información de Missouri Botanical Garden 2010, Earle 2010, IUCN 2010 & Wikipedia project 2010.

Nota: Una descripción más detallada de cada una de las especies se presenta en el Anexo, Inciso 8.2.

Mediante el trabajo de campo, el fin fue confirmar la presencia las especies dentro de la Cordillera y tener un primer acercamiento acerca de su ubicación actual, asociaciones naturales y usos que les da la población. La selección de sitios para localizar los árboles no ha sido sistematizado, sino que más bien ha respondido a la posibilidad de encontrar un buen bosque con especies que se buscan y también a la posibilidad de poder acceder a zonas que no atenten contra la seguridad del equipo de trabajo. Por tanto se ha optado por la siguiente condición metodológica: Recorrer la Cordillera en búsqueda de cada árbol o bosque accesible y seguro que

contenga las especies descritas previamente; que sean al menos tres sitios separados por al menos un kilómetro de distancia.

En la Figura 8 se grafica el muestreo biológico a través de toda la Cordillera volcánica occidental en 45 sitios georeferenciados. Las plantas fueron encontradas con ayuda de guías descriptivas. Básicamente se registró la salud y el tamaño de las plantas, así como la presencia de organismos dispersores.

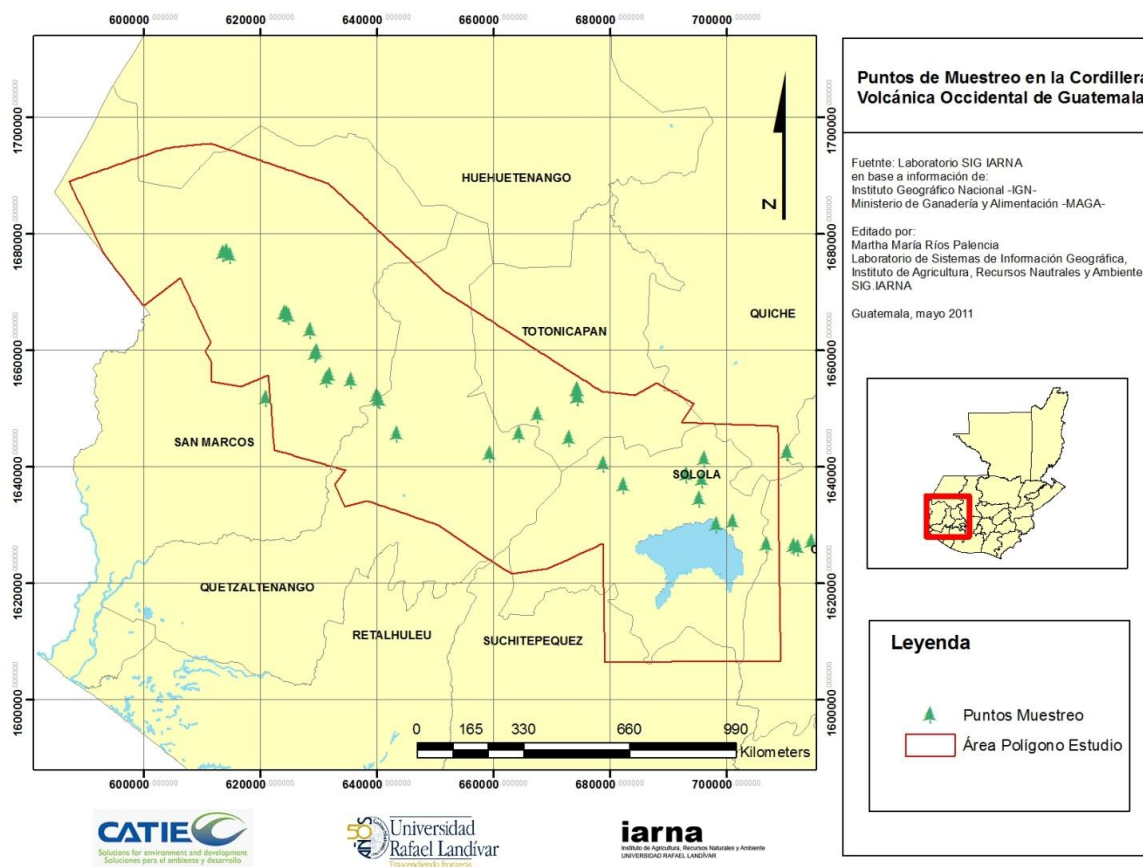


Figura 8. Puntos de muestreo de árboles

3.2.3.2 Conectividad estructural

Se analizaron métricas e indicadores de conectividad estructural del paisaje con uso del software FRAGSTATS (McGarigal *et al.* 2002), descritas en el Cuadro 4. Estas mediciones fueron seleccionadas de una amplia gama que brinda el software. Los referentes a áreas, densidades y proporciones fueron seleccionados por ser útiles y prácticos para definir parámetros generales de

la zona de estudio. El índice de conectividad se seleccionó por responder específicamente al objetivo de determinar la conectividad estructural en la zona; este índice se ve complementado con el de contraste de borde, seleccionado por darnos información sobre la composición del paisaje respecto a los bordes que dividen los parches. Del mismo modo, el índice de Shannon explica la composición del paisaje respecto a la clase de cada parche dentro de él.

Cuadro 4. Parámetros del paisaje medidos con FRAGSTATS

NO.	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES DE MEDIDA
1	Área de parches	Equivale al tamaño de cada uno de los parches presentes en el paisaje. Dado por la abreviatura "AREA" en FRAGSTATS.	Área = m ²
2	Densidad de parches presentes	En este caso, identifica el número de parches existentes dentro del paisaje dividido entre el área total del paisaje; no indica proporciones para cada tipo de parche existente (como bosque y uso agropecuario) sino que es una medida general del paisaje. Dado por la abreviatura "PD" en FRAGSTATS.	Densidad = Número de parches por unidad de área
3	Porcentaje de bosque	Es la suma de las áreas de cada uno y todos los parches de bosque presentes en el paisaje dividido dentro del área total del paisaje. Dado por la abreviatura "PLAND" en FRAGSTATS.	Proporción de bosque = Porcentaje
4	Porcentaje de matriz agropecuaria	Es la suma de las áreas de cada uno y todos los parches destinados a uso agropecuario presentes en el paisaje dividido dentro del área total del paisaje. Dado por la abreviatura "PLAND" en FRAGSTATS.	Proporción de matriz agropecuaria = Porcentaje
5	Índice de contraste de borde	Equivale a la suma de las longitudes en metros de cada segmento de borde dentro del paisaje multiplicado por el peso del contraste correspondiente, dividido dentro de la longitud total de bordes en el paisaje. Está fundamentado en la premisa de que todos los bordes son distintos, por lo que el índice es una medida relativa de la cantidad de contraste a lo largo del perímetro de un parche determinado. El valor del índice será cero (0) cuando no hayan bordes en el paisaje (lo que implicaría la presencia de un solo parche en el paisaje), y llegará a 100 en la medida que todos los bordes presentes estén en máximo contraste (d = 1). Dado por la abreviatura "TECI" en FRAGSTATS.	Índice de contraste de borde = Porcentaje
6	Índice de conectividad entre fragmentos	Esta conectividad está definida por el número de uniones funcionales entre parches del mismo tipo (mismo uso de suelo), en donde cada par de parches está conectado o no basado en un criterio de distancia (por lo que se puede considerar como conectividad estructural). Esta se reporta como el porcentaje de máximas conexiones posibles dado el número de parches. En índice será de cero (0) cuando el paisaje consiste en un solo parche o cuando ningún grupo de parches en el paisaje está conectado, y llegará a 100 cuando todos los parches en el paisaje están conectados. Dado por la abreviatura "CONNECT" en FRAGSTATS.	Índice de conectividad de fragmentos = Porcentaje
7	Índice de diversidad de Shannon	Este índice da, de todos los tipos de parches presentes (desde bosque hasta uso agropecuario), la abundancia proporcional de cada tipo multiplicado por esa misma	Índice de Shannon = Valores numéricos de cero (0) en adelante.

		proporción. El valor del índice será cero (0) cuando el paisaje contenga un solo parche y por lo tanto no hay diversidad alguna, y aumentará en la medida que aumenta el número de diferentes tipos de parches y/o la distribución proporcional de área entre tipos de parches es más equitativa.	
--	--	---	--

*Elaborado con base en Manual de FRAGSTATS (McGarigal & Marks 1995).

La modelación mediante FRAGSTATS requirió como insumo básico un mapa de uso de suelo procesado mediante ArcGIS. Inicialmente el mapa también fue insumo para la metodología de paisajes manejados y cuenta con una recategorización de siete usos de suelo en toda la Cordillera. Y la medición de parámetros se realizó bajo los siguientes lineamientos (McGarigal & Marks 1995):

Regla de vecindad:

Regla de vecindad de cuatro celdas para todos los análisis y regla de vecindad de ocho celdas para fines comparativos (Figura 9). Estas reglas para definición de parches y sus límites son usadas de acuerdo a la perspectiva del organismo bajo estudio y su limitación de movimiento; además, su uso depende de la escala del fenómeno o evento que se estudia y la escala de trabajo a la que el investigador quiera incidir y recomendar sobre manejo y gestión. Se utilizó principalmente la regla de 4-vecinos, la más estricta de todas, puesto que tanto las semillas de las especies de árboles como el organismo que las dispersa tienen rangos limitados de movilidad. La regla de 8-vecinos se aplicó solamente para fines comparativos.

Estas reglas indican que para medir áreas el programa de FRAGSTATS hace un análisis pixel por pixel dentro del mapa raster de usos del suelo, realizando un análisis sobre la similitud de un pixel y el pixel vecino, vecinos en diagonal son ignorados.

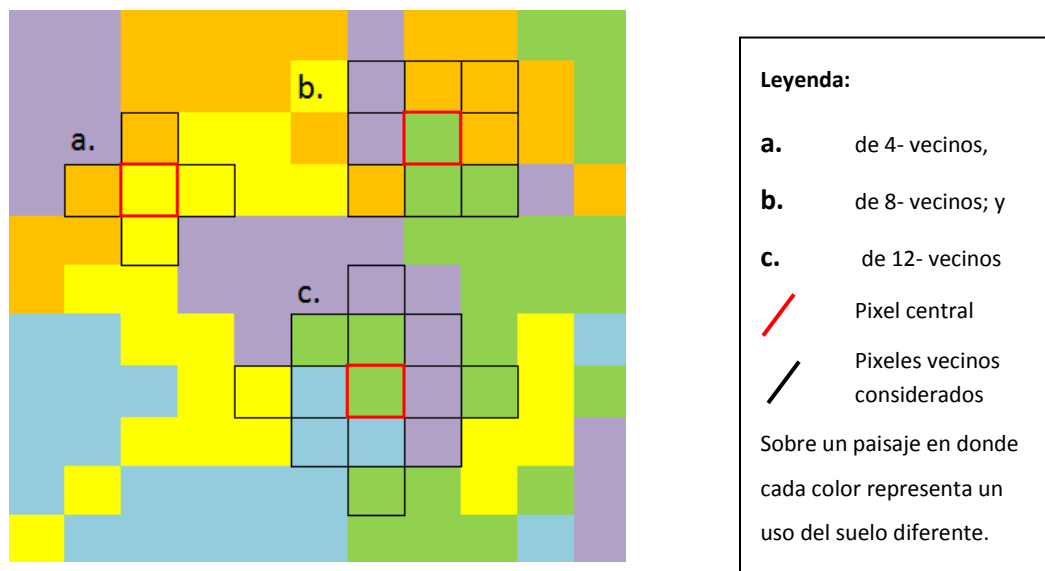


Figura 9. Ilustración de reglas de vecindad para definición de parches dentro del paisaje

Fuente: Elaboración propia.

Contraste de bordes:

Estos pesos de contraste de borde, indicados en una matriz a continuación, indican la magnitud del contraste de borde entre dos parches adyacentes con usos de suelo diferentes, siendo uno (1) para el mayor contraste y cero (0) ausencia de él; el valor fue asignado de acuerdo a la interpretación de la autora sobre la literatura referida. Esta no es una matriz simétrica puesto que la reacción de un organismo que habita en los bosques no es la misma que la reacción de una especie generalista que habita en cultivos, la primera es de movilidad más limitada y la última percibirá poco el cambio de uso de suelo.

Los pesos utilizados son los siguientes (Cuadro 5):

Cuadro 5. Valor de contrastes entre usos de suelo

USOS DEL SUELO	Arbustos y matorrales	Bosques	Cultivos anuales	Cultivos perennes	Otros usos	Pastos naturales y herbazal	Poblaciones humanas
Arbustos y matorrales	0	0.9	0.5	0.3	0.1	0	1
Bosques	0.9	0	0.9	0.4	0.5	0.7	1
Cultivos anuales	0.3	1	0	0.6	0.4	0.4	0.7

Cultivos perennes	0.6	0.5	0.5	0	0.5	0.7	0.9
Otros usos	0.4	0.8	0.2	0.4	0	0.3	0.4
Pastos naturales y herbazal	0.2	0.6	0.4	0.5	0.4	0	0.3
Poblaciones humanas	0.8	1	0.7	0.9	0.7	0.9	0

Umbral de distancia:

Los umbrales de distancia (*threshold distances*) representan el espacio a medir entre un parche y otro con el fin de determinar si están estructuralmente conectados o no. Esta distancia es determinada por el usuario de acuerdo a los rangos de movimiento identificados de las especies que se estudian; dependiendo de lo restrictivo de este rango el paisaje puede ser considerablemente menos o más conectado.

Para el presente estudio se establecieron cuatro umbrales de distancias para medir conectividad estructural de: uno y 20 km (basado en la metodología de Keitt *et al.* 1997), con la intención de utilizar un kilómetro para medir parámetros que indirectamente permitan deducir sobre las especies bajo estudio (responde a la capacidad de movilidad de semillas de árboles y la ardilla) y 20 km para medir parámetros de nivel de parches de bosques.

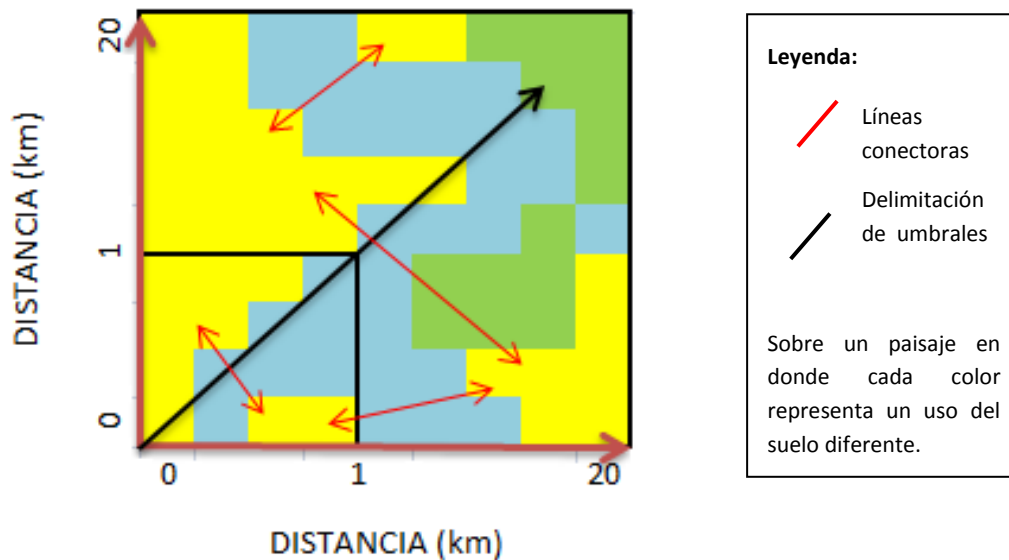


Figura 10. Diagrama de umbrales de distancia para definición de parches

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 10 demuestra cómo, en la medida que se considera un mayor umbral de distancia, el paisaje aparecerá mayormente complejo y con diferentes grados de conectividad pues más cantidad de parches del mismo uso del suelo serán incluidos en una mayor área del umbral; la relación entre el umbral requerido y la conectividad detectada dependerá de la estructura del paisaje. Por tanto y de acuerdo a rangos de movilidad de especies así como espacios mínimos necesarios para que dichas especies puedan subsistir, será posible decidir cuál es el umbral de distancia más adecuado para trabajar y proponer soluciones y recomendaciones.

Profundidad de borde:

Profundidad de borde de 300 metros (Figura 11), ya que de acuerdo con Debinski y Holt (2000) los cambios físicos asociados con la formación de un borde en un parche pueden tener profundos efectos en los procesos ecológicos del sistema y en el caso de los remanentes de bosques tropicales este efecto de borde penetra hasta 300 metros o más (Debinski & Holt 2000). Es posible que esta distancia de efecto de borde resulte conservadora puesto que Laurance *et al.* (2002) afirman que los efectos se empiezan a manifestar desde el inicio del borde mismo y pueden llegar hasta los 500 metros dejando un mínimo de áreas núcleo efectivamente saludables.

Entre los cero y 500 metros los efectos se hacen tangibles gradualmente de acuerdo a la vulnerabilidad de varios organismos dentro del bosque, también de acuerdo a ciertas partes de la planta que resultan más susceptibles de ser dañadas e incluso de acuerdo a cierto factor climático o ambiental como en la dinámica del viento o disponibilidad de humedad; por tanto el efecto del borde es ecléctico y depende de la variable u organismo que se seleccione para analizar (Laurance *et al.* 2002). Entonces, la selección de un valor de 300 m para este análisis, aunque es un valor conservador, representa un punto medio representativo de los efectos que el borde de determinado uso del suelo puede tener en parches de bosque.

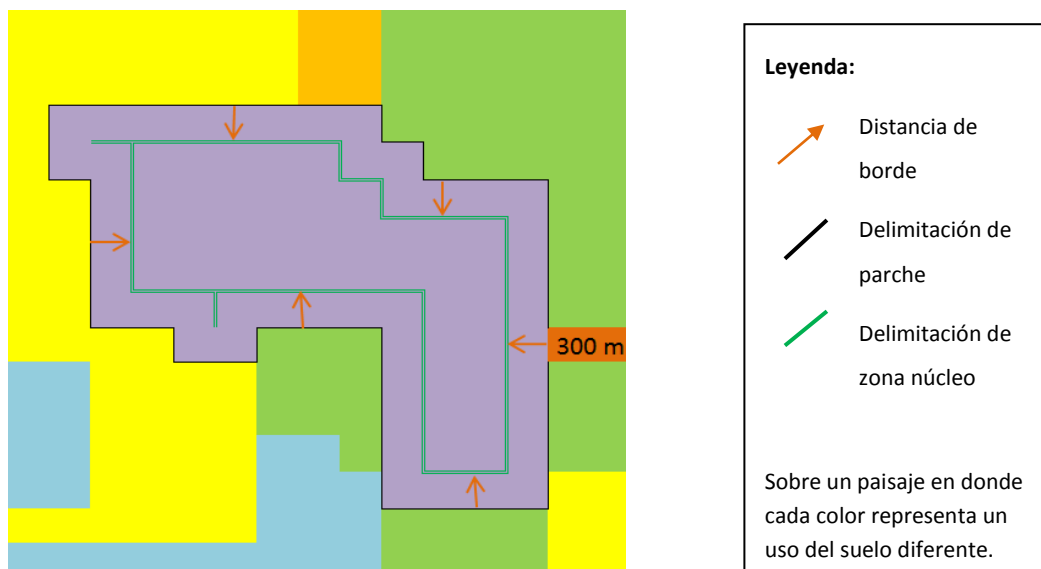


Figura 11. Ejemplo de la distancia del efecto de borde

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 6 a continuación resume los insumos requeridos y aplicados para modelar la conectividad estructural por medio de FRAGSTATS.

Cuadro 6. Resumen de insumos para FRAGSTATS

NUMERACIÓN	INSUMO	VALOR	FUENTE
1	Mapa de reclasificación de usos del suelo	Figura 7	Elaborado por Laboratorio SIG/IARNA, 2011.
2	Regla de vecindad	4	McGarigal & Marks 1995
3	Contraste de bordes	Cuadro 5	
4	Umbrales de distancia (km)	1 y 20	McGarigal & Marks 1995, Keitt <i>et al.</i> 1997.
5	Profundidad de borde (m)	300	Debinski & Holt 2000, Laurance <i>et al.</i> 2002.

Una vez ejecutado el software, los datos resultantes de la medición de parámetros del paisaje dieron información sobre patrones que permitieron inferir sobre la conectividad estructural y fragmentación dentro del área de la Cordillera.

3.2.3.3 Conectividad funcional

Se hizo una revisión bibliográfica acerca de cuáles son las especies animales dispersoras de semillas de pino y encino, y para el caso del pino se consideró el mecanismo de dispersión

secundario puesto que el viento es el principal dispersor de sus semillas (razón por la cual las semillas son pequeñas y aladas). Se estableció que las semillas de pino son dispersadas por mamíferos pequeños como la ardilla gris de Guatemala (*Sciurus aureogaster*), y para las semillas de encinos, que son gran tamaño comparadas con las de pinos, son dispersadas por aves como el Steller's Jay (*Cyanocitta stelleri subespecie coronata*) y por roedores como la ardilla gris. Por tanto la ardilla gris, como denominador común en cuanto a mecanismo dispersor, fue la seleccionada para desarrollar el modelo de conectividad funcional mediante el software FUNCONN (Theobald *et al.* 2006).

La ardilla gris (*Sciurus aureogaster* F. Cuvier, 1829) es denominada también ardilla de vientre rojo de México y Guatemala nativa desde el Sur de México hasta el Oeste y altiplano de Guatemala (Musser 1968 & Shapiro 2011) (Figura 12). Son ardillas diurnas y de hábito arbóreo que raramente visitan el suelo, son solitarias y tímidas que no se acercan a conglomerados humanos como campamentos (e.g.) en búsqueda de alimentos, incluso después de estar expuestas a humanos por largo tiempo (Shapiro 2011). Su alimentación es básicamente semillas y frutos de árboles tropicales y arbustos que les proveen alimento abundante y constante que suple sus requerimientos a través del año; sin embargo se ha detectado cierta competencia por alimento con ratas, mapaches, aves frígívoras, buhos y muchas veces con individuos de su propia especie en casos de alta densidad poblacional, la cual puede llegar a ser de hasta 0.7 individuos/ha (Musser 1968, Koprowski *et al.* 2008 & Shapiro 2011).

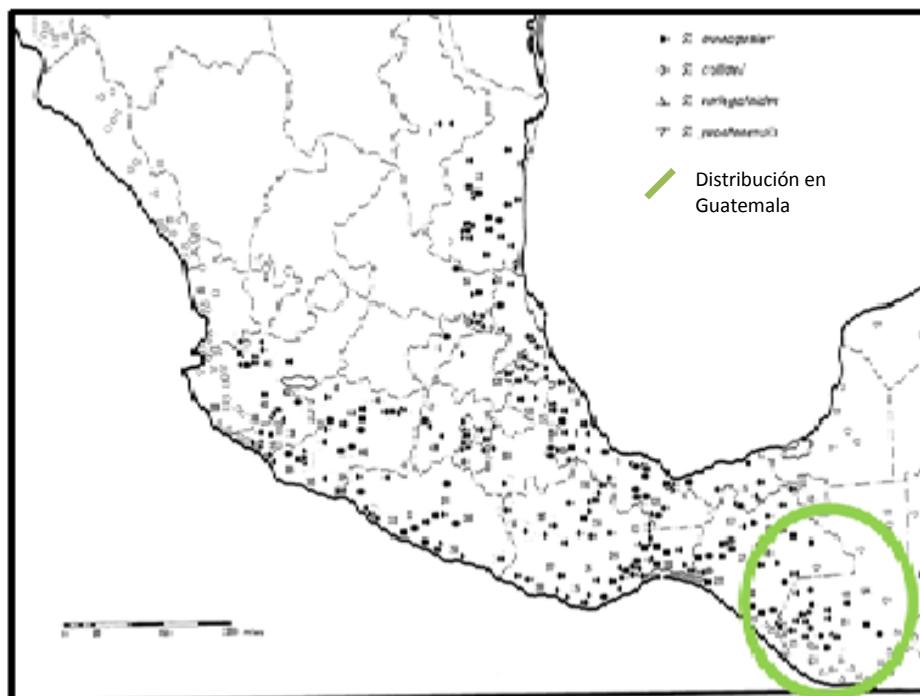


Figura 12. Distribución de ardilla gris en México y Guatemala

Fuente: Mapa extraído de Musser 1968.

En base a la revisión bibliográfica previa se extrajeron los insumos necesarios para modelar la conectividad funcional para la ardilla gris por medio de FUNCONN, estos insumos se explican a continuación:

Valor de calidad de hábitat:

El Cuadro 7 y Figura 13 indican el valor de calidad de hábitat que representa cada uno de los siete usos del suelo utilizados en este estudio, para la movilización de la ardilla gris.

Cuadro 7. Valor de idealidad de hábitat para movimiento de la ardilla gris, dispersora de semillas

USO DE SUELO	VALOR DE IDEALIDAD DE HÁBITAT
Bosques (de latifoliadas, coníferas y mixtos)	100
Arbustos y matorrales	50
Cultivos anuales (granos básicos y hortalizas)	60
Cultivos perennes (café, cacao y árboles frutales)	85
Pastos y herbazales (cultivados y naturales)	5
Poblados humanos	0
Otros (agua, plantaciones forestales y mosaico de cultivos, arenas y otros)	10

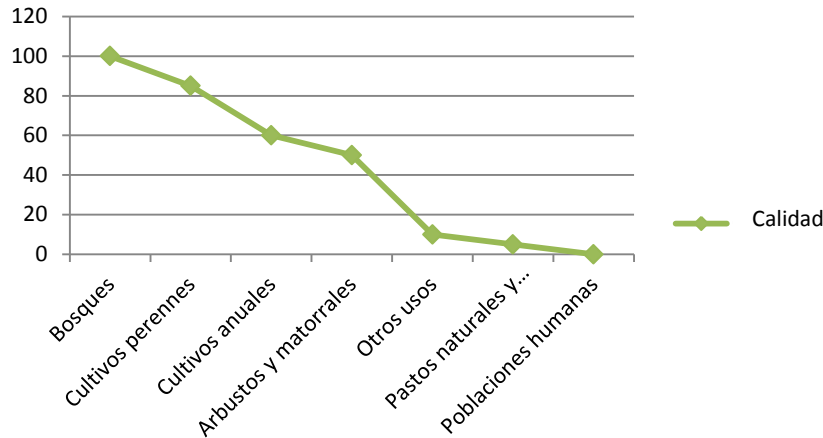


Figura 13. Calidad de hábitat para la ardilla gris según uso del suelo

Rango de movilidad de la especie y tamaño mínimo de parche:

La ardilla gris se encuentra en bosques tropicales latifoliados de tierras bajas y cálidas, arbustos espinados, bosques nubosos fríos y húmedos de coníferas en general y en bosques de pino-encino en tierras altas, con distribución altitudinal va desde los 1,500 hasta 2,500 y 3,800 msnm (Musser 1968, Leopold 1972, Koprowski *et al.* 2008 & Shapiro 2011). El espacio promedio que necesitan para vivir es de aproximadamente 2.3 hectáreas para los machos y 0.9 hectáreas para las hembras, haciendo un promedio de la especie de 1.6 hectáreas. Su máxima longevidad es de 11.5 años en condiciones de cautiverio y más en condiciones silvestres (Shapiro 2011).

Estas ardillas prefieren densos parches de bosque con árboles de tamaño moderado que les brinden altos niveles de cierre del dosel, permitiendo así recolección y almacenamiento de alimento y sitios seguros para nidos. Además, debido a que las ardillas habitualmente se mueven en distancias de un kilómetro y tienen alto potencial biótico es comprensible que ellas no respondan bien a iniciativas de manejo y restauración del paisaje a gran escala, sin embargo y tal como lo propone este estudio, ellas si se beneficiarían de un tratamiento a nivel de mosaico de paisaje en donde se busca dar salud a la matriz con múltiples esquemas de manejo que retengan al menos un 35% del área en parches de hábitat (bosques) de alta calidad (Koprowski 2005).

Respuesta a bordes y zonas núcleo:

En la Figura 14 se presenta la respuesta de la ardilla gris a bordes y áreas núcleo de los parches, conocidas también como “core areas”. Aquellas especies que no presentan preferencia

por áreas centrales o bordes, es decir que son capaces de sobrevivir en ambas, son conocidas como borde-neutro. Por otro lado las especies que no reaccionan bien a los bordes y prefieren las áreas centrales son denominadas borde- negativo, y aquellas que prefieren el borde por que les brinda mayor acceso a alimento (por ejemplo), son conocidas como borde-positivo (Theobald *et al.* 2006).

En el caso de la ardilla gris, de acuerdo con Nelson (s.f) citado por Leopold (1972) es común encontrarlas en bordes de parches de bosques (Leopold 1972 & Shapiro 2011), principalmente en bordes con zonas agrícolas debido a que gustan de cultivos de milpa (*Zea mays*), árboles frutales y nueces en terrenos y huertos caseros aledaños a zonas boscosas. Por tanto, se deduce que prefiere tanto áreas centrales para guarecerse como bordes para conseguir alimento, con lo que se concluye que las ardillas grises pueden llegar a ser borde-neutro con cierta tendencia hacia las áreas centrales (borde-negativo).

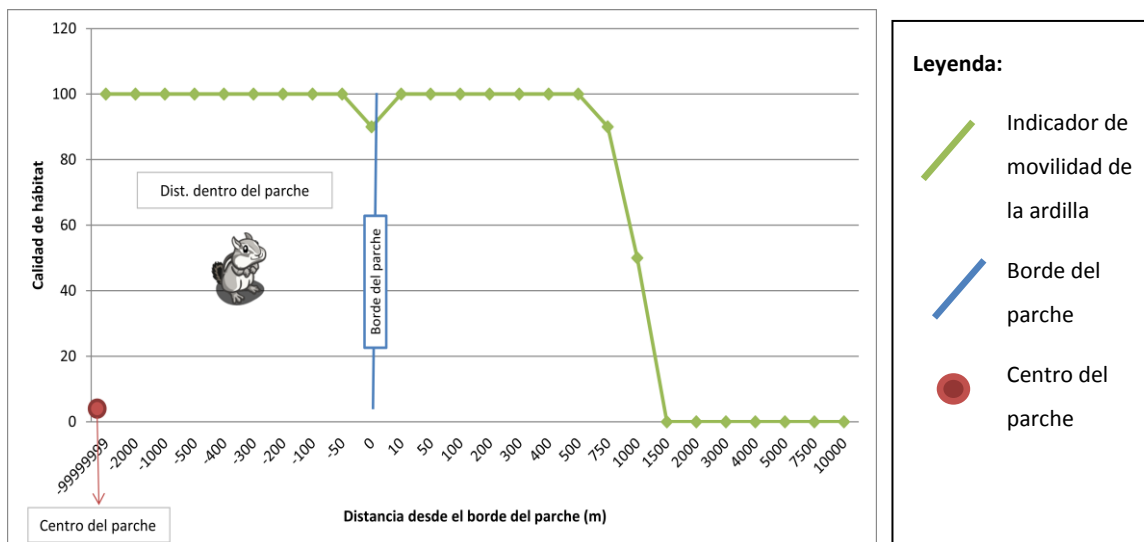


Figura 14. Representación de la capacidad borde-neutro con tendencia a borde-negativo de la ardilla gris

Nótese que el valor de calidad permanece en 100 para sitios fuera del borde del parche (hasta llegar a los 1,000 m), esto permite que pequeñas “stepping stones” con calidad de hábitat óptimo para la ardilla sean incluidas en el análisis basándose siempre en la capacidad de dispersión de la especie; es decir que el valor óptimo de la ardilla es verdadero dentro del parche y fuera de él se considera solo cuando aparecen “stepping stones” con óptima cobertura del suelo (Theobald *et al.* 2006).

Respuesta frente a perturbaciones:

En el caso de las perturbaciones, éstas son comprendidas como “cualquier proceso o condición externa a la fisiología natural de los organismos vivos que produce una repentina pérdida de biomasa en una escala de tiempo significativamente más corta que la de su acumulación” (Margalef 1991 citado por Mendoza & Arellano 2003); en este caso se refieren a aquellas causadas por seres humanos y se incluyen centros poblados, caminos secundarios y carreteras primarias.

En términos generales, las ardillas responden a gradientes entre urbanidad y espacio rural que implican ciertos niveles de impacto humano y que requieren ajustes de comportamiento por parte del individuo; por ejemplo en los bordes de zonas naturales y áreas urbanas responden a un menor riesgo de predación, sin embargo están mayormente expuestas a riesgos de muerte por automóviles en caminos y carreteras. En áreas urbanas poseen limitaciones de alimento por ausencia de árboles de edad y altura suficiente como para producir alimento, algo que los parches boscosos proveen (Bowers & Breland 1996).

La Figura 15 hace una valoración de la calidad de hábitat disponible para la ardilla gris en la medida que esta se aleja o acerca a un centro de perturbación, la figura muestra la respuesta de la ardilla dependiendo del uso del suelo en que se encuentre.

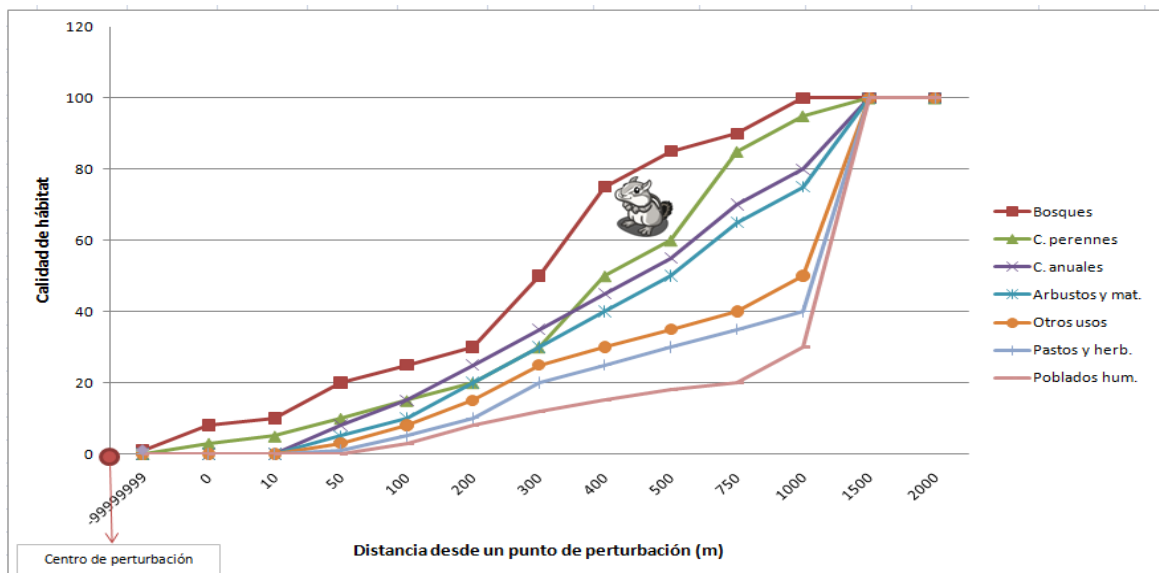


Figura 15. Tolerancia de la ardilla gris a perturbaciones en el paisaje, de acuerdo al uso de suelo en el que se encuentra

Por ejemplo, si la ardilla está ubicada en un bosque de pino-encino al borde de la carretera, la carretera aún tendría cierto impacto puesto que si bien tiene sitio para refugiarse en el bosque todavía se encuentra en peligro por avistamiento humano o incluso por algún accidente fortuito, por tanto se le da un valor de 10; por el contrario si la ardilla ronda en pastos y herbazales (lo cual es poco probable puesto que no son fuentes de alimento para ella) la carretera le afectará aún más ya que la ardilla no tendrá sitio para esconderse y protegerse quedando a merced de la urbanidad, incluso con riesgo de ser atropellada por un vehículo automotor. De hecho los únicos usos de suelo que le permiten a la ardilla algún tipo de protección (por mínima que sea) estando tan cerca de una perturbación son los bosques y cultivos perennes.

A continuación se muestra un mapa raster de perturbancias que afectan la movilidad de la ardilla gris de Guatemala, que básicamente es un mapa de uso del suelo con énfasis en la infraestructura humana (Figura 16). Es decir, que dentro del mapa de usos de suelo se ha dado más énfasis a centros poblados y zonas agrícolas, además se le han incorporado perturbancias como caminos y carreteras mediante una reclasificación de clases en ArcGIS, donde aquellos usos de suelo con más impacto negativo sobre la movilidad de la ardilla tendrán valores más altos en la tabla de reclasificación del nuevo mapa (Theobald *et al.* 2006).

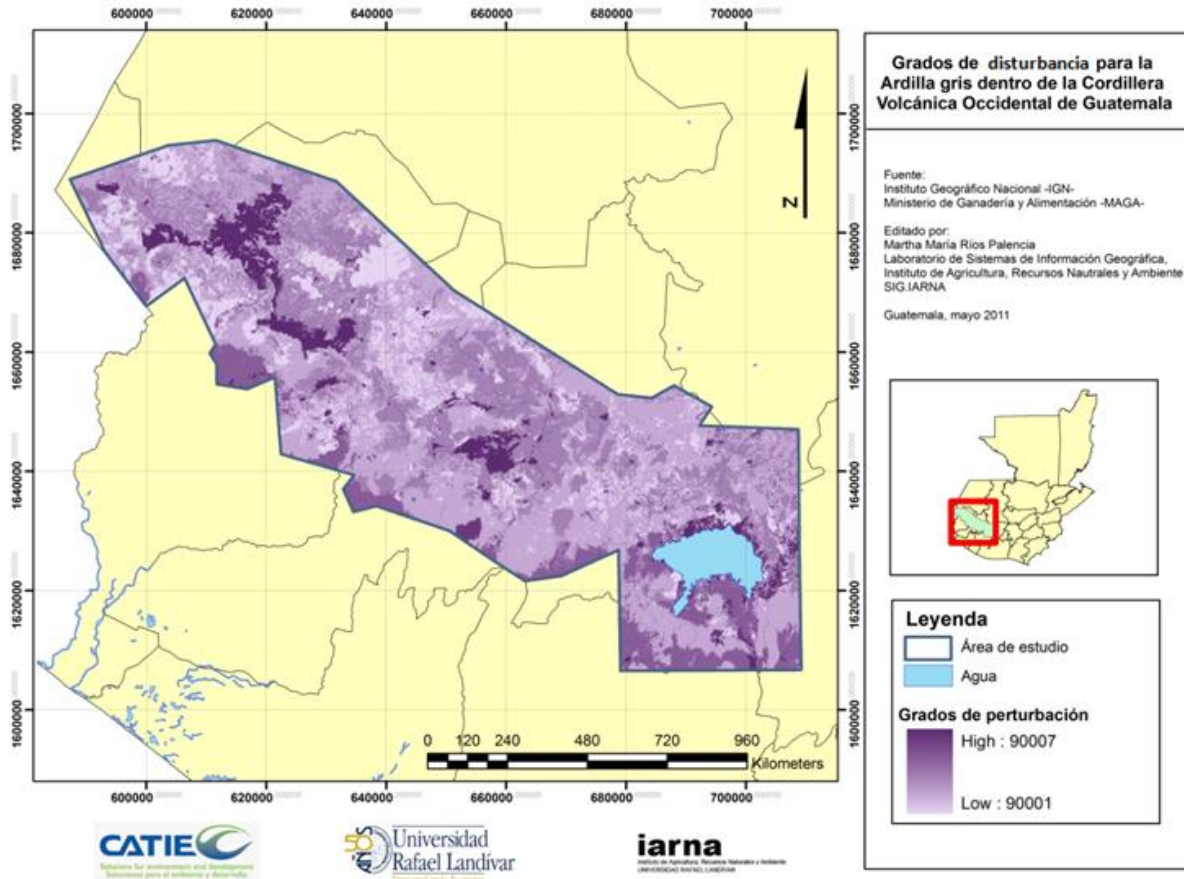


Figura 16. Grados de disturbancia para la ardilla gris de Guatemala, de acuerdo a las intervenciones humanas dentro de la Cordillera

Otros datos requeridos son:

El mapa con la reclasificación de siete usos del suelo, ya utilizado para la definición de paisajes manejados y en la aplicación de FRAGSTATS.

Un umbral de calidad de los recursos (*Resource quality threshold to create patches*), que es el valor de calidad de hábitat mínimo aceptable para que el organismo pueda moverse, en función al cual se definirán los parches; típicamente y para la mayoría de organismos vivos va de entre 75 y 80% de un 100% que representa el mejor hábitat posible (Theobald *et al.* 2006). Para este análisis se trabajó con un umbral de 75%.

Un factor de agregación (*Aggregate factor*) que interviene básicamente en la velocidad de procesamiento de los mapas así como en la resolución obtenida (Theobald *et al.* 2006). Para este análisis se utilizó un factor de agregación de tres, lo que significa que si se utilizan como insumo

mapas con tamaño de píxeles de 25x25 m, la resolución final será de 75x75 m. Este valor permite un procesamiento pertinente en el tiempo y que aún conserva una resolución adecuada para el análisis que se realiza.

El Cuadro 8 presenta un resumen de los datos e insumos requeridos para modelar la calidad de hábitat de la ardilla gris y así inferir sobre su conectividad funcional por medio de FUNCONN, cada insumo es explicado más adelante.

Cuadro 8. Resumen de insumos para FUNCONN

NUMERACIÓN	INSUMO	VALOR	FUENTE
a.	Mapa de reclasificación de usos de suelo	Figura 7	Elaborado por Laboratorio SIG/IARNA, 2011.
b.	Valor de calidad de hábitat	Cuadro 7 y Figura 13	Valores establecidos en el inciso 3.2.3.2., con base en Leopold 1972, Koprowski 2005 & Shapiro 2011.
c.	Rango de movilidad de la especie:		
i.	Tamaño mínimo de parche	1.6 ha	
ii.	Respuesta a bordes y áreas núcleo	Figura 14	Bowers & Breland 2005.
iii.	Respuesta a perturbaciones	Figura 15	
d.	Mapa de usos del suelo con perturbaciones incluidas	Figura 16	Elaboración propia con información de Laboratorio SIG/IARNA y mapas del IGN/MAGA 2003.
e.	Umbral de calidad de recursos	75%	Theobald <i>et al.</i> 2006.
f.	Factor de agregación	3	

Como resultado de esta etapa de la metodología se obtuvieron mapas de conectividad funcional que muestran la capacidad de movilidad de la ardilla gris como dispersora de semillas de pinos y encinos dentro de la Cordillera y un mapa de conectividad estructural que muestra la presencia de parches de bosque de pino y encino que pueden estar unidos o relacionados y las características de la matriz circundante.

Con el set de todos los resultados fue posible entonces, en palabras de Murphy y Lovett-Doust (2004), entender el paisaje desde una perspectiva especie-específica y describir un paisaje funcional a través del mosaico de variables que representa (dando importancia a la matriz y su grado de hostilidad); y considerar a la conectividad como una de las características del paisaje de la Cordillera que determina el destino de las poblaciones de organismos, y en este caso de árboles y los bienes y servicios que brindan (Ricketts 2001, Murphy & Lovett-Doust 2004).

3.2.4 Análisis de medios de vida

El fin de realizar un análisis de medios de vida es conocer cuál es la intervención deseada mediante el estudio: mejorar o aumentar la conectividad entre parches por medio del trabajo con familias que usan el terreno en cuestión.

Se considera en términos prácticos y para fines de este estudio que un medio de vida de índole agropecuario equivale al uso del suelo, pues todos los usos del suelo son medios de vida pero no todos los medios de vida son usos del suelo (Imbach *et al.* 2009). Por tanto, se enfatiza en que para los fines de este estudio se busca caracterizar solamente una parte de los medios de vida, específicamente aquella referente a mecanismos de producción que hacen uso del suelo para llevarse a cabo.

Para esta parte del proceso se utilizaron dos metodologías: a) entrevistas semiestructuradas acerca de los medios de vida, y b) análisis estadístico multivariado de una compilación de datos e indicadores socioeconómicos realizada por IARNA para cada uno de los municipios dentro del área de estudio (URL IARNA 2010).

3.2.4.1 Entrevistas semiestructuradas sobre medios de vida

Se realizaron entre una y cinco entrevistas por cada sitio, dependiendo de la disponibilidad de las personas. Esta entrevista semiestructurada se dirigió a habitantes locales y dueños de fincas que estuvieran presentes al momento de realizar el muestreo biológico en un determinado punto. La entrevista consistió en una serie de preguntas de libre respuesta presentadas en el Protocolo de Trabajo en Campo (Anexo 8.4), en donde los entrevistados respondieron de acuerdo a su criterio.

Estos resultados fueron ordenados cualitativamente en una matriz, ubicando medios de vida predominantes por cada Departamento visitado, a modo de proveer un listado de los medios de vida y sus combinaciones identificadas. Si bien la cantidad de entrevistas fue mínima en proporción al área de estudio, la información brindada en ellas se complementa con observaciones en campo realizadas por el equipo de trabajo.

La finalidad de las entrevistas fue conocer la importancia relativa de cada medio en la forma de vida de las poblaciones y con ello reconocer la facilidad o dificultad para modificarlo; la importancia se determinó preguntándoles mediante la entrevista cuáles son aquellos medios que no pueden sustituir y son fundamentales para sustentar su vida diaria, y cuales son prescindibles o modificables.

Conocer la importancia de un medio de vida y por tanto la factibilidad de modificarlo permitió saber qué tipo de recomendaciones, cambios o incentivos hay que proponer como respuesta al Objetivo 3 de este estudio.

3.2.4.2 Análisis multivariado de indicadores socioeconómicos

El análisis se realizó tomando en cuenta los 83 Municipios dentro de la Cordillera y se utilizó una “Compilación de indicadores socioeconómicos” realizada por el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala (URL IARNA 2010). El análisis multivariado de indicadores se realizó con apoyo del software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.* 2011), mediante varias etapas:

Se seleccionaron dos variables clave o dependientes para los análisis estadísticos: Vulnerabilidad alimentaria de la población (VAM) y Porcentaje de población bajo condiciones de pobreza (%POB) (ver Inciso 2.2.2. para descripción de variables). Éstas fueron seleccionadas por ser indicadores directos de calidad de vida y de buen o mal funcionamiento de los medios de vida actuales como satisfactores de necesidades básicas. Es necesario mencionar que en ninguno de los 83 Municipios las variables tuvieron valores de cero, es decir que tanto el VAM como %POB siempre están presentes en mayor o menor medida dentro del territorio.

Como variables independientes se seleccionaron tres grupos de indicadores que están estrechamente relacionados con el uso de suelo para producir y también otros medios de vida que prescindan del suelo pero que significan medios de ingreso para satisfacción de necesidades de las poblaciones. Los grupos de indicadores son:

- Usos del suelo: expresado en cantidad de kilómetros cuadrados ocupados por dicha actividad dentro de cada Municipio. Incluye los usos de arbustal, bosque, cultivos, pastos nativos, asentamientos humanos y la categoría de otros usos.
- Actividades productivas: dado por el número de pobladores activos dentro del Municipio que se dedican a dicha actividad (población económicamente activa), e incluye las categorías de agricultura, caza, silvicultura y pesca; explotación de minas y canteras; industria manufacturera textil y alimenticia; electricidad, gas y agua; construcción; comercio por mayor y menor; transporte, almacenamiento y comunicaciones; servicios financieros prestados a empresas; administración pública y defensa; enseñanza; servicios comunales, sociales y personales; organizaciones extraterritoriales; y otras actividades.

- Producción agropecuaria y forestal: medida en ingresos según Quetzales (Q) generados anualmente a través de las actividades de producción agrícola, producción ganadera, producción forestal y producción a través de plantaciones forestales.

Con las variables antes explicadas, se ejecutó un análisis de correlación canónica para identificar aquellas variables dentro de los grupos que más influyen sobre el VAM y %POB en los Municipios bajo estudio. El valor de la correlación va de -1 a 1, en donde el valor de -1 representa una correlación importante negativa, el valor de cero representa ausencia de correlación, y 1 es una correlación importante positiva. Los análisis se realizaron con un valor alfa = 0.05, siendo alfa el límite superior de los valores de “p” que se consideran significativos.

Como un segundo análisis multivariado se realizó un análisis de conglomerados a partir de un listado de 83 Municipios con el fin de identificar grupos con condiciones similares a manera de poder ofrecer recomendaciones para cada grupo. Se utilizó el sistema de Ward con distancia euclídea, que utiliza promedios de datos estandarizados ajustado por covarianzas distintas de cero haciendo grupos más homogéneos y más compactos. Para dar una caracterización de cada conglomerado se hizo un análisis de componentes principales posterior.

El primer grupo surgió a partir de la conglomeración de Municipios según sus índices de VAM y %POB. El segundo análisis de conglomerados se realizó de acuerdo al grupo de indicadores de uso del suelo antes detallado; es decir proporción de usos del suelo dentro de los Municipios. Tanto los resultados de correlación canónica como el de conglomerados permitieron tener una visión localizada por Municipios de dónde es necesario fortalecer los medios de vida de las poblaciones y así mejorar sus índices de VAM y %POB; pero también nos permitió identificar aquellas actividades productivas (derivadas de los usos del suelo) que pueden ser herramientas para esta mejora, actividades que al mismo tiempo pueden ser adaptadas para contribuir a la calidad ambiental a través de la funcionalidad del paisaje.

3.2.5 Generación de soluciones y alternativas para lograr la funcionalidad

Se emitieron soluciones y recomendaciones dadas a partir de aquellos sitios identificados como prioritarios para promover la conectividad funcional y de acuerdo a las posibilidades de adaptación identificadas en los medios de vida de las poblaciones. Estos sitios fueron seleccionados bajo el siguiente criterio:

- Que hayan resultado dentro de los análisis de conectividad ecológica como importantes por su cobertura vegetal en buen estado, y por tanto es necesario conservarla y manejarla adecuadamente.

Estos criterios son adaptables de acuerdo a los objetivos de las iniciativas que se desean implementar y de acuerdo a los intereses de un donante, por ejemplo. Es decir, que si la prioridad es conectar ecológicamente un paisaje entonces deberá priorizar sitios bajo el criterio de escoger sitios que ya tengan cierto grado de conectividad que pueda mejorarse. En cambio, si la prioridad es disminuir la vulnerabilidad alimentaria de la población entonces el criterio de selección de sitios debería ser aquellos con medios de vida degradados que no satisfacen necesidades y producen altos índices de VAM y %POB. Consecuentemente existe una serie de criterios intermedios que de nuevo dependen de los objetivos de la iniciativa.

Además estos criterios de selección de sitios a priorizar pueden ser complementados si se cuenta con información sobre modelaciones a futuro sobre el cambio climático y sus efectos en el paisaje y la movilidad y la permanencia de las especies animales y vegetales dentro de este paisaje. O también modelaciones acerca del cambio potencial de uso de suelo que puede surgir a partir de tendencias detectadas en el tiempo, e.g. como tierras forestales podrían convertirse en sistemas agroforestales de café en las próximas décadas y cómo los sistemas de conservación deben responder a ello. En este sentido, sitios en riesgo de perder a conectividad de los bosques o zonas propensas a mayor riesgo por acción de fenómenos naturales, por ejemplo, pueden ser priorizadas.

En este caso se seleccionaron sitios con conectividad ecológica presente y factible de ser mejorada. Y se deja fuera básicamente a sitios con usos de suelo que no tienen un aporte a la conectividad ecológica de la Cordillera y a sitios donde los medios de vida que hacen uso del suelo necesitan de transformaciones substanciales con una inversión significativa de recursos y tiempo para aportar a la conectividad (como el caso de centros poblados). Sin embargo, igualmente se brindaron ideas a grandes rasgos de cómo empezar el trabajo en estas zonas no abarcadas por los criterios.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Conectividad funcional y estructural del paisaje de estudio

4.1.1 *Caracterización del paisaje*

El análisis de paisajes manejados dio como resultado 393 distintos polígonos de los cuales 299 son los utilizados para caracterizar el área de estudio, el resto son demasiado pequeños o solamente representan líneas estrechas como por ejemplo carreteras o bordes entre polígonos mayores.

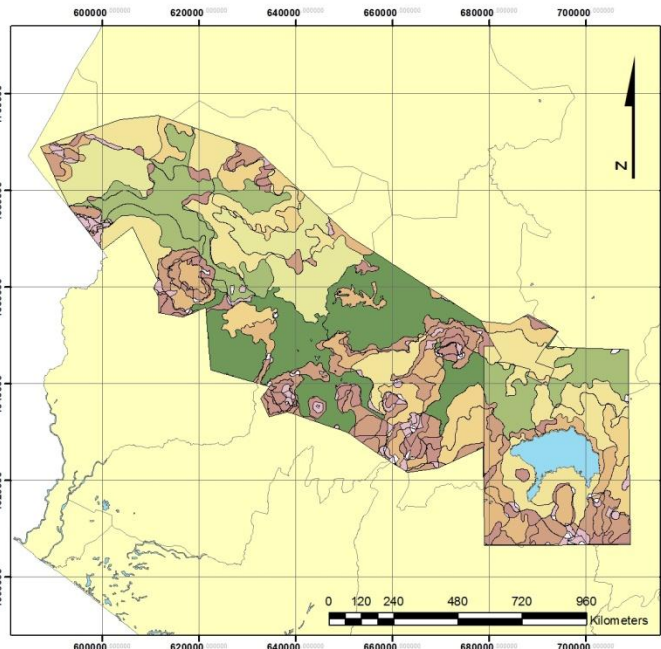
En el Figura 17 a. se puede apreciar una coloración de paisajes agrupados de acuerdo a su tamaño. Luego se encuentran agrupados de acuerdo a las zonas de vida en donde se ubican (Figura 17 b.), lo cual puede dar algunas luces acerca de las mejores recomendaciones a partir de las particularidades y potencialidades de cada zona. El mismo criterio de uso aplica para las Figuras 17 c. y 17 d. que representan los paisajes manejados agrupados de acuerdo al porcentaje o proporción de bosque dentro de cada uno de ellos, así como su estado de protección dentro del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), respectivamente.

En el Anexo 8.3 se localiza la tabla de atributos que explica las agrupaciones y cada uno de los polígonos de los paisajes dentro de la Cordillera.

Los paisajes ubicados al centro de la Cordillera indican usos de suelo mayormente relacionados a cultivo de granos básicos (maíz y frijol por ejemplo) y centros poblados. Al dirigirse hacia el Norte vemos paisajes de tamaño medio en donde predominan usos como arbustos, matorrales y pastos, estos usos corresponden también a condiciones de mayor altitud y climas más fríos en comparación con el resto de la Cordillera; indican también menos densidad poblacional. Finalmente enfocándose hacia el Sur se observan menores paisajes en mayor cantidad; en esta zona se localizan usos como cultivos perennes, agricultura variada y varios paisajes con predominancia de estado natural.

Aquellos más grandes son, en su mayoría, de uso agrícola y sorprendentemente de bosque siendo la unidad más grande de 39,383 ha con casi un 39% de bosque en la zona de vida Bmh-MB.

a.



Paisajes Manejados de la Cordillera Volcánica Occidental de Guatemala

Fuente:
Instituto Geográfico Nacional -IGN-
Ministerio de Ganadería y Alimentación -MAGA-

Editado por:
Martha María Ríos Palencia
Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica,
Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
SIG IARNA

Guatemala, mayo 2011



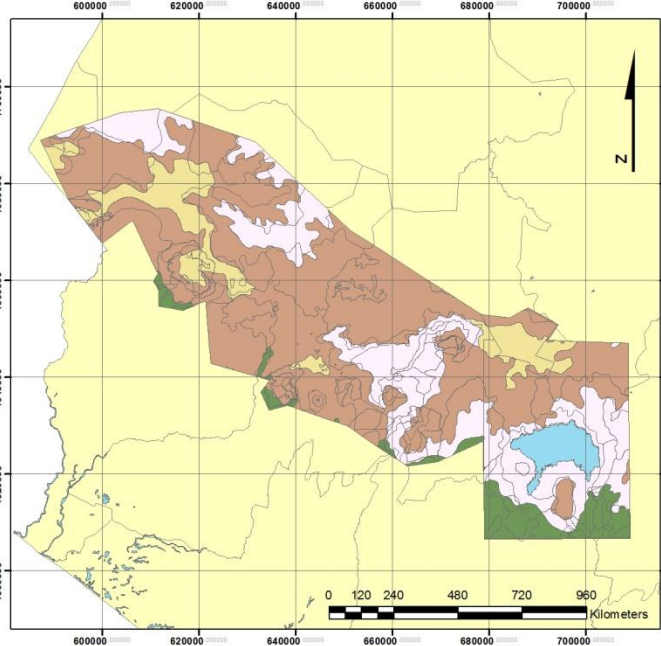
Leyenda

Paisajes Manejados por área (en miles de hectáreas)

22284 - 39383	1892 - 2950
16257 - 22284	1025 - 1892
9981 - 16257	461 - 1025
5223 - 9981	137 - 461
2950 - 5223	0 - 137



b.



Paisajes Manejados de la Cordillera Volcánica Occidental de Guatemala

Fuente:
Instituto Geográfico Nacional -IGN-
Ministerio de Ganadería y Alimentación -MAGA-

Editado por:
Martha María Ríos Palencia
Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica,
Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
SIG IARNA

Guatemala, mayo 2011



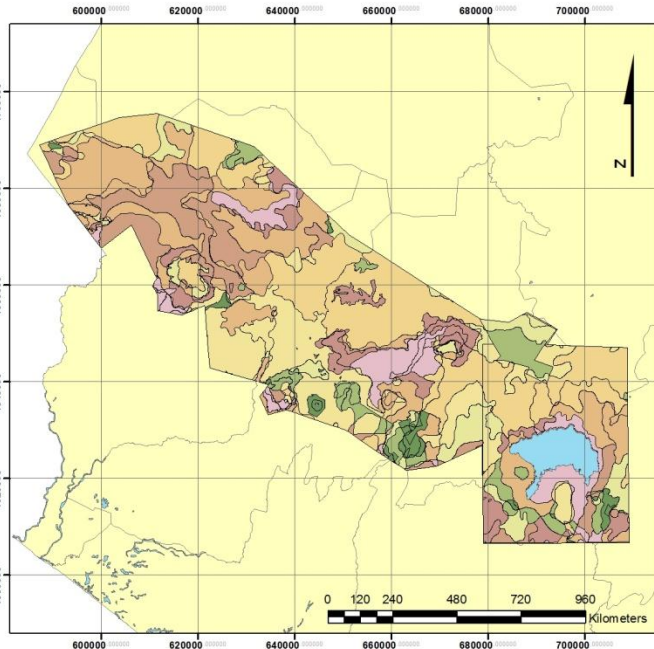
Leyenda

Paisajes Manejados por Zonas de Vida de Holdridge

bh-MB	bmh-MB
bmh-M	bmh-S(c)



c.



Paisajes Manejados de la Cordillera Volcánica Occidental de Guatemala

Fuente:
Instituto Geográfico Nacional -IGN-
Ministerio de Ganadería y Alimentación -MAGA-

Editado por:
Martha María Ríos Palencia
Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica,
Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
SIG IARNA

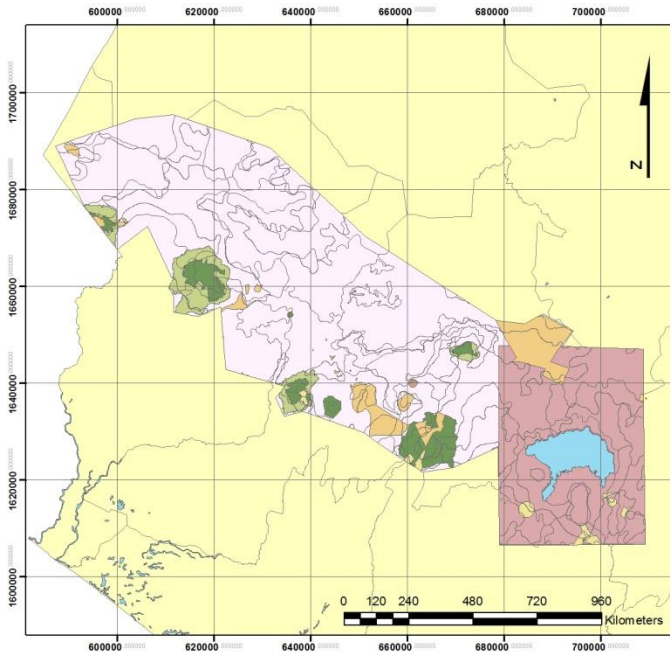
Guatemala, mayo 2011

Leyenda
Paisajes Manejados por porcentaje de Bosque

88.68 - 100	26.66 - 36.91
72.70 - 88.67	16.79 - 26.65
60.80 - 72.69	6.42 - 16.78
48.17 - 60.79	0.00 - 6.41
36.92 - 48.16	



d.



Paisajes Manejados de la Cordillera Volcánica Occidental de Guatemala

Fuente:
Instituto Geográfico Nacional -IGN-
Ministerio de Ganadería y Alimentación -MAGA-

Editado por:
Martha María Ríos Palencia
Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica,
Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
SIG IARNA

Guatemala, mayo 2011

Leyenda
Paisajes Manejados por estado de protección

Sin protección
Área de Uso Múltiple
Parque Nacional
Parque Regional Municipal
Reserva Natural Privada
Zona de Amortiguamiento
Zona de Veda Definitiva



Figura 17. Mapas de paisajes manejados dentro de la Cordillera volcánica occidental ordenados por: a. tamaño de paisajes, b. zonas de vida de Holdridge, c. proporción de bosque, y d. estado de protección

La importancia de la Figura 17 c. surge en la posibilidad de reconocer los paisajes que tienen mayor proporción de bosque propenso a ser conservado, aquellos con proporción media que pueden restaurados y recuperables, y finalmente aquellos paisajes en donde el bosque está prácticamente ausente, como por ejemplo, en el caso de la zona central de la Cordillera donde es notable la predominancia de cultivos anuales y centros poblados en sustitución del bosque.

Otro caso es en la zona Sur de la Cordillera, por debajo del Lago de Atitlán, en donde la ausencia de bosque se produce por una proliferación de cultivos perennes, especialmente el café; el café es de gran importancia para esta región y en general para la economía del país dada su alta calidad, por lo que se debe conservar y las recomendaciones derivadas podrían relacionarse con agroforestería (café con sombra) y disminución de uso de químicos (y usar insumos ecológicamente saludables), por mencionar algunas.

Esta caracterización de paisajes manejados permitió también tomar en consideración el estado de conservación y regímenes de protección bajo los que están inscritos los terrenos en la Cordillera (Figura 17 d.). Desafortunadamente una alta proporción de ella no se encuentra bajo alguna categoría de protección y conservación incluida bajo el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), sin embargo se observa también la potencialidad de crear nuevas áreas bajo categorías de uso sostenible de los recursos que, sobre todo, permitan contribuir a la conectividad funcional dentro de la Cordillera.

4.1.2 Conectividad

4.1.2.1 Conectividad estructural

La Figura 18 muestra la diferenciación de parches que hay dentro de la Cordillera, en donde existe un gran número de ellos de acuerdo a la clasificación de la regla de 4-vecinos. Cada color indica un parche individual.

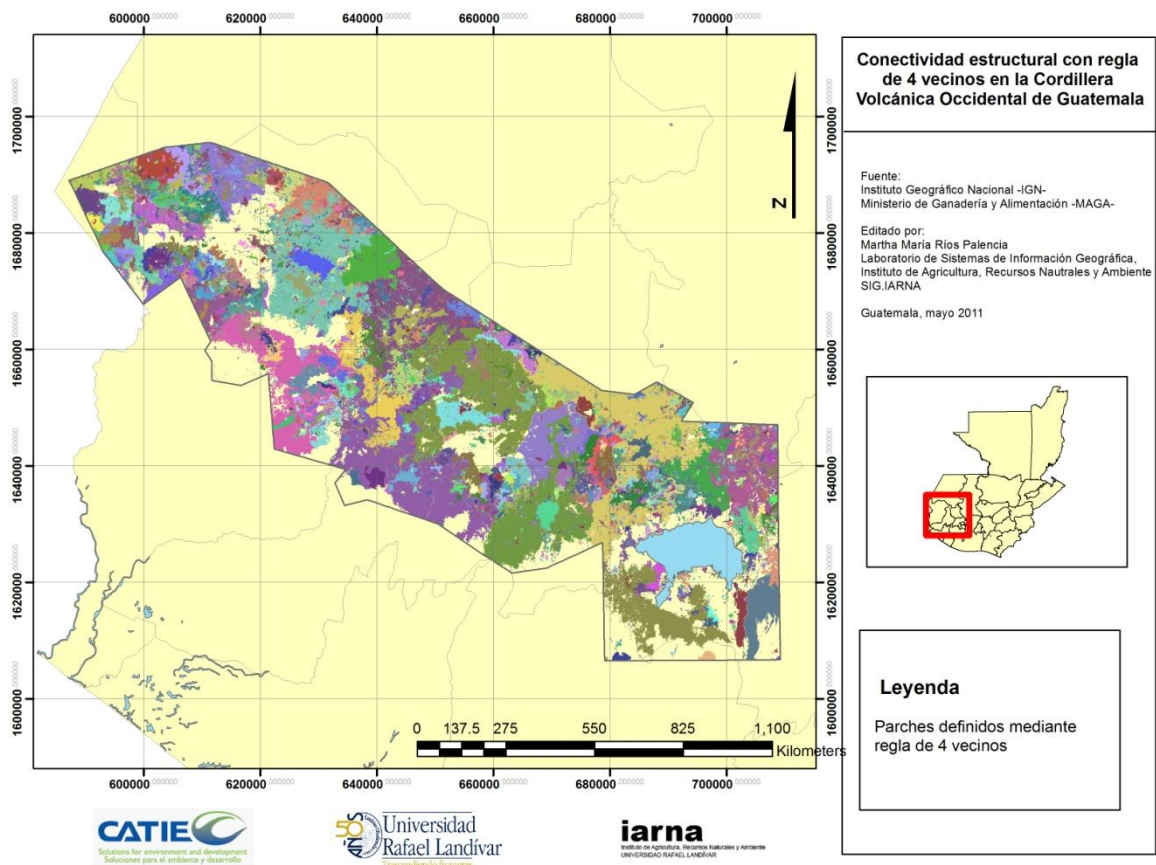


Figura 18. Mapa de definición de parches presentes en la Cordillera, medidos con la regla de 4-vecinos

Las zonas que muestran mayor número de parches son los extremos Norte y Sur de la Cordillera y las zonas alrededor de los grandes centros poblados de Quetzaltenango y San Marcos ubicados al Suroccidente. En estos sitios es perceptible un mosaico más complejo de usos de suelo en áreas relativamente pequeñas en comparación del tamaño de la Cordillera, probablemente por ser los más cercanos a grandes centros poblados con dinámicas de comercio y movilización de personas que no están presentes en zonas más rurales.

Métricas generales del paisaje:

De acuerdo con la Figura 19, es reconocible que el uso de suelo con mayor proporción de terreno es el bosque (38%), que incluye bosques de coníferas, latifoliadas y mixtos. Lo cual es positivo para propósitos de conservación, sin embargo es también uno de los usos de suelo con

mayor número de parches (Figura 20), esto se debe a que es el estado original de la Cordillera (la capacidad de uso del suelo es mayormente bosque) que ha sido fragmentado por actividades de poblaciones humanas.

Si bien los fragmentos remanentes de bosque son los parches con mayor tamaño dentro de la Cordillera, carecen de continuidad pues han sufrido un proceso de fragmentación paulatino debido a avances de la frontera agropecuaria y zonas urbanas con caminos y carreteras que les conectan. Además estos bosques de pino y encino en asociación con otras especies son aprovechados por las poblaciones como fuente directa de combustible en forma de leña y materia prima para construcción, dando como resultado parches en forma de isla, distanciados unos con otros.

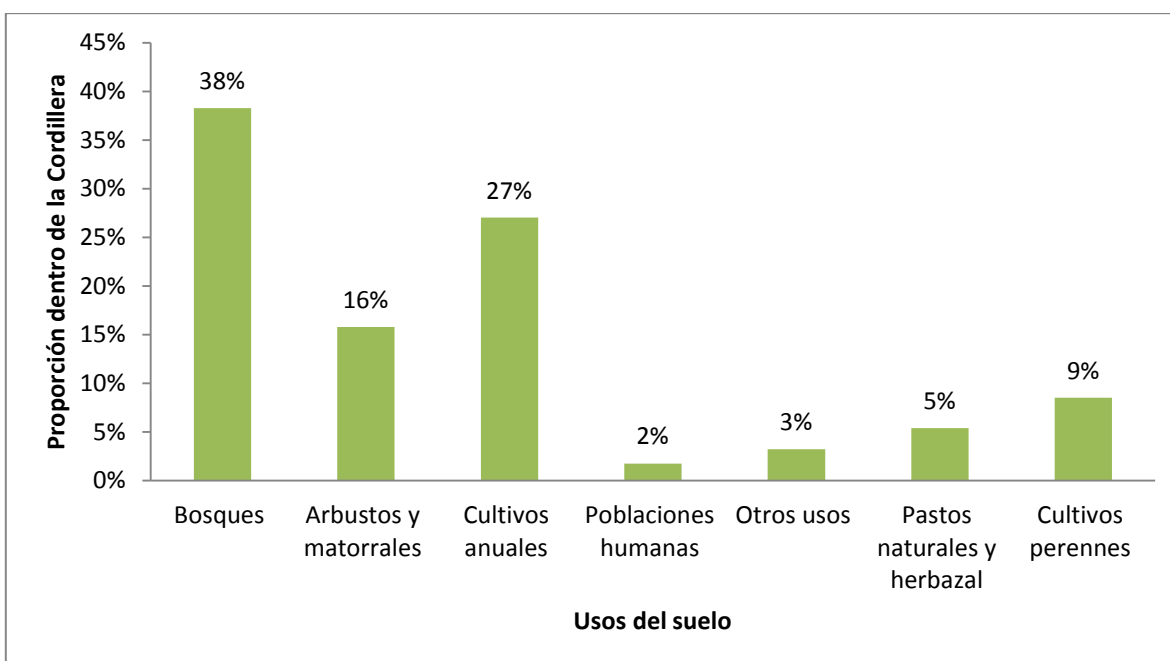


Figura 19. Proporción de terreno por uso de suelo dentro de la Cordillera, basado en la regla de 4-vecinos

En el caso de las zonas de cultivos anuales, la segunda proporción más grande (27%) y la tercera con más número de parches, sucede una proliferación de zonas de cultivo cercanas o aledañas a hogares dispersos, tanto en casos de huertos familiares como de agricultura a gran escala (para consumo y comercio interno o externo); en esta agricultura encontramos los granos básicos de la subsistencia de las poblaciones y que respaldan su alimentación, de allí su importancia y su prevalencia. Los cultivos incluyen el tradicional maíz o milpa, frijol, tomate, variedades de chile, papa, repollo, lechiga, brócoli, zanahoria, por mencionar algunos.

En el caso de los arbustos y matorrales la preocupación por su extensión (16% del terreno) no es tan inquietante pues estas zonas son de barbecho de cultivos abandonados y zonas de regeneración de bosques secundarios. Este uso del suelo está ubicado mayormente al Norte del Departamento de San Marcos, y representa zonas que ya se encuentran en rehabilitación para las cuales se pueden proponer alternativas de uso que coadyuven a dicho proceso. Cabe mencionar que estos sitios han resultado ser ideales para nuevas colonizaciones las especies bajo estudio puesto que son un hábito protector para ardillas que se alimentan de los frutos de pinos y encinos.

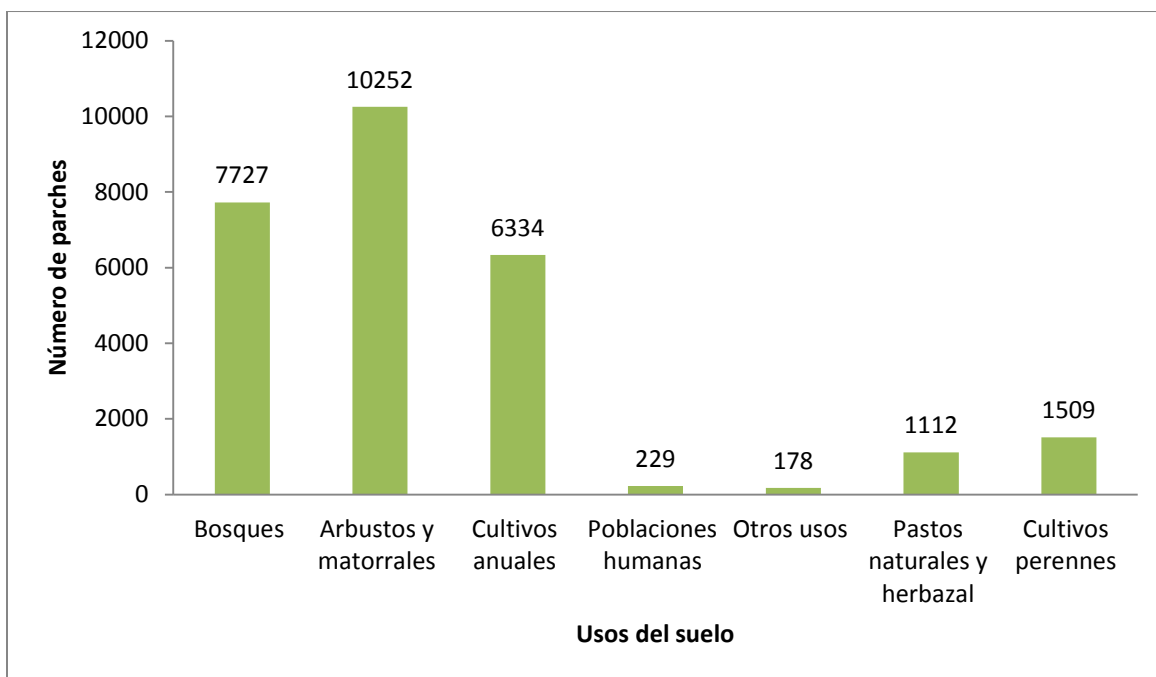


Figura 20. Número de parches por cada uso del suelo dentro de la Cordillera (regla de 4-vecinos)

Los parches de cultivos perennes (Figura 20) se refieren principalmente a plantaciones de café, cacao y árboles frutales como manzana, durazno y pera. Son tradicionalmente acompañamiento de los cultivos anuales, razón que refleja su número de parches dispersos. Sin embargo, en el caso del café, este viene expandiéndose desde el Sur hacia el Norte a partir del corredor de café que representa el borde del Corredor Biológico bajo estudio.

Esta migración del café hacia el Norte puede deberse a dos motivos principales, la alta sustentabilidad económica y social del cultivo así como a la variación de pisos climáticos en la Cordillera efecto del calentamiento global que significa un aumento de temperatura que conlleva más zonas adecuadas para el cultivo del café; el mejor café de Guatemala se cultiva entre los 1,300

y 2,000 msnm en microclimas variados y con patrones de lluvia consistentes (Hempstead 2010). Si bien este cultivo presenta beneficios como enriquecer el suelo de minerales y brindar un dosel protector para especies animales, es necesario darle manejo adecuado y cultivarlo con la modalidad de “café con sombra” para recibir estos beneficios (Hempstead 2010). Por su parte, los árboles frutales en general y como lo antes mencionados siempre brindan un dosel que puede coadyuvar a la conectividad siempre que no sea un sustituto de un bosque natural. De hecho estos árboles de cultivos perennes pueden resultar ideales “*stepping-stones*” para movilización de dispersores animales.

Respecto a la categoría de otros usos, la variabilidad dentro de este grupo respecto a los usos de suelo que representa (arenas, cuerpos de agua y mosaico de cultivos) figura como una pequeña proporción de la Cordillera (Figura 19) y cualquier recomendación realizada sobre este uso de suelo debe hacerse con más detalle y desglosando los usos que dentro de él se incluyen.

En el caso de los pastos naturales y herbazal, si bien esta no es una zona ganadera como tal, si existen zonas de pastizales dedicadas a ganado ovejuno y porcino (en poca proporción); por lo que la mayor área ocupada por este uso del suelo se refiere a pastos naturales propios de las zonas altas y de temperaturas bajas que inhiben el crecimiento de otro tipo de vegetación. Por ser áreas no trascendentales para la dispersión y hábito de las especies bajo estudio, se hará poco detalle en el futuro de este estudio especialmente porque no es adecuado perturbar el estado natural de estos pastizales que cumplen su propia función ecosistémica. Las recomendaciones se harán sobre las pequeñas zonas dedicadas a crianza de animales.

La categoría de poblaciones humanas es el que presenta menor proporción de todos (Figura 19) y menor cantidad de parches también (Figura 20). Esto se debe a que, a pesar de ser la segunda zona con mayor densidad poblacional del país, los centros poblados se limitan a focos centrales en donde hay mayor disponibilidad de infraestructura y recursos. Existen además centros aislados de menor tamaño y menos comodidades, así como también infraestructuras habitacionales dispersas que son cascos de fincas productoras o terrenos familiares.

Es comprensible entonces que entre más parches tenga un uso de suelo más bordes tendrá con otros usos adyacentes, tal como lo muestra la Figura 21. En este sentido, la fragmentación causada en los bosques de la Cordillera por un mayor número de parches implica también un mayor efecto de borde en ellos. Esto significa que sus parches no solo sufren de aislamiento de otros parches similares a él, sino que también cada parche tendrá reducida su

“área núcleo” o “core area”, sitio donde ciertas especies animales y vegetales encuentran mayor seguridad, refugio y sitio adecuado para sobrevivir.

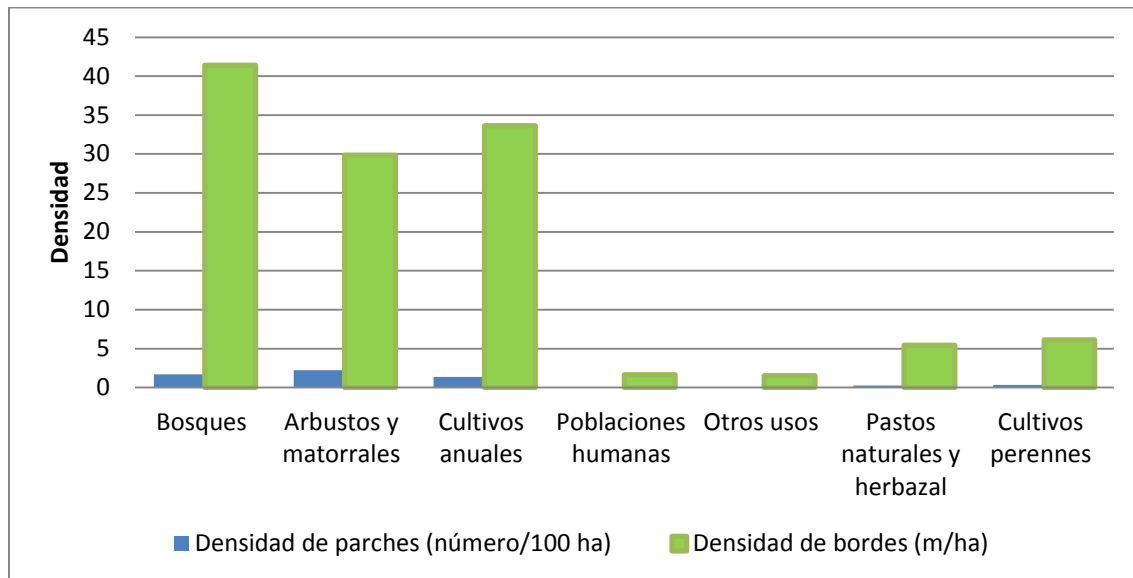


Figura 21. Relación de densidad de parches con densidad de bordes por uso del suelo dentro del paisaje

En la medida que se tomen acciones para reducir el contraste entre usos adyacentes a un parche de bosque, que se trabaje la matriz con aras de convertirla en saludable y se fortalezca la conectividad funcional, el efecto de borde se verá disminuido afectando menos a las especies que ven en él un obstáculo para su movilización. Debinski & Holt (2000) argumentan que de hecho dentro de las reservas es necesario trabajar en reducir el borde para así maximizar la efectividad del área núcleo de la reserva (Debinski & Holt 2000).

Sin embargo reducir el borde abrupto puede generar también el riesgo de “permeabilización de especies ajenas” de fuera del bosque que ven un límite más fácil de cruzar, provocando el riesgo de homogenización y pérdida de endemismos así como de proliferación de especies exóticas (Bennett 2004). Es necesario evaluar mediante un análisis de costo/beneficio el alcance de las iniciativas, alternativas y soluciones que se desean implementar, así como el impacto que estas puedan tener; la selectividad de soluciones a implementar ayudará a mantener un equilibrio ecológico son poner en peligro la sostenibilidad socioeconómica de un paisaje.

Los resultados presentados a continuación indican métricas del paisaje respecto a su conectividad estructural, medidas con un umbral de un kilómetro, distancia a la cual es posible inferir no sólo sobre la conectividad estructural del bosque sino que también es posible inferir de manera indirecta sobre la probabilidad de subsistencia que tienen las especies animales con rangos pequeños de movilidad y que utilizan el bosque como su hábitat principal, como la ardilla gris.

Conectividad estructural con umbral de un kilómetro:

Para la Cordillera, los usos de suelo menos conectados de acuerdo con el Índice de Conectividad (donde cada par de parches está conectado o no, basado en un criterio de distancia de 1000 m, expresado mediante el porcentaje de máximas conexiones posibles dado el número de parches) son aquellos con más grandes extensiones dentro de la Cordillera, que tienen más número de parches y de bordes (Cuadro 9), como el bosque.

Cuadro 9. Medición de conectividad estructural del paisaje por clases, con umbral de un km

USO DEL SUELO	CONNECT (%)
Bosques	7.5
Arbustos y matorrales	7.8
Cultivos anuales	6.6
Poblaciones humanas	12.8
Otros usos	11.1
Pastos naturales y herbazal	17.8
Cultivos perennes	15.2

La Figura 22 presenta la relación inversa existente densidad de parches e índice de conectividad, y con una tendencia casi consistente para todos los usos de suelo se puede afirmar que a mayor número de parches es menor la conectividad estructural.

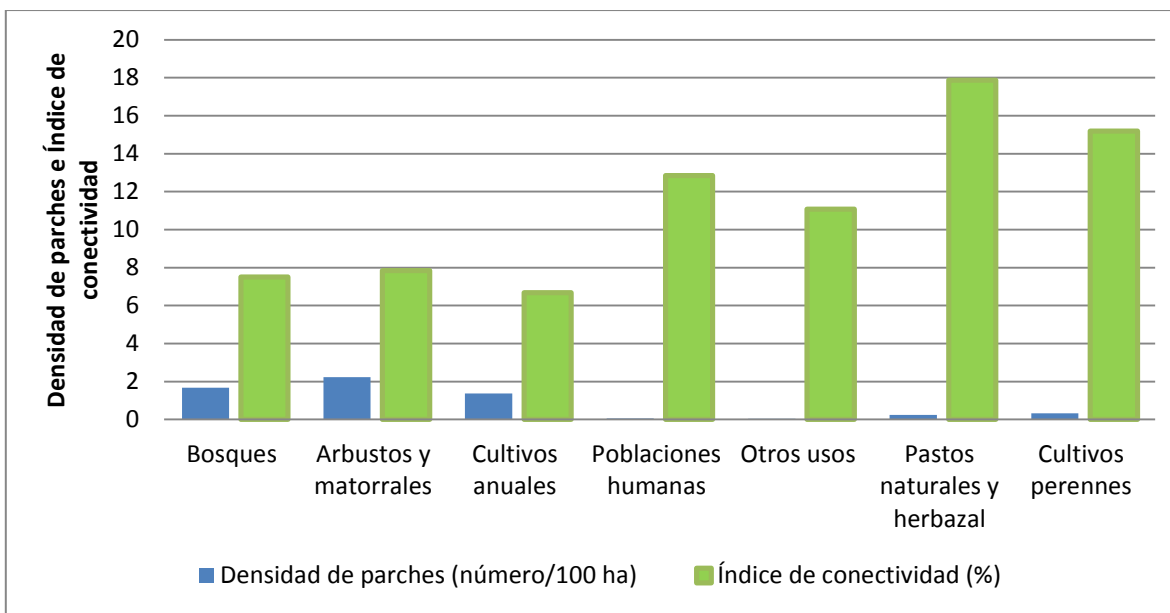


Figura 22. Relación entre la densidad de parches con el índice de conectividad estructural para cada uso del suelo

En términos generales y a manera de resumen, la Cordillera volcánica occidental de Guatemala, medida con la regla de 4-vecinos presenta los siguientes valores de métricas de parámetros (Cuadro 10):

Cuadro 10. Métricas generales del paisaje de la Cordillera medidas con un umbral de un kilómetro

INDICADOR	VALOR	UNIDAD DE MEDIDA
Área total	460,160	ha
Número de parches	27,341	#
Densidad de parches	5.9	#/100 ha
Borde total	27,524	km
Densidad de bordes	59.8	m/ha
Contraste de borde	71.8	%
Índice de contagio	50.9	%
Índice de conectividad entre fragmentos	7.6	%
Índice de uniformidad de Shannon	1.5	0 - ∞

A nivel de Cordillera se presentan serios problemas de conectividad estructural, ya que de un 100% posible la Cordillera ha dado como resultado apenas un 7.6% en relación a todos los fragmentos de todos los usos del suelo como un conjunto. Otros parámetros a considerar son el índice de contagio que expresa la posibilidad de que dos unidades (píxeles) de parches diferentes

se mezclen o interpongan, en este caso es del 50% que indica hay igual probabilidad de que dos pixeles elegidos al azar sean del mismo tipo de parche; este índice de contagio tendrá valores altos cuando en el paisaje existan pocos parches, grandes y continuos, por el contrario valores bajos de este índice indican paisajes con muchos parches pequeños y dispersos (McGarigal & Marks 1995). El Índice de Shannon, por su parte, indica que la distribución proporcional de área total de la Cordillera entre grupos de parches de diferentes usos de suelo no es equitativa pues vemos más en los usos de bosques, arbustos y matorrales y cultivos anuales que en el resto de usos.

Conectividad estructural con umbral de 20 kilómetros:

La conectividad, a un umbral de 20 km (Cuadro 11) sigue siendo baja para cada uso de suelo dentro de la Cordillera, pues todos presentan valores similares. De un valor posible de 100% se presenta un promedio de 27.5% entre todos los usos lo que significa que en una distancia de 20 km solo el 27.5% de pares de parches se encuentra unido o conectado (basado en ese criterio de distancia).

La conectividad estructural medida a 20 km brindó una visión más amplia respecto a la presencia de parches de bosques, más allá de considerar a los organismos del bosque como se hizo con el umbral de un kilómetro. Cabe mencionar que a pesar de ser un umbral 20 veces más grande que el primero, este no representa un cambio significativo respecto a los valores de conectividad medidos para el umbral de un kilómetro; lo cual puede ser evidencia de un estado de no conectividad fuerte y persistente a lo largo de la Cordillera y tomando el caso específico del bosque este se encuentra siempre entre los usos menos conectados.

Cuadro 11. Medición de conectividad estructural del paisaje por clases, con umbral de 20 km

USO DEL SUELO	CONNECT (%)
Bosques	22.2
Arbustos y matorrales	23.7
Cultivos anuales	20.4
Poblaciones humanas	29.2
Otros usos	26.2
Pastos naturales y herbazal	39.9
Cultivos perennes	31.4
PROMEDIO	27.5

Conectividad estructural con la regla de 8-vecinos:

En análisis de aplicación de la regla de definición de parches de 8-vecinos se realizó con el fin de poder exponer las diferencias generadas por dos puntos de vista diferentes en el análisis de un mismo paisaje (al igual que con los diferentes umbrales) y lo trascendental que esto es para la toma de decisiones y la incidencia que éstas tienen para la conservación.

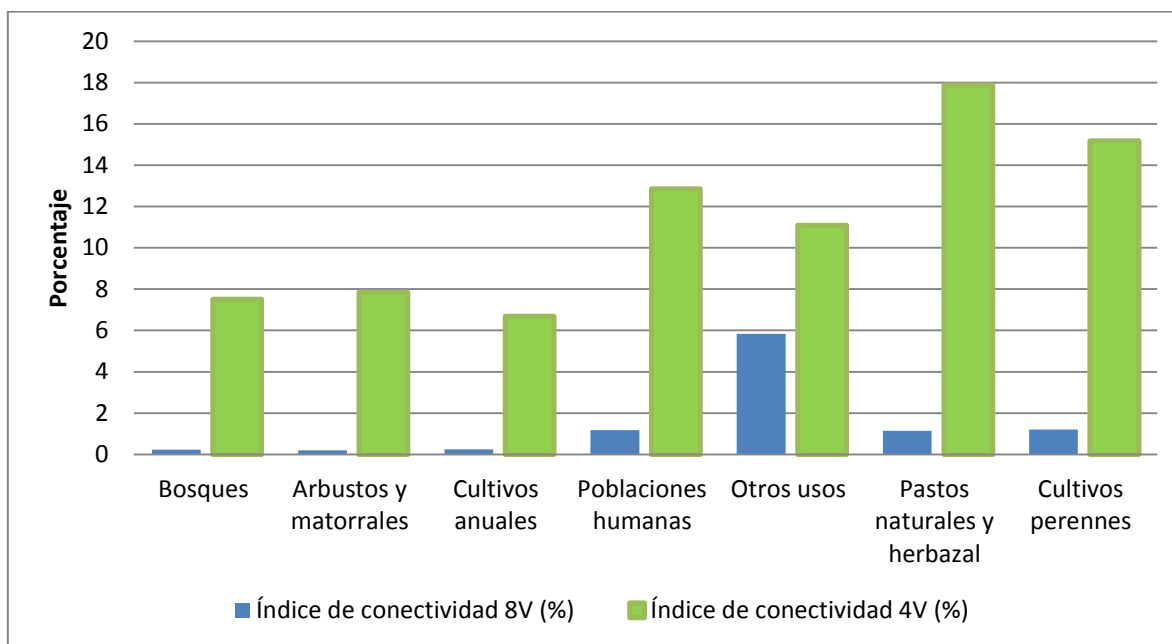


Figura 23. Comparación de conectividad estructural para cada uso de suelo dentro de la Cordillera de acuerdo a las reglas de 4 y 8-vecinos

Mediante la regla de 8-vecinos se ha podido detectar una mayor conectividad estructural para la categoría de otros usos, que mediante la regla de 4-vecinos no pareció trascendental (Figura 23). En el caso del uso bosque, de especial interés para este estudio, siempre apareció entre los últimos tres puestos menos conectados.

La Figura 24 muestra cómo estos parches definidos por la regla de 8-vecinos se distribuyen en la Cordillera; la diferencia de la medición de esta regla y la de 4-vecinos puede apreciarse de mejor manera por medio del acercamiento (Figura 25) a la zona Noreste de la Cordillera, en donde se ubica el Bosque Comunal de Tonicapán como referencia y donde es posible ver que bajo la perspectiva de la regla de 4-vecinos ese bosque es altamente fragmentado a causa de un mosaico de usos de suelo complejo en donde debe trabajarse cuidadosamente cada distinto uso de suelo para aumentar la conectividad estructural dentro de este bosque. Vista desde la perspectiva de la

regla de 8-vecinos esta zona es casi un bloque completo de bosque que conviene no alterar sino conservar y proteger, excepto por algunas pequeñas adaptaciones para mejorar la conectividad estructural. He aquí la importancia de definir escalas de estudio adecuadas para tomar decisiones.

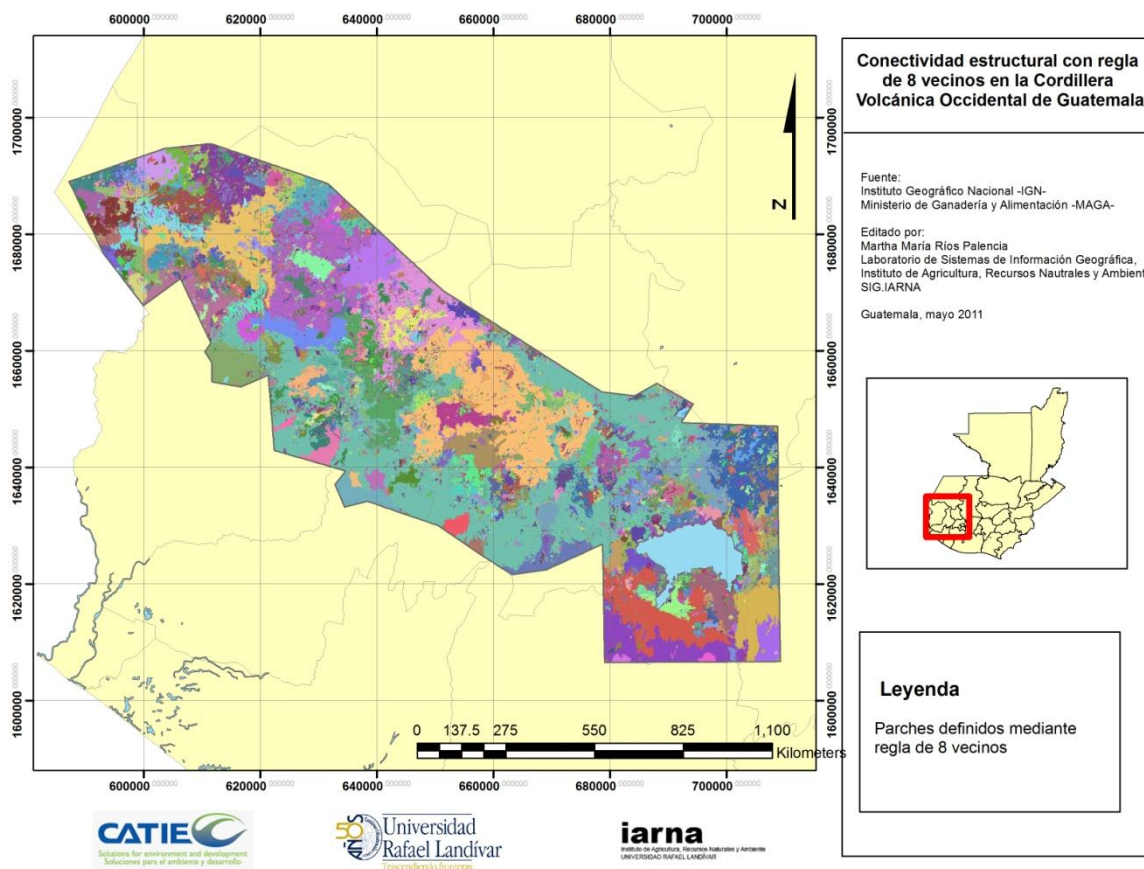


Figura 24. Mapa de definición de parches presentes en la Cordillera, medidos con la regla de 8-vecinos

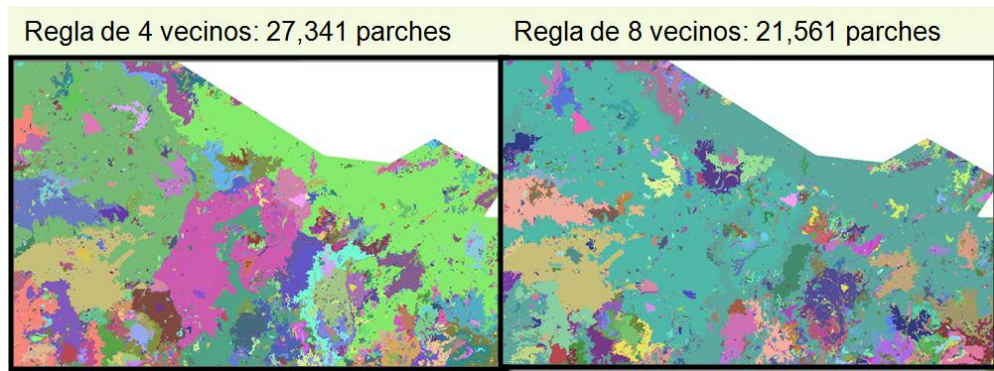


Figura 25. Diferencias entre paisajes con aplicación de reglas de 4 y 8-vecinos para la definición de parches

4.1.2.2 Conectividad funcional

Los mapas derivados del análisis de la caja de herramientas FUNCONN, fueron útiles para definir el espacio de hábitat dentro de la Cordillera que permitiría a la ardilla gris movilizarse, alimentarse y colonizar sitios, y con ello inferir la conectividad funcional para los bosques de pino y encino que ésta habita. Se obtuvo un mapa con los diferentes valores dados a usos del suelo de acuerdo a si éstos permiten a la ardilla gris movilizarse dentro; en la Figura 26 el valor de cero (0) representa aquellos espacios en donde la ardilla no es capaz de moverse, guarecerse y buscar por alimento e incluye especialmente “core areas” de centros poblados y carreteras principales y secundarias (estas últimas con menor valor de resistencia/hostilidad). Sitios con valores de 50 hacia abajo representan limitaciones y barreras para su movilidad.

En el lado opuesto de la escala de valores, el 100 representa el uso del suelo óptimo para el bienestar y movilidad de la ardilla dentro de la Cordillera, estos sitios son bosques de coníferas, latifoliadas y mixtos, especialmente aquellos de pino-encino predominantes en esta zona. De acuerdo al mapa estos sitios aun están ampliamente representados en la Cordillera, sin embargo el problema reside no en la cantidad de bosque disponible sino en lo fragmentado que este se encuentra. En términos generales, si la ardilla gris se mueve una distancia diaria de un kilómetro (Koprowski 2005), es posible para ella encontrar dentro de la Cordillera sitios de suficiente extensión (entre bosques, cultivos perennes y anuales y arbustos) en donde pueda fácilmente transitar. Por ser un animal pequeño y fácilmente adaptable puede decirse que el paisaje de la Cordillera (una vez no siga decreciendo en calidad) aún es un paisaje funcional para la ardilla y de someterse a diferentes procesos de rehabilitación sería aun mejor. Por el contrario, al tratarse de

animales más grandes que necesitan mayor cantidad de espacio para movilizarse y buscar por alimento, el paisaje de la Cordillera puede resultar limitante e incluso peligroso.

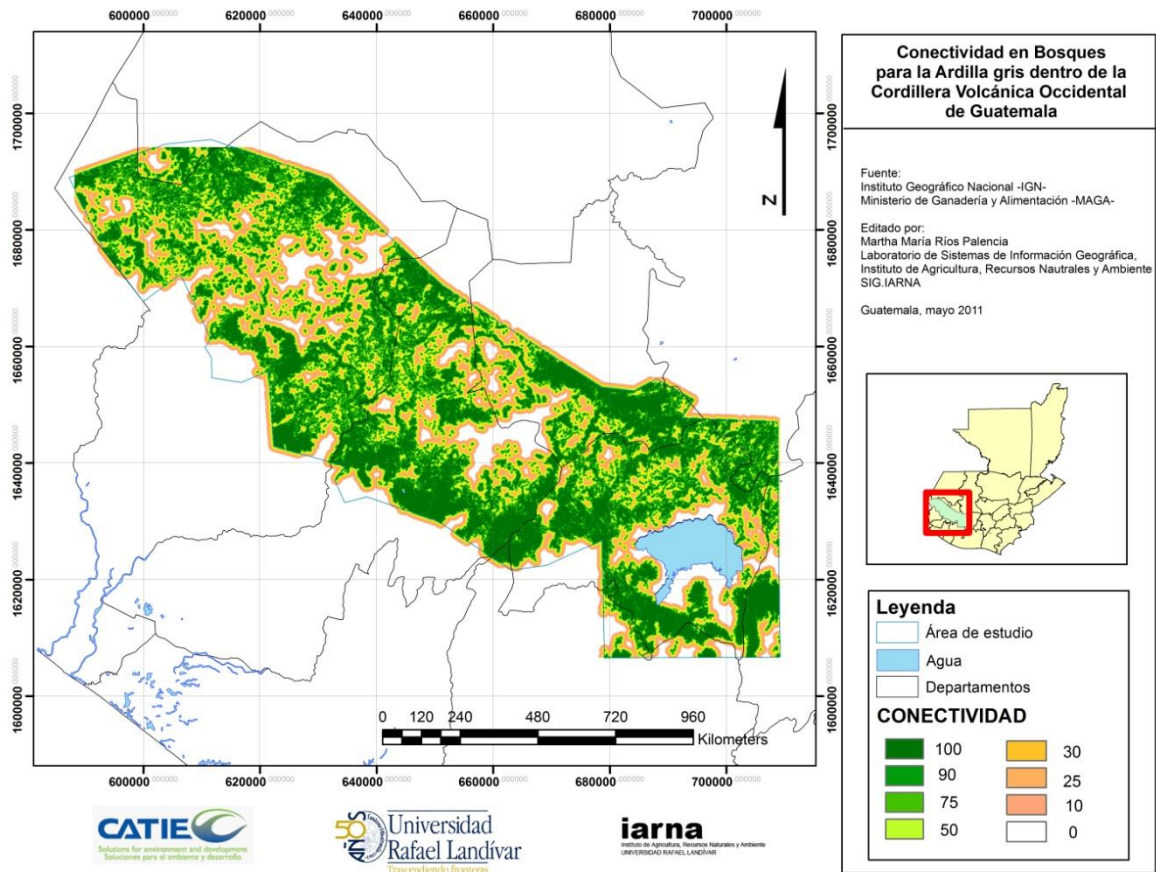


Figura 26. Conectividad funcional para el bosque dentro de la Cordillera

Si bien las áreas núcleo de los parches de bosque se ven bastante reducidas al final, las zonas de bordes y zonas buffer forman conectores en donde aun es posible tener gradientes de conectividad con respuesta positiva de árboles. Estos gradientes son precisamente los que permiten conectarse leve pero efectivamente con cultivos perennes y arbustos, haciendo uso de “stepping stones” y dando capacidad de movilización a especies dentro del bosque, incluyendo a la ardilla gris. El bosque aislado como tal sule servicios fundamentales pero si unificamos los resultados con los de otros usos como cultivos perennes y arbustos, se potencializan los servicios ofrecidos y se tiene un mayor área funcional.

De acuerdo con la Figura 26, la zona Noreste donde se ubica el Bosque Comunal de Tonicapán y la franja Sur que colinda con la zona cafetalera del país surgen como focos

importantes de conectividad (al igual que el caso de medición de la conectividad estructural). Aquí es particularmente importante promover la conservación y mejorar las condiciones del bosque. Por el contrario, las zonas centrales con predominancia de suelos urbanos y agrícolas nuevamente surgen como las zonas más dañadas respecto a la conectividad ecológica; intervenir en estos usos llevaría procesos más largos que implican el uso de más recursos.

Si bien la conectividad funcional y estructural es un valor relativo muy particular de la especie bajo estudio, es posible comprobar con los análisis previos que para el caso de las especies de pino y encino, así como para la ardilla gris es muy similar, pues las especies están estrechamente relacionadas y dependen unas de otras para desarrollarse y sobrevivir.

Por tanto, la decisión sobre qué partes de la Cordillera trabajar y cuáles conservar en búsqueda de la conectividad surge a partir del tipo de iniciativas de manejo y conservación de la diversidad que se busca aplicar. Es decir, iniciativas como áreas protegidas pueden ser la respuesta para zonas en “buen estado”, pero para el caso de aquellas con conectividad intermedia o escasa las iniciativas deben nacer de la participación de las poblaciones humanas que allí habitan, buscando que sean ellos los que modifiquen o adapten sus actividades con el fin de aportar a la conectividad. El inciso siguiente sobre medios de vida de la población aporta a resolver el dilema de discernir cuál iniciativa es la adecuada y dónde debe aplicarse.

4.2 Medios de vida de la población en el paisaje de estudio

4.2.1 Entrevistas

Se entrevistó a 40 personas en toda la Cordillera (Cuadro 12) con lo que fue posible distinguir medios de vida predominantes para cada uno de los ocho Departamentos dentro del área de estudio:

Cuadro 12. Resultados por Departamento de entrevistas a pobladores sobre medios de vida

DEPARTAMENTO	NÚMERO DE ENTREVISTAS POR DEPTO.	PRINCIPALES MEDIOS DE VIDA IDENTIFICADOS									
		Cultivos anuales	Cultivos perennes	Aprovechamiento forestal	Comercio	Migración	Actividades profesionales	Turismo	Artesanía	Pesca	Narcoactividad
Totonicapán	6	x	x	x					x		
Quiché	2	x	x	x					x		
Quetzaltenango	6	x			x	x	x	x	x		
San Marcos	8	x	x	x	x	x	x		x		x
Sololá	6	x	x	x	x			x	x	x	
Chimaltenango	8	x		x	x		x	x	x		
Sacatepéquez	4	x			x						

Como regla general, la producción de granos básicos se identificó en todos los Departamentos en donde se realizaron entrevistas, pues la principal fuente de alimentos en la zona y se realiza tanto para autoconsumo como para comercialización. Respecto al aprovechamiento forestal, éste fue posible encontrarlo en cinco de los siete departamentos donde fue posible realizar las entrevistas.

4.2.2 Análisis multivariado de datos socioeconómicos

4.2.2.1 Correlación canónica entre VAM y %POB con grupos de variables

Como resultado de todas las correlaciones es posible reconocer que ambas variables principales, Vulnerabilidad alimentaria (VAM) y porcentaje de población bajo pobreza (%POB), están estrechamente correlacionadas (Cuadro 13) entre sí siendo ambas causa y efecto una de la otra y a la vez siendo síntomas de poblaciones que poseen necesidades insatisfechas y que se encuentran en mayor riesgo. Por otra parte, el índice de VAM incluye dentro de sus indicadores el de porcentaje de población en pobreza.

Cuadro 13. Correlación entre las variables de VAM y %POB dentro de la Cordillera

INDICADORES	VAM	%POB
VAM	1.00	0.34
%POB	0.34	1.00

NOTA: Valores de $r^2= 0.48$ y $p(0.002)$.

A continuación los resultados de correlación por grupo de indicadores. Los valores y parámetros de las correlaciones se detallan en el Anexo 8.5.

A. Correlaciones de Usos del suelo con VAM y %POB:

En la Figura 27 se evidencia que la vulnerabilidad alimentaria es principalmente correlacionada con dos tipos de uso del suelo, arbustos y cultivos. En el caso del primero la correlación es negativa porque los arbustos son un uso de suelo no productivo en términos de alimentos; al contrario, las zonas cubiertas por cultivos se correlacionan positivamente pues son aquellas que proveen alimentos y contribuyen a disminuir la vulnerabilidad alimentaria en las poblaciones humanas.

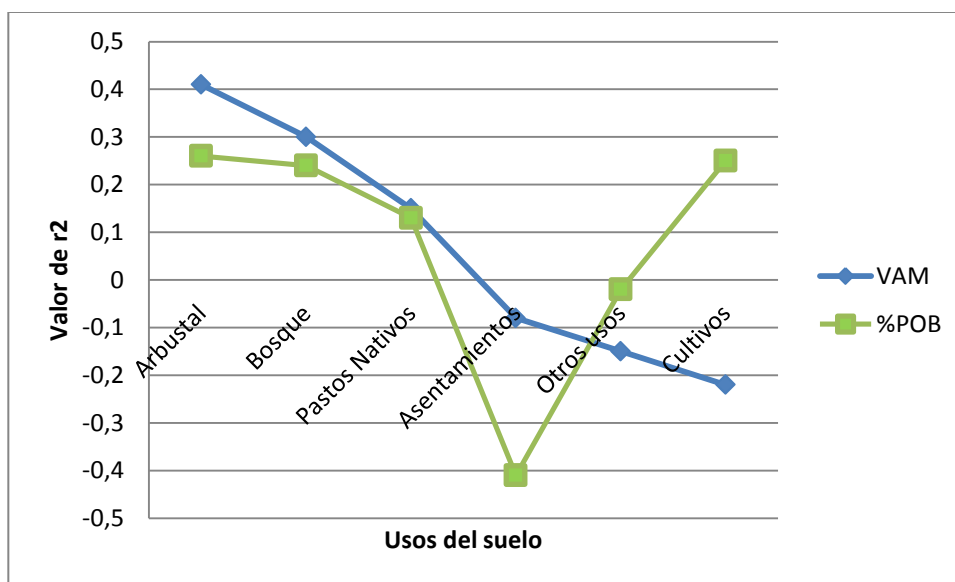


Figura 27. Correlación canónica entre VAM y %POB con usos del suelo dentro de la Cordillera

NOTA: Valores de $r^2= 0.36$ y $p(0.003)$.

La pobreza, por su parte está correlacionada también con arbustos y además con asentamientos humanos. El análisis indica que la presencia de asentamientos humanos es inversamente proporcional a los índices de pobreza, cosa que puede significar que los

asentamientos humanos o centros poblados permiten el desarrollo de actividades no agropecuarias que prescinden de uso del suelo (tales como comercio y transporte) que mitigan los efectos de la pobreza. Adicionalmente en los conglomerados humanos la interacción social brinda mayores oportunidades a las personas de bajos recursos por medio de mecanismos de acceso a servicios y por lo que tanto %POB tiende a ser menor.

B. Correlaciones de actividades productivas con VAM y %POB:

Cuando se habla de actividades productivas en general, se refiere a alternativas productivas que no requieren de espacios de tierra para ejecutarse como se explicó en el Inciso 3.2.4.2. El análisis indica (Cuadro 14) que por un lado la vulnerabilidad alimentaria puede ser evitada promoviendo actividades en los rubros de transporte, almacenamiento, comunicación y construcción, sin embargo no hay relaciones especialmente fuertes entre todas las actividades productivas de este grupo y el VAM.

En orden de contrarrestar la pobreza el análisis sugiere que una mayor presencia de empleos en administración pública puede ayudar, esto puede deberse a que la presencia de la gestión gubernamental es fundamental para dirigir y promocionar procesos así como otras alternativas productivas como tal. En municipios donde las actividades de agricultura/caza/silvicultura son importantes, el %POB tiende a ser mayor. De hecho todas las actividades productivas excepto las mencionadas presentan oportunidades para contrarrestar la pobreza ya que brindan oportunidades de empleo estable, seguro y constante (cosa que no sucede en las actividades agropecuarias).

Cuadro 14. Correlación canónica entre VAM y %POB con actividades productivas en la Cordillera

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	VAM	%POB
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	0,06	0,34
Explotación de minas y canteras	-0,08	-0,26
Industria manufacturera textil y alimenticia	0,07	-0,18
Electricidad, gas y agua	-0,04	-0,30
Construcción	-0,09	-0,39
Comercio por mayor y menor	0,07	-0,19
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	-0,13	-0,36
Servicios financieros prestados a empresas	-0,07	-0,32
Administración pública y defensa	-0,08	-0,40
Enseñanza	-0,03	-0,34

Servicios comunales, sociales y personales	0,02	-0,29
Organizaciones extraterritoriales	-0,03	-0,35
Otras actividades	0,01	-0,22

NOTA: Valores de $r^2= 0.48$ y $p(0.002)$.

C. Correlaciones de producción agropecuaria y forestal con VAM y %POB:

Este análisis, junto al de usos del suelo son quizás los más importantes, puesto que refiere las actividades productivas más prominentes en el campo y que además son aquellas que debemos buscar adaptar o repensar al momento de buscar la funcionalidad ecológica del paisaje y la sostenibilidad socioeconómica de las personas.

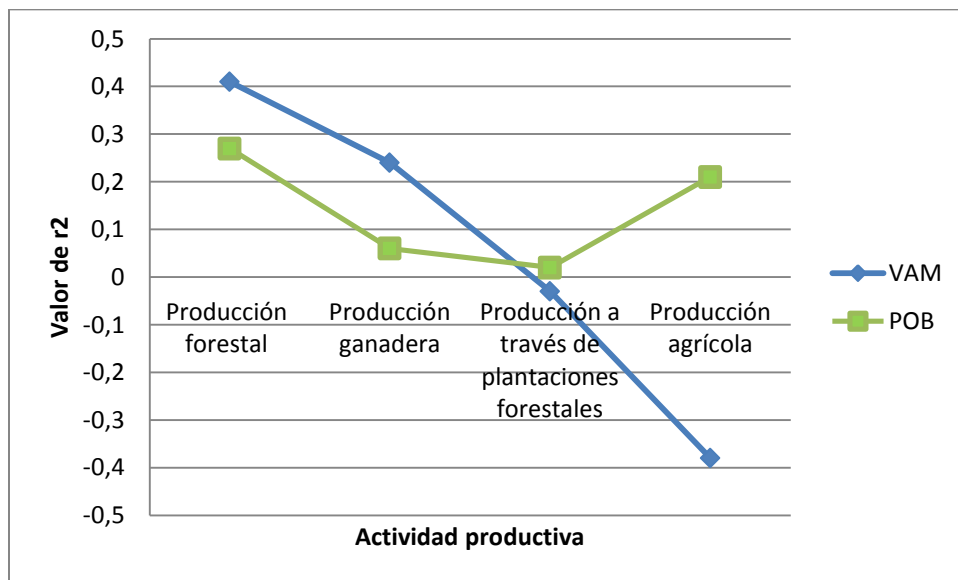


Figura 28. Correlación canónica entre VAM y %POB con la producción agropecuaria y forestal en la Cordillera

NOTA: Valores de $r^2= 0.38$ y $p(0.004)$.

De las cuatro actividades agropecuarias y forestales consideradas (Figura 28), la producción netamente agrícola es la única que está correlacionada con la disminución la vulnerabilidad alimentaria, pues es la fuente principal de alimento. Las plantaciones forestales cuyo fin es la producción de recursos maderables con fines comerciales y para construcción, así como para extracción controlada de leña, no muestra no una correlación significativa respecto al VAM y %POB. Por el contrario, la producción ganadera y forestal están positivamente correlacionadas con la vulnerabilidad alimentaria. En el caso de la ganadería puede deberse a la degradación intensa y extensa del suelo que genera la crianza de animales. En el caso de la

producción forestal derivada del uso de bosques naturales, la correlación positiva puede deberse a que no existen muchos planes de manejo y conservación en los bosques de la Cordillera por lo que su uso es no sostenible. Además, sin un conocimiento de la diversidad de productos que el bosque provee, las áreas de bosque se perciben como áreas sin cultivos y por tanto sin alimentos.

En el caso de la pobreza, todas las actividades de este grupo presentan una correlación positiva, con mayores valores para las actividades derivadas del uso de bosques naturales y actividades agrícolas. En el caso de la primera, como se mencionó antes, se debe al que el uso del bosque es inadecuado y no se percibe como fuente significativa de alimento ni de ingresos. En el caso de la agricultura, la correlación puede deberse a que la producción de granos básicos bajo condiciones precarias es la más común en la zona, esto se conoce como agricultura de subsistencia y con los rendimientos apenas logran satisfacer sus necesidades alimenticias y muchas veces no obtienen excedentes que puedan comercializar como fuente de ingreso.

4.2.2.2 Conglomerados de Municipios de acuerdo a VAM, %POB y usos del suelo

Si bien en algunos casos los conglomerados presentados a continuación muestran un distanciamiento geográfico entre los Municipios miembros de un mismo grupo, se aclara que cada unidad territorial podrá implementar de manera individual las recomendaciones aquí propuestas.

Los resultados del análisis de componentes principales que se utilizaron para caracterizar cada conglomerado se presentan en el Anexo 8.6.

El resultado del análisis de conglomerados realizado de acuerdo a los índices de VAM y %POB generó los siguientes grupos de Municipios (Figura 29):

- El **grupo 1** agrupa Municipios que presentan bajos índices de %POB y valores medios de VAM. Aquí están los Municipios de San Marcos, San Mateo, Olinstepeque, San Carlos Sija y otros.
- El **grupo 2** conglopera los Municipios con mayor VAM e índices medios de %POB. Entre otros Municipios agrupados aquí, están San Francisco El Alto, San Lucas Tolimán y Totonicapán.
- El **grupo 3** agrupa Municipios con índices más altos de %POB y valores medios de VAM. Aquí se encuentra Tajumulco, San Juan La Laguna y Cuilco.
- Y en el **grupo 4** se agrupan Municipios con los más bajos valores de VAM e índices de %POB medios. Entre otros Municipios están Nuevo Progreso, La Reforma, El Palmar y San Antonio Palopó.

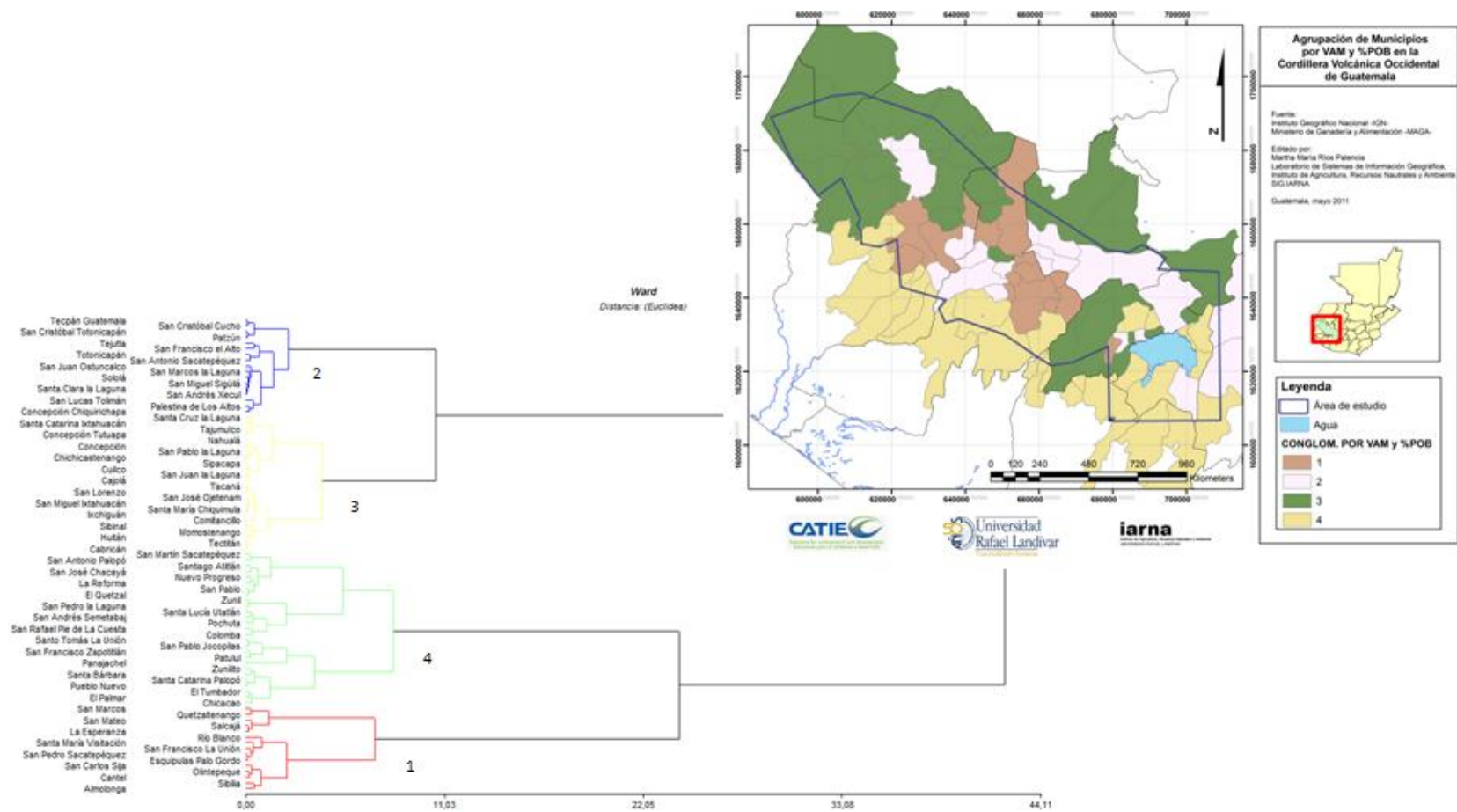


Figura 29. Conglomerados de Municipios de acuerdo a VAM y %POB

Según el resultado del análisis en base a los usos del suelo, se determinaron los siguientes grupos de Municipios (Figura 30):

- El **grupo 1** muestra un conglomerado de Municipios con más extensión de suelo dedicado a asociación de cultivos anuales y perennes, en algunos casos asociados a parches de bosque. Aquí se encuentran San Andrés Semetabaj, Zunilito, San Mateo y Cantel, entre otros.
- Y el **grupo 2** agrupa Municipios con centros poblados y otros usos. Están solamente Quetzaltenango y El Palmar en este grupo.
- El **grupo 3** agrupa los Municipios con las mayores masas boscosas de la región, pero siempre asociada en menor medida a cultivos. Están Patzún, Totonicapán y Chichicastenango, además de otros.
- En el **grupo 4** encontramos aquellos Municipios con más área dedicada a pastos naturales y herbazal, y matorrales y arbustos. Aquí están Ixchiguán, San Marcos, Momostenango, Tacaná y San José Ojetenam.

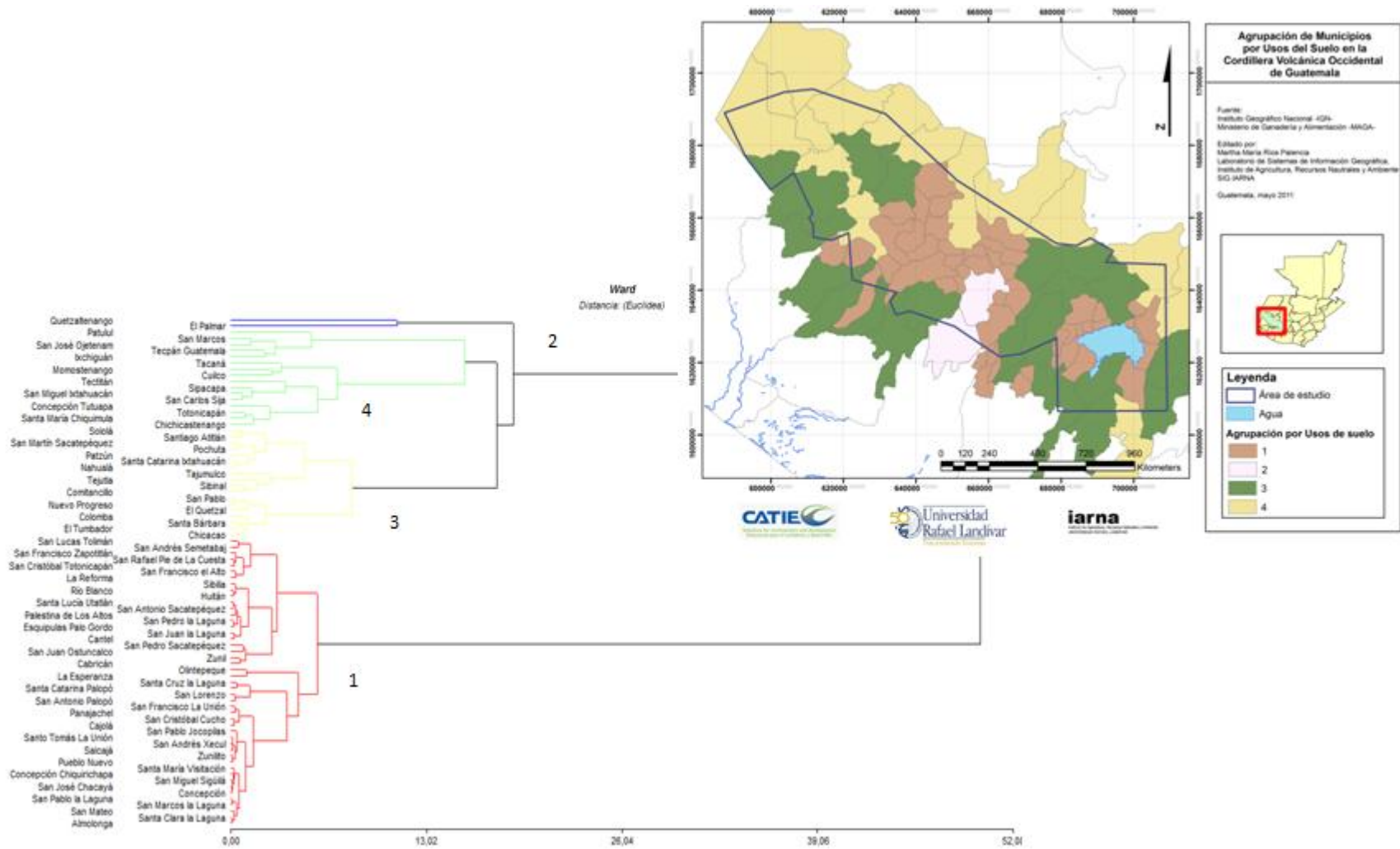


Figura 30. Conglomerados de Municipios de acuerdo a usos del suelo

4.3 Soluciones y alternativas para la funcionalidad y sostenibilidad en sitios prioritarios

La Figura 31 muestra de una manera gráfica los sitios seleccionados como prioritarios por tener altos valores de conectividad en bosques (ver Metodología en Inciso 3.2.5):

Sitios prioritarios:

- A. Bosque Comunal de Tonicapán al Nororiente de la Cordillera,
- B. Franja Sur colindante con la franja de producción cafetalera del país,

Sitios con recomendaciones generales: C. Zona norte de pastos naturales, D. Lago de Atitlán y sus alrededores, y E. Centros poblados.

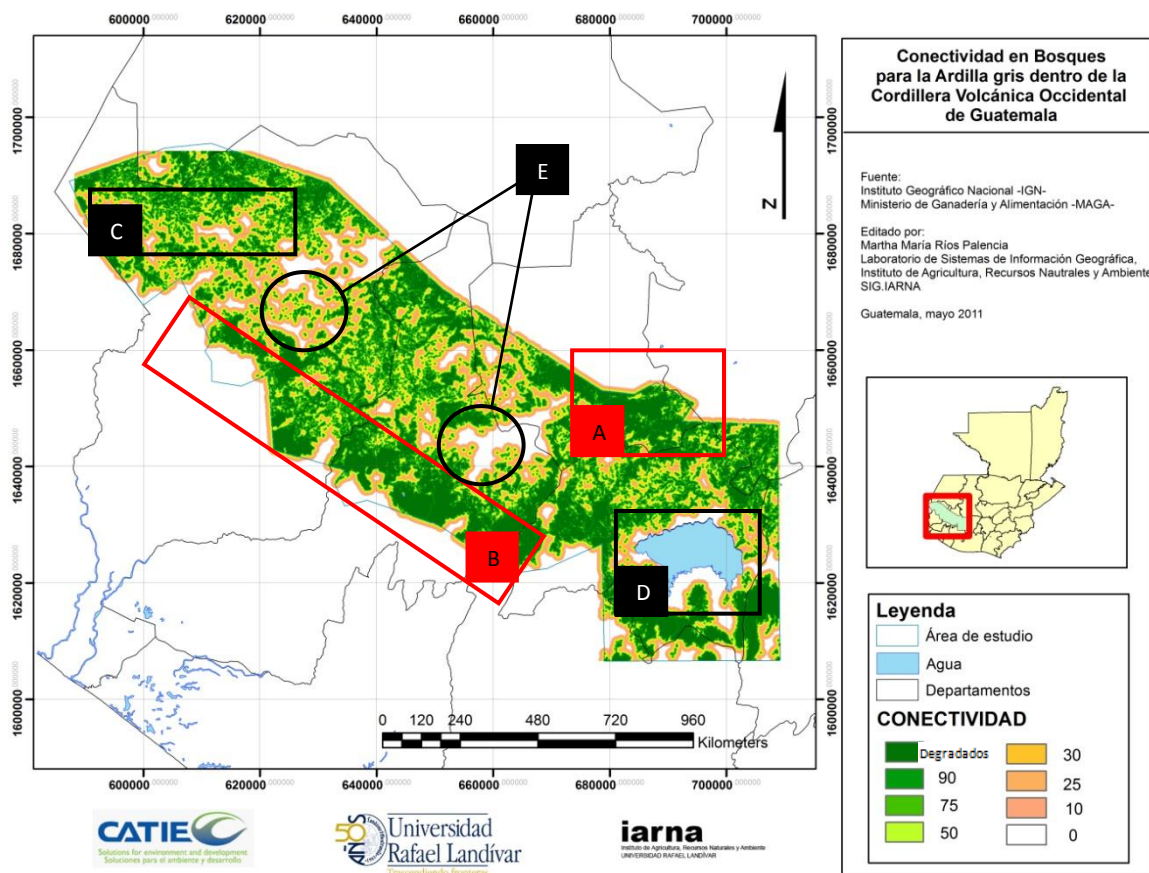


Figura 31. Priorización de sitios para trabajar la conectividad funcional en bosques de la Cordillera

4.3.1.1 Bosque Comunal de Totonicapán

Esta importante masa forestal de gran tamaño ubicada al Nororiente de la Cordillera abarca el área protegida “Bosque Comunal de Totonicapán” (Sitio “A” dentro de la Figura 31). Solamente una parte del bosque está incluido en los límites del corredor biológico propuesto por CONAP (CONAP 2010), por lo que como primera recomendación se sugiere ampliar la extensión del corredor (no de los límites del área protegida) hasta incluir la totalidad del bosque comunal.

Tanto en el campo como en el análisis con sistemas de información geográfica fue posible comprobar la buena calidad del bosque y el manejo que los pobladores locales le dan como fuente de recreación y turismo, por lo que se recomienda continuar de esta manera. Además es de recalcar la importancia de este bosque para generación de recursos hídricos en la zona y sus alrededores. Cabe resaltar que este manejo dado al bosque de Totonicapán por parte de los pobladores responde a costumbres y tradiciones ancestrales de origen maya, bajo el cual se mantiene un respeto constante por la naturaleza.

El análisis de conectividad estructural y funcional permitió detectar en la zona un bosque considerablemente conectado, por lo que las iniciativas a sugerir van dirigidas a mantener la conservación y uso sostenible del bosque, y evitar a toda costa el avance de la frontera agrícola y urbana dentro de él.

Desafortunadamente la zona se ubica dentro del grupo de Municipios con mayores índices de VAM y %POB, por lo que se sugieren alternativas de manejo de bosque natural así como sistemas agroecológicos en las zonas aledañas al bosque en donde se cultiva, con aras de disminuir la vulnerabilidad alimentaria de la población y sus índices de pobreza. Además se consideran otras iniciativas como promoción de turismo cultural y de investigación, generación de artesanía (como ya se hace), y promoción de bienes no maderables provenientes del bosque como alimentos y fibras para comercio.

Todas las iniciativas propuestas deben ser consideradas y avaladas por las comunidades mismas para poderse llevar a cabo. Así como también deben ser adecuadas a la situación local.

4.3.1.2 Borde Sur colindante con zona cafetalera

La importancia de esta zona radica en su dinámica de migración hacia el Norte, que antes ya se explicó (ver Inciso 4.1.2.1.1.). Consiste casi por completo en sistemas agroforestales de café que se han asociado muy bien a masas y parches de bosques que le bordean hacia el Norte (Sitio

“B” dentro de la Figura 31); esto es un incentivo a la conectividad funcional de la zona, ya que además es una de las dos mejor conectadas en la Cordillera (junto con el Bosque Comunal de Tonicapán).

Aquí se ubican las poblaciones humanas con menores índices de vulnerabilidad alimentaria y pobreza, por lo que las recomendaciones van principalmente dirigidas a conservar los bosques existentes y dar manejo adecuado a los sistemas agroforestales con el fin de promover la generación de bienes y servicios ecosistémicos.

El reto en esta zona priorizada consiste entonces en poder unificar esfuerzos de áreas protegidas abundantes (principalmente zonas de veda definitivas y reservas naturales privadas) con los remantes de bosques y sistemas agroforestales de cultivos perennes. En este sentido se hace importante promover el papel de la Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala. No se recomienda extender el corredor biológico hacia el Sur porque convertiría a la zona de trabajo en una zona no manejable, pero si se recomienda integrar esfuerzos con la cadena cafetalera que colinda con el corredor hacia el Sur pues su papel en la conectividad y en la sostenibilidad socioeconómica es fundamental para el desarrollo tanto local como nacional.

4.3.1.3 Otras recomendaciones

Es necesario no olvidar la franja norte de la Cordillera (Sitio “C” dentro de la Figura 31) puesto que carece de áreas protegidas y sistemas conectados que promuevan la conservación de los sistemas naturales y funcionalidad del paisaje. Se recomienda la creación de áreas protegidas bajo categorías permisibles en cuanto al manejo de recursos, pero se hace notar que en esta zona son nativos pastos y herbazales que no necesariamente aportan a la conectividad del bosque pero que poseen su propio valor de conectividad con igual importancia para otras especies animales y vegetales.

Por otra parte, si bien el Lago de Atitlán (Sitio “D” dentro de la Figura 31) como tal no aporta a las infraestructuras de dispersión de semillas de los bosques de pino y encino, éste sí es el principal abastecedor hídrico del área que regula condiciones climáticas favorecedoras de los bosques de este tipo, además de ser un importante foco de desarrollo. Es necesario hacer un manejo integrado de la cuenca que implica alternativas de conservación estricta, conservación sostenible, manejo forestal diverso y agricultura sostenible. Además los alrededores del Lago se han convertido en zonas importantes de producción de café y agricultura de granos básicos en

sustitución de los bosques, por lo que al menos es posible promover la regeneración natural en terrenos en abandono y zonas de barbecho, permitiendo en algún momento la dispersión de semillas de pino y encino hacia esas zonas dando lugar a nuevas colonizaciones.

Finalmente, las zonas urbanas ubicadas en las zonas centrales de la Cordillera (Sitios “E” dentro de la Figura 31), son espacios en los que también se debe rehabilitar el paisaje pero desde otra perspectiva. Es decir, que su estado de degradación les hace tener que atravesar por un proceso más largo de rehabilitación que va desde un cambio de mentalidad social respecto al papel de la naturaleza hasta un manejo adecuado de desechos, promoción del aprovechamiento legal y controlado de los recursos naturales, y que exista educación ambiental.

Además dentro de las zonas urbanas existen otras alternativas como promoción de zonas de bosque urbano y formación de huertos familiares. Estos primeros pasos prepararán a estas zonas para poder implementar medidas más avanzadas de funcionalidad del paisaje, como las que se recomiendan para otras zonas priorizadas.

4.4 Implicaciones de los resultados para el desarrollo

Este estudio parte de la premisa de que el bienestar humano está respaldado y sostenido por los beneficios que trae el equilibrio ecológico, y este último necesita del primero para mantenerse en condiciones adecuadas de salud tanto en los ecosistemas como en los organismos dentro de ellos. El objetivo principal fue focalizarse en un esquema de paisaje funcional, en donde conviven los factores natural y social y en él buscar la forma de concatenarlos ya que es imposible desligarlos; es decir, que el mutualismo o relación de beneficio entre sistemas naturales sanos y poblaciones humanas con calidad de vida es estrecho, y son totalmente dependientes el uno del otro.

Sin embargo hoy en día, conservar la biodiversidad y sistemas naturales solo por conservarlos no tiene sentido, lo mismo que promover el desarrollo humano y la satisfacción de sus necesidades sin importar el entorno no tiene fundamento. La nueva tendencia apunta a que es necesario salvar sitios que preserven la biodiversidad y al mismo tiempo aseguren el bienestar humano (Millennium Ecosystem Assessment 2005, Kareiva & Marvier 2007). Por tanto, los resultados arrojados a través de este análisis nos dan una idea de cómo funciona esta interacción en el área de la Cordillera así como algunas directrices de cómo actuar.

Mediante la metodología propuesta en este estudio, el análisis del componente de bienestar social abordado desde los indicadores de vulnerabilidad alimentaria y pobreza permitió conocer la relación directa entre el estado de los bosques en la Cordillera y el éxito o fracaso de la implementación de diferentes medios de vida por parte de la población. Por ejemplo, se hizo evidente que en Municipios donde predominan espacios cubiertos de bosque y en zonas donde existen actividades de uso y aprovechamiento forestal los índices de VAM y %POB tienden a ser más altos. Es posible entender entonces que actualmente no hay una armonización entre conservación y bienestar social, y no se ha encontrado la manera de cómo alcanzar metas simultáneas. Esto responde a varios factores importantes:

- Las personas pobres no están en condiciones de alterar o modificar sus medios de vida y actividades de subsistencia, pues esto los obliga a tomar riesgos que no pueden permitir. Un cambio en sus actividades productivas puede significar varios días sin comer, en este sentido las medidas de conservación pasan a un plano irrelevante y más aún si los beneficios percibidos de esta conservación no son tangibles e instantáneos para responder a la urgencia y precariedad de su situación.
- A pesar de que en la zona de la Cordillera existen sitios en donde se aún se realizan prácticas ancestrales de uso, manejo y conservación de los recursos, esto no es generalizado. De hecho predominan prácticas insostenibles tanto de producción como de uso de recursos naturales, en la mayoría de los casos esto se debe al desconocimiento de prácticas más adecuadas, falta de tecnologías limpias, desconocimiento de los efectos adversos de agroquímicos, entre otras causas.
- Por otra parte, las personas no están familiarizadas con conceptos como el de bienes y servicios ecosistémicos, y de cómo los sistemas naturales están asociados para generarlos. Por tanto las personas no cuidarán lo que no conocen o comprenden pues no se percatan de que reciben estos bienes y servicios. Por ejemplo, en el caso del bosque más allá de brindar maderas para combustible y construcción, es una fuente rica en alimentos y productos no maderables que si las personas conocieran podrían utilizar para diversificar su producción y mejorar su calidad de vida.
- En la mayor parte de la Cordillera no existe una gobernanza respecto al uso de los recursos naturales, y el papel del Estado se ve eclipsado por ONG's e instituciones comunitarias que intentan rescatar los sistemas naturales por su propia cuenta. La aplicación de leyes respecto a la extracción de recursos como la madera no es real debido a una poca capacidad

gubernamental de responder a estas situaciones y emergencias, y de hecho es común que las personas prefieren extraer ilegalmente los recursos del bosque (maderas, especies animales y otros) y luego rendir cuentas con la ley pues es más económico pagar una multa que dejar de percibir los ingresos derivados de la comercialización de los productos derivados del bosque, ingresos con los cuales logran satisfacer necesidades básicas en algunos casos.

En este sentido, a partir de los resultados obtenidos y el análisis anterior, empiezan a surgir ideas de cómo lograr una armonización entre sistemas natural y social. Para empezar, contrario a lo que promueven Kareiva y Marvier (2007), las personas más pobres no son aquellas más propensas a conservar puesto que en la Cordillera fue posible observar que no es sino hasta que las personas tienen sus necesidades básicas satisfechas que empiezan a preocuparse por cuidar los recursos naturales. Sin embargo, como un iniciativa llevada a cabo con ellos pero no solamente por ellos (de la mano con organizaciones e inversiones externas), es posible hacer uso de la conservación de los recursos como una herramienta para alcanzar el bienestar. Esto implica un trabajo intenso en el campo y con campesinos que ya se lleva a cabo en varios sitios de la Cordillera pero que se realizan de manera aislada y focalizada, situación que puede mejorarse trabajando bajo el marco de un corredor biológico como el aquí propuesto, con una estructura y financiamiento propio y en donde se pretende potencializar las capacidades de las personas para producir pero también conservar mediante la optimización de los bienes y servicios ecosistémicos que se originan en los bosques conectados estudiados.

Demostrar a las personas en términos concretos cómo funcionan los sistemas naturales y cómo perciben de ellos bienes y servicios generados en el bosque puede ser la base de una nueva mentalidad social, en donde cuidan lo que conocen, quieren y les sirve, consecuentemente preservándolo para el futuro.

La alternativa del corredor delimitado bajo la metodología aquí propuesta y bajo un sistema de gestión como el aquí propuesto puede ayudar a solventar temas de capacitación acerca de los beneficios del manejo forestal adecuado, financiamiento para acompañar actividades y así no poner en riesgo la subsistencia de los más pobres, inclusión social para que converjan desde pequeños productores hasta aquellos industrializados, justicia ambiental con participación comunitaria y distribución equitativa de beneficios, fortalecimiento de redes sociales internas y externas, formación acerca de buenas prácticas agrícolas y con ello facilitación de insumos agrícolas adecuados, diversificación de medios de vida que le brinde resiliencia a pobladores

frente a emergencias, más seguridad y protección frente a fenómenos naturales a los cuales la región es tan vulnerable, entre otros temas a solventar.

El resultado directo de un cambio en los sistemas productivos y medios de vida que involucran el uso del suelo se espera que traiga consigo mejores ingresos y generar mejores productos para autoconsumo y comercialización. Es de notar que una persona con las necesidades básicas satisfechas es más factible de participar de una vida social activa y sana, y es una persona más propensa a hacer cambios en sus medios de vida y a arriesgar ciertos valores por estos cambios, con el fin de coadyuvar a procesos de conservación. Con esta nueva perspectiva de cómo entender el paisaje dentro de la Cordillera, se vuelve muy clara la importancia de conservar, proteger y aportar a las infraestructuras de dispersión de especies animales y vegetales como mecanismo para asegurar su supervivencia. Asegurar la prevalencia de las especies animales y vegetales así como los sistemas naturales que las sustentan es asegurar la provisión de bienes y servicios ecosistémicos, de los que se benefician las personas.

Los resultados arrojados tienen un impacto a nivel local dentro de la Cordillera volcánica occidental de Guatemala, pero son extensivos y aplicables a otras propuestas de corredor biológico a nivel nacional. Esto significa que si bien las soluciones y alternativas de uso y manejo sostenible de recursos así como mecanismos de conservación son particulares para las condiciones de la Cordillera, pueden ser adaptados mediante análisis de viabilidad a otras zonas del país.

4.5 Potencial de los resultados para formación de políticas

Los resultados presentados en este estudio indican que éste puede utilizarse como una **herramienta de planificación y ordenamiento territorial** basada tanto en criterios científicos ecológicos como socioeconómicos. Ordenar el territorio y la disponibilidad de los elementos que lo componen de acuerdo a conectividad ecológica e indicadores socioeconómicos permitiría finalmente alcanzar la armonización del paisaje, conjugando adecuadamente actividades productivas con poblaciones humanas y sitios de conservación. La manera de identificar sitios prioritarios (que responden a criterios escogidos de acuerdo a objetivos de iniciativas e intereses de donantes) es una forma de responder a todas las necesidades de la región, tanto iniciativas con enfoque ecológico como aquellas con enfoque social puesto que los mapas permiten jugar con los valores de acuerdo al grado de intervención que se desea tener en ambos componentes.

Por otra parte, ya que en Guatemala no existe un corredor biológico implementado como tal, este estudio y sus resultados así como soluciones y recomendaciones pueden tomarse como una **prueba piloto de implementación de CB** que derive en lecciones aprendidas y mejores lineamientos para otros corredores en otras zonas del país. Lo importante es resaltar que este tipo de investigación no se había realizado a nivel nacional y por tanto a través del estudio se estimula el avance respecto a **investigación de funcionalidad en el país**, y sobre todo entender cómo es posible **asociar sistemas ecológicos y socioeconómicos** por medio de indicadores de conectividad ecológica y vulnerabilidad alimentaria, en un marco de trabajo innovador que representa nuevas ideas de gestión pero también nuevos retos. Además, se espera que el estudio pueda utilizarse como una metodología para el diseño más adecuado de corredores biológicos dentro y fuera de Guatemala, especialmente en el caso de la propuesta original del corredor hecha por CONAP y publicada en el año 2010, pues ésta no responde a criterios de conectividad integral y mucho menos a funcionalidad del paisaje que incorpora el componente socioeconómico local.

Por otra parte, la implementación de las recomendaciones dadas en este estudio puede aportar a las acciones y lineamientos de la **Estrategia Nacional de Conservación y Manejo de la Diversidad Biológica**, instituida también por el CONAP. La inclusión de varias especies vegetales y también de la ardilla gris bajo la premisa de que son especies mutualistas puede aportar en gran medida a conservar estas y otras especies asociadas a ellas; de igual forma aplicando la metodología aquí propuesta para otras especies dentro de la Cordillera ayudará a optimizar recursos y abarcar más especies y grupos funcionales que se verán beneficiados de promover la conectividad de los sistemas naturales.

Como otro aporte a las funciones del CONAP, este estudio y sus resultados pueden aportar a la gestión de las áreas protegidas y para que eso se logre se recomienda incluir dentro de los requisitos de los **Planes de Manejo de las áreas protegidas** las iniciativas de manejo y conservación de los recursos naturales (fortalecimiento de infraestructuras de dispersión y colonización de las especies de árboles y demás especies asociadas a ellas) así como alternativas productivas mas sostenibles (manejo forestal y agricultura ecológica) que coadyuven a los objetivos del corredor, derivados de los resultados aquí presentados. La inclusión de los lineamientos de estas iniciativas en los Planes de Manejo y su ejecución y monitoreo son elementales para trabajar con áreas públicas, privadas y comunales; éste sería el paso que acerque a la apropiación local. Junto con ello será necesario además realizar capacitaciones, talleres y jornadas de trabajo de la mano de extensionistas en todas las zonas de la Cordillera, sobre todo en

la temática del manejo forestal y sus diferentes enfoques como alternativa para la diversificación productiva, pues esta carencia de información parece ser una de las causas del por qué los bosques no son aprovechados sino sustituidos.

4.5.1 Formación de un comité para el corredor biológico

La experiencia de países como Costa Rica respecto a la gestión de corredores biológicos verdaderamente funcionales indica que es necesario consolidar al corredor biológico de manera legal y reconocida, esto significa que debe ser delimitado claramente a través de cartografía e incluido dentro del sistema nacional de conservación junto con otros corredores biológicos de modo que todos contribuyan al sistema nacional de áreas protegidas sin perder su autonomía como organismo de gestión (Canet-Desanti s.f.).

Por tanto, la gestión de este corredor oficializado se debe respaldar sobre un comité conformado por representantes de todos los sectores presentes en el corredor biológico, tales como organismos de investigación, academia, entes gubernamentales competentes, gobiernos locales, representantes comunitarios, grupos de productores, gremios e industria de toda escala. De hecho el primer paso a realizar es un mapa de todos los actores presentes y el nivel de involucramiento que cada uno de ellos tendrá en la gestión del corredor, puesto que en respuesta a ello se le asignará a cada uno funciones y responsabilidades, así como su determinación al momento de tomar decisiones dentro del comité (Canet-Desanti s.f.).

Este comité del corredor biológico debe ser el principal ente gestor que además coordine la ejecución de una estrategia creada para el funcionamiento óptimo del corredor, por lo que también debe contar con mecanismos financieros y de gestión de fondos. La estrategia debe contener objetivos claros del corredor y ejes de trabajo en el largo plazo que respondan a intereses de todos los actores así como a objetivos de conservación establecidos en base a investigación científica y socioeconómica. El comité debe tener además un plan de trabajo vinculado estrechamente a los planes de manejo de las áreas protegidas incluidas dentro del corredor; este plan de trabajo debe incluir indicadores de éxito y alcance de objetivos mediante un sistema de seguimiento y evaluación así como de retroalimentación (Canet-Desanti s.f.).

Siendo el corredor biológico de la Cordillera volcánica occidental de Guatemala de una extensión considerable, se considera que será necesario instituir un comité principal que trabaje a gran escala y coordinando con consejos locales de segundo orden que puedan trabajar más de cerca con las poblaciones y de acuerdo a las necesidades de cada sitio en particular. Es necesaria una institucionalidad fortalecida y con recursos, con capacidad de liderazgo e influencia en los diferentes medios sociales y productivos.

Por otra parte, además de todas las formas de institucionalización antes presentadas debe hacerse una implementación más estricta de las leyes respecto al uso de manejo de los sistemas naturales, incluyendo temas de caza y pesca ilegal, extracción ilegal y no manejada de productos del bosque (maderables y no maderables), y gestión, calidad y distribución de los recursos hídricos de la zona.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos se concluye que la validación de la metodología de determinación de conectividad en la Cordillera volcánica occidental de Guatemala se realizó con los siguientes hallazgos:

5.1 Acerca de la metodología

Cada una de las partes de esta metodología, desde la caracterización del área de estudio hasta la medición de diferentes tipos de conectividad y reconocimiento de los medios de vida de las poblaciones humanas, ha dado indicios y ha aportado a reconocer la conectividad paso a paso. Por tanto, se concluye que es totalmente necesario evaluar la conectividad de manera integral para poder hacer un diseño adecuado de corredores biológicos, pero en general para darle funcionalidad a un paisaje. La manera integral de evaluar la conectividad significa entonces, a) tener una línea base clara del área de estudio tanto desde el punto de vista ecológico-ambiental como socioeconómico; b) conocer la conectividad ecológica estructural y funcional para varias especies animales y vegetales que estén asociadas; e c) identificar interacciones sociales y principales medios de vida que puedan ser adaptables, pues la participación social esta es la base de la implementación de cualquier tipo de iniciativas, en especial de desarrollo sostenible.

Más específicamente sobre la metodología y su aporte a la funcionalidad del paisaje, se concluye que es necesario trascender la concepción de un corredor biológico que une linealmente dos áreas protegidas a manera de una red como en CONAP promueve a través de su propuesta, ya que si bien la idea ha sido la base de muchos buenos resultados en la conservación, hoy en día se ha vuelto obsoleto pues los individuos responden a cambios que les afectan intensa y persistentemente, como por ejemplo el cambio climático. Afortunadamente hoy en día esta evolución de paradigma se puede respaldar y justificar en una serie de herramientas tecnológicas capaces de identificar verdaderos medios conectores que se apoyan en áreas buffer alrededor de áreas protegidas o más bien matrices saludables alrededor de ellas.

Mediante la metodología aplicada en este estudio ha sido posible concebir la conectividad en términos de grupos funcionales, de un proceso (dispersión de semillas) y de un mutualismo (planta-animal; en este caso se recomienda trabajar con especies mutualistas y con “grupos funcionales” bajo la premisa de que estos grupos contienen especies que cumplen funciones

similares dentro del ecosistema. En el caso especial dentro de la Cordillera, se considera adecuado continuar los análisis con otras especies de importancia ecológica con el fin de poder dar recomendaciones de manejo y conservación con mayor respaldo científico del que ya se tiene; esto sería una forma de potencializar el efecto positivo de las iniciativas a implementar.

Además se recomienda poder extender el estudio sobre conectividad funcional tomando en consideración la dispersión de semillas de árboles por medio de viento (que es la primera estrategia de dispersión del grupo de pinos trabajados por medio de este estudio), cuyo proceso implica aplicación de modelos de simulación de los “*seed dispersal kernels*” a partir de los parches de bosque detectados. Respecto a esto se hace referencia en el Inciso 2.1.3.

Respecto al uso de sistemas tecnológicos dentro de la metodología, se recomienda trabajar con apoyo de otros software dedicado a medir la conectividad funcional de las especies con especial enfoque en su hábitat adecuado y posibles sitios de habitación y nueva colonización; tales pueden ser (Corridor Design Organization 2010): CorridorDesigner, Circuitscape, Connectivity analysis toolkit, ArcRstats, Conefor Sensinode, Pathmatrix y otros.

Acerca de la metodología utilizada para identificar los medios de vida de las poblaciones dentro de la Cordillera, se concluye que para una escala tan grande de trabajo no ha sido efectivo el uso de entrevistas semiestructuradas pues la información generada a partir de ellas no ha sido suficiente para justificar la existencia de dichos medios, además el esfuerzo en campo no se ve reflejado en los resultados derivados de este proceso. Por tanto, sí se recomienda utilizar indicadores socioeconómicos que evidencien el éxito o fallo de los medios de vida actuales para satisfacer las necesidades de las personas; se considera que el índice de vulnerabilidad alimentaria (VAM) es un índice compuesto muy completo y adecuado para asociarse al tema ecológico, que además denota la importancia que tiene el tema del hambre en la zona.

5.2 Acerca de la Cordillera volcánica occidental de Guatemala

Acerca del estado de conectividad y funcionalidad a nivel específico de la Cordillera se concluye lo siguiente:

El análisis de paisajes manejados para caracterizar el área abarcada por la Cordillera dio como resultado 393 distintos polígonos de los cuales 299 son los utilizados para caracterizar el área de estudio, que cubre 460,160 ha. Aquellos más grandes son en su mayoría, de uso agrícola y

sorprendentemente de bosque siendo la unidad más grande de 39,383 ha con un 38 % de bosque bajo la zona de vida Bmh-MB.

Respecto a la conectividad estructural, medida mediante la aplicación de la regla de 4-vecinos y un umbral de distancia de análisis de un kilómetro, se definieron 27,341 parches de diferentes usos del suelo (bosques, arbustos y matorrales, cultivos perennes, cultivos anuales, pastos naturales y herbazal, poblaciones humanas y otros usos), con una densidad de 5.94 parches por cada 100 ha y una densidad de bordes de 59.8 m/ha. El índice de conectividad estructural medido para la Cordillera fue de 7.66% y para el bosque en particular de 7.5%, lo que significa una conectividad baja en un área tan amplia.

El bosque ha resultado el uso de suelo con más extensión de terreno dentro de la Cordillera, pero es también el que presenta mayor número de parches que carecen de continuidad pues han sufrido un proceso de fragmentación paulatino debido a avances de la frontera agropecuaria y zonas urbanas con caminos y carreteras que les conectan. En este sentido, la fragmentación causada en los bosques por un mayor número de parches implica también un mayor efecto de borde en ellos y por tanto una menor área núcleo donde ciertas especies animales y vegetales encuentran mayor seguridad, refugio y sitio adecuado para sobrevivir.

En cuanto a la conectividad funcional medida para la ardilla gris como agente dispersor de semillas de pinos y encinos bajo estudio, se concluye que en términos generales, si la ardilla gris se mueve una distancia diaria de un kilómetro (como lo indica la revisión bibliográfica previa) aún es posible para ella encontrar dentro de la Cordillera sitios de suficiente extensión (entre bosques, cultivos perennes y anuales y arbustos) en donde pueda fácilmente transitar. Por ser un animal pequeño y fácilmente adaptable puede decirse que el paisaje de la Cordillera (una vez no siga decreciendo en calidad) aún es un paisaje funcional para la ardilla y de someterse a diferentes procesos de rehabilitación sería aun mejor. Si bien las áreas núcleo de los parches de bosque se ven bastante reducidas al final del análisis de conectividad funcional, las zonas de bordes y zonas buffer forman conectores en donde aun es posible tener gradientes de conectividad con respuesta positiva de árboles. Estos gradientes son precisamente los que permiten conectarse leve pero efectivamente con cultivos perennes y arbustos, haciendo uso de "*stepping stones*" y dando capacidad de movilización a especies dentro del bosque, incluyendo a la ardilla gris.

Ya que los índices de conectividad estructural y funcional resultaron diferentes, el primero muy bajo y el segundo en condiciones aceptables de acuerdo a las especies estudiadas, es posible

concluir acerca de la importancia de conjugar ambos enfoques para evitar sesgos y vacíos de información al momento de decidir sobre las condiciones del corredor. Vale decir que los índices antes de ser opuestos son complemento uno del otro y juntos brindan una gran cantidad de información que también debe ser seleccionada según los objetivos de conservación y bienestar humano que se persiguen.

En lo concerniente a los medios de vida de las poblaciones de la Cordillera, a través de las entrevistas fue posible concluir que predominan aquellos que necesitan hacer uso del suelo para producir, tales como producción de granos básicos, árboles frutales, producción de flores y hortalizas en todos los casos para consumo interno y para comercialización. La tendencia hacia el Sur apunta a una predominancia de cultivos perennes de café con sombra. En los centros poblados y zonas aledañas a ellos predominan actividades comerciales, de transporte e intercambio de servicios.

Como resultado de la correlación canónica de indicadores socioeconómicos, se concluye que la vulnerabilidad alimentaria junto con el porcentaje de población bajo estado de pobreza, se ven mayormente afectadas por medios de vida que hacen uso del suelo en espacios rurales y en cambio, se ven disminuidos en zonas urbanas con medios de vida no campesinos. Con este premisa se determina que los usos de suelo que no se relacionan con producción de alimentos (como arbustos y matorrales, pastos y herbazales) son los que inciden negativamente sobre la VAM y el %POB, por el contrario los usos destinados a producción de alimentos (cultivos anuales y perennes, y el bosque como tal) son los que aportan a disminuir la incidencia de estos dos indicadores. De aquí la potencialidad de promover el bosque y su manejo, así como agricultura ecológica.

Respecto a la priorización de sitios de acuerdo al estado de conectividad ecológica, se seleccionaron sitios de acuerdo a criterios establecidos que responden a los objetivos del estudio, sin embargo estos criterios pueden variar y conjugarse de manera que respondan a objetivos de iniciativas a implementar y de acuerdo a los intereses de un donante. Estos criterios además pueden ser completados y respaldados en análisis más amplios sobre la respuesta de los sistemas naturales de la zona frente al cambio climático y frente a potenciales cambios de uso del suelo. En este estudio se emiten recomendaciones para las siguientes zonas en particular: Bosque comunal de Totonicapán y borde Sur colindante con zona cafetalera, por ser aquellas que según los análisis tienen un mayor aporte a la conectividad ecológica del paisaje.

Las alternativas propuestas en son solo algunas muestras de las soluciones posibles para rehabilitar la conectividad del paisaje, tanto referidas a manejo forestal como a agricultura inteligente. Por tanto, se recomienda continuar con la investigación e implementación dentro de la Cordillera, acompañando esto con capacitaciones a comunidades, procesos participativos y de aprender-haciendo. Esto último cobra verdadera importancia al momento crucial de ejecutar procesos, como se ha mencionado antes.

6 GLOSARIO

Paisaje: Entiéndase el paisaje como un territorio comprendido por diversos sistemas naturales y modificados que interactúan entre sí y tienen conexiones tanto ecológicas como sociales, que además se repiten en forma similar sobre un área; un paisaje lo reconocen de manera distinta especies distintas y éste determinaría su libertad de desplazarse (Bennett 2004).

Corredor Biológico: La Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD-PNUD/GEF 2002), define a un corredor biológico como “un espacio geográfico delimitado que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitat naturales o modificados, y asegura el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos y evolutivos.

Matriz: Es el parche predominante y más extenso dentro del paisaje, que tiene gran influencia y control sobre los procesos ecosistémicos tales como el flujo hídrico y energético; generalmente se refiere a zonas modificadas antropogénicamente que no están destinadas a conservación natural (Barnes 2000, Lindenmayer & Franklin 2002); básicamente es el área que rodea al sistema natural de parche-corredor. En este análisis evaluaremos principalmente la matriz de índole agropecuario que incluye producción agrícola y actividad ganadera también llamada pecuaria (lechera o de carne de diversos animales), asociadas o de manera separada.

Conectividad: La conectividad explica cómo el paisaje (mediante su composición parche-corredor-matriz) se convierte en viabilizador o limitante para el movimiento de organismos (componente estructural); y además explica cómo las condiciones del paisaje funcionan para cada organismo en particular (ya que cada uno posee un nivel de especialización y tolerancia a condiciones ambientales) (componente conductual o funcional) (Merriam & Lanoue 1990, Merriam *et al.* 1991, Taylor *et al.* 1993, Forman 1995, Bennett 2004).

Medios de Vida: El enfoque de medios de vida asigna la categoría de “capital” al recurso o activo con que cuentan las comunidades para construir sus medios de vida y son entonces las cosas con que cuenta la comunidad que combinadas generan bienes y servicios que satisfacen sus necesidades (Imbach *et al.* 2009). Los recursos o capitales se dividen en las siguientes siete categorías: capital humano, capital cultural, capital social, capital político, capital natural, capital productivo y financiero y capital físico o de infraestructura.

Producción sostenible: De acuerdo con CEPIS (CEPIS/OPS s.f.) implica todas aquellas modalidades de consumo y producción tendientes a reducir los daños al medio ambiente y que permitan satisfacer las necesidades básicas de toda la humanidad. Implica además que los gobiernos, la industria, las familias y las personas deben cambiar en forma significativa sus pautas de consumo, empezando por los países industrializados, los que deben evitar las modalidades ineficaces y nocivas para el medio ambiente. Esta producción busca desarrollar métodos que promuevan la evaluación, innovación y adaptación de nuevas tecnologías de crecimiento económico y desarrollo.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica. (2011). *Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica*. Recuperado el 8 de junio de 2011, de <http://www.alianzapinoencino.com/>
- Altieri M. & Nicholls C. (2000). *Agroecología, teoría y práctica para una agricultura sustentable* (Primera edición ed.). (P. d. Caribe, Ed.) México, México: Serie de textos básicos para la formación ambiental No. 4.
- Barnes, T. (2000). *Landscape Ecology and Ecosystems Management*. University of Kentucky College of Agriculture, Cooperative Extension Service. Frankfort: Kentucky State University.
- Beier P. & Noss R. (1998). Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology*, 12 (6), 1241-1252.
- Bennett, A. (2004). *Enlazando el paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre*. (J. M. Blanch, Trad.) San José, Costa Rica: Unión Mundial para la Naturaleza, UICN.
- Benzing, A. (2001). *Agricultura orgánica, fundamentos para la región andina*. Alemania: Neckar-Verlag.
- Bowers, M. & Breland, B. (1996). Foraging of Gray Squirrels on an Urban-Rural Gradient: Use of the Gud to Assess Anthropogenic Impact. *Ecological Applications*, 6 (4), 1135-1142.
- Canet-Desanti, L. (s.f.). *Diagnóstico sobre la efectividad de manejo de los corredores biológicos de Costa Rica, Informe fase I*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y The Nature Conservancy (TNC), Programa de Investigación y Gestión de Corredores Biológicos, Turrialba, Costa Rica.
- Castellón T. & Sieving K. (2006). An experimental test of matrix permeability and corridor use by an endemic understory bird. *Conservation Biology*, 20 (1), 135–145.
- CCAD-PNUD/GEF. (2002). *El Corredor Biológico Mesoamericano: Una plataforma para el desarrollo sostenible regional*. Serie técnica 01, Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) y Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, Proyecto para la consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano, Managua, Nicaragua.
- Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, The Nature Conservancy. (2010). *Diagnóstico Ecológico y Socioeconómico de la Ecorregión Bosques Pino-Encino de Centroamérica*. The Nature

- Conservancy/Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.
- CEPIS/OPS. (s.f.). *Documentos históricos*. (CEPIS, Editor, & C. P. (OPS), Productor) Recuperado el 20 de Agosto de 2010, de Síntesis de la Agenda 21: Visiones diferentes (1ra. parte): <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/historic/eco92-1.html#produ>
- Chacoff N. & Aizen M. (2006). Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology* (43), 18–27.
- Chassot, O. (1 de junio de 2010). El Corredor Biológico San Juan-La Selva en la gestión social para la conservación de la biodiversidad. *Curso de Especialización en Práctica del Desarrollo, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)* . Turrialba, Cartago, Costa Rica.
- Ciencia y Biología*. (2010). Recuperado el 23 de noviembre de 2010, de Dispersión de la diáspora: <http://www.cienciaybiologia.com/botanica/generalidades/dispersion.htm>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, C. (2009). *Biodiversidad Mexicana*. (M. CONABIO, Productor) Recuperado el 4 de junio de 2010, de www.biodiversidad.gob.mx
- CONAP. (2010). *Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-*. Recuperado el julio de 2010, de <http://www.conap.gob.gt>
- Cordero, J. &. (Ed.). (2003). *Árboles de Centroamérica, un manual para extensionistas*. Costa Rica: Oxford Forestry Institute, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Corridor Design Organization. (2010). *GIS tools for connectivity, corridor or habitat modeling*. (C. design, Productor) Recuperado el 29 de 12 de 2010, de http://www.corridordesign.org/designing_corridors/resources/gis_tools
- Crooks K. & Sanjayan M. (2006). *Connectivity Conservation*. UK: Cambridge University Press.
- de Magalhaes J. & Costa J. (2009). *AnAge database*. (H. A. Resources, Productor, & Journal of Evolutionary Biology 22(8):1770-1774.) Recuperado el 8 de junio de 2011, de A database of vertebrate longevity records and their relation to other life-history traits.": http://genomics.senescence.info/species/entry.php?species=Sciurus_aureogaster
- Debinski D. & Holt R. (2000). A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology* , 14 (2), 342–355.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2011). InfoStat versión 2011. (F. U. Grupo InfoStat, Ed.) Córdoba, Argentina: <http://www.infostat.com.ar>.
- Didham R. & Lawton J. (1999). Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate

- and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica* , 31 (1), 17-30.
- Donald P. & Evans A. (2006). Habitat connectivity and matrix restoration: the wider implications of agri-environment schemes. *Journal of Applied Ecology* (43), 209–218.
- Dunning J., Danielson B. & Pulliam R. (1992). Ecological Processes That Affect Populations in Complex Landscapes. *Oikos* , 65 (1), 169-175.
- Earle, C. J. (2011). *The Gymnosperm Database*. Recuperado el 5 de noviembre de 2010, de www.conifers.org
- Encyclopedia of life*. (agosto de 2011). (EOL v. 2.0) Recuperado el 17 de septiembre de 2011, de <http://eol.org/pages/312065/overview>
- Sciurus aureogaster, Mexican Red-bellied Squirrel — Overview: <http://eol.org/pages/312065/overview>
- Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI), . (2008). ArcGIS ArcMap TM 9.3. *Mapping and Spatial Analysis Program* . Redlands, CA, USA.
- Europa Technologies, US Dept of State Geographer, Google. (2010). Google Earth. U.S.A.
- FAO. (2010). *Biodiversity*. Recuperado el 23 de noviembre de 2010, de [Pollinators : http://www.fao.org/biodiversity/components/pollinators/en/](http://www.fao.org/biodiversity/components/pollinators/en/)
- FAO. (2005). *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)) Recuperado el noviembre de 2011, de Informe de Curso 2005, Secretaría de Programación y Planificación de Guatemala (SEGEPLAN): http://www.rlc.fao.org/iniciativa/cursos/Curso%202005/3prog/3_5_1.pdf
- FAO. (2003). *Trade Reforms and Food Security: Conceptualizing the linkages*. Digital: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4671e/y4671e00.pdf>, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, Roma.
- Farjon B.& Styles B. (1997). *Pinus (Pinaceae) Flora Neotropica* (Vol. Monografía 75). New York: Organization for Flora Neotropica by The New York Botanical Garden.
- Fernández, R. R. (2011). *FAO*. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)) Recuperado el noviembre de 2011, de Informe: Utilización de Sistemas de Información Geográfica para la Seguridad Alimentaria sostenible en zonas marginadas de Honduras, Nicaragua y Guatemala. Metodología para la determinación del Mapa de Vulnerabilidad.: <ftp://ftp.fao.org/TC/TCA/ESP/pdf/rapallo/BloqueII.II.pdf>
- Finegan, B. (23 de febrero de 2010). Biodiversidad de Ecosistemas, enfoque territorial del Paisaje. *Consideraciones Económicas, Ecológicas y Sociales en el Desarrollo Humano Sostenible: un Enfoque Interdisciplinario, Escuela de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de*

- Investigación y Enseñanza* . Turrialba, Cartago, Costa Rica.
- Fletcher, R. (2005). Multiple edge effects and their implications in fragmented landscapes. *Journal of Animal Ecology* , 74, 342–352.
- Forman, R. (1995). Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. *Cambridge University Press* .
- Gilbert-Norton L., Wilson R., Stevens J. & Beard K. . (2010). A Meta-Analytic Review of Corridor Effectiveness. *Conservation Biology* , 24 (3), 660-668.
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba, Cartago, Costa Rica: CATIE.
- Haynes K.& Cronin J. (2006). Interpatch movement and edge effects: the role of behavioral responses to the landscape matrix. (Oikos, Ed.) *Oikos* , 113 (1), 43-54.
- Hempstead, W. (2010). *Green book of Guatemalan Coffees*. Guatemala, Guatemala: Guatemalan National Coffee Association (ANACAFÉ).
- Imbach A., Bartol P.M. & Gutierrez I. (2009). *Medios de vida sostenibles, bases conceptuales y utilización*. Turrialba, Costa Rica: Geolatina.
- Imbach A.C. & Bartol P.M. (abril de 2010). Estrategias de Vida: conceptos básicos y propuesta de protocolo de trabajo. 21. Turrialba, Costa Rica: INÉDITO.
- Imbach, A. C. (septiembre de 2010). Planificación Territorial Estratégica. *Seminario de especialización en Práctica el Desarrollo* . Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Instituto Geográfico Nacional. (2010). *Instituto Geográfico Nacional*. (Gobierno de Guatemala) Recuperado el 12 de octubre de 2010, de Clearinghouse: <http://www.ign.gob.gt/clearinghouse.htm>
- Instituto Nacional de Bosques. (1998). *Clasificación de tierras por capacidad de uso, aplicación de una metodología para tierras de la República de Guatemala*. INAB, Guatemala.
- IUCN. (2010). *The IUCN Red List of Threatened Species*. (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) Recuperado el 8 de noviembre de 2010, de www.iucnredlist.org
- Juan-Carlos, I. (2006). Efectos de borde sobre la dinámica de la vegetación en bosques húmedos tropicales fragmentados de Costa Rica. 95. (E. d. Posgrado, Ed.) Turrialba, Cartago, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Kareiva P. & Marvier M. (octubre de 2007). Conservation for the people. *Scientific american* , 50-

57.

- Kattan, G. (2002). Patrones y mecanismos de extinción de especies. En G. M. G.H. (Ed.), *Ecología y conservación de bosques neotropicales* (Primera ed., págs. 561-590). Costa Rica: LUR.
- Katul G., Porporato A., Nathan R., Siqueira M., Soons M., Poggi D., Horn H. & Levin S. (2005). Mechanistic Analytical Models for Long-Distance. *The American Naturalist* , 166 (3), 368–381.
- Keitt T.H., D.L. Urban, & B.T. Milne. (1997). Detecting critical scales in fragmented landscapes. *Conservation Ecology* , 1 (1 (4)).
- Koprowski, J. L. (2005). *Management and conservation of Tree Squirrels: the importance of endemism, species richness, and forest condition*. USDA , Forest Service Proceedings RMRS-P-36, Arizona, U.S.A.
- Koprowski, J., Roth, L., Reid, F., Woodman, N., Timm, R. & Emmons, L. . (2008). *Sciurus aureogaster*. (UICN 2011) Recuperado el agosto de 2011, de IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. : <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/20006/0>
- Laurance W., Lovejoy T., Vasconceles H., Bruna E., Didham R., Stouffer P., Gascon C., Bierregaard R., Laurance S. & Sampaio E. . (2002). Ecosystem Decay of Amazonian Forest Fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* , 16 (3), 605-618.
- Leopold, A. S. (1972). *Wildlife of Mexico, the game birds and mammals* (2 ed.). California, USA: The University of California Press.
- Lindenmayer D.B. & Franklin J.F. (2002). *Conserving forest biodiversity, a comprehensive multiscaled approach*. Washington D.C., Estados Unidos: Island Press.
- López-Barrera, F. & Newton A. (2005). Edge type effect on germination of oak tree species in the Highlands of Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management* (217), 67-79.
- López-Barrera, F. (2004). Estructura y función en bordes de bosques. *Ecosistemas* , 13 (1).
- McGarigal K., Cushman S., Neel M. & Ene E. (2002). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. (D. o. Conservation, Editor, U. L. Lab, Productor, & University of Massachusetts Amherst campus) Recuperado el octubre de 2010, de Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- McGarigal, K. & Marks, B. (1995). *FRAGSTATS: spatial pattern analysis. User's manual*. Portland, OR, U.S.A.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

- Mendoza A. & Arellano G. (2003). Resiliencia de la Comunidad Epígea de Coleoptera en las Lomas De Lachay después del Evento El Niño 1997-98. *Ecología Aplicada*, 2 (1), 59-68.
- Merriam G. & Lanoue A. (1990). Corridor use by small mammals: field measurements for three experimental types of *Peromyscus leucopus*. En *Landscape ecology* 4 (págs. 123-131).
- Merriam G., Henein K. & Stuart-Smith K. (1991). Landscape dynamics models. En T. M. R.H. (Ed.), *Quantitative methods in landscape ecology* (págs. 399-412). Nueva York, Estados Unidos: Springer-Verlag.
- Metzger, J. P. (2000). Tree Functional Group Richness And Landscape Structure In A Brazilian Tropical Fragmented Landscape. *Ecological Applications* (10), 1147–1161.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being, Synthesis*. World Resources Institute. Washington, DC: Island Press.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. (2010). *Programa Nacional de Agricultura Orgánica*. Recuperado el 1 de julio de 2010, de <http://www.infoagro.go.cr/organico/>
- Missouri Botanical Garden. (2010). *Tropicos*. (Missouri Botanical Garden) Recuperado el 4 de noviembre de 2010, de MOBOT: www.tropicos.org
- Montagnini, F. & otros. (1992). *Sistemas agroforestales, principios y aplicaciones en los trópicos* (2 da ed.). San José, Costa Rica: Organización para estudios tropicales (OET).
- Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *TREE Reviews*, 10 (2), 58-62.
- Murphy H. & Lovett-Doust J. (2004). Context and connectivity in plant metapopulations and landscape mosaics: does the matrix matter? *Oikos* (105), 3-14.
- Musser, G. G. (1968). *A Systematic Study of the Mexican and Guatemalan Gray Squirrel, Sciurus aureogaster F. Cuvier (Rodentia: Sciuridae)*. University of Michigan, Museum of Zoology. Michigan: The American Museum of Natural History.
- Nathan R. & Muller-Landau H. (2000). Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *TREE*, 15 (7), 278-285.
- Oaks of the world*. (2011). (Oaks of the world) Recuperado el diciembre de 2010, de http://oaks.of.the.world.free.fr/quercus_ocoteifolia.htm
- Organización de las Naciones Unidas. (2011). *Objetivos de Desarrollo del Milenio*. (ONU) Recuperado el noviembre de 2011, de Podemos erradicar la Pobreza- 2015: <http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/poverty.shtml>
- Organización de las Naciones Unidas. (2011). *Poverty*. (ONU) Recuperado el noviembre de 2011,

- de Social Policy and Development Division: <http://social.un.org/index/Poverty.aspx>
- Ozinga W., Romermann C., Bekker R., Prinzing A., Tamis W., Schaminée J., Hennekens S., Thompson K., Poschlod P., Kleyer M., Bakker J. & Van Groenendael J. (2009). Dispersal failure contributes to plant losses in NW Europe. *Ecology letters* (12), 66-74.
- Pazderka, C. (2003). *¿Es la certificación algo para mí? - Una guía práctica sobre por qué, cómo y con quién certificar productos agrícolas para la exportación.* (U. R. Técnica, Ed.) San José, Costa Rica: RUTA-FAO.
- Peterson A.T., Tian H., Martínez E., Soberón J., Sánchez V. & Huntley B. (2005). Modeling distributional shifts of individual species and biomes. (L. T. L., Ed.) *Yale University Press* , 211-228.
- Poiani K. & Richter B. (s.f.). *Paisajes funcionales y la conservación de la biodiversidad.* Documentos de trabajo para la ciencia de la conservación No. 1, The Nature Conservancy.
- Ricketts T., Williams N. & Mayfield M. (2006). Connectivity and ecosystem services: crop pollination in agricultural landscapes. En C. K. M. (Ed.), *Connectivity Conservation* (págs. 255-289). Nueva York: Cambridge University Press.
- Ricketts, T. H. (2001). The matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes. *The American Naturalist* , 158 (1), 87-99.
- Schupp E., Jordano P. & Gómez J. (2010). Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytologist* (188), 333–353.
- Scoones, I. (2009). Livelihoods perspectives and rural development. *Journal of Peasant Studies* , 36 (1), 26.
- Secretaría de Seguridad Alimentaria del Gobierno de Guatemala, USAID, MFEWS & FAO. (2009). *Guatemala, perfil de medios de vida.* Informe nacional, Secretaría de Seguridad Alimentaria del Gobierno de Guatemala, Guatemala.
- Shapiro, L. (2011). *Sciurus aureogaster.* EOL Species, <http://eolpecies.lifedesks.org/pages/18869>.
- Soons M. & Heil G. (2002). Reduced colonization capacity in fragmented populations of wind-dispersed grassland forbs. *Journal of Ecology* (90), 1033-1043.
- Soons M., Heil G., Nathan R. & Katul G. (2004). Determinants of long-distance seed dispersal by wind. *Ecology* , 85 (11), 3056–3068.
- Soons M., Messelink J., Jongejans E & Heil W. (2005). Habitat fragmentation reduces grassland connectivity for both short-distance and long-distance wind-dispersed forbs. *Journal of Ecology* (93), 1214-1225.

- Standley P. & Steyermark J. (1975). *Flora de Guatemala* (Vols. 24, parte III). (F. Botany, Ed.) Chicago, Estados Unidos: Chicago Natural History Museum.
- Steffan-Dewenter I; Munzenberg C.; Thies C & Tschardt T. (2002). Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology*, 83 (5), 1421-1432.
- Storch I., Woitke E. & Krieger S. (2005). Landscape-scale Edge Effect in Predation Risk in Forest-farmland Mosaics of Central Europe. *Springer Netherlands*, 20 (8), 927-940.
- Swaine M. & Whitmore T. (1988). On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio* (75), 81-86.
- Taylor P.D., Fahring L., Henein K. & Merriam G. (1993). Conectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* (68), 571-573.
- Tewksbury J., Levey D., Haddad N., Sargent S., Orrock J., Weldon A., Danielson B., Brinkerhoff J., Damschen E., & Townsend P. (2002). Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *PNAS*, 99 (20), 12923–12926.
- The Nature Conservancy. (2007). *Plan de gestión de la Cuenca del Río Coapa, Chiapas, México*. TNC, Grupo Interinstitucional Cuencas Costeras de Chiapas. México: Alejandro Imbach.
- Theobald M., Norman J. & Sherburne M. (2006). *FunConn v1 User's Manual: ArcGIS tools for Functional Connectivity Modeling*. Fort Collins, Colorado, U.S.A.: Natural Resource Ecology Lab, Colorado State University.
- Theobald M., Norman J. & Sherburne M. (2006). *FunConn v1: Functional Connectivity tools for ArcGIS v9*. (Natural Resource Ecology Lab, Colorado State University) Recuperado el 16 de agosto de 2010, de http://www.nrel.colostate.edu/projects/starmap/funconn_index.htm
- Turner M.; Gardner R. & O'Neill R. (2001). *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Nueva York, estados Unidos de América: Springer.
- Tutak, J. (2007). *Identifying functional connectivity for conservation planning*. Informe de tesis de Maestría en Manejo Ambiental, Duke University, The Nicholas School of the Environment and Earth Sciences, Durham NC, USA.
- Universidad de Buenos Aires. (2010). *Departamento de Ecología, Genética y Evolución*. (Universidad de Buenos Aires) Recuperado el 23 de noviembre de 2010, de Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: www.ege.fcen.uba.ar/materias/general/Conservacion.ppt
- Universidad Francisco Marroquín. (2007). *Arboretum Universidad Francisco Marroquín*. Recuperado el diciembre de 2010, de <http://arboretum.ufm.edu.gt/plantas/floracion.asp?id=63&mes=abril&familia=>

- Universidad Nacional Autónoma de México. (2009). *Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana*. (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana) Recuperado el diciembre de 2010, de http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/flora2.php?l=4&t=Quercus%20acatenangensis%20Trel.&po=mam&id=6398&clave_region=34
- URL IARNA. (2010). Compilación de datos e indicadores socioeconómicos a nivel municipal en Guatemala. Guatemala: Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. DOCUMENTO INÉDITO, para uso interno.
- URL IARNA. (2004). *Perfil Ambiental de Guatemala 2004: Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática*. Guatemala, Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.
- URL IARNA. (2004). *Perfil Ambiental de Guatemala 2004: Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática*. Guatemala, Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.
- USDA National Agroforestry Center. (2011). *Conservation Buffers, guidelines 2.0 for biodiversity*. (USDA National Agroforestry Center) Recuperado el 17 de julio de 2011, de http://www.unl.edu/nac/bufferguidelines/guidelines/2_biodiversity/2.html

8 ANEXOS

8.1 Recategorización de usos del suelo

Cuadro 15. Recategorización de usos del suelo en la Cordillera

CÓDIGO DE USO	CLASIFICACIÓN 1	CLASIFICACIÓN 2	CLASIFICACIÓN 3	CLASIFICACIÓN 4
51	Río	Agua	Agua	Otros
52	Lago - laguna	Agua	Agua	Otros
53	Embalse (reservorio)	Agua	Agua	Otros
54	Canal - drenaje	Agua	Agua	Otros
312	Arbustos - matorrales	Arbustos Matorrales	Arbustal	Arbustos y matorrales
111	Centros poblados	Área Urbana	Asentamientos	Poblaciones humanas
131	Agroindustria	Área Urbana	Asentamientos	Poblaciones humanas
132	Complejo industrial	Área Urbana	Asentamientos	Poblaciones humanas
141	Aeropuerto	Área Urbana	Asentamientos	Poblaciones humanas
142	Puertos	Área Urbana	Asentamientos	Poblaciones humanas
151	Cementerio	Área Urbana	Asentamientos	Poblaciones humanas
1211	Instalación educativa	Área Urbana	Asentamientos	Poblaciones humanas
1212	Prisión	Área Urbana	Asentamientos	Poblaciones humanas
1213	Instalación militar	Área Urbana	Asentamientos	Poblaciones humanas
1221	Zoológico	Área Urbana	Asentamientos	Poblaciones humanas
1222	Parque recreativo	Área Urbana	Asentamientos	Poblaciones humanas
1223	Campo y/o pista deportiva	Área Urbana	Asentamientos	Poblaciones humanas
41	Bosque latifoliado	Bosque de latifoliadas	Bosque	Bosques
42	Bosque conífero	Bosque de Coníferas	Bosque	Bosques
43	Bosque mixto	Bosque Mixto	Bosque	Bosques
61	Humedal con bosque	Bosque de latifoliadas	Bosque	Bosques

225	Hule	Cultivos Perennes	Bosque	Bosques
411	Manglar	Bosque Manglar	Bosque	Bosques
22171	Plantación conífera	Plantación Conífera	Bosque	Bosques
22172	Plantación latifoliada	Plantación latifoliada	Bosque	Bosques
211	Granos básicos	Cultivos Anuales	Cultivos	Cultivos anuales
212	Arroz	Cultivos Anuales	Cultivos	Cultivos anuales
213	Yuca	Cultivos Anuales	Cultivos	Cultivos anuales
214	Mosaico de cultivos	Cultivos Anuales	Cultivos	Cultivos anuales
221	Café	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
222	Café - cardamomo	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
223	Cardamomo	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
224	Banano - plátano	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
226	Palma africana	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
227	Cítricos	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
228	Pejibaya	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
229	Té	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
231	Caña de azúcar	Cultivos Anuales	Cultivos	Cultivos anuales
232	Papaya	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
233	Piña	Cultivos Anuales	Cultivos	Cultivos anuales
241	Huerto	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
242	Vivero	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
243	Hortaliza - ornamental	Cultivos Anuales	Cultivos	Cultivos anuales
251	Pastos cultivados	Cultivos Anuales	Cultivos	Pastos naturales y herbazal
2210	Aguacate	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
2211	Mango	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
2212	Coco	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
2213	Cacao	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
2214	Frutales deciduos	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes

2215	Rambután	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
2216	Otros frutales	Cultivos Perennes	Cultivos	Cultivos perennes
2431	Hortaliza - ornamental con riego	Cultivos Anuales	Cultivos	Cultivos anuales
2432	Melón - sandía con riego	Cultivos Anuales	Cultivos	Cultivos anuales
62	Humedal con otra vegetación	Humedal	Humedales	Otros
63	Zonas inundables	Humedal	Humedales	Otros
71	Playa y/o arena	Otros	Otros usos	Otros
72	Arena y/o material piroclástico	Otros	Otros usos	Otros
73	Roca expuesta	Otros	Otros usos	Otros
74	Minas descubiertas y otras superficies de excavación	Otros	Otros usos	Otros
75	Suelo estéril	Otros	Otros usos	Otros
1311	Camaronera y/o salina	Otros	Otros usos	Otros
311	Pastos naturales y/o yerbazal	Pastos Naturales Herbazales	Pastos Nativos	Pastos naturales y herbazal

8.2 Descripción de especies de árboles a trabajar

Se trabajaron dos grupos funcionales de especies de árboles: pinos y encinos, considerando tres y dos especies respectivamente. A continuación una breve descripción basada en Flora de Guatemala de Standley, Pinos de México de Farjon y Styles, The Missouri Botanical Garden, The Gymnosperm Database de Earle, Arboretum de la Universidad Francisco Marroquín de Guatemala e información recogida en campo acerca de los usos locales de las especies (Standley & Steyermark 1975, Farjon & Styles 1997, Universidad Francisco Marroquín 2007, Missouri Botanical Garden 2010 & Earle 2010).

Los pinos y encinos bajo estudio se encuentran ubicados a lo largo de la Cordillera volcánica en varios hábitats diferentes, entre ellos los bosques de pino-encino y bosques nubosos. El área donde se ubican abarca desde Chiapas en México y atraviesa Guatemala, es aquí donde existe la mayor cantidad de especies de coníferas por área comparada con cualquier otro lugar en el mundo con una superficie similar, razón por la que se considera como centro de especiación y evolución de pinos. Por esta misma razón la World Wildlife Fund (WWF) ha categorizado la zona como la Ecorregión de Pino Encino de Centroamérica, que se extiende hasta Nicaragua (Figura 32) y altitudinalmente va desde los 550 hasta los 4,211 msnm en la cima del volcán Tajumulco (Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica 2011).

En Guatemala la distribución del bosque de pino-encino se manifiesta principalmente entre los 800 y 2,200 msnm, la temperatura varía de acuerdo a la altitud (entre más alto tienden a ser más fríos) y se promedian entre 14°C a 25°C, sin embargo aquí se encuentran los registros más bajos de temperatura del país llegando hasta los -8°C. La zona recibe alrededor de 900 a 3,700 milímetros de precipitación al año siendo más intensa de mayo a octubre, gracias a su orientación respecto a los vientos húmedos (Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad *et al.* 2010).

Estos bosques abarcan gran parte de la región central del país, incluyendo la cadena de conos volcánicos que atraviesa el país de Occidente a Oriente y el altiplano occidental que es la continuación de la Sierra Madre abarcando los Departamentos de Huehuetenango, Quiché, San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Chimaltenango, Guatemala y otros hacia el Oriente del país (Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad *et al.* 2010).

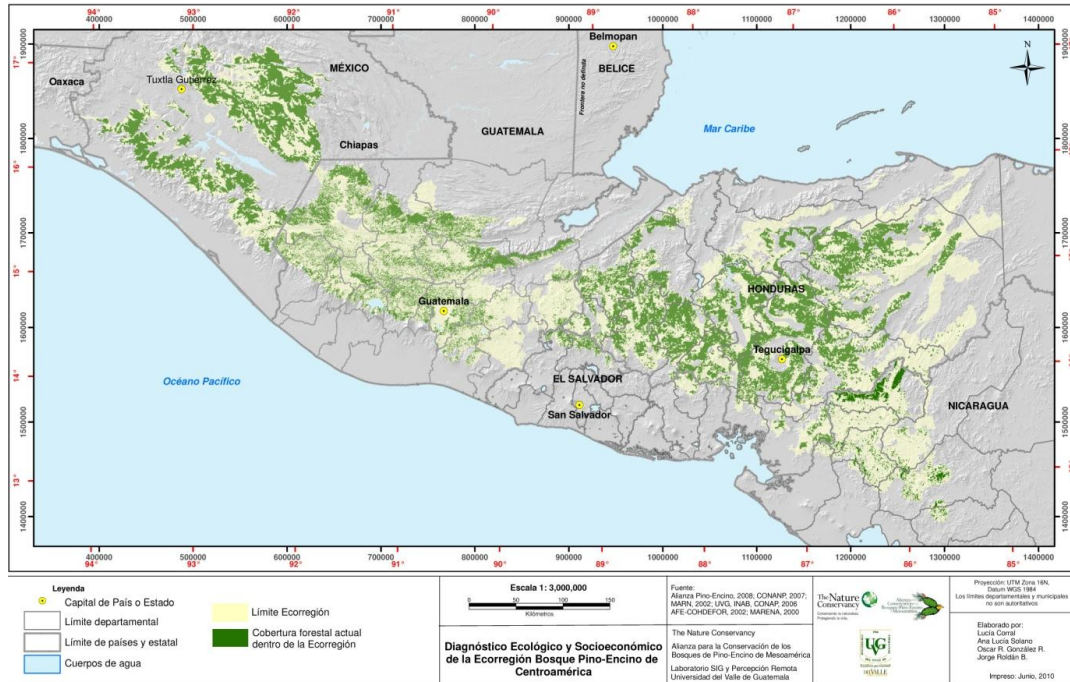


Figura 32. Mapa de la Ecorregión de bosque de pino-encino de Mesoamérica

Fuente: Mapa extraído de Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica 2011.

Las especies de pino y encino que predominan en la región viven en asociación con otras especies de tanto de coníferas como el ciprés y abeto, como de latifoliadas como liquidámbar, inga, arce, acacia y aliso, entre otras más. Además los bosques de pino y encino sirven como hábitat y sustento para varias especies animales endémicas y son una importante ruta migratoria de aves. A pesar de su importancia estos bosques se ven amenazados por incendios forestales, prácticas inadecuadas de extracción forestal de madera y leña, sustitución de uso del suelo por sistemas agrícolas y pastoriles, expansión de poblados humanos, entre otras (Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad *et al.* 2010).

8.2.1 Pinos (*Pinaceae*)

Los bosques de pino se encuentran en áreas de clima semicálido y templado, donde los suelos son de origen calizo y pobre en materia orgánica, se conoce una diferenciación altitudinal en la cual una especie de pino es remplazada por otra a medida que aumenta la elevación del terreno. Al mismo tiempo las especies de pino responden al estado ecológico del bosque que habitan, es decir, serán unas especies las que predominen en bosques primarios y poco

intervenidos (*P. ayacahuite*), otras especializadas en bosques secundarios y zonas de regeneración (*P. pseudostrobus*), y finalmente a aquellas adaptadas a condiciones intermedias (*P. hartwegii*); también se observan asociaciones de bosques de pino o pino-encino con agro-ecosistemas de café, maíz y papa (Medinilla 2003, citado por Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad *et al.* 2010 & Castañeda 2011¹). Las especies bajo estudio son:

- ***Pinus ayacahuite***: Especie de pino conocido como pino blanco, ubicada en montañas húmedas a altas elevaciones entre los 2,000 a 3,300 msnm. Se halla en bosques maduros asociado frecuentemente con *Abies guatemalensis* y en bosques densos de latifoliados, en sitios más altos y secos que otras especies de pinos. En Guatemala, en el área de estudio, es posible ubicarlo en los departamentos de Totonicapán, Quetzaltenango y San Marcos.

Es un pino de los más altos llegando hasta los 50 metros de alto y dos metros de ancho, su follaje brilla con el sol y las vainas de sus hojas son caducas, los conos son curvos y largos en comparación con otros conos de pino. Sus semillas son gris-café que miden de cinco a siete mm de largo y alas bien desarrolladas de 30 a 40 mm de largo.

Su aprovechamiento es predominantemente madera para carpintería y combustible en forma de leña, incluso sus conos son utilizados como fuente de calor. Además se le reconoce algún uso medicinal en las comunidades.

- ***Pinus pseudostrobus***: Llamado también pino de ocote a nivel local, es una especie de pino ubicado en bosques húmedos de entre 1,000 a 3,000 msnm, muy dado a crecer en suelos volcánicos, siendo predominante en bosques de edad intermedia pudiendo estar tanto en jóvenes como en maduros. En Guatemala, en el área de estudio, es posible ubicarlo en los departamentos de Chimaltenango (en la zona de Tecpán), Sololá, Suchitepéquez, Totonicapán y Quetzaltenango; básicamente en el altiplano.

Su altura alcanza hasta los 30 metros y casi un metro de diámetro; es fácilmente confundible con el *P. occarpa*. Se le haya comúnmente asociado con otras especies de pino y encinos, además de cipreses y alisos. Sus conos son oblongos-cónicos de entre cinco a 14 cm de largo de de entre 2.5 a 10 cm de ancho. Su semilla mide 5-7 x 3-4.5 mm y su ala de 20-25 x 7-10

¹ Conversación personal con Ing. Agr. César Castañeda, MSc., experto forestal a nivel nacional que actualmnete labora en el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala, marzo 2011.

mm. La dispersión de polen se da en los meses de febrero a abril, surgiendo flores en febrero y marzo. Su uso, al igual que la mayoría de pinos, es como madera y combustible en forma de leña.

- ***Pinus hartwegii***: Conocido también como variedad *rudis*, y de nombre común pino negro. Es una especie que habita cumbres y partes altas, más comúnmente encontrada en bosques jóvenes siendo indicador de regeneración. Se encuentra entre los 2,200 hasta los 4,300 msnm, especialmente en los departamentos de este estudio de Chimaltenango, Quezaltenango, Sacatepéquez, San Marcos, Sololá y Totonicapán.

Mide aproximadamente 35 metros de alto. Sus conos e agrupan en 2-6, deciduos, oblicuos-ovoides que miden 8-15 x 5-8 cm cuando están abiertos; y sus semillas miden entre cinco y seis mm de largo con alas articuladas de 12-20 x 7-12 mm, a veces presentan puntos negros en su superficie. Se da especial aprovechamiento a su resina con diferentes fines, así como combustible en forma de leña.

8.2.2 Encinos (*Fagaceae*)

En el caso de los encinos, uno de los grupos más importantes de plantas maderables del hemisferio norte, se sabe que su colonización es mayor en pastos que en bordes de bosques o que en el interior de bosques, debido a que los bordes proveen ambientes físicos adecuados para la regeneración de la especie (mayor cantidad de bellotas o semillas se desarrollan) en donde hay irradiación intermedia y disponibilidad de humedad que difieren tanto del interior del bosque como de las áreas abiertas adyacentes (López-Barrera & Newton 2005).

Sin embargo, es también necesario considerar que los encinos dependen casi exclusivamente de animales (como aves y pequeños mamíferos) para dispersar estas semillas, ya sea que las consuman o que las almacenen para reservas alimenticias futuras; por tanto en el caso de aves (que logran mayores rangos de movilidad) los pastos suelen ser más adecuados para deposición de semillas, pero para el caso de mamíferos como las ardillas los suelos húmedos en bordes de bosques son más comunes; en ambos casos estos ambientes son más adecuados que dentro del dosel del bosque en donde la competencia intraespecífica (entre padres, hijos y hermanos) es mayor y donde hay mayor exposición a predación (por insectos que inviabilizan semillas), factores que pueden reducir el desarrollo y sobrevivencia de la bellota (López-Barrera & Newton 2005).

Además, Camacho-Cruz *et al.* (2000) citado por López-Barrera & Newton (2005), indican que las tasas de germinación de encinos eran similares en bosques primarios con al menos 87% de cierre de dosel y en bosques dominados por pinos con cobertura de dosel del 53%, más había mayor sobrevivencia de semillas en bosques de pino. Por lo que en general se puede concluir que sitios con sombras intermedias pueden facilitar el desarrollo de semillas al reducir las fluctuaciones de temperatura y humedad pero permitiendo suficiente infiltración de luz y dando protección contra predadores (López-Barrera & Newton 2005). Las especies bajo estudio son:

- ***Quercus acatenangensis***: Muchas considerado sinónimo del *Q. longifolia*, es una especie de encino (o roble) encontrada en un gran rango de condiciones ambientales y geográficas, en sitios húmedos o secos, planicies, laderas de montañas y faldas de volcanes que van desde los 1,500 hasta los 3,300 msnm, comúnmente en asociación con pinos y a veces está asociado con *Cupressus* y *Abies*. En el área de estudio lo encontramos en los departamentos de Sololá, Totonicapán, Quetzaltenango y San Marcos, sin embargo es una de las especies de encino más abundantes y de mayor distribución en Guatemala.

Es un árbol que puede llegar a medir 30 metros de alto y has un metro de diámetro. Se semilla se presenta en forma de bellota con una copa de entre 10 y 20 mm de ancho por 7-12 mm de largo. Entre sus formas de aprovechamiento se han registrado usos como madera y medicinal.

- ***Quercus sapotaefolia***: Árbol conocido como encino colorado a nivel local, que se encuentra entre los 800 hasta los 2,600 msnm en climas húmedo a seco, en asociación con pinos; se encuentra en el área de estudio en los bosques de Sololá y San Marcos, siendo particularmente abundante en este último.

Llega a medir hasta 30 m de altura y a veces es simplemente un gran arbusto. Su corteza es café grisáceo y tiene frutos anuales solitarios, florece de marzo a mayo y fructifica de junio a octubre. Sus hojas coriáceas de hasta 12 cm de largo por cuatro de ancho, oblanceoladas y sus flores van desde los dos hasta los ocho cm de largo. Produce frutos que son bellotas o nueces de apenas 1.5 cm largo con una copa de color café.

Su uso es básicamente como madera tanto para carpintería como construcción, y combustible en forma de leña.

En el Cuadro 16 se presenta un resumen de las condiciones de hábitat necesarias tanto para las especies de pino como de encino.

Cuadro 16. Descripción resumida de hábitat para las especies de árboles

NO.	ESPECIE DE ÁRBOL	DESCRPCIÓN GENERAL DEL HÁBITO	RANGO ALTITUDINAL (msnm)	ASOCIACIONES REGISTRADAS (entre otras)
1	<i>Pinus ayacahuite</i>	Montañas húmedas y bosques maduros.	2,000 - 3,300	<i>Abies spp.</i>
2	<i>Pinus hartwegii</i>	Cumbres y partes altas, tanto en bosques maduros como jóvenes e intermedios.	2,200 - 4,300	
3	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Bosques húmedos de suelos volcánicos, en bosques jóvenes.	1,000 - 3,000	Bosques densos de latifoliadas
4	<i>Quercus acatenangensis</i>	Gran distribución, desde bosques húmedos hasta secos, planicies, laderas de montaña y faldas volcánicas.	1,500 - 3,300	<i>Cupressus lusitanica</i> y <i>Abies spp.</i>
5	<i>Quercus sapotifolia</i>	Climas húmedos a secos.	800 - 2,000	<i>Pinus spp.</i>

Fuente: Elaboración propia en base a Standley & Steyermark 1975, Farjon & Styles 1997, Universidad Francisco Marroquín 2007, Missouri Botanical Garden 2010, Earle 2010, Conversación personal con Ing. César Castañeda del IARNA de la Universidad Rafael Landívar, marzo 2011.

8.3 Matriz de paisajes manejados

Cuadro 17. Matriz con detalles de cada paisaje manejado de la Cordillera

NÚMERO DE PAISAJE	PERÍMETRO	HECTÁREAS	ESTADO DE PROTECCIÓN	ZONAS DE VIDA	AGUA	ORDEN DE SUELOS	ÁREA DE BOSQUE PRESENTE	PORCENTAJE DE BOSQUE
1	26,769.23	724.94	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Entisoles	448.31	61.84
2	283,825.57	21,714.15	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	6,112.63	28.15
3	35,077.39	6,288.44	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	2,448.25	38.93
4	37,458.56	2,073.77	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	1,332.00	64.23
5	24,691.98	554.33	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Inceptisoles	419.69	75.71
6	119,606.48	9,981.01	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	2,234.69	22.39
7	50,675.05	1,977.06	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	797.69	40.35
8	78,412.01	6,011.68	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	335.31	5.58
9	70,436.15	15,479.08	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	5,181.38	33.47
10	22,312.68	790.93	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Entisoles	370.50	46.84
11	31,351.87	3,438.16	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	1,542.56	44.87
12	21,591.61	236.74	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	106.81	45.12
13	59,348.02	7,122.47	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	1,467.25	20.60
14	86,406.37	16,257.99	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	6,849.63	42.13
15	717.24	1.07	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
16	216.73	0.15	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Entisoles	0.13	84.97
17	15,880.14	690.19	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Entisoles	550.00	79.69
18	62,197.15	2,449.40	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Entisoles	315.19	12.87
19	288,071.63	37,607.04	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	19,296.06	51.31
20	40,418.56	4,195.02	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	1,294.63	30.86
21	45,048.80	1,164.96	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	459.81	39.47
22	35,667.57	1,616.31	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	187.00	11.57

23	32,754.74	2,593.79	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Entisoles	1,358.38	52.37
24	16,967.32	720.73	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	116.88	16.22
25	47,349.88	1,612.42	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Entisoles	148.31	9.20
26	26,500.36	248.57	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	14.31	5.76
27	40,231.41	1,459.59	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	492.19	33.72
28	37,168.04	1,229.94	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	565.69	45.99
29	41,948.30	5,064.09	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	2,958.13	58.41
30	16,224.82	157.39	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Entisoles	128.88	81.89
31	13,899.81	286.94	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Entisoles	148.63	51.80
32	15,181.35	483.40	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Entisoles	128.81	26.65
33	262,118.65	39,383.77	Área no protegida	bmh-MB	Tierra	Andisoles	15,115.19	38.38
34	27,364.78	1,858.09	Área no protegida	bmh-M	Tierra	Andisoles	437.44	23.54
35	7,313.25	220.27	Área no protegida	bmh-M	Tierra	Andisoles	29.00	13.17
36	148,895.36	18,015.85	Área no protegida	bmh-M	Tierra	Andisoles	4,130.94	22.93
37	14,155.91	901.93	Área no protegida	bmh-M	Tierra	Andisoles	177.06	19.63
38	25,267.70	908.76	Área no protegida	bmh-M	Tierra	Andisoles	307.75	33.86
39	21,878.56	566.04	Área no protegida	bmh-M	Tierra	Andisoles	187.31	33.09
40	10.12	0.00	Área no protegida	bmh-M	Tierra	Entisoles	0.00	0.00
41	16,506.22	368.18	Área no protegida	bmh-M	Tierra	Andisoles	223.25	60.64
42	3,982.90	33.85	Área no protegida	bmh-M	Tierra	Andisoles	7.38	21.80
43	6,594.25	69.10	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	7.38	10.68
44	20,230.40	625.94	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.81	0.13
45	22,811.61	282.24	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	162.88	57.71
46	44,809.24	1,113.80	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	316.63	28.43
47	3,839.45	91.86	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Entisoles	63.81	69.46
48	5,447.60	148.80	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	4.31	2.90
49	40,878.88	1,564.16	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	339.13	21.68
50	1,962.12	17.40	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	4.38	25.17

51	1,817.31	2.16	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.63	29.19
52	634.64	0.46	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Inceptisoles	0.00	0.00
53	11,634.38	91.55	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Inceptisoles	33.19	36.25
54	13,334.20	77.33	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	30.06	38.87
55	1,835.03	8.24	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	3.44	41.73
56	18,181.38	98.07	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	30.06	30.65
57	6,407.82	45.41	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	2.38	5.24
58	379.73	0.19	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Inceptisoles	0.00	0.00
59	1,394.09	5.86	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Inceptisoles	5.25	89.53
60	2,810.74	15.52	Área no protegida	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
61	3,881.94	66.27	Área no protegida	bmh-M	Tierra	Andisoles	34.50	52.06
62	22,616.62	1,025.86	Área no protegida	bmh-M	Tierra	Andisoles	674.94	65.79
63	28,138.77	1,606.89	Área no protegida	bmh-M	Tierra	Andisoles	1,153.13	71.76
64	54,431.09	8,399.61	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Entisoles	3,587.31	42.71
65	46,492.05	3,246.32	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	2,246.06	69.19
66	2,758.15	35.42	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	24.81	70.04
67	7,939.01	236.91	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	219.06	92.47
68	24,488.12	1,892.45	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Inceptisoles	1,595.63	84.32
69	91,435.75	12,152.85	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	3,662.56	30.14
70	8,796.49	185.89	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	93.44	50.27
71	77,365.78	4,243.19	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	671.81	15.83
72	17,048.54	447.19	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	140.88	31.50
73	14,389.03	598.94	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Entisoles	302.38	50.49
74	13,853.43	269.13	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	162.25	60.29
75	21,021.42	1,275.03	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	740.25	58.06
76	18,079.20	400.89	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	209.06	52.15
77	33,024.51	1,797.01	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	253.25	14.09
78	18,615.02	873.95	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	118.38	13.55

79	7,311.15	245.61	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	31.75	12.93
80	38,837.33	1,408.50	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Entisoles	13.50	0.96
81	37,176.94	2,644.81	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Entisoles	195.56	7.39
82	61,007.82	7,725.59	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	177.56	2.30
83	30,723.83	472.37	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	85.19	18.03
84	8,505.97	312.74	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.44	0.14
85	21,507.46	2,279.22	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	6.06	0.27
86	23,387.42	1,752.96	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Entisoles	119.69	6.83
87	58,178.25	3,972.04	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	1,125.88	28.35
88	63,555.93	5,223.77	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	3,424.56	65.56
89	8,508.74	120.81	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Entisoles	43.38	35.91
90	2,810.87	1.62	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	1.25	77.02
91	68,191.22	2,483.45	Área no protegida	bh-MB	Tierra	Andisoles	1,196.00	48.16
92	8,472.89	263.34	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	248.06	94.20
93	8,445.72	235.93	Parque Regional Municipal	bmh-M	Tierra	Andisoles	159.63	67.66
94	28,256.26	1,257.62	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	459.06	36.50
95	721.89	2.08	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.69	33.25
96	10,492.87	398.63	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	6.50	1.63
97	17,056.18	293.36	Zona de Amortiguamiento	bmh-M	Tierra	Andisoles	149.31	50.90
98	11,345.38	198.52	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	23.06	11.62
99	1,033.14	6.66	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
100	16,348.20	407.51	Zona de Veda Definitiva	bmh-M	Tierra	Andisoles	119.38	29.30
101	30,044.51	1,418.58	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	221.31	15.60
102	22,187.92	1,098.48	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	334.81	30.48
103	14,848.41	312.22	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.81	0.26
104	42,881.44	1,086.65	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Entisoles	320.44	29.49
105	32,829.08	1,984.25	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	191.00	9.63
106	18,316.37	751.28	Zona de Amortiguamiento	bmh-M	Tierra	Andisoles	193.31	25.73

107	22,768.97	559.82	Zona de Amortiguamiento	bmh-M	Tierra	Entisoles	124.56	22.25
108	7,652.57	316.37	Zona de Amortiguamiento	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	13.31	4.21
109	21,722.20	959.70	Zona de Amortiguamiento	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.63	0.07
110	5,271.30	74.08	Zona de Amortiguamiento	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
111	4,845.73	39.60	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	22.00	55.56
112	35,785.26	1,576.26	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Entisoles	1,069.00	67.82
113	10,783.52	129.02	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	16.00	12.40
114	7,014.14	131.40	Zona de Veda Definitiva	bmh-M	Tierra	Andisoles	95.00	72.30
115	26,212.43	2,259.74	Zona de Veda Definitiva	bmh-M	Tierra	Entisoles	984.75	43.58
116	1,230.93	7.12	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	6.69	93.99
117	5,720.21	163.47	Parque Regional Municipal	bmh-M	Tierra	Andisoles	128.81	78.80
118	4,884.83	113.96	Parque Regional Municipal	bmh-M	Tierra	Andisoles	7.94	6.97
119	16,525.98	676.47	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	648.94	95.93
120	5,770.49	72.59	Parque Regional Municipal	bmh-M	Tierra	Andisoles	72.44	99.79
121	3,648.29	68.05	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	28.31	41.60
122	3,837.52	32.97	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	18.38	55.75
123	12,583.16	517.05	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	354.50	68.56
124	2,850.40	51.40	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
125	54,973.07	4,174.45	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	2,913.31	69.79
126	46,589.89	6,885.09	Parque Regional Municipal	bmh-M	Tierra	Andisoles	5,719.19	83.07
127	1,106.71	6.50	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.69	10.62
128	7,763.16	124.59	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	24.75	19.87
129	11,160.22	216.61	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	29.56	13.65
130	21,145.58	471.24	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	151.75	32.20
131	4,199.36	59.63	Zona de Amortiguamiento	bh-MB	Tierra	Andisoles	1.13	1.90
132	6,600.43	71.32	Zona de Amortiguamiento	bh-MB	Tierra	Andisoles	24.81	34.79
133	2,990.49	39.36	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	26.94	68.44
134	3,443.84	15.98	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	7.69	48.12

135	12,046.92	666.94	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	469.56	70.41
136	879.46	2.90	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.31	10.70
137	3,160.51	21.26	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	15.44	72.64
139	2,202.35	17.63	Área de Uso Múltiple	bmh-MB	Tierra	Entisoles	9.63	54.62
140	11,315.31	394.39	Área de Uso Múltiple	bmh-MB	Tierra	Andisoles	175.19	44.42
142	23,340.99	1,183.53	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	992.13	83.83
143	29,001.75	1,471.11	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	1,401.50	95.27
144	24,994.28	1,011.05	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Inceptisoles	371.19	36.71
145	24,077.10	1,727.08	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	289.88	16.78
146	9,852.02	461.24	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
147	10,891.74	508.60	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	8.94	1.76
148	21,121.32	1,589.99	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	340.44	21.41
155	39,645.12	3,317.76	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	2,107.38	63.52
156	7,451.63	246.77	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	46.94	19.02
160	4,857.08	137.65	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	97.56	70.88
161	27,503.45	1,596.31	Área de Uso Múltiple	bmh-MB	Tierra	Andisoles	1,054.00	66.03
163	2,104.19	9.70	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	4.56	46.99
166	150.14	0.09	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Inceptisoles	0.00	0.00
168	13,905.14	808.73	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	102.25	12.64
170	1,656.09	14.53	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Inceptisoles	10.56	72.69
171	2,699.47	33.74	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
175	12,075.02	538.84	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	247.25	45.89
179	996.76	3.03	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	2.31	76.26
181	3,674.06	32.47	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	25.38	78.17
182	1,203.84	6.23	Área de Uso Múltiple	bmh-MB	Agua	Entisoles	0.00	0.00
184	1,703.84	10.86	Área de Uso Múltiple	bmh-MB	Tierra	Entisoles	7.56	69.59
185	13,092.21	577.07	Área de Uso Múltiple	bmh-MB	Tierra	Entisoles	83.69	14.50
191	15,352.75	879.38	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	779.75	88.67

193	21,912.79	2,479.19	Área de Uso Múltiple	bmh-MB	Tierra	Entisoles	1,481.19	59.75
194	6,092.38	73.15	Área de Uso Múltiple	bmh-MB	Tierra	Andisoles	71.69	98.01
195	4,345.89	79.03	Área de Uso Múltiple	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.13	0.16
196	6,618.20	192.79	Área de Uso Múltiple	bmh-MB	Tierra	Andisoles	150.75	78.19
202	9,068.93	585.57	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Entisoles	491.00	83.85
203	28,874.01	543.85	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Entisoles	257.69	47.38
209	34,421.92	1,259.91	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	1,021.44	81.07
210	21,406.64	569.49	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	20.69	3.63
211	2,107.11	8.18	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Entisoles	6.94	84.85
212	3,604.84	81.79	Zona de Amortiguamiento	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	77.50	94.76
213	23,142.45	806.26	Zona de Amortiguamiento	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	11.44	1.42
214	6,128.51	133.27	Zona de Amortiguamiento	bmh-M	Tierra	Andisoles	103.38	77.57
215	873.20	2.54	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.56	22.05
216	18,200.92	622.34	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	480.13	77.15
217	16,211.59	586.13	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	106.19	18.12
218	11,953.31	324.62	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Entisoles	190.25	58.61
219	281.05	0.33	Zona de Veda Definitiva	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
220	54.16	0.01	Parque Nacional	bh-MB	Tierra	Entisoles	0.00	0.00
221	2,570.89	35.11	Parque Nacional	bh-MB	Tierra	Andisoles	8.25	23.50
222	2,979.49	42.32	Parque Nacional	bh-MB	Tierra	Entisoles	8.63	20.39
223	4,866.69	161.36	Parque Nacional	bh-MB	Tierra	Andisoles	88.56	54.88
224	31,208.99	1,470.21	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	1,274.63	86.70
225	10,640.67	528.62	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	440.88	83.40
226	12,102.40	760.76	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Entisoles	656.50	86.30
227	16,903.32	1,879.51	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Entisoles	970.38	51.63
228	6,783.93	184.45	Parque Regional Municipal	bh-MB	Tierra	Andisoles	141.88	76.92
229	10,753.45	289.02	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	105.88	36.63
230	8,944.93	477.62	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Entisoles	141.31	29.59

231	2,566.97	13.97	Parque Regional Municipal	bh-MB	Tierra	Andisoles	5.38	38.51
232	1,858.11	14.22	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	11.94	83.98
233	4,511.25	104.73	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	86.06	82.17
234	2,519.87	22.82	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Agua	Entisoles	0.56	2.45
235	21,749.26	865.01	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	799.75	92.46
236	9,766.03	365.53	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Entisoles	360.88	98.73
237	162.30	0.13	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
238	394.77	0.72	Parque Regional Municipal	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
239	4,670.94	0.01	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
240	5,684.85	0.01	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
241	8,804.03	0.02	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
242	3,450.89	53.77	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	53.13	98.81
243	3,691.47	75.86	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	75.75	99.85
244	20,130.65	947.54	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	880.06	92.88
245	7,378.96	273.43	Parque Regional Municipal	bh-MB	Tierra	Andisoles	252.63	92.39
246	6,472.06	216.49	Parque Regional Municipal	bh-MB	Tierra	Andisoles	216.31	99.92
247	3,768.59	54.94	Parque Regional Municipal	bh-MB	Tierra	Andisoles	54.44	99.10
248	6,584.69	0.01	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
249	14,264.23	0.03	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
250	6,247.42	0.01	Zona de Veda Definitiva	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
251	9,425.57	0.01	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
252	3,873.94	26.87	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	14.06	52.33
253	19,852.37	637.48	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	610.56	95.78
254	20,367.20	1,000.59	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	922.31	92.18
255	3,528.74	48.41	Zona de Veda Definitiva	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	24.00	49.58
256	8,498.21	197.54	Zona de Veda Definitiva	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	183.06	92.67
257	14,678.55	496.09	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	350.19	70.59
258	37,211.85	2,128.44	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	1,883.06	88.47

259	4,168.39	49.28	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	49.38	1.00
260	2,998.05	31.31	Reserva Natural Privada	bmh-MB	Tierra	Andisoles	31.38	1.00
261	4,734.81	107.02	Reserva Natural Privada	bmh-MB	Tierra	Andisoles	106.31	99.34
262	698.21	1.69	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
263	7,622.08	291.18	Reserva Natural Privada	bh-MB	Tierra	Andisoles	182.69	62.74
264	4,455.46	111.32	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	111.25	99.94
265	4,686.00	119.88	Reserva Natural Privada	bh-MB	Tierra	Andisoles	120.13	1.00
266	2,003.71	15.07	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.31	2.06
267	5,598.93	66.97	Reserva Natural Privada	bh-MB	Tierra	Andisoles	54.81	81.84
268	4,052.74	74.54	Reserva Natural Privada	bh-MB	Tierra	Andisoles	5.38	7.22
269	6,043.68	151.50	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	109.63	72.36
270	2,981.41	20.45	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	1.31	6.41
271	3,293.14	76.79	Reserva Natural Privada	bh-MB	Tierra	Andisoles	72.19	94.01
272	2,053.20	20.43	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	4.00	19.58
273	1,824.62	17.02	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	3.31	19.45
274	9,881.25	518.03	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Inceptisoles	404.38	78.06
275	4,039.37	42.29	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	14.06	33.24
276	7,224.86	208.78	Reserva Natural Privada	bh-MB	Tierra	Inceptisoles	191.88	91.91
277	3,973.15	72.60	Reserva Natural Privada	bh-MB	Tierra	Andisoles	71.81	98.91
278	8,169.46	208.00	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	202.06	97.14
279	2,115.82	8.65	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	6.69	77.31
280	3,675.74	35.89	Reserva Natural Privada	bh-MB	Tierra	Andisoles	35.31	98.39
281	942.52	3.13	Reserva Natural Privada	bh-MB	Tierra	Andisoles	2.25	71.98
282	2,570.15	28.20	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
283	2,324.57	26.42	Reserva Natural Privada	bmh-MB	Tierra	Entisoles	17.81	67.42
284	1,236.91	3.45	Reserva Natural Privada	bmh-MB	Tierra	Andisoles	3.19	92.52
285	649.01	1.44	Reserva Natural Privada	bh-MB	Tierra	Entisoles	1.44	1.00
286	7,470.83	225.72	Reserva Natural Privada	bh-MB	Tierra	Andisoles	106.88	47.35

288	6,856.03	222.18	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	81.06	36.48
289	5,310.86	132.64	Reserva Natural Privada	bh-MB	Tierra	Andisoles	16.88	12.73
290	2,484.02	30.72	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	19.31	62.87
291	3,669.48	51.05	Reserva Natural Privada	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.31	0.61
292	392.30	0.33	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
293	1,619.52	6.12	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
294	10,540.15	350.33	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	103.63	29.58
295	4,360.63	79.88	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Inceptisoles	0.00	0.00
296	4,310.26	19.26	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	18.94	98.33
297	87.23	0.01	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
298	1,284.71	8.29	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	8.19	98.79
299	347.57	0.24	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.31	1.29
300	4,931.57	67.08	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	66.69	99.42
301	1,199.73	6.00	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
302	3,247.22	11.21	Reserva Natural Privada	bmh-MB	Tierra	Andisoles	8.75	78.07
303	9,551.15	182.86	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	118.88	65.01
304	970.08	3.34	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	1.88	56.27
305	2,792.79	29.08	Parque Regional Municipal	bmh-M	Tierra	Andisoles	18.56	63.83
306	1,893.82	0.00	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
307	2,136.64	0.00	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
308	917.49	0.00	Zona de Veda Definitiva	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
309	2,515.45	0.00	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
310	552.58	0.00	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
311	1,319.89	9.30	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	8.56	92.01
312	22,045.13	614.48	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	480.63	78.22
313	10,613.54	496.11	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Entisoles	379.13	76.42
314	2,676.01	29.74	Parque Regional Municipal	bmh-M	Tierra	Andisoles	29.25	98.34
315	938.24	4.57	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Entisoles	3.31	72.38

316	1,462.27	12.03	Parque Regional Municipal	bmh-M	Tierra	Andisoles	9.88	82.12
317	623.89	2.44	Parque Regional Municipal	bmh-M	Tierra	Andisoles	2.13	87.15
318	1,221.35	7.01	Parque Regional Municipal	bmh-M	Tierra	Andisoles	5.44	77.60
319	2,101.98	4.89	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	3.94	80.64
320	2,101.98	4.89	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	3.94	80.64
321	2,091.84	4.58	Zona de Amortiguamiento	bmh-M	Tierra	Andisoles	2.00	43.64
322	2,091.84	4.58	Parque Regional Municipal	bmh-M	Tierra	Andisoles	2.00	43.64
323	7,636.07	298.35	Zona de Veda Definitiva	bmh-M	Tierra	Andisoles	86.44	28.97
324	7,636.07	298.35	Parque Regional Municipal	bmh-M	Tierra	Andisoles	86.44	28.97
325	2,251.85	25.10	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	4.13	16.45
326	2,251.85	25.10	Reserva Natural Privada	bmh-MB	Tierra	Andisoles	4.13	16.45
327	4,301.92	33.00	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Andisoles	20.06	60.79
328	4,301.92	33.00	Reserva Natural Privada	bmh-MB	Tierra	Andisoles	20.06	60.79
329	1,239.33	4.57	Zona de Amortiguamiento	bmh-MB	Tierra	Entisoles	2.13	46.61
330	1,239.33	4.57	Reserva Natural Privada	bmh-MB	Tierra	Entisoles	2.13	46.61
331	889.09	3.48	Zona de Amortiguamiento	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
332	889.09	3.48	Reserva Natural Privada	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
333	738.35	1.12	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
334	738.35	1.12	Reserva Natural Privada	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
335	5,911.87	159.53	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	92.81	58.18
336	5,911.87	159.53	Reserva Natural Privada	bmh-MB	Tierra	Andisoles	92.81	58.18
337	5,983.97	174.39	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Entisoles	71.06	40.75
338	5,983.97	174.39	Reserva Natural Privada	bmh-MB	Tierra	Entisoles	71.06	40.75
339	5,670.84	0.02	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
340	5,670.84	0.02	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
341	121.93	0.00	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Entisoles	0.00	0.00
342	121.93	0.00	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Entisoles	0.00	0.00
343	8,483.45	212.76	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	183.06	86.04

344	8,483.45	212.76	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	183.06	86.04
345	7,235.61	142.83	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	129.31	90.53
346	7,235.61	142.83	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	129.31	90.53
347	9,487.71	287.94	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	180.38	62.64
348	9,487.71	287.94	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	180.38	62.64
349	12,263.47	0.02	Parque Regional Municipal	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
350	12,263.47	0.02	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
351	1,222.68	0.00	Parque Regional Municipal	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.06	3.00
352	1,222.68	0.00	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.06	3.00
353	13,839.16	734.30	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	374.69	51.03
354	13,839.16	734.30	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	374.69	51.03
355	17,818.11	1,293.75	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	422.38	32.65
356	17,818.11	1,293.75	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	422.38	32.65
357	6,559.34	156.41	Zona de Veda Definitiva	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
358	6,559.34	156.41	Zona de Veda Definitiva	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
359	13,396.88	799.92	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	247.69	30.96
360	13,396.88	799.92	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	247.69	30.96
361	1,988.37	0.00	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
362	1,988.37	0.00	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
363	1,139.00	0.00	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
364	1,139.00	0.00	Zona de Veda Definitiva	bmh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
365	250.28	0.00	Zona de Veda Definitiva	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
366	250.28	0.00	Zona de Veda Definitiva	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
367	3,683.93	0.00	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
368	3,683.93	0.00	Zona de Veda Definitiva	bh-MB	Tierra	Andisoles	0.00	0.00
370	76,480.34	7,907.50	Área de Uso Múltiple	bmh-MB	Tierra	Andisoles	3,546.88	44.85
374	37,834.90	3,799.52	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Entisoles	1,262.56	33.23
375	70,863.12	6,243.93	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	2,304.56	36.91

376	31,796.66	2,390.51	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	615.81	25.76
377	55,979.55	2,791.33	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Entisoles	168.75	6.05
379	87,192.33	12,435.72	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Agua	Agua	0.06	0.00
380	74,038.88	7,372.06	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	314.81	4.27
383	22,187.17	1,878.02	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	307.06	16.35
384	21,776.49	1,355.08	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	1,055.50	77.89
385	31,420.07	1,631.57	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	348.50	21.36
386	38,758.35	2,950.72	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Inceptisoles	1,825.19	61.86
387	32,625.39	2,667.72	Área de Uso Múltiple	bmh-S(c)	Tierra	Andisoles	434.19	16.28
388	26,443.80	1,958.31	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Inceptisoles	1,488.19	75.99
389	71,080.55	6,641.97	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	2,428.50	36.56
390	38,569.78	2,905.93	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	1,447.00	49.79
391	34,533.49	1,351.42	Área de Uso Múltiple	bh-MB	Tierra	Andisoles	167.63	12.40
392	155,164.72	22,284.31	Área de Uso Múltiple	bmh-MB	Tierra	Andisoles	9,984.94	44.81
393	77,744.42	5,684.70	Área de Uso Múltiple	bmh-M	Tierra	Andisoles	3,020.19	53.13

8.4 Protocolo de trabajo en campo

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Escuela de Posgrado
Maestría en manejo y conservación de bosques tropicales y biodiversidad**

Proyecto: Diseño y validación de una metodología de evaluación de conectividad funcional en paisajes en la Cordillera volcánica occidental de Guatemala y propuesta para mejoras con base en estrategias de vida locales

Realizado por: Martha María Ríos Palencia

Carné: 210038

Fecha: Enero de 2011

PROTOCOLO DE TRABAJO EN CAMPO

8.4.1 Introducción

Dentro del marco de trabajo de la investigación de “Diseño y validación de una metodología de evaluación de conectividad funcional en paisajes en la Cordillera volcánica occidental de Guatemala y propuesta para mejoras con base en estrategias de vida locales” realizada como Tesis de Maestría en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad de CATIE, este documento pretende dar los lineamientos y acciones que rigen el trabajo de campo para ejecutar análisis y obtener resultados exitosos para dicho estudio, y hacerlo replicables y/o refutable en el futuro.

El trabajo de campo, al igual que el desarrollo de la tesis en general se conforma de dos componentes, el primero referente al sistema ecológico y ambiental, y el segundo componente sobre el sistema socioeconómico local. El componente ecológico se basa en el enfoque de paisajes funcionales y el segundo en el enfoque de medios de vida sostenibles; unificados buscan alcanzar el objetivo general de la tesis que es proponer alternativas para mejorar la conectividad funcional dentro de la Cordillera volcánica occidental de Guatemala con base en estrategias de vida sostenibles de la población local.

El presente protocolo presenta entonces en orden secuencial los datos y pasos requeridos de la fase de campo que serán luego introducidos en el procesamiento y análisis de información en la fase de escritorio.

8.4.1.1 Objetivo de muestreo

El muestreo busca generar información primaria y precisa acerca de los organismos sobre los cuales se analiza el grado de conectividad funcional de este corredor biológico propuesto; en este caso, especies de árboles de pino y encino así como su agente dispersor, la ardilla gris de Guatemala. Básicamente busca dar a conocer aspectos de distribución, abundancia, mecanismos de dispersión, comportamientos y estado de conservación de dichas especies.

8.4.1.2 Selección de sitios y muestras

La selección de sitios para muestrear semillas no ha sido sistematizado, sino que más bien ha respondido a la posibilidad de encontrar un buen bosque con especies que se buscan y también a la posibilidad de poder acceder a zonas que no atenten contra la seguridad del equipo de trabajo. Por tanto se ha optado por la siguiente condición metodológica: Recorrer la Cordillera en búsqueda de cada árbol o bosque accesible y seguro; que sean al menos tres sitios separados por al menos un km de distancia.

8.4.2 Componente ecológico

Para identificar el grado de conectividad en especies de pino y encino dispersadas por animales se harán modelaciones con FUNCONN que requiere algunos datos provenientes de referencias bibliográficas adecuadas y otros provienen de recolección en campo.

Partiendo de que las tres especies de pino y dos de encino son dispersadas en parte por la ardilla gris de Guatemala, se recolectarán datos respecto a la presencia y salud de cualquiera de estos organismos. Además se anotarán las características del uso del suelo circundante y el uso local que las personas dan a la especie.

8.4.2.1.1 Materiales

- a. Guía de campo con descripción de especies,
- b. Dispositivo de GPS,
- c. Cámara fotográfica,
- d. Formulario de datos y lápices para notas.

8.4.2.1.2 Método

Es necesario identificar por medio de las guías con que especie de pino o encino (también conocido como roble) se está tratando, luego deben ser georeferenciados y se anotará en el formulario las características generales (Cuadro 18). Estos dos datos serán útiles para corroborar la información proveniente de referencias bibliográficas acerca del hábito y rango de movilidad de la ardilla dispersora. Es adecuado tomar fotografías.

Cuadro 18. Formulario de datos de campo para especies de pino y encino

No.	Especie de árbol	Coordenadas y altitud	Lugar y fecha	Número de fotografía	Altura aprox. De árbol	Animales que fungen como agentes de dispersión	Uso del suelo	Tamaño aprox. del parche	Uso local de la especie
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

8.4.3 Componente socioeconómico

Se realizará una entrevista semiestructurada a personas individuales ya sean dueños de fincas o habitantes. La entrevista consistirá en una serie de preguntas de libre respuesta presentadas en el Cuadro 19, en donde los entrevistados respondan de acuerdo a su criterio.

Además de la entrevista se realizará un análisis de indicadores seleccionados para cada capital de los medios de vida, para cada uno de los municipios dentro de área de estudio. La información de ambos procesos será complementaria recíprocamente con el fin de tener datos concretos y confiables sobre los medios de vida y su vulnerabilidad al cambio.

8.4.3.1.1 Materiales

- a. Formato de entrevista semiestructurada de medios de vida de la población.
- b. Grabadora de voz (es posible grabar la conversación si el entrevistado se siente cómodo).
- c. Lápices para notas.

8.4.3.1.2 Método

Se recomienda que el facilitador lea previamente el contenido de la entrevista a modo de poder guiar la entrevista a manera de obtener las respuestas deseadas; se recomienda también dar libre albedrío a los entrevistados con el fin de poder hacerse de insumos sobre sus hábitos, prioridades de vida, costumbres, relaciones, y demás temas relacionados a los medios de vida que les sostienen.

Cuadro 19. Entrevista semiestructurada sobre medios de vida de la población

Lugar y fecha:	
Nombre del entrevistado:	
Nombre y ubicación de la propiedad:	
Tenencia de la tierra:	
Facilitador:	
PREGUNTA	RESPUESTA
¿Cuáles son las actividades productivas principales que realizan sus familias en este sitio (comunidad, región, o lo que corresponda) para generar ingresos y/o productos para su propio uso?	
¿Cuáles son las actividades principales que realizan las familias en este sitio (comunidad, región, o lo que corresponda) para satisfacer sus otras necesidades diferentes de dinero o bienes de consumo? Por ejemplo, entretenimiento, participación comunitaria, gobernanza local, religiosas, festividades)	
¿Cuáles son las principales formas en que sus familias combinan estas actividades?	
¿Cuántas familias son parecidas a las de ustedes en cuanto a las actividades que realizan? ¿Son la mayoría? ¿Por qué las otras familias no hacen lo que ustedes o ustedes lo que hacen ellos?	
¿Qué recursos (personas, dinero, tierras) utilizan en sus actividades?	
¿Qué obtienen para ustedes y/o su familia de estas actividades que realizan? Tanto en lo que hace a cosas materiales (dinero, comida) como no materiales (compañía, apoyo, intercambio, diversión)	
¿Esto que obtienen es suficiente para sus necesidades?	

8.4.4 Recomendaciones finales

Además de los materiales enlistados, se recomienda llevar consigo vestuario de campo, que incluya botas de trabajo altas o de hule, pantalones de tela gruesa, camisas de manga larga y gorra. Puede ser necesario también llevar un machete pequeño que pueda ser útil al momento de abrir camino entre arbustos, vegetación y en la montaña.

Se recomienda, con el fin de agilizar el trabajo y promover la seguridad física del equipo, lo siguiente:

- a. Comunicarse previamente con autoridades locales y miembros de la comunidad que puedan intervenir en caso de que surjan inconvenientes.
- b. Tener un teléfono móvil para mantenerse comunicado constantemente con colaboradores.
- c. Viajar en un vehículo de doble tracción para poder acceder a sitios no comúnmente transitados.
- d. Siempre viajar adecuadamente identificado, tanto personal como académica y laboralmente.
- e. Nunca viajar solo.

8.5 Resultados de correlaciones canónicas de variables socioeconómicas

El Cuadro 20 muestra los resultados de las correlaciones expuestas en el inciso 4.2.2.1. El Cuadro 21 muestra los valores de r^2 y p para las mismas correlaciones canónicas de variables socioeconómicas, con cálculos realizados con un valor de significancia de $p < 0.05$.

Cuadro 20. Correlación canónica entre variables clave y grupos de indicadores socioeconómicos

USO DEL SUELO	VAM	%POB
Arbustal	0.41	0.26
Asentamientos	-0.08	-0.41
Bosque	0.30	0.24
Cultivos	-0.22	0.25
Otros usos	-0.15	-0.02
Pastos Nativos	0.15	0.13
ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	VAM	%POB
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	0.06	0.34
Explotación de minas y canteras	-0.08	-0.26
Industria manufacturera textil y alimenticia	0.07	-0.18
Electricidad, gas y agua	-0.04	-0.30
Construcción	-0.09	-0.39
Comercio por mayor y menor	0.07	-0.19
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	-0.13	-0.36
Servicios financieros prestados a empresas	-0.07	-0.32
Administración pública y defensa	-0.08	-0.40
Enseñanza	-0.03	-0.34
Servicios comunales, sociales y personales	0.02	-0.29
Organizaciones extraterritoriales	-0.03	-0.35
Otras actividades	0.01	-0.22
PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL	VAM	%POB
Producción agrícola	-0.38	0.21
Producción ganadera	0.24	0.06
Producción forestal	0.41	0.27
Producción a través de plantaciones forestales	-0.03	0.02

Cuadro 21. Valores de r^2 y p para correlación canónica entre variables clave y grupos de indicadores

PARA USOS DEL SUELO		
COLUMNA1	L(1)	L(2)
R	0.60	0.52
R^2	0.36	0.27
Lambda	58.86	24.38
gl	12.00	5.00
p-valor	0.00	0.00

PARA ACTIVIDADES PRODUCTIVAS		
COLUMNA1	L(1)	L(2)
R	0.69	0.55
R ²	0.48	0.31
Lambda	75.63	26.97
gl	26.00	12.00
p-valor	0.00	0.01
PARA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL		
COLUMNA1	L(1)	L(2)
R	0.62	0.35
R ²	0.38	0.13
Lambda	47.88	10.56
gl	8.00	3.00
p-valor	0.00	0.01

8.6 Resultados de análisis de componentes principales para identificar conglomerados de Municipios

Las Figuras 33, 34 y 35 explican la caracterización realizada para cada análisis de conglomerados en Municipios de la Cordillera.

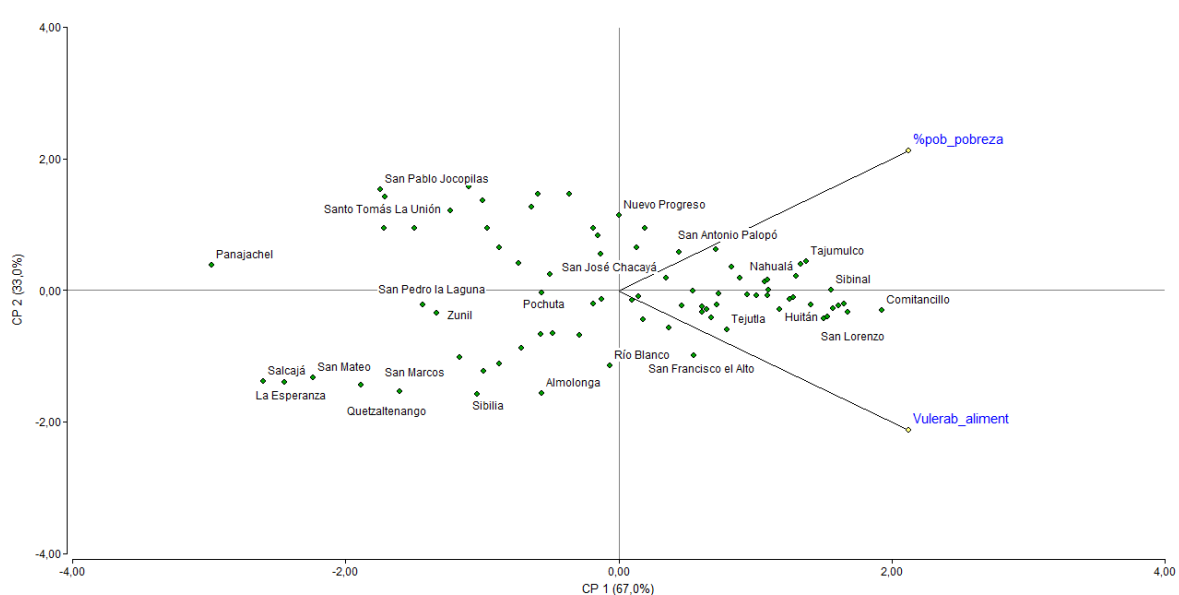


Figura 33. Análisis de componentes principales de VAM y %POB en Municipios de la Cordillera

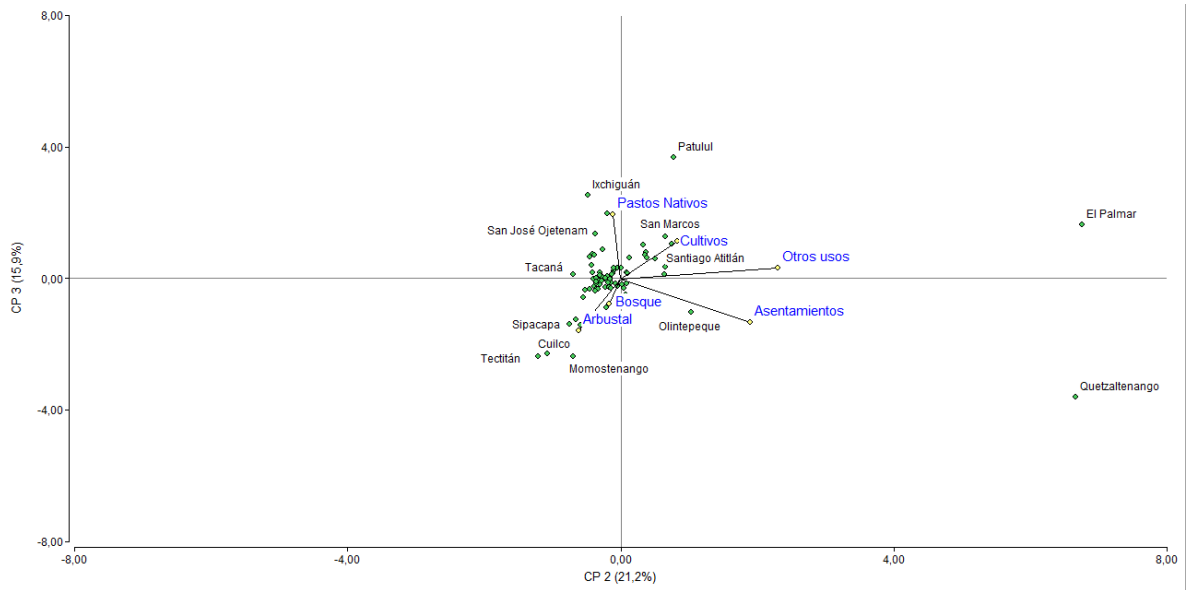


Figura 34. Análisis de componentes principales de Usos del suelo en Municipios de la Cordillera

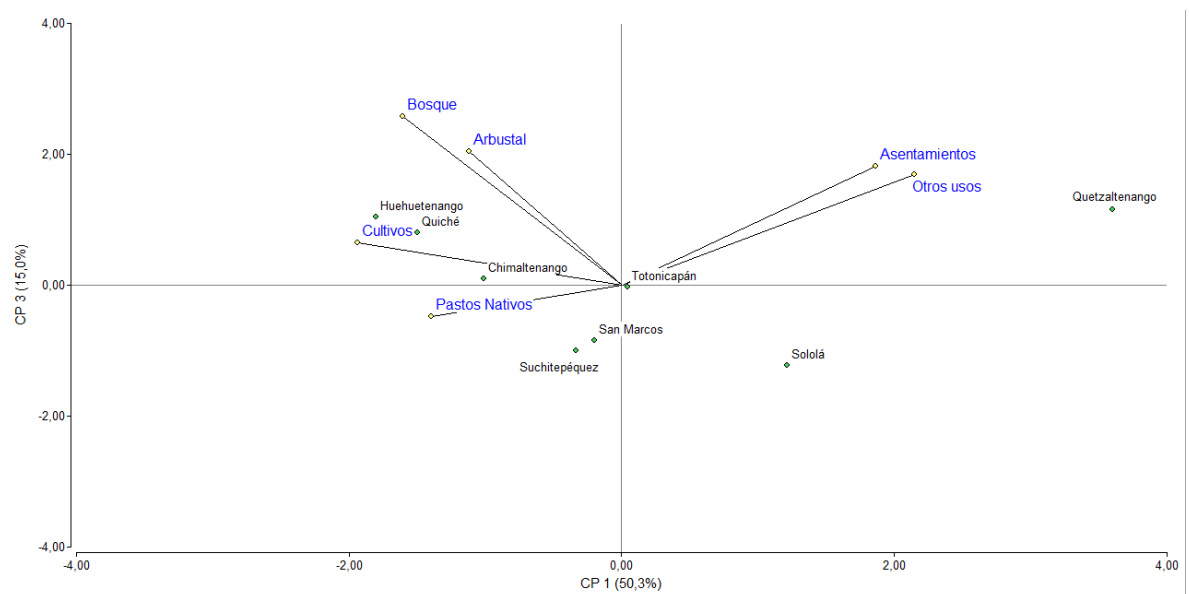


Figura 35. Análisis de componentes principales de Usos del suelo en Departamentos de la Cordillera