

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE LA CONECTIVIDAD ENTRE TRES RESERVAS
NATURALES PRIVADAS EN LA REGIÓN SUR DEL LAGO DE ATITLÁN
TESIS DE GRADO

SARA VERÓNICA ORTIZ DE LEÓN
CARNET 10069-07

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, ABRIL DE 2016
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE LA CONECTIVIDAD ENTRE TRES RESERVAS
NATURALES PRIVADAS EN LA REGIÓN SUR DEL LAGO DE ATITLÁN
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
SARA VERÓNICA ORTIZ DE LEÓN

PREVIO A CONFERIRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, ABRIL DE 2016
CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR:	P. EDUARDO VALDÉS BARRÍA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA:	ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA:	MGRT. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
ING. SERGIO ALEJANDRO MANSILLA JIMÉNEZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. DANIELA MABEL SANDI INFANTE DE LEMUS
ING. CÉSAR AUGUSTO SANDOVAL GARCÍA
LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

Guatemala, 18 de Marzo de 2016

Honorable Consejo de
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar

Distinguidos miembros del Consejo

Por este medio hago constar que he finalizado la asesoría del trabajo de tesis titulado: "EVALUACIÓN DE LA CONECTIVIDAD ENTRE TRES RESERVAS NATURALES PRIVADAS EN LA REGIÓN SUR DEL LAGO DE ATILÁN", realizado por la estudiante Sara Verónica Ortiz de León que se identifica con carné 10069-07, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. R.N.R. Sergio Mansilla Jiménez
Colegiado 4235
Código URL 21416



Universidad
Rafael Landívar
Tradicón Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06450-2016

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante SARA VERÓNICA ORTIZ DE LEÓN, Carnet 10069-07 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 0643-2016 de fecha 6 de abril de 2016, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE LA CONECTIVIDAD ENTRE TRES RESERVAS
NATURALES PRIVADAS EN LA REGIÓN SUR DEL LAGO DE ATITLÁN

Previo a conferirsele el título de INGENIERA AMBIENTAL en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 12 días del mes de abril del año 2016.



ING. REGINA CASTANEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A mi padre por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera y de mi vida.

A mi madre, por ser mi roca, mi apoyo y mi amiga.

A la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por su ayuda y apoyo a lo largo de la carrera.

A la Asociación de Reservas Naturales Privadas (ARNPG) y a las reservas y su personal que participaron en este estudio por su apoyo para la elaboración de mi trabajo de campo y por facilitarme información.

Al Ing. Daunno Chew por su ayuda y asesoramiento.

A la Mgtr. Pilar Negreros por ayudarme y asesorarme desde un principio.

A mi novio que me apoyó y acompañó durante este proceso.

A Marco Pineda por acompañarme en la etapa final de mi trabajo de campo.

A todas las personas que fueron parte de mi formación académica y que de una u otra forma aportaron en este proceso.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a la pachamama, que permite que exploremos sus bellezas naturales y aporta a nuestras vidas cada día. Gracias por permitirme observar tus maravillas y aportar algo para que te conserven, seguiré luchando para que cada día aunque sea una persona se preocupe por ti un poco más.

A mi madre, que siempre ha estado a mi lado apoyándome y confortándome.

A mi novio, que demostró ser lo que espero de un compañero de vida, al apoyarme y motivarme a terminar mi carrera y esta tesis en paz y armonía.

A Jesucristo de los Volcanes, que siempre me acompaña en mis travesías.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 ECOLOGÍA DEL PAISAJE Y SU FRAGMENTACIÓN.....	3
2.1.1 Clasificación e importancia de los paisajes	4
2.1.2 Modelo Parche-Corredor-Matriz	5
2.1.3 Integridad de cobertura forestal.....	7
2.1.4 Fragmentación.....	10
2.2 CONECTIVIDAD.....	13
2.2.1 Corredores biológicos.....	16
2.2.2 Actividades productivas amigables con el ambiente que contribuyen a la conectividad entre áreas de reserva natural	19
2.2.3 Importancia de la conectividad entre áreas protegidas.....	23
2.3 ÁREAS PROTEGIDAS.....	24
2.3.1 Reservas naturales privadas	27
2.4 ANTECEDENTES.....	29
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	33
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	33
IV. OBJETIVOS.....	36
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	36
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	36
V. METODOLOGÍA.....	37
5.1 AMBIENTE (LUGAR DE TRABAJO)	37
5.2 SUJETOS Y/O UNIDADES DE ANÁLISIS	41
5.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
5.4 INSTRUMENTO	43
5.5 PROCEDIMIENTO	43
5.5.1 Consulta Documental	43
5.5.2 Fase de Campo	44

5.6	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	49
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
6.1	USOS DE LA TIERRA	51
6.1.1	Área de estudio.....	51
6.1.2	Reservas Naturales Privadas	54
6.1.3	Observación de campo.....	57
6.2	CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL DEL BOSQUE ENTRE LAS TRES RESERVAS NATURALES PRIVADAS.....	61
6.2.1	Conectividad estructural con umbral de 1 km.....	62
6.2.2	Conectividad estructural con umbral de 5 km.....	63
6.3	HERRAMIENTAS QUE CONTRIBUYAN A LA CONECTIVIDAD.....	64
VII.	CONCLUSIONES	71
VIII.	RECOMENDACIONES.....	72
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	73
X.	ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Descripción de parámetros utilizados.....	47
Cuadro 2. Usos de la tierra y sus extensiones en el área de estudio.....	51
Cuadro 3. Descripción de observación de campo.....	59
Cuadro 4. Parches de cada uso de la tierra en el área de estudio.....	61
Cuadro 5. Conectividad estructural del área total de estudio y por cada RNP, con umbral de 1 km, en porcentaje.....	62
Cuadro 6. Conectividad estructural del área total de estudio y por cada RNP, con umbral de 5 km, en porcentaje.....	63
Cuadro 7. Resumen de propuesta para mantener e incrementar la conectividad.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Tipos de parches, sus orígenes y persistencia.....	6
Figura 2. Ejemplo de un parche-matriz-corredor	7
Figura 3. Patrones de sombreado y su habilidad de funcionar como enlaces.....	8
Figura 4. Proceso de fragmentación de hábitats	10
Figura 5. Relación entre conectividad espacial y especies	15
Figura 6. Modelo eco-productivo de escala familiar de diez hectáreas de Chiapas.....	20
Figura 7. Roles productivos y ecológicos de cercas vivas y árboles.....	22
Figura 8. Mapa de ubicación general de Nodo Federico Fahsen-Atitlán.....	38
Figura 9. Localización de las reservas naturales privadas.....	41
Figura 10. Plan de acción.....	44
Figura 11. Ejemplificación de regla de vecindad.....	48
Figura 12. Mapa de Usos de la Tierra en Área de Estudio.....	53

Figura 13. Mapa de Usos de la Tierra en Reservas Naturales Privadas.....	55
Figura 14. Usos de la tierra dentro de las RNP.....	56
Figura 15. Puntos de recorrido de campo.....	58
Figura 16. Beneficio y patio de secado de café, RNP Tarrales, Suchitepéquez.....	78
Figura 17. Bosque, Sendero Las Pavas, RNP Tarrales, Suchitepéquez.....	78
Figura 18. Cafetales con sombra de <i>Inga</i> sp. e higuierillo, RNP Tarrales, Suchitepéquez.....	79
Figura 19. Contraste de bosque, caminos y renovación de cafetales, al fondo Volcán Atitlán, RNP Tarrales, Suchitepéquez.....	79
Figura 20. Árboles de pimienta, RNP Tarrales, Suchitepéquez.....	80
Figura 21. Palo blanco e izotes, RNP Tarrales, Suchitepéquez.....	80
Figura 22. Cuerpo de agua conocido como Río Lutillá, RNP Tarrales, Suchitepéquez.....	81
Figura 23. Saran con plantas ornamentales, RNP Tarrales, Suchitepéquez.....	81
Figura 24. Contraste macadamia, araucaria y bosque, RNP Monte de Oro, Santiago Atitlán.....	82
Figura 25. Bosque, RNP Monte de Oro, Santiago Atitlán.....	82
Figura 26. Algunas de las instalaciones urbanas, RNP Monte de Oro, Santiago Atitlán.....	83
Figura 27. Cuerpo de agua, RNP Monte de Oro, Santiago Atitlán.....	83
Figura 28. Bosque, RNP Estación Científica Refugio del Quetzal, Suchitepéquez.....	84
Figura 29. Quina sembrada durante invasión de finca vecina, RNP Estación Científica Refugio del Quetzal, Suchitepéquez.....	84
Figura 30. Cuerpo de agua, RNP Estación Científica Refugio del Quetzal, Suchitepéquez.....	85
Figura 31. Infraestructura, RNP Estación Científica Refugio del Quetzal, Suchitepéquez.....	85

EVALUACIÓN DE LA CONECTIVIDAD ENTRE TRES RESERVAS NATURALES PRIVADAS EN LA REGIÓN SUR DEL LAGO DE ATITLÁN

RESUMEN

El presente trabajo de investigación evaluó la conectividad del paisaje dentro y entre tres reservas naturales privadas del Nudo Atitlán, ubicadas en el lado sur del Volcán Atitlán. Se utilizó el software ArcGIS 10.3 y Fragstats 4.2 para analizar los usos de la tierra y la conectividad estructural. Se utilizó la conectividad estructural para evaluar el área de estudio y se identificaron 15 usos de la tierra, siendo estos: agricultura anual, bosque, cuerpos de agua, urbanos, cultivo de café, cultivo de hule, cultivo de caña de azúcar, cultivo de palma africana, cultivos permanentes arbóreos, cultivos permanentes herbáceos, espacios abiertos, pastizales, vegetación arbustiva baja (guamil-matorral), zonas agrícolas heterogéneas y zonas húmedas. De los anteriores, la mayor extensión de uso de la tierra corresponde al bosque con 7,182 ha, equivalente a 49% del área total de estudio. Lo anterior indica que se maneja una buena cobertura forestal en el área. Se determinó que la conectividad dentro de las reservas naturales privadas es de 30-70% con un umbral de 1 km y de 100% con un umbral de 5 km. Lo anterior indica que se tiene una conectividad fuerte dentro de las mismas. Por otro lado, la conectividad en el área de estudio total es de 5.7% con umbral de 1 km, lo que indica que el paisaje se encuentra fragmentado y que se tiene una conectividad baja entre las reservas naturales privadas. Se propone utilizar el ecoturismo, agroecología y Pago por Servicios Ambientales para mantener y mejorar la conectividad en el área.

CONNECTIVITY EVALUATION BETWEEN THREE PRIVATE NATURE RESERVES IN THE SOUTHERN REGION OF THE ATITLAN LAKE

SUMMARY

This investigation evaluated the connectivity within and between three private nature reserves of the Atitlán Node, located in the southern slopes of the Atitlán Volcano. The software ArcGIS 10.3 and Fragstats 4.2 were used to analyze and determine the land uses and the structural connectivity. Fifteen different land uses were identified in the area of study, these being: annual agriculture, forest, water bodies, urban, coffee cultivation, cultivation of rubber tree, sugar cane cultivation, cultivation of african palm tree, permanent tree crops, permanent herbaceous crops, open spaces, pastures, low shrubs (guamil-bush), heterogeneous agricultural areas and wetlands. Of these, the largest area of land use is the forest with 7,182 ha, equivalent to 49% of the total study area. This indicates that a good forest cover is handled in the area. It was determined that the connectivity within the natural reserves is of 30-70% with a threshold of 1 km and of a 100% with a threshold of 5 km. This indicates that there is a strong connectivity within the private nature reserves. On the other hand, the connectivity in the overall study area is 5.7% with a threshold of 1 km, indicating that the landscape is fragmented and it has a low connectivity between private nature reserves. Some suggestions to maintain and improve the connectivity in the area are ecotourism, agro-ecology and payment for environmental services (PES).

I. INTRODUCCIÓN

La conectividad del paisaje se refiere a los arreglos espaciales y la calidad de elementos del paisaje que afectan el desplazamiento de organismos entre hábitats. A nivel de paisaje, la conectividad se refiere a cómo el paisaje puede facilitar o impedir el desplazamiento de especies entre parcelas con recursos útiles para su subsistencia. La percepción de conectividad varía entre especies y entre comunidades, de acuerdo a sus necesidades, hábitos y comportamiento. Se considera que un paisaje con alta conectividad es aquel en el cual los individuos de una especie determinada pueden movilizarse entre hábitats adecuados, como los que proveen alimentación y protección.

La conectividad potencial está compuesta por dos componentes principales: el estructural y el funcional. El componente estructural está determinado por la distribución espacial de los diferentes tipos de hábitats del paisaje y en él influyen factores métricos como la continuidad de hábitats, la dimensión de las brechas, las distancias que se deben atravesar y la presencia de senderos alternativos o característicos de redes. La conectividad funcional involucra la conducta de las especies y sus respuestas a alternaciones del hábitat.

A pesar de la importancia de la conectividad para la conservación de la biodiversidad, la falta de información con respecto a ella, ha sido identificado en el análisis de vacíos ecológicos y estrategias de conservación del CONAP como un problema y también ha sido establecido como un objetivo prioritario para la conformación del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas, el Corredor Biológico Mesoamericano y el Sistema Centroamericano de Áreas Protegidas. Sin embargo, poco se ha hecho para fomentarlos y/o promoverlos.

El presente trabajo de investigación busca identificar los elementos que componen el paisaje y su estructura para poder determinar la conectividad estructural entre las áreas protegidas. En este caso en específico se busca analizar la conectividad estructural

entre tres reservas naturales privadas que se localizan al sur del Lago Atitlán que ocupa principalmente los departamentos de Sololá y Suchitepéquez.

El objetivo general de este estudio fue evaluar la conectividad estructural por medio del análisis de la cobertura arbórea haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica y mediante una comprobación de campo para confirmar la estructura del bosque. Se espera que los resultados del análisis brinden información que oriente decisiones más acertadas de manejo y así continuar su gestión como un posible corredor biológico, siendo este uno de los objetivos de las reservas naturales privadas que conforman esta zona.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ECOLOGÍA DEL PAISAJE Y SU FRAGMENTACIÓN

Un paisaje es un área heterogénea que está compuesta por ecosistemas que interactúan entre sí, de diferentes tamaños, formas y relaciones espaciales. Los paisajes tienen diferentes tipos de vegetación y distintos usos de la tierra. También pueden describirse como un mosaico de parches de hábitats en los cuales los organismos pueden desplazarse, asentarse y reproducirse (Barnes, 2000).

Desde el punto de vista ecológico, Zonneveld (1988) lo define como “una parte de la superficie terrestre reconocible, que es resultado y está mantenida por la mutua actividad de seres vivos y no vivos, incluyendo entre los primeros al hombre”. Finalmente, del Convenio Europeo del Paisaje (2000), surgió la definición más conocida, que indica que paisaje es “cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos”.

Se considera que los paisajes influyen en los flujos de materiales, energía y nutrientes, dependiendo de su patrón espacial y la composición de los diferentes hábitats. Los cambios en los patrones del paisaje pueden influir fuertemente en los patrones de desplazamientos de animales y en el flujo de otros componentes bióticos y abióticos (Bennett, 2004).

En cuanto a la ecología del paisaje, este se define como el estudio de la estructura, función y cambio en un área heterogénea compuesta por los ecosistemas que interactúan entre sí. Es una ciencia que estudia la relación entre la sociedad humana y el espacio en el que habita (Barnes, 2000).

Algunos de los principios de la ecología del paisaje son la composición del paisaje, la estructura, la función y el cambio. La composición se refiere a la composición genética de las poblaciones, la identidad y abundancia de especies en el ecosistema y los diferentes tipos de comunidades. Por otra parte, la estructura se refiere a la variedad de parches de hábitat o ecosistemas y sus patrones. Además, la función involucra los procesos climáticos, geológicos, hidrológicos, ecológicos y evolutivos. Finalmente, el cambio se refiere al estado continuo de flujo en los ecosistemas, debido a que son dinámicos y presentan cambios en su flujo de materiales, energía y desechos (Barnes, 2000).

2.1.1 Clasificación e importancia de los paisajes

Los paisajes pueden clasificarse de distintas formas, entre ellas la clasificación por sus características espaciales, por dominancia de elementos y según su funcionalidad.

La clasificación por sus características espaciales que se basa en criterios como el tamaño, la forma, orientación. Uno de los más empleados es el de localización geográfica, que incluyendo la latitud, coincide con los grandes biomas (Cabildo Insular de Tenerife, 2011).

La clasificación por dominancia de elementos es de carácter más científico que permite agrupar a los paisajes dependiendo del elemento que predomina. Se clasifica en: paisajes con predominio de elementos abióticos, paisaje con predominio biótico y paisaje con predominio antrópico. Asimismo, en los paisajes con predominio antrópico se pueden diferenciar tres clases de paisaje: con predominio prácticamente exclusivo de elementos antrópicos, con predominio prácticamente exclusivo de elementos antrópicos sobre abióticos y con predominio prácticamente exclusivo de elementos antrópicos sobre bióticos. Por su parte, la clasificación según su funcionalidad considera las actividades socioeconómicas que se desarrollan en el lugar y se divide en tres grandes paisajes: paisajes naturales, paisajes rurales y paisajes urbanos (Cabildo Insular de Tenerife, 2011).

El principal valor de un paisaje se encuentra en la naturaleza que alberga, en que refleja de alguna forma la historia de la zona o en la productividad económica que permiten sus características. El valor del paisaje puede consistir también en que a través de él las personas se identifican con el entorno, albergando así un sentimiento de pertenencia, fundamental para el ser humano. Se le reconoce al paisaje un valor patrimonial, que puede hacer referencia al patrimonio natural o cultural (Cabildo Insular de Tenerife, 2011).

Por otra parte, los paisajes tienen un valor económico, que es causa y efecto de las actividades que tienen lugar en el territorio. Por último, el paisaje es también un elemento de identidad, un espacio compartido por un grupo de personas y, en consecuencia, adquiere una dimensión afectiva. Todas las personas se sienten identificadas con los paisajes de los que forman parte. Por lo tanto, también existe un gran valor simbólico y emocional (Cabildo Insular de Tenerife, 2011).

Sin embargo, el modelo de desarrollo en el que se vive está suponiendo una amenaza para la supervivencia de los paisajes que caracterizan los lugares y las poblaciones: la intensificación de la producción y del consumo es una tendencia global en todos los ámbitos, desde la agricultura hasta el turismo, pasando por la industria, la construcción o las actividades al aire libre. El grado de intervención es enorme y constante, hasta el punto de que existen pocos paisajes que puedan considerarse estrictamente naturales. Estas transformaciones en el entorno pueden ser peligrosas si suponen la pérdida de la calidad visual y de los valores naturales, culturales, sociales y económicos (Cabildo Insular de Tenerife, 2011). Además, conlleva una pérdida de la biodiversidad y bienes y servicios ecosistémicos como parte de la transformación del paisaje (Correa, 2009).

2.1.2 Modelo Parche-Corredor-Matriz

Un paisaje se compone de tres componentes principales, siendo estos la matriz, los parches y los corredores. La matriz es el componente principal del paisaje, es el tipo de

paisaje más extenso y conectado y tiene un papel principal en el funcionamiento del paisaje. Las características de una matriz son la densidad de los parches (porosidad), la forma del borde, redes y heterogeneidad. Es importante considerar los alrededores de la matriz cuando se pretende conservar un área, ya que los organismos dentro de la matriz pueden verse afectados por el ambiente circundante si el paisaje es alterado (Barnes, 2000).

Por otra parte, los parches son áreas de superficie no lineares que varían en su vegetación y paisaje de sus alrededores. Son unidades de tierra que son heterogéneas al compararse con el todo e incluyen cinco tipos diferentes: remanente, regenerado, introducido, recursos ambientales y disturbado (Barnes, 2000; Forman, 1995). A continuación se presenta la Figura 1 ilustrando los diferentes tipos de parches mencionados anteriormente y su nivel de persistencia.

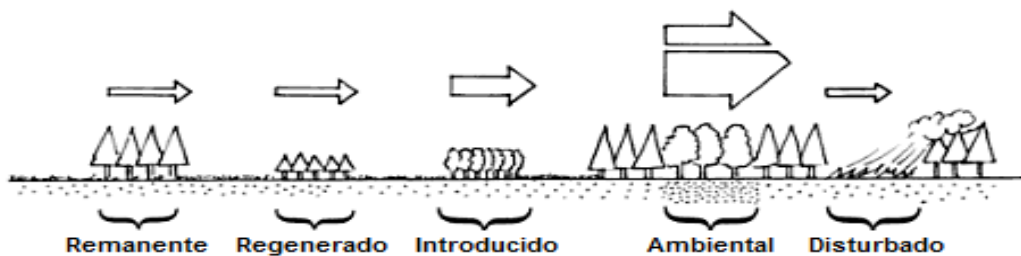


Figura 1. Tipos de parches, sus orígenes y persistencia. Los cinco tipos de parches ilustrados asumen que el paisaje original era un bosque de coníferas maduro. El grueso de las líneas sobre cada tipo de parche es similarmente proporcional a su persistencia (Forman, 1995).

Los parches disturbados pueden ser naturales o artificiales y son resultado de varias actividades como la agricultura, silvicultura, urbanización y clima. Por otra parte, los parches remanentes son aquellos que resultan de la alteración antrópica en un área y que luego dejan parcelas del antiguo hábitat detrás. Además, los parches de recursos naturales ocurren debido a las condiciones ambientales como un humedal o un acantilado, ya que ambas condiciones se fragmenta el paisaje, pero por causas naturales del ecosistema en sí. Finalmente, los parches introducidos son aquellos en los cuales las personas han introducido especies de plantas o animales no nativos o reorganizado especies nativas (Barnes, 2000).

El modelo parche-matriz-corredor se basa en la configuración geográfica del paisaje fragmentado y ha sido utilizado en estudios sobre corredores biológicos y sobre los setos como corredores (Valdés, 2011).

De acuerdo a este modelo, los paisajes son un mosaico donde cualquier punto en el espacio es un parche de hábitat, un corredor o una matriz. Este patrón descrito anteriormente es aplicable para cualquier mosaico de paisaje, pudiendo ser bosques, cultivos y asentamientos humanos, entre otros. Estos mosaicos se pueden visualizar a nivel de paisaje, región o continente (Forman, 1995). A continuación se presenta en la Figura 2 un ejemplo de cómo puede visualizarse el mosaico del paisaje.

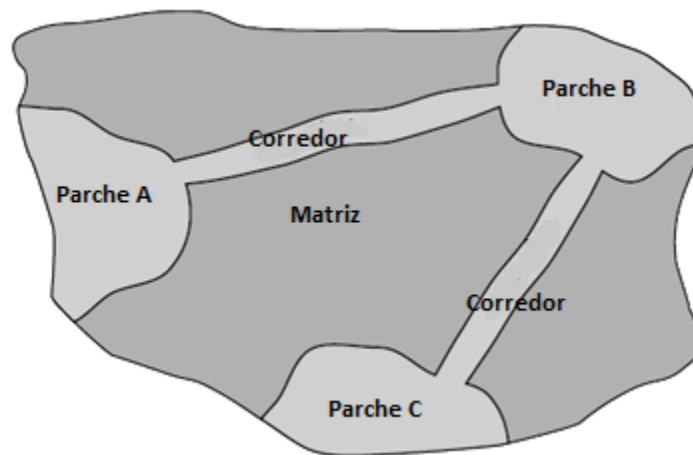


Figura 2. Ejemplo de un parche-matriz-corredor (Barnes, 2000).

2.1.3 Integridad de cobertura forestal

La cobertura vegetal es el resultado de la asociación espacio-tiempo de elementos biológicos vegetales característicos que conforman unidades estructurales y funcionales. La cobertura vegetal provee beneficios como la captura de carbono, belleza escénica, entre otros (Murphy y Lovett-Doust, 2004).

El mantenimiento de los parches de bosque y árboles dispersos es muy importante para la protección y conservación de las especies, debido a que proveen recursos y hábitats

que permiten a las especies permanecer en el paisaje fragmentado. Su presencia aumenta el grado de conectividad del paisaje y pueden actuar como corredores (Harvey y Sáenz, 2007).

Además, los bosques proveen una amplia variedad de bienes y servicios ecosistémicos que benefician a la población humana que hace uso de los recursos del bosque. Su importancia radica en los servicios que presta como protección de cuencas hidrográficas, protección contra efectos erosivos, evita la pérdida de suelo, disminuye la presión del pastoreo y la consecuente compactación del suelo y permite una buena tasa de infiltración (Sauceda, 2010).

Para alcanzar el objetivo de conservación, aparte de las reservas naturales o áreas protegidas, se han considerado los fragmentos de bosque pequeños que están dispersos en el paisaje, en los que la forma, tamaño y ubicación difieren, y asimismo, difiere su capacidad de albergar diversidad (Harvey y Sáenz, 2007). Es importante recordar que las plantas difieren de los animales en varios aspectos de su ciclo de vida y un hábitat fragmentado es el área física en el que se llevan a cabo la dinámica de poblaciones, procesos ecológicos, adaptación y evolución. Lo anterior puede ejemplificarse con el proceso de dispersión de semillas, que puede llevarse a cabo a grandes distancias de manera estocástica, pero que influencia grandemente los patrones de la distribución y rangos geográficos de las plantas terrestres. Para lograr la persistencia en el largo plazo, las plantas deben adaptarse a los recursos espaciales y temporales que resultan ser impredecibles (Murphy y Lovett-Doust, 2004).

Para poder comprender los efectos de la matriz en la conectividad es importante entender el desplazamiento de los animales dispersores, como las aves, mamíferos e insectos. De esta forma, se debe tener una perspectiva integrada del mosaico del paisaje para poder distinguir los parches y la matriz (Murphy y Lovett-Doust, 2004).

Hay diversos métodos para medir y estimar la cobertura arbórea que pueden ser *in situ* o *ex situ*. Los métodos *in situ* se llevan a cabo en sitios de muestreo y pueden ser

muestreos por línea de intercepto, cuadrados cargados y cuadrantes centrados en un punto. Por otra parte los métodos *ex situ* analizan la cobertura mediante técnicas de teledetección ambiental o percepción remota (Salas, 2010).

Se puede hacer uso de sistemas de información geográfica (SIG) que es un sistema de referencia que permite la creación y análisis de mapas temáticos y se puede complementar con el uso de hojas cartográficas o fotografías aéreas. Con el uso de estos medios, puede analizarse la cobertura forestal y clasificar los distintos usos del suelo (Serrano, Campos, Villalobos, Galloway y Herrera, 2008).

En el siguiente diagrama, presentado en la Figura 3, se puede observar el distinto grado de sombra que proveen los distintos grados de cobertura arbórea. Como puede observarse mientras más fragmentada se encuentre el área y exista menos cobertura boscosa, más se dificulta el desplazamiento de las especies entre los parches de bosque (Sauceda, 2010).

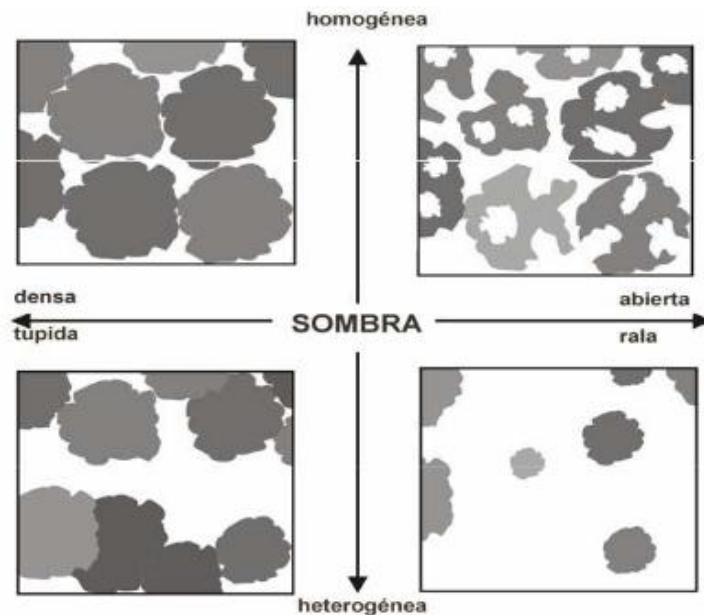


Figura 3. Patrones de sombreado y su habilidad de funcionar como enlaces. Mientras más abierta y rala es la cobertura arbórea, más dificultad de desplazamiento para especies (Sauceda, 2010).

2.1.4 Fragmentación

La fragmentación es un proceso que ocurre en un periodo largo de tiempo, en el que un área en particular es inicialmente un hábitat, como un bosque, pero eventualmente decrece por efectos antrópicos o naturales hasta quedar sólo parches aislados del mismo. La fragmentación puede variar desde la creación de pequeños parches disturbados hasta la pérdida general de hábitat, y se compone de una disminución de la cantidad de hábitat interior y una disminución de la conectividad entre los parches de hábitat (Barnes, 2000).

Es un proceso dinámico en donde extensos segmentos de vegetación son eliminados, dejando pequeños segmentos separados unos de otros. El proceso tiene tres componentes que se ilustran en la Figura 4 (Bennett, 2004).

- Pérdida general del hábitat en el paisaje
- Disminución en el tamaño de los segmentos o una reducción del hábitat
- Mayor aislamiento de hábitats

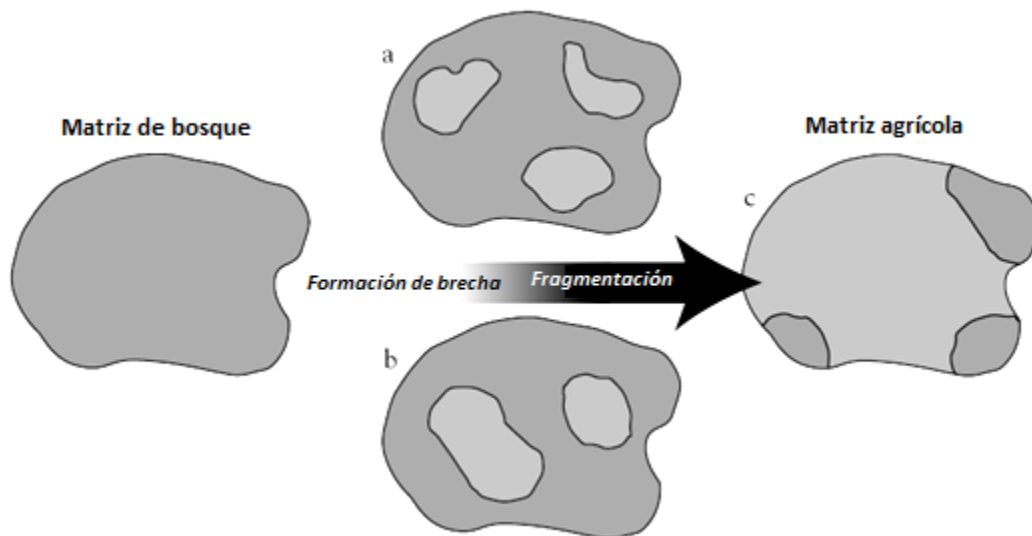


Figura 4. Proceso de fragmentación de hábitats (Barnes, 2000).

El tema de pérdida y fragmentación de hábitats provoca como principales consecuencias la pérdida de especies en fragmentos de paisajes o paisajes enteros, cambios en la composición de agrupaciones de fauna y cambios en los procesos

ecológicos que involucran a especies de animales. Las actividades humanas han provocado modificaciones en el ambiente y los paisajes, por lo que ahora se pueden observar mosaicos de asentamientos humanos, terrenos agrícolas y fragmentos dispersos de ecosistemas naturales (Bennett, 2004).

Para poder medir los cambios en los patrones de paisajes provocados por la fragmentación, se pueden utilizar atributos como el área total de hábitat natural remanente, la distribución tamaño-frecuencia de los fragmentos, las formas de los fragmentos, distancia media entre fragmentos y el nivel de contraste entre hábitats y usos de la tierra adyacente. Los efectos en los procesos ecológicos pueden ser de largo alcance, como alteraciones en el ciclo hidrológico debido a cambios en las tasas de precipitación-infiltración (Bennett, 2004).

Los grandes tramos de hábitats son escasos, valiosos y básicamente irremplazables con valores ecológicos intrínsecos. Algunos atributos con correlación positiva con el tamaño del tramo del hábitat están la diversidad de tipos de vegetación, probabilidad de que se encuentren hábitats raros o especializados, la riqueza de especies de plantas y animales, el tamaño de las poblaciones y la sostenibilidad de regímenes de perturbación natural (Bennett, 2004).

El aislamiento de parches de bosque se puede medir con una serie de indicadores como la distancia hasta el fragmento mayor de hábitat más cercano, la cantidad de hábitat adecuado dentro de un radio definido o la presencia de hábitats de enlace en el espacio intermedio. También se entiende en un sentido funcional, relacionándolo con especies concretas o procesos ecosistémicos. Algunos de estos procesos son la dispersión de semillas, polinización de plantas, relación depredador-presa y dispersión de enfermedades y parásitos (Bennett, 2004).

La forma de los fragmentos también tiene un impacto en los procesos ecológicos, especialmente la proporción de la longitud del perímetro en relación con el área y la exposición al efecto de borde. Un incremento en la proporción perímetro-área implica

una mayor porción del ambiente natural que se encuentra cerca del borde, y que en consecuencia, se encuentra expuesta a los cambios que se produzcan en el mismo. Estos cambios pueden ser en las condiciones microclimáticas, las condiciones de nutrientes en los suelos, invasión y competencia de los organismos circundantes, niveles elevados de depredación y parasitismo y perturbación humana (Bennett, 2004).

Las consecuencias de la fragmentación en los hábitats son diversas y se tienen tres clases principales de impactos en la fauna de los hábitats remanentes:

- Pérdida de especies vegetales en los parches de bosque: es un proceso que ocurre en el tiempo a medida que las poblaciones que se encuentran separadas, disminuyen, se deterioran y finalmente desaparecen debido al deterioro de su mecanismo de dispersión. Las áreas más pequeñas en general pueden sustentar menos especies que las más grandes que contienen el mismo tipo de vegetación.
- Cambios en la composición de poblaciones animales: cada especie tiene necesidades de clima, alimentación y resguardo y diferente capacidad de tolerancia a las perturbaciones, por lo que cada una reacciona de manera distinta ante la fragmentación. Debido a lo anterior, algunas especies que son más susceptibles y menos tolerantes a la perturbación, desaparecerán, mientras que otras lograrán adaptarse y poblar estos lugares.
- Cambios en los procesos ecológicos: pueden ser ocasionados por influencias provenientes dentro de los parches o en las áreas circundantes. Estos cambios ocurren en el funcionamiento natural de los ecosistemas, como las relaciones depredador-presa, interacciones competitivas, dispersión de semillas, polinización, ciclos de nutrientes y mantenimiento de mosaicos de sucesiones por razón de perturbaciones (Bennett, 2004).

En el caso específico de bosques, la fragmentación de los parches boscosos provoca microclimas más secos, que conllevan una alteración en la composición de las especies favoreciendo a las especies exóticas o invasoras, incrementa la susceptibilidad de la

acción del viento en los árboles, incrementa la pérdida de especies que habitan en el interior del bosque y reduce la diversidad genética de las poblaciones remanentes (Barnes, 2000).

Los parches son importantes desde la perspectiva ecológica y afectan la gestión del paisaje. Los fragmentos relativamente aislados y pequeños ofrecen menor diversidad de especies, mientras los fragmentos grandes ofrecen más alta diversidad de especies. Finalmente, cuando los hábitats son fragmentados, se permite la invasión de organismos no nativos o exóticos. Esto provoca la alteración por completo de los ecosistemas al no existir control por competencia, espacio, patógenos o depredadores (Barnes, 2000).

2.2 CONECTIVIDAD

La conectividad se refiere a los arreglos espaciales y la calidad de elementos del paisaje que afectan el desplazamiento de organismos entre hábitats. A nivel de paisaje, la conectividad se refiere a cómo el paisaje puede facilitar o impedir el desplazamiento entre parcelas con recursos. El nivel de conectividad varía entre especies y entre comunidades, considerando que un paisaje con alta conectividad es aquel en el cual los individuos de una especie determinada pueden movilizarse entre hábitats adecuados, como los que proveen alimentación y protección contra depredadores e inclemencias del clima. Por el contrario, un paisaje con baja conectividad es aquel que limita a los individuos a desplazarse entre los hábitats escogidos. Debido a lo anterior, es que algunos paisajes pueden ofrecer alta conectividad para ciertos organismos, como las aves, pero al mismo tiempo, limitar la de otros que son más sedentarios, que tienen comportamientos selectivos/estrictos o que tienen rangos de movilidad cortos o limitados (Bennett, 2004).

En ese sentido, se puede decir que la conectividad es una propiedad emergente de las interacciones de paisaje-especies, que resulta de la interacción entre los comportamientos (movimiento) de las especies y la estructura física del paisaje (Crooks y Sanjayan, 2006).

La conectividad potencial está compuesta por dos componentes principales: el estructural y funcional. El componente estructural está determinado por la distribución espacial de los diferentes tipos de hábitats del paisaje y en él influyen factores como la continuidad de hábitats, la dimensión de las brechas, las distancias que se deben atravesar y la presencia de senderos alternativos o característicos de redes. Por otro lado, el componente funcional se refiere a la conducta que presentan los individuos y especies con respecto a la estructura física del paisaje, en el cual influyen factores como la escala en que una especie percibe y se desplaza dentro del medio ambiente, sus requisitos de hábitats y el grado de especialización del mismo, su tolerancia a hábitats alterados, su fase de vida y tiempos de desplazamientos de dispersión y la respuesta ante especies depredadores y competidores (Bennett, 2004).

Es importante mencionar que la conectividad estructural no considera el comportamiento de los organismos dentro del paisaje y se puede medir por medio de análisis espacial o métricas del paisaje. Cuando las relaciones físicas entre los parches del paisaje se comprimen, la conectividad estructural aumenta (Crooks y Sanjayan, 2006).

Por otro lado la conectividad funcional aumenta cuando cambios en la estructura del paisaje incrementa la habilidad de desplazamiento o flujo de los organismos dentro del paisaje (Crooks y Sanjayan, 2006).

Un paisaje no necesariamente debe ser estructuralmente conectado para que exista conectividad funcional. Lo anterior se debe a que algunos organismos pueden ser capaces de cruzar a través de recursos conectores, aunque la matriz sea inhabitable o parcialmente inhabitable (tal es el caso de barreras vivas en sistemas agrícolas, islas

boscosas o incluso árboles aislados en potreros). De igual forma, la conectividad estructural no provee conectividad funcional si los corredores no son adecuados y por tanto son utilizados por las especies objetivo (Crooks y Sanjayan, 2006). Lo anterior se ilustra en la Figura 5.

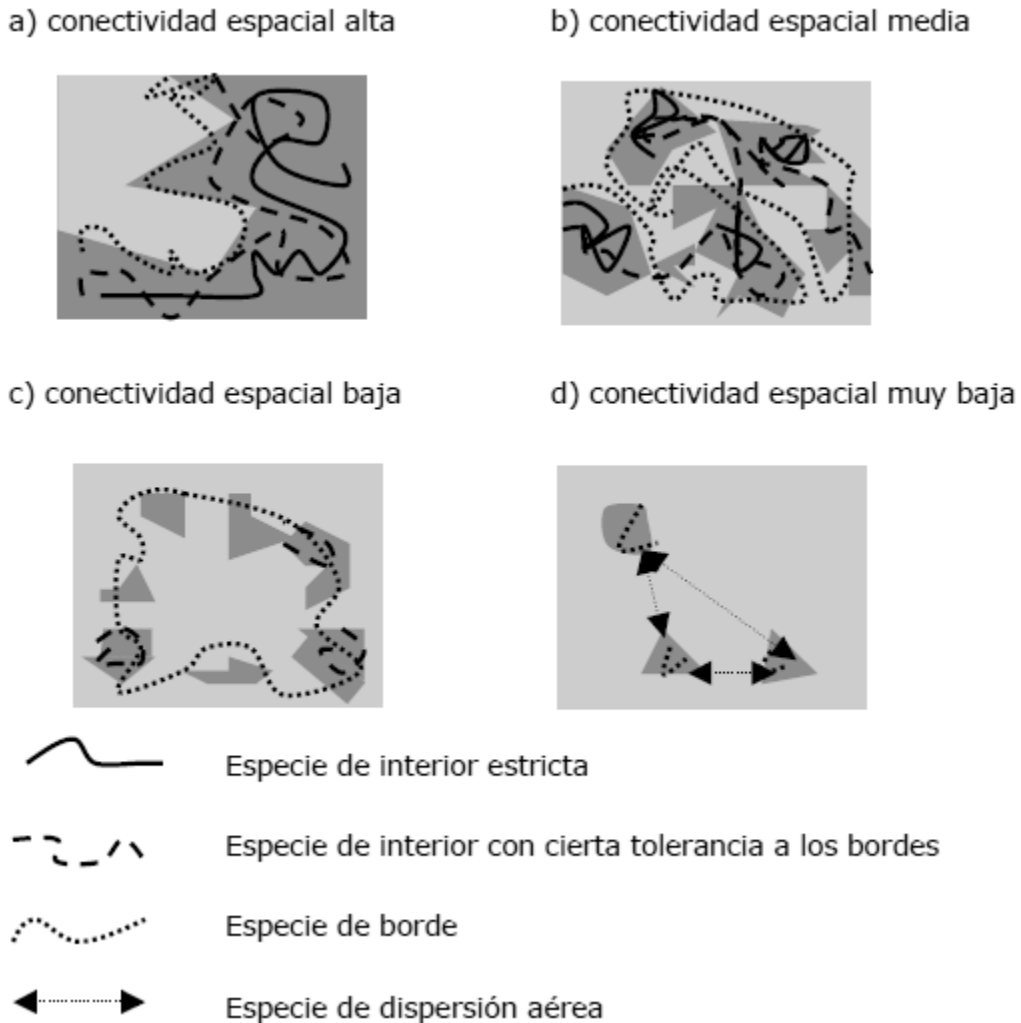


Figura 5. Relación entre conectividad espacial y especies capaces de desplazarse por el paisaje (Gurrutxaga, 2004).

En todo caso, mejorando la conectividad del paisaje, se minimizan los efectos de aislamiento y se contrarrestan los efectos adversos de la fragmentación. Para poder contribuir con la conservación de la biodiversidad, es fundamental que los animales puedan desplazarse por el paisaje, y para ello, la conectividad del paisaje se puede

lograr a través de varias configuraciones de hábitats que funcionen como enlaces para especies, comunidades y procesos ecológicos (Bennett, 2004).

Se han realizado propuestas de enlaces que ayuden a los animales a atravesar barreras locales, mantener los desplazamientos migratorios entre áreas y permitir la recolonización de hábitats mediante una mayor dispersión de semillas e inmigración. Entre los diferentes enlaces para contribuir con la conectividad, se encuentran los corredores, trampolines y otras configuraciones de hábitats, en donde la conectividad puede lograrse a través de dos formas principales: manejando el mosaico entero del paisaje para promover desplazamiento y continuidad o manejando hábitats concretos dentro del paisaje con ese mismo fin (Bennett, 2004).

Se pueden mencionar que existen cinco clases más comunes de enlaces, que son los eslabones de paisaje, la vegetación ribereña, los setos vivos y cercas, la vegetación a orillas de caminos y enlaces forestales. Todos los enlaces mencionados anteriormente contribuyen a incrementar la capacidad de desplazamiento y proveen continuidad a la población a través del paisaje (Bennett, 2004).

2.2.1 Corredores biológicos

Un corredor biológico según la CCAD-PNUD/GEF (2002) “es un espacio geográfico delimitado que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitats, sean naturales o modificados, y asegura el mantenimiento de la diversidad biológica y de los procesos ecológicos y evolutivos”. Estos corredores han sido llamados corredores de vida silvestre, corredores de dispersión o corredores de desplazamiento, ya que los animales pueden desplazarse por medio de ellos (Bennett, 2004).

También conocidos como nexos o enlaces, se refieren a la distribución de los hábitats, de forma lineal o continua, que mejoran la conectividad entre las especies, comunidades y procesos ecológicos a través del paisaje. Un hábitat lineal se refiere a

una franja de vegetación lineal que no son necesariamente de vegetación nativa y no necesariamente proporcionan conexión entre áreas incomunicadas (Bennett, 2004).

Un corredor eficaz puede proporcionar un enlace continuo o casi continuo de hábitat adecuados. Estos proveen un medio eficaz para la conectividad del paisaje en las siguientes condiciones: cuando gran parte del paisaje ha sido modificado y es inhóspito para especies nativas, para especies especializadas de ciertos hábitats o dependencia a hábitats intactos, para especies con escala limitada de desplazamiento en relación con la distancia a atravesar, cuando la meta es la continuidad de todas las comunidades de fauna y donde el mantenimiento de los procesos ecosistémicos requiere hábitats continuos (Bennett, 2004).

El objetivo primordial de un corredor biológico es mantener la diversidad biológica y para su análisis deben aplicarse criterios biológicos y socioeconómicos. Los criterios biológicos establecen la viabilidad biológica del corredor y pueden ser la existencia de parches de vegetación natural, estructuras como cercas vivas o plantaciones pequeñas, cobertura arbórea de al menos 30%, presencia de especies indicadoras de buena calidad ambiental, etc. (CCAD-PNUD/GEF, 2002).

Asimismo, puede mencionarse que los corredores biológicos ofrecen algunas ventajas potenciales, ya que al incrementar la inmigración a las áreas protegidas, permite el incremento o el mantenimiento de la diversidad biológica, provee un efecto rescate a las poblaciones pequeñas y aisladas, permite la recononización de hábitats y permite mantener la variabilidad genética. Además, permite el desplazamiento diario o temporal para alimentación, reproducción, migración y otros comportamientos. Adicionalmente, facilita la dispersión, provee refugios alternativos ante perturbaciones grandes como los incendios, permite la continuidad de los procesos ecológicos y es un cinturón verde que provee oportunidades de recreación y valoración de la tierra. Al mismo tiempo, puede facilitar la dispersión de incendios forestales y otras perturbaciones abióticas, aumentar el efecto de borde, tiene costos elevados para construir y mantener los corredores y los

costos políticos de alterar los patrones de uso de la tierra por los humanos (Crooks y Sanjayan, 2006).

Algunos ejemplos de corredores de hábitats son aquellos con características lineales como las cercas vivas, plantaciones, vegetación junto a caminos, franjas en cursos de agua y franjas no taladas de bosque. También las áreas de vegetación natural que conectan reservas naturales u otras áreas naturales grandes operan como corredores. Los corredores se pueden clasificar según su origen y difieren en la clase de manejo que requieren, de modo que existen corredores de hábitats naturales, corredores de hábitats remanentes, corredores de hábitats regenerados, corredores de hábitats plantados y corredores de hábitats perturbados (Bennett, 2004).

Los corredores pueden funcionar como hábitats para algunas especies que no requieren de mucho espacio, en especial si son anchos y mantienen áreas sin efecto de borde. También pueden servir como barreras que evitan el paso de vientos o de algunos organismos y pueden funcionar como almacenes de nutrientes o retenedores de suelo y agua o como corredores de paso. Su funcionamiento depende de las características estructurales como la relación borde/interior, la complejidad de la vegetación que sustenta y la continuidad de su conectividad (Harvey y Sáenz, 2007).

También es importante mencionar las escalas geográficas de trabajo con corredores biológicos, que se pueden dividir en dos: la escala regional (más de 10,000 km²) que se basa en la conectividad entre paisajes mediante un ordenamiento territorial y la escala de ecosistemas y hábitats (de microhábitat hasta los 10,000 km²) en la cual se enfatiza la conectividad entre ecosistemas, reducción de fragmentación, la restauración de ecosistemas y el mantenimiento de las poblaciones (CCAD-PNUD/GEF, 2002).

Respecto a los criterios socioeconómicos de un corredor biológico, se determina si es viable socioeconómicamente, tomando en cuenta aspectos como la disponibilidad y apoyo de actores locales, buen grado de organización y participación comunitaria,

derechos de propiedad bien definidos, bajas tasas de cambio de uso de la tierra, etc. (CCAD-PNUD/GEF, 2002).

Sin embargo, también se debe mencionar que existe la posibilidad de que los corredores pueden ocasionar algunas desventajas potenciales como el incremento en inmigración que podría facilitar la dispersión de enfermedades, depredadores y competidores exóticos y especies invasoras (Crooks y Sanjayan, 2006). Debido a lo anterior es importante plantear modelos de corredores funcionales que permitan el desplazamiento de las especies, pero que disminuyan las desventajas mencionadas anteriormente.

2.2.2 Actividades productivas amigables con el ambiente que contribuyen a la conectividad entre áreas de reserva natural

Con el propósito de conseguir apoyo para la creación y conservación de enlaces biológicos es necesario integrar en la planificación y manejo, otros programas que proporcionen beneficios en manejo sostenible de la tierra (Bennett, 2004). Uno de estos programas es el ecoturismo, en el que se pueden realizar actividades como caminatas, avistamiento de aves y otras actividades al aire libre. Además, las reservas mantienen la belleza escénica y el paisaje, contribuyendo a que se perciba el área como un lugar agradable y atrae a los turistas. Adicionalmente esta actividad permite no sólo la conservación, sino que provee empleo a las comunidades locales involucrándolos como guías naturales, transportistas, propietarios de hoteles, personal de restaurantes, vendedores u otras ocupaciones (Harvey y Sáenz, 2007).

Por otro lado, se tiene la agroecología, que es considerada una ciencia, una práctica agrícola y un movimiento social. En cuanto a su uso para aumentar la conectividad, la agroecología puede definirse como un conjunto de técnicas innovadoras y ecológicamente informadas, que permiten llevar a cabo nuevos modelos para reducir los problemas ambientales de la agricultura moderna. Estas técnicas son alternativas sostenibles en la que se toma en cuenta la gestión de agroecosistemas, por medio del

buen uso de la materia orgánica, la actividad biológica del suelo, mecanismos de control naturales, regeneración y conservación de los recursos y el aumento de la agrobiodiversidad y sinergismos (Warner, 2007). Un ejemplo de cómo la agroecología puede utilizarse en el contexto americano, se demuestra en la Figura 6. Este modelo se basa en la estrategia indígena mesoamericana, que incluye siete sistemas y sus relaciones. Se puede observar un área de cultivos y potreros y un área agroforestal y forestal.

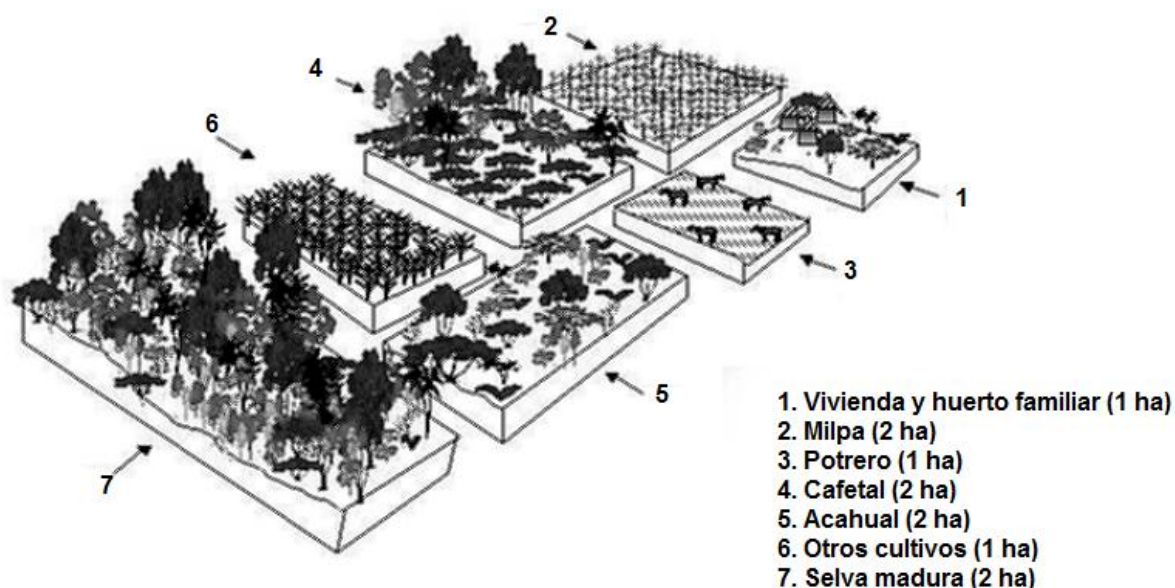


Figura 6. Modelo eco-productivo de escala familiar de diez hectáreas de Chiapas, México (Toledo, 2002).

La importancia en este tipo de modelos radica en las facilidades que proveen para mantener un sistema sostenible, que hace un uso integral de los recursos. Por ejemplo, los desechos agrícolas y materiales de origen vegetal de las áreas forestales pueden utilizarse como forraje en el potrero y en el huerto. Además, los sistemas forestales ofrecen bienes y servicios como leña, polinizadores, controladores biológicos de plagas, semillas, abonos naturales y estabilizadores del clima. Debido a lo anterior, se logra una viabilidad económica al abastecer de granos y productos agrícolas, así como leña, medicinas y materiales de construcción de las áreas forestales (Toledo, 2002).

Uno de los sistemas que promueve la agroecología es la agroforestería o el agropaisaje, que se caracteriza por ser un mosaico o matriz de paisaje formado por un conjunto de ecosistemas cuyo principal uso del suelo es agropecuario. La conservación de remanentes de bosque natural en paisajes agrícolas permite mantener la mayor diversidad estructural y funcional posible. Estos sistemas disminuyen la presión por deforestar para nuevas áreas agrícolas y permite la producción que genera ingresos monetarios a los propietarios. Mantener la cobertura arbórea en áreas agrícolas mejora las condiciones del suelo como la retención de nutrientes y disminuye la erosión y mantiene cierto grado de conectividad dentro de la matriz (Zamora-López, 2006).

Además, se tiene la silvicultura, que se trata de cultivar el bosque y sus posibles productos, con base en las características de los árboles y del sitio. También puede definirse como un proceso en el que se cultivan, cosechan y renuevan los productos forestales de un bosque. De este modo, se permite un aumento en los ingresos de la población local y los propietarios de los bosques, al mismo tiempo que se reconoce el valor de las funciones de los bosques y se disminuye la deforestación y degradación de los mismos (Louman, Quirós y Nilsson, 2001).

Otro programa que se podría aplicar para la conservación y que permite incrementar la conectividad si se maneja adecuadamente son los sistemas silvopastoriles. Estos se basan en que en un paisaje ganadero se involucran especies leñosas, como árboles y arbustos, que interactúan con las especies herbáceas y animales tradicionales. En este tipo de sistema se usan las cercas vivas, las barreras vivas, cultivos de leguminosas o arbustivas en callejones, plantaciones de especies maderables o frutales y las cortinas rompevientos. Al mismo tiempo se dejan árboles dispersos dentro del sistema. En la Figura 7 se ilustran los distintos roles productivos y ecológicos que proveen las cercas vivas y los árboles en los sistemas silvopastoriles (Sauceda, 2010).

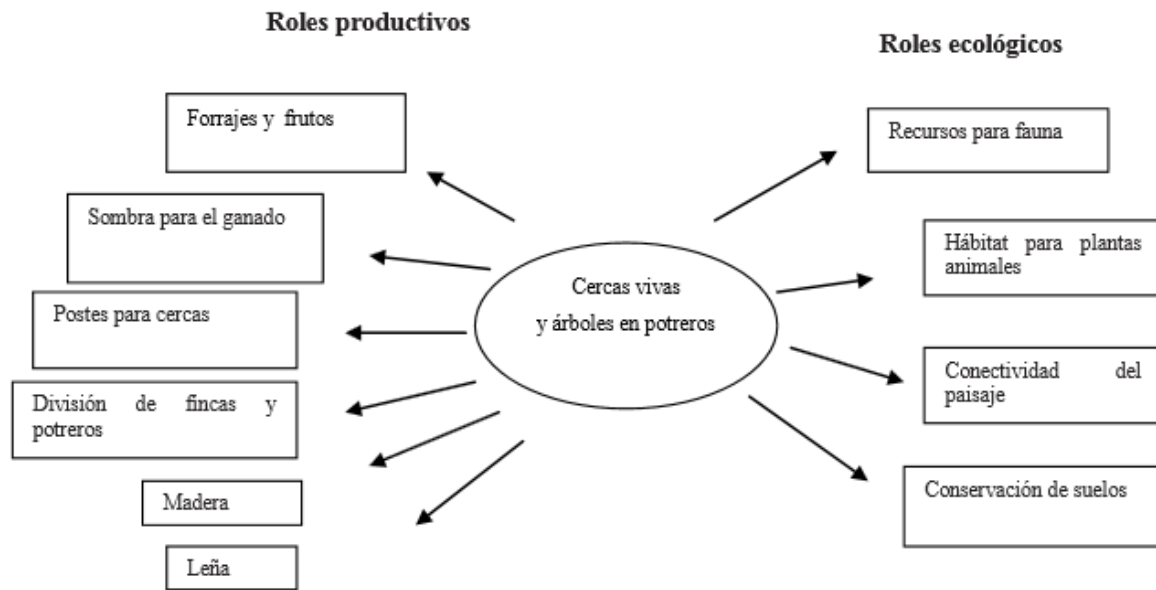


Figura 7. Roles productivos y ecológicos de las cercas vivas y árboles en paisajes agrícolas (Sauceda, 2010).

En un agropaisaje, su estructura es un arreglo espacial de los diferentes tipos de suelo y la ubicación de los elementos silvopastoriles, como las cercas vivas, los árboles dispersos en potreros y árboles en línea. El nivel de conectividad de los fragmentos de bosque y los procesos ecológicos que se pueden llevar a cabo en ellos, estará determinado por la forma y la cantidad de estos componentes. Los cambios en la estructura implican una alteración espacial y funcional del paisaje debido a la pérdida de hábitat, limitando el movimiento de las especies y las interacciones entre los elementos del paisaje (Sauceda, 2010).

Finalmente, otra actividad compatible con la conservación y conectividad que se ha popularizado actualmente, son los pagos por servicios ambientales (PSA), que ha sido un mecanismo que permite la disminución de las emisiones de carbono y mitiga diversas actividades degradativas humanas que causan la pérdida de biodiversidad. Los mecanismos de PSA sirven para mejorar los paisajes y la cobertura arbórea, al mismo tiempo que proveen de ingresos monetarios a los dueños de los recursos que participan en este tipo de acción y pueden transferirse los pagos en forma de tecnología y servicios de turismo en áreas rurales (Zamora-López, 2006).

2.2.3 Importancia de la conectividad entre áreas protegidas

Se conoce que las reservas naturales pocas veces representan adecuadamente las comunidades biológicas dentro de una región o país. Esta falta de representatividad implica que muchas especies y sus poblaciones se encuentran principal o totalmente fuera de las áreas protegidas. Sin embargo, incorporar estas comunidades a un sistema nacional de áreas protegidas puede ser muy difícil por los elevados costos financieros, porque la tierra ya tiene otros usos o porque el hábitat no encaja dentro de lo que se consideraría una reserva (Bennett, 2004).

Por otra parte, las áreas protegidas varían mucho en su tamaño. Algunas pueden ser relativamente grandes, pero en el caso de la mayoría no tienen el tamaño suficiente para sustentar poblaciones viables a largo plazo.

Los patrones de desplazamiento de animales se ven perturbados si deben utilizar hábitats fuera de la reserva y estos carecen de un manejo o protección adecuados, ocasionando que la eficacia de las reservas disminuya. Esto es de especial importancia en aquellas especies que utilizan diferentes hábitats para alimentación y reproducción, especies migratorias y en especies que ocupan hábitats de vida corta o cambio rápido (Bennett, 2004).

Debido a lo anterior es importante desarrollar redes de hábitats que funcionen como sistemas integrados para la conservación de la biodiversidad. En este sistema, las áreas protegidas son un componente fundamental de las estrategias y se incluyen otras partes del paisaje (Bennett, 2004).

Para lograr lo anterior, la conectividad del paisaje es una característica fundamental, debido a que facilita el intercambio de individuos y genes entre diferentes componentes del paisaje y funciona como un sistema enlazado. Con el objetivo de establecer enlaces entre áreas protegidas o áreas naturales grandes, usualmente se necesita su reconocimiento y designación oficial. Es necesario proteger eslabones de paisaje entre

las reservas para evitar el aislamiento ecológico, teniendo como objetivo una sola área integrada de conservación y no reservas separadas (Bennett, 2004).

La conectividad del paisaje y de las áreas protegidas implica la conservación de ecosistemas o hábitats clave a lo largo del tiempo, permitiendo la preservación de las poblaciones de flora y fauna y de los sistemas antrópicos que dependen de los bienes y servicios que proveen los bosques y las áreas naturales. Todo esto contribuye a promover los tres pilares del desarrollo sostenible, manteniendo el sistema natural, social y económico, a través del manejo de áreas protegidas.

2.3 ÁREAS PROTEGIDAS

De acuerdo con el Decreto No. 4-89 Ley de Áreas Protegidas publicada en 1989:

Son áreas protegidas, incluidas sus respectivas zonas de amortiguamiento, las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genéticos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera de preservar el estado natural de las comunidades bióticas, de los fenómenos geomorfológicos únicos, de las fuentes y suministros de agua, de las cuencas críticas de los ríos, de las zonas protectoras de los suelos agrícolas, de tal modo de mantener opciones de desarrollo sostenible. (p. 3)

Los principales objetivos de la creación de áreas protegidas son:

- Asegurar el funcionamiento óptimo de los procesos ecológicos esenciales y de los sistemas naturales vitales para el beneficio de todos los guatemaltecos.
- Lograr la conservación de la diversidad biológica del país.

- Alcanzar la capacidad de una utilización sostenida de las especies y ecosistemas en todo el territorio nacional.
- Defender y preservar el patrimonio natural de la Nación.

Las áreas protegidas se clasifican en: parques nacionales, biotopos, reservas de la biósfera, reservas de uso múltiple, reservas forestales, reservas biológicas, manantiales, reservas de recursos, monumentos naturales, monumentos culturales, rutas y vías escénicas, parques marinos, parques regionales, parques históricos, refugios de vida silvestre, áreas naturales recreativas y reservas naturales privadas, las cuales integran el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) (Decreto 4-89).

De acuerdo con el Reglamento de Ley de Áreas Protegidas, Acuerdo Gubernativo 759-90 (1990) se establece en el Artículo 8 las categorías de manejo, que son:

- Categoría Tipo I: Parque Nacional y Reserva Biológica. El objetivo de manejo de estas áreas es la protección, conservación y mantenimiento de los procesos naturales y la diversidad biológica en un estado inalterado. Solo se permiten actividades científicas, monitoreo ambiental y turismo ecológico limitado.
- Categoría Tipo II: Biotopo Protegido, Monumento Natural, Monumento Cultural y Parque Histórico. Su objetivo es la protección y conservación de valores naturales y culturales, permitiendo recreo, educación ambiental e investigación científica, turismo controlado y recreación limitada.
- Categoría Tipo III: Área de Uso Múltiple, Manantial, Reserva Forestal y Refugio de Vida Silvestre. Su objetivo es la producción de agua, madera, flora y fauna silvestre, pastos y productos marinos. La conservación está orientada al soporte de actividades económicas.
- Categoría Tipo IV: Área Recreativa Natural, Parque Regional y Rutas y Vías Escénicas. Su objetivo es la recreación al aire libre y educación, manteniendo senderos, canales o ríos y la calidad del paisaje.

- Categoría Tipo V: Reserva Natural Privada. Su objetivo es asegurar las condiciones para proteger especies de significancia y rasgos físicos y culturales en propiedad privada.
- Categoría Tipo VI: Reserva de Biósfera. Su principal objetivo es permitir diferentes modalidades de uso de la tierra y recursos naturales y la conservación estricta en áreas núcleo.

Para mantener la representatividad de ecosistemas dentro de las mismas, se puede basar en el sistema de zonas de vida. Una zona de vida se refiere a una unidad climática natural que agrupa diferentes asociaciones que corresponden a determinados ámbitos de temperatura, precipitación y humedad. Holdridge asignó parámetros de biotemperatura y precipitación para determinar límites entre las unidades superiores de vegetación. Adicionalmente incluyó la humedad. Con los datos anteriores creó un diagrama de clasificación en el que se pueden encontrar las zonas de vida del mundo. Usando estos lineamientos se puede decir que una zona de vida es un área geográfica que contiene vegetación de fisonomía y composición características, con un rango determinado de factores climáticos (CONAP, 2008).

En Guatemala, se dividió el país en cuatro fajas altitudinales: tropical, subtropical, montaña tropical media y montaña tropical alta. Luego, De la Cruz desarrolló una clasificación de zonas de vida basado en el sistema Holdridge, representando 14 zonas de vida que son: monte espinoso subtropical, bosque seco tropical, bosque seco subtropical, bosque húmedo subtropical (templado), bosque húmedo subtropical (cálido), bosque muy húmedo subtropical (frío), bosque muy húmedo subtropical (cálido), bosque pluvial subtropical, bosque muy húmedo tropical, bosque húmedo montano bajo subtropical, bosque muy húmedo montano bajo subtropical, bosque pluvial montano bajo subtropical, bosque húmedo montano subtropical y bosque muy húmedo montano subtropical (CONAP, 2008).

Las zonas de vida que son de interés para esta tesis son el bosque pluvial montano bajo subtropical (Bosque Nuboso) y bosque húmedo montano bajo subtropical (Bosque

de pino-encino). El bosque pluvial montano bajo subtropical representa una extensión de 908 km² equivalentes a 0.83% de superficie, mientras el bosque húmedo montano bajo subtropical tiene una superficie de 9769 km², equivalentes a 8.98%, siendo la cuarta zona de vida de mayor extensión a nivel nacional (CONAP, 2008).

En el bosque pluvial montano bajo subtropical (bp-MLB) la precipitación sobrepasa los 4000 mm anuales y la biotemperatura oscila alrededor de 19°C. La altitud varía entre 1500-2700 msnm y las especies indicadoras son *Podocarpus oleifolius*, *Alfaroa costaricensis*, *Engelhardtia* spp., *Billia hippocastanum*, *Magnolia guatemalensis*, *Brunellia* spp., *Oreopanax xalapense*, *Hedyosmun mexicanum* y *Gunnera* sp. (CONAP, 2008).

Por otra parte, el bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MB). El bh-MB se extiende desde Mixco, Guatemala hacia el noroeste pasando por Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Quiché y Huehuetenango. La precipitación es de 1057-1588 mm anual y la biotemperatura varía de 15-23°C. La altitud varía entre 1500-2400 msnm. Este bosque es caracterizado por especies como *Quercus* spp., *Pinus pseudostrobus*, *Pinus montezumae*, *Juniperus comitana*, *Alnus jorullensis*, *Ostrya* spp., *Carpinus* spp., *Prunus capulli* y *Arbutus xalapensis* (CONAP, 2008).

2.3.1 Reservas naturales privadas

Las reservas naturales privadas son áreas de propiedad privada individual o jurídica, que se destinan a la conservación y protección de la biodiversidad de forma voluntaria y por el tiempo que se considere conveniente. Dentro de ellas se enfatiza la protección de hábitats críticos, poblaciones y áreas de alimentación o reproducción (CONAP, 2007).

Estas reservas cuentan con el reconocimiento del Estado y representan una alternativa para la ampliación del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), ya que aumentan la representatividad de las zonas de vida y ecosistemas y contribuyen al Corredor Biológico Mesoamericano.

Cada una debe presentar un plan de manejo, el cual es aprobado por CONAP, garantizando el uso adecuado del suelo, recursos hídricos y de la biodiversidad. Algunos de los beneficios que representa tener una reserva natural privada son: se reconoce el bosque como productivo, se recibe apoyo para asistencia financiera, se recibe apoyo técnico para planes de prevención y mitigación, se accede a incentivos forestales, entre otros.

De acuerdo con el Acuerdo Gubernativo 759-90 (1990) en el Artículo 8 señala las categorías de manejo, en la cual las reservas naturales privadas son categoría 5 y se establece que sus objetivos de manejo deben ser asegurar las condiciones naturales para proteger especies o grupos de especies de significancia y las comunidades bióticas, rasgos físicos y culturales del ambiente en las propiedades privadas. Su propósito primario debe ser la protección de la naturaleza.

Adicionalmente, en el mismo acuerdo gubernativo, se establece que para poder establecer una reserva natural privada se requiere que contengan ecosistemas silvestres no afectados significativamente por actividades antropogénicas, presentar la documentación requerida, presentar un mapa escala 1:50,000, tener aprobación de CONAP y estar inscrito en el registro de Reservas Naturales Privadas.

La creación de reservas naturales privadas (RNP) se ha constituido en una importante herramienta, complementaria de los esfuerzos gubernamentales por asegurar la conservación de la biodiversidad (Chacón, 2008); en especial porque estos espacios facilitan la conectividad entre las áreas protegidas (Programa Estado de la Nación, 2008).

Asimismo, entre los objetivos de CONAP se ha establecido fortalecer y conformar unidades de manejo de cuencas hidrográficas dentro de las áreas protegidas y áreas de conectividad, en la cual se detalla a los propietarios privados como actor dentro de las acciones estratégicas (CONAP, 2010). Lo anterior revela la importancia de las reservas naturales privadas en el establecimiento de la conectividad.

También es importante mencionar que dentro de los planes maestros de varias reservas naturales privadas (Armado, 2009) se establece como aspecto importante su conectividad con otras áreas protegidas y la conexión que pueden proporcionar como corredores biológicos.

2.4 ANTECEDENTES

En Guatemala se han realizado varios estudios con respecto a la conectividad entre áreas de conservación, enfocándose básicamente en corredores biológicos que permiten el desplazamiento de una o varias especies en específico.

De acuerdo con los objetivos de CONAP, se han establecido áreas prioritarias que ya forman parte del SIGAP, áreas nuevas y corredores de conectividad entre las áreas y que permitan mantener el criterio de representatividad de ecorregiones o zonas de vida. Lo anterior se ve enmarcado en el objetivo estratégico que establece que para el año 2018 se debe haber incrementado la representatividad de ecosistemas no representados y subrepresentados en el SIGAP, en al menos un 10% de su extensión original en el país, cuyo punto número cuatro es el promover el manejo efectivo en al menos 10 áreas de conectividad (corredores biológicos) (CONAP, 2010).

La creación de reservas naturales privadas (RNP) se ha constituido en una importante herramienta, complementaria de los esfuerzos gubernamentales por asegurar la conservación de la biodiversidad (Chacón, 2008); en especial porque estos espacios facilitan la conectividad entre las áreas protegidas (Programa Estado de la Nación, 2008).

Por ejemplo, existe el Corredor del Bosque Nuboso, que se estableció para unir la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas y el Biotopo Universitario para la Conservación

del Quetzal “Mario Dary Rivera”, que incluye reservas naturales y municipales de la región. En esta área se realizó un estudio que consideró las condiciones geomorfológicas, climáticas y de cobertura vegetal para determinar la continuidad en la riqueza y composición de artrópodos como criterio de conectividad entre áreas protegidas que componen el Corredor del Bosque Nuboso. La conclusión principal de este estudio fue que la distribución de las especies está ligada a si estas son generalistas o especialistas, implicando la conectividad entre bosques nubosos y bosques mixtos solo para las especies generalistas (Méndez, 2011).

También se realizó un estudio para identificar el grado de conectividad ecológica en el área de la Cordillera volcánica occidental de Guatemala y donde CONAP ha hecho una propuesta de corredor biológico. Se utilizaron tres especies de árboles de pino (*Pinus ayacahuite*, *Pinus hartwegii* y *Pinus pseudostrobus*), dos de encino (*Quercus acatenangensis* y *Quercus sapotifolia*) y la ardilla gris (*Sciurus aureogaster*), para medir la conectividad y se estableció que existe una gran extensión de bosque, pero con un gran número de parches que tienen una conectividad estructural muy baja, pero es un paisaje funcional aceptable para la ardilla gris (Ríos, 2011).

Adicionalmente, se cuenta con un estudio con enfoque de paisaje y modelado de viabilidad poblacional del hábitat del tapir en el SIGAP, donde se identificaron los principales remanentes boscosos y la conectividad entre los mismos. Se logró identificar que los remanentes boscosos se encuentran aislados o son de extensión muy pequeña, por lo que se recomendó implementar acciones para mantenerlos y conectarlos (García, Leonardo, Castillo, Gómez y García, 2010).

Se ha realizado un estudio de identificación y caracterización preliminar de corredores biológicos con conectividad al biotopo Chocón Machacas, en el que se recopiló información sobre el área de estudio usando interpretación fotográfica aérea, análisis de Imágenes Satelitales (INEGI), mapas cartográficos y comprobación de campo. Se concluye elaborando una propuesta de conectividad de mayor posibilidad y viabilidad del Biotopo con otras áreas a través de un corredor biológico (Castillo, 2005).

Entre las metodologías que se utilizan para medir la continuidad de la cobertura arbórea se puede mencionar que se puede usar como indicador el índice de fragmentación del bosque. Adicionalmente, se han realizado estudios de cobertura usando Sistemas de Información Geográfica, mapas y delimitando los diferentes paisajes de acuerdo a criterios como zonas de vida, usos de la tierra, taxonomía de suelos (Ríos, 2011).

Por otro lado, el uso de especies indicadoras y el enfoque de paisaje también han sido utilizados para realizar inventarios biológicos de bosques en Guatemala. Para la ecología del paisaje, se utiliza el uso de la tierra para obtener información que permita el análisis de viabilidad, diversidad y usos que se le pueden dar a cada parcela. Adicionalmente, en este tipo de estudios de biodiversidad se usan estos grupos de especies indicadoras ya que permiten conocer el impacto antropogénico que puede estar afectando negativamente el área (Martínez y Alfaro, 2012).

Finalmente, también se puede tomar como referencia el caso de Costa Rica, que ha realizado una serie de estudios referentes a áreas protegidas, su conectividad, su planificación y la importancia de las reservas naturales como una herramienta para promover los corredores biológicos (CATIE, 2008).

En cuanto al tema de áreas protegidas, se tiene un estudio de planificación sistémica en áreas protegidas y corredores biológicos y se han realizado propuestas de redes de conectividad estructural para el Sistema Nacional de Áreas Conservación de Costa Rica. Al final, se presenta una iniciativa interinstitucional para preparar una propuesta actualizada con 128 rutas de conectividad identificadas, de las cuales 49 tienen importancia alta (Arias et al., 2008).

También se realizó un diseño de red ecológica de conservación entre la Reserva de Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del Área de Conservación Osa. En este caso, se utilizó el método de menor costo-distancia, conectando núcleos de hábitat de seis áreas protegidas, a través de un análisis multicriterio espacial (Céspedes et al., 2008).

Así mismo se propuso el monitoreo de la efectividad del manejo de corredores biológicos tomando como base la sistematización de once experiencias de corredores biológicas consideradas como exitosas. Se utilizaron parámetros ecológicos, socioeconómicos y de gestión, para verificar el cumplimiento de metas y así se establecieron criterios de desempeño cualitativo y cuantitativo (Canet, Finegan, Bouroncle y Herrera, 2008).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La conectividad es un factor importante, que al encontrarse interrumpida o no existir, contribuye al declive de las poblaciones de especies silvestres en un largo plazo (Zapata y Dyer, 2003) y también contribuye al aislamiento genético (García, 2008). En consecuencia, si no existe conectividad, no hay acceso de las especies a los hábitats y recursos necesarios para completar su ciclo de vida, existe fragmentación de comunidades y sistemas ecológicos y disminución de la habilidad de cualquier elemento de conservación de responder a cambios ambientales mediante la dispersión, migración o recolonización (Castañeda y Morales, 2005). También hay una disminución en la calidad y cantidad de bienes y servicios ecosistémicos que el ser humano y otras especies utilizan para sobrevivir.

Tomando en cuenta estos problemas, se ha creado el Proyecto Corredor Biológico Mesoamericano, en el que destaca el interés de evaluar el potencial de conectividad de toda área protegida en la región centroamericana, con el fin de promover el concepto del Corredor Biológico Mesoamericano (CCAD-PNUD/GEF, 2002). Esta conectividad puede entenderse como la proximidad del área protegida con otros ecosistemas continuos o semicontínuos que puedan permitir el flujo de especies y genes (Courrau, 1999).

En Guatemala pocas áreas protegidas tienen enfoque de paisaje, lo cual ha provocado un interés especial por evitar el aislamiento e incrementar la representatividad de ecosistemas y de las zonas de vida. Así, se han identificado zonas prioritarias que puedan fortalecer la conectividad natural entre las áreas. De lo anterior, actualmente se han propuesto 25 áreas de conectividad (corredores biológicos) con un área superior a las 91 mil hectáreas (CONAP, 2010).

La creación de reservas naturales privadas (RNP) se ha constituido en una importante herramienta, complementaria de los esfuerzos gubernamentales por asegurar la conservación de la biodiversidad (Chacón, 2008); en especial porque estos espacios facilitan la conectividad entre las áreas protegidas (Programa Estado de la Nación, 2008).

El Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) estaba compuesto en 2014 por 325 áreas protegidas, equivalentes a una extensión de 3.4 millones de hectáreas, representando un 30.65% del territorio nacional. De estas 325 áreas protegidas en el SIGAP, es importante mencionar que un 54% son RNP. Sin embargo, aunque representan más de la mitad del SIGAP, en conjunto equivalen al 2% de la extensión total, lo que refleja que son pequeñas en cuanto a su extensión, pero pueden funcionar como conectores entre las reservas mayores (CONAP, 2014).

De lo anterior es importante mencionar que dentro de los planes maestros de varias reservas naturales privadas se establece como aspecto importante su conectividad con otras áreas protegidas y la conexión que pueden proporcionar como corredores biológicos. Cuanto mayor sea el tamaño y la conectividad de las áreas, mayor será su capacidad de generar procesos ecológicos saludables (Programa Estado de la Nación, 2008).

Por este motivo, se plantea como problema de investigación: ¿Cuál es la efectividad de las reservas naturales privadas de Guatemala para lograr conectividad de ecosistemas y cómo puede mejorarse en base a la realidad local?

Cuanto mayor sea el tamaño y la conectividad de las áreas, mayor será su capacidad de generar procesos ecológicos saludables, (Programa Estado de la Nación, 2008) pero lamentablemente el 83% de las áreas protegidas son muy pequeñas (menores de 15.000 hectáreas), por lo que resulta necesario impulsar acciones que propicien su conectividad y recuperación, de manera que se favorezca la viabilidad de los

ecosistemas y su capacidad de resiliencia ante fenómenos externos, tales como el cambio climático (Programa Estado de la Nación, 2008).

La conectividad es crucial para evitar el aislamiento genético entre áreas y con el objetivo de determinar áreas prioritarias de conservación, se toma en cuenta aspectos de estado de protección del área, su extensión, conectividad y presión (García, 2008). Es de mucho interés para la región centroamericana evaluar el potencial de conectividad de toda área protegida con el fin de promover el concepto del Corredor Biológico Mesoamericano.

Desde la creación del Sistema Centroamericano de Áreas Protegidas (SICAP) hace varias décadas, se ha hecho evidente que, además de la expansión territorial de la protección, es crucial fortalecer la gestión, la calidad, la conectividad y la representatividad ecológica de las áreas existentes, a fin de mitigar los riesgos y amenazas generados por los procesos sociales y económicos que se realizan dentro y alrededor de ellas (Programa Estado de la Nación, 2008).

Para determinar la integridad ecológica del SICAP se debe evaluar el tamaño de las áreas y su conectividad con ecosistemas naturales, así como las amenazas que sufren, tales como crecimiento de la población, ocurrencia de incendios y construcción de carreteras, entre otras (Programa Estado de la Nación, 2008).

En este sentido, es de suma importancia conocer el estado de la conectividad estructural entre las áreas protegidas, tomando en cuenta el enfoque de paisaje, con el fin de evitar el aislamiento genético e incrementar la representatividad de ecosistemas y de las zonas de vida. En el caso de las reservas naturales privadas (RNP) de la región sur del Lago de Atitlán, estas complementan los esfuerzos gubernamentales por asegurar la conservación de la biodiversidad, al facilitar la conectividad entre las áreas protegidas más grandes, como el Reserva de de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán y la cadena volcánica.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la conectividad estructural del bosque entre tres reservas naturales privadas del Nodo Atitlán, Occidente de Guatemala.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los usos de la tierra en las reservas naturales privadas Tarrales, Estación Científica Refugio del Quetzal y Monte de Oro y en las zonas entre ellas.
- Determinar el grado de conectividad estructural de la cobertura arbórea entre dichas reservas naturales privadas.
- Recomendar prácticas y herramientas que contribuyan a la conectividad entre las reservas naturales privadas.

V. METODOLOGÍA

5.1 AMBIENTE (LUGAR DE TRABAJO)

La Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán (RUMCLA) está localizada en la cadena volcánica occidental de Guatemala y contiene parques municipales, reservas naturales privadas y otras unidades de manejo dentro de la misma. Los objetivos principales de la RUMCLA son fomentar el uso integral y sostenido de los recursos naturales renovables del área, fortalecer las formas de vida y tradiciones culturales de los grupos mayas, promover la educación ambiental en el área, promover actividades de asistencia técnica, conservar la cuenca hidrológica del lago, proteger la belleza escénica y fomentar el aprovechamiento forestal sostenible (CONAP, 2006).

Por otro lado, con el objetivo de organizar y agrupar propiedades privadas que se interesaban por la conservación de la biodiversidad, se fundó la Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala (ARNPG) en 1998. Para esto, organizaron las reservas en nodos. Un nodo es una forma de organizar las reservas naturales privadas, en el que se agrupan propietarios de una misma área y se trabaja en conjunto para lograr objetivos comunes de conservación (Canté, 2008). Uno de estos objetivos ha sido la conectividad y representatividad en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas.

El primer nodo conformado y organizado fue el Nodo Atitlán, que formó un corredor biológico de reservas naturales. Adicionalmente se tiene el Nodo Petén, Nodo Cadena Volcánica Central, Nodo Costa Sur, Nodo Bosque Seco, Nodo Palajunoy, Nodo Huehuetenango, Nodo San Marcos, Nodo Trifinio y Nodo Verapaces (Canté, 2008).

Actualmente el Nodo Atitlán cuenta con 45 reservas naturales privadas que tienen en conjunto una extensión de 15,181.46 hectáreas. El uso principal de las reservas en esta área es el cultivo de café, que está presente en aproximadamente el 60% de las áreas. Otras actividades que se llevan a cabo dentro de las reservas son cultivo de plantas ornamentales, cultivo de árboles frutales, producción de ganado/lácteos, ecoturismo y apicultura. El Nodo Atitlán cubre los departamentos de Sololá, principalmente, con algunas reservas en Suchitepéquez, Chimaltenango y Escuintla (García, 2014). La ubicación de las reservas puede observarse en la Figura 8.

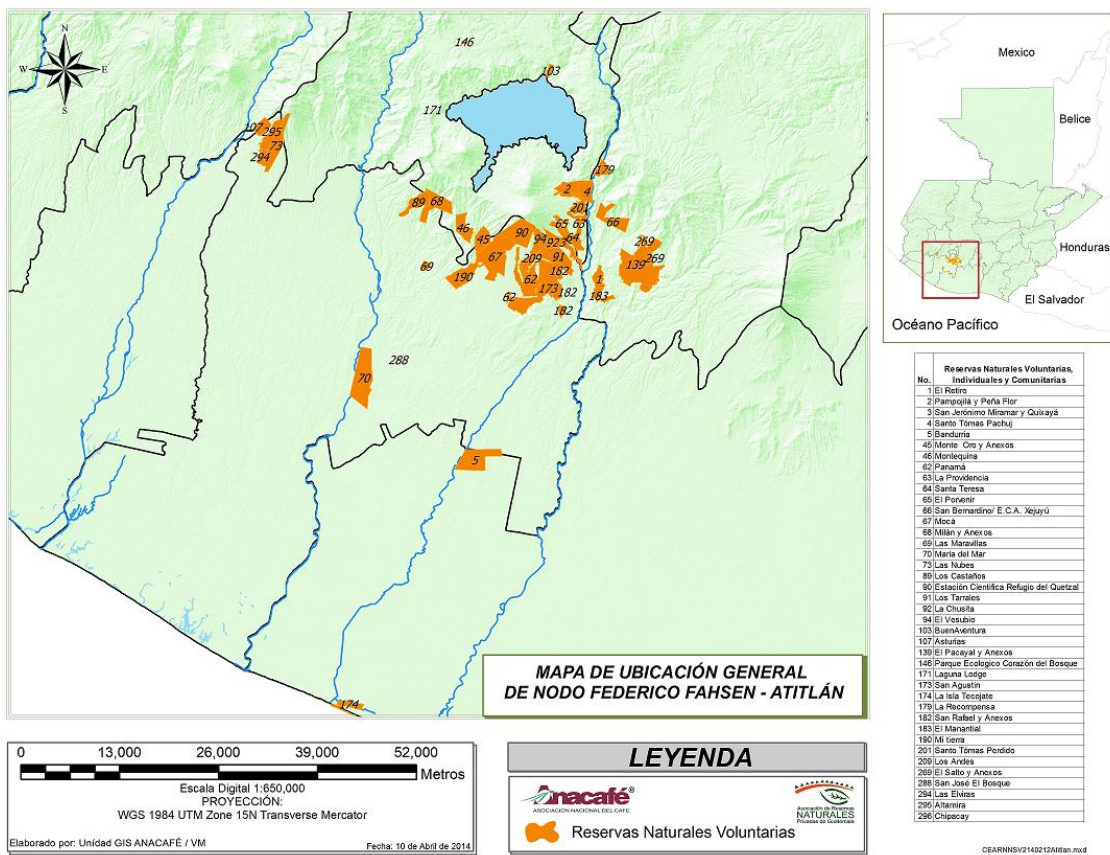


Figura 8. Mapa de ubicación general de Nodo Federico Fahsen-Atitlán (ARNPG, 2014).

Los objetivos principales de las reservas son la conservación biológica, conservación de agua, captura de carbono, mitigación contra desastres naturales, belleza escénica, mitigación ante el cambio climático, mantener fertilidad del suelo, purificación del aire, regulación de ciclos hidrológicos y recreación y turismo (García, 2014).

El Nodo Federico Fahsen-Atitlán se encuentra ubicado principalmente en los departamentos de Sololá y Suchitepéquez en el occidente del país. Dentro del mismo se encuentran las tres reservas naturales de interés de esta tesis, que son: Tarrales, Estación Científica Refugio del Quetzal y Monte de Oro. Todas las reservas forman parte de la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán (RUMCLA).

Se seleccionó esta área de estudio debido a la importancia que representa para la conectividad de la cadena volcánica con la RUMCLA y otras áreas cercanas, lo cual está planteado en un estudio realizado por CONAP en 2010, en donde el área está resaltada para la formación de un corredor biológico a mediano plazo. Adicionalmente, se tenía un interés por parte de la ARNPG por determinar la viabilidad del Nodo Atitlán como corredor biológico.

La reserva natural privada Tarrales se encuentra en las faldas del Volcán Atitlán en el municipio de Patulul, Suchitepéquez y protege un área de 765 ha, comprendidas entre la parte alta del volcán en los 2,200 msnm y la parte baja de 700 msnm. Dentro de este rango altitudinal, se tienen bosques nubosos por encima de los 1800 msnm, y bajo esta altitud, un bosque húmedo de latifoliadas con plantaciones de café. La precipitación promedio anual es de 3400 mm (Burge, Secaira, Cardona, Medinilla, & Leiva, 2004). La información procesada con ArcGIS dio como resultado una extensión total de 1,406 ha del conjunto de las tres RNP que conforman Tarrales.

Por otra parte, la Estación Científica Refugio del Quetzal está localizada en Santa Bárbara, Suchitepéquez. Esta reserva se encuentra en la ladera sur del Volcán Atitlán y tiene una extensión de aproximadamente 900 ha y una altitud que va desde los 1180 msnm hasta los 2575 msnm. Se cuenta con bosques nubosos que van desde los 1500 msnm hasta los 2500 msnm y llegan a recibir hasta 7090 mm de lluvia anualmente (MacVean y Monzón, s.f.). La información procesada con ArcGIS dio como resultado una extensión total de 950 ha.

Finalmente, la reserva natural privada Monte de Oro se encuentra ubicada en Santiago Atitlán, Sololá. Esta reserva tiene una extensión de 915.55 ha, de las cuales 512.32 ha están dedicadas a la conservación. En el área se tiene cultivo de macadamia y el resto es un bosque muy húmedo subtropical cálido. Se encuentra entre los 900-2242 msnm y tiene una precipitación promedio de 4244 mm anuales (ARNPG, 2014). La información procesada con ArcGIS dio como resultado una extensión total de 431 ha.

En la Figura 9 puede observarse un mapa donde se localizan las reservas naturales privadas descritas anteriormente.

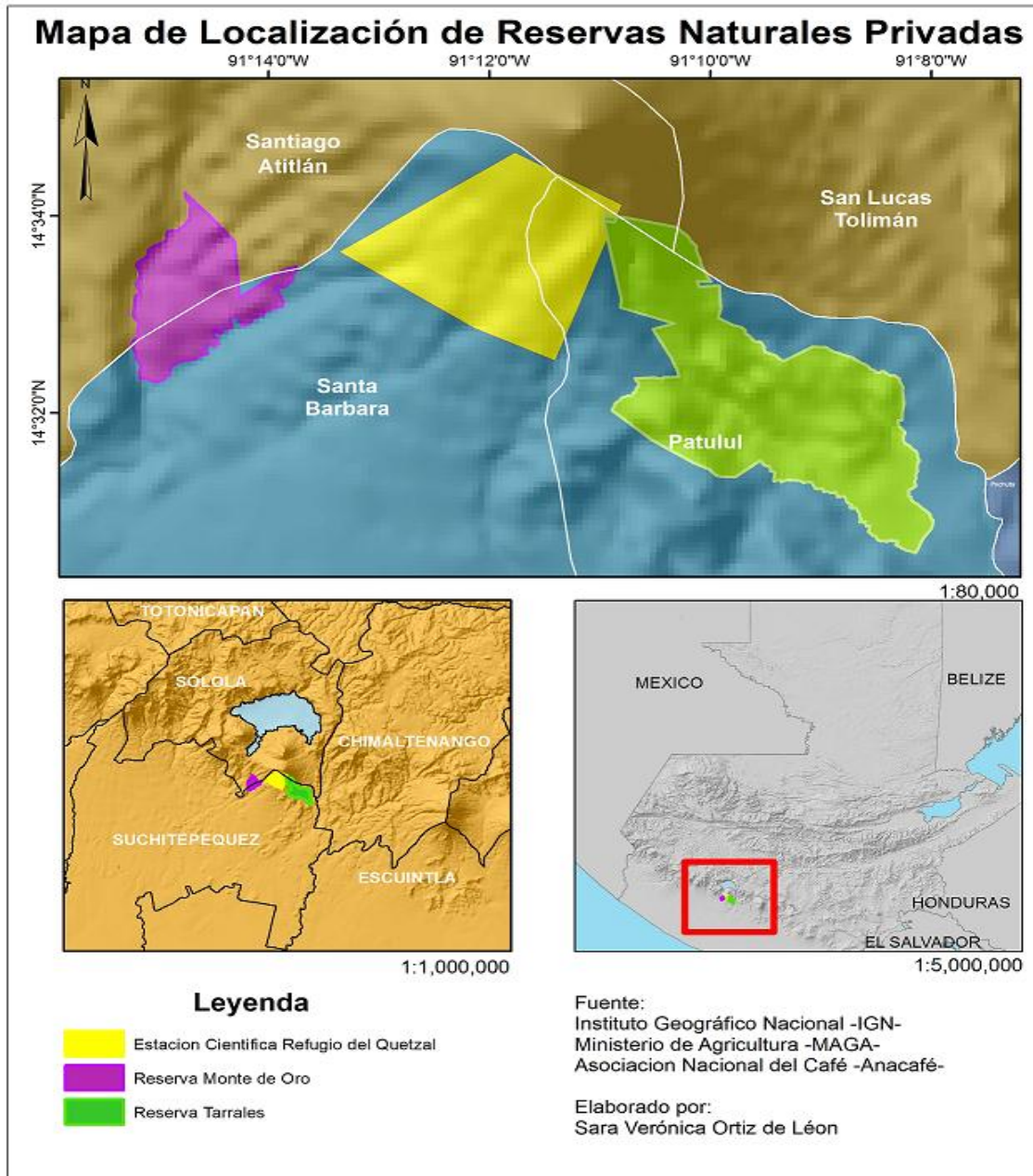


Figura 9. Localización de las reservas naturales privadas (Elaboración propia, 2015)

5.2 SUJETOS Y/O UNIDADES DE ANÁLISIS

En este caso, la unidad a analizar es la conectividad estructural arbórea entre las tres reservas naturales privadas. La conectividad se refiere a cómo el paisaje puede facilitar o impedir el desplazamiento entre parcelas con recursos. El componente estructural

está determinado por la distribución espacial de los diferentes tipos de hábitats del paisaje y en él influyen factores como la continuidad de hábitats, la dimensión de las brechas, las distancias que se deben atravesar y la presencia de senderos alternativos o característicos de redes.

La conectividad estructural puede medirse por medio de análisis espacial o métricas del paisaje y la conectividad del paisaje se puede lograr a través de varias configuraciones de hábitats que funcionen como enlaces para especies, comunidades y procesos ecológicos (Bennett, 2004).

En este caso, no se tomó en cuenta la medición de la conectividad funcional, debido a que requería una mayor inversión en tiempo y recursos monetarios. Se consideró que obteniendo la conectividad estructural, se obtenía una aproximación al estado de conservación del bosque, que luego puede ser verificada añadiendo el componente funcional.

5.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo descriptiva. Se analizaron las tres reservas naturales privadas indicadas con anterioridad: Tarrales, Estación Científica Refugio del Quetzal y Monte de Oro. El trabajo de campo se llevó a cabo en los meses de diciembre 2014 y mayo 2015.

La conectividad estructural se midió dentro de las reservas naturales privadas y entre las mismas por medio de un análisis de usos de la tierra y su cobertura vegetal.

El área de estudio se delimitó haciendo uso de límites geográficos de cuencas y por altitud. Se delimitaron las cuencas en las que se encuentran las reservas naturales privadas, siendo estas: Río Madre Vieja y Río Nahualate, pertenecientes a la Vertiente del Pacífico. También se determinó la altitud mínima y máxima en las que se

encuentran las reservas, por medio de lo cual se estableció un rango altitudinal de 600-3,200 msnm.

5.4 INSTRUMENTO

Para medir la conectividad del área mediante la cobertura forestal se utilizó el Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012 del Grupo Institucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra de la República de Guatemala (GIMBOT), formato ráster y con una escala 1:25,000. También se utilizaron varias capas de apoyo del Atlas Temático de las Cuencas Hidrográficas de la República de Guatemala (MAGA, 2005) y los polígonos de las reservas naturales privadas elaborados por la Unidad GIS de Anacafé (2014), para la elaboración y presentación de mapas.

En cuanto a software se utilizó programa ArcGIS 10.3 para procesar la información y elaborar los mapas y la herramienta Fragstats 4.2 de la Universidad de Massachusetts para determinar métricas del paisaje y el índice de conectividad. Adicionalmente, se utilizó Microsoft Excel para realizar tablas dinámicas con los resultados.

Adicionalmente para la validación en campo se utilizó un GPS Garmin, cámara fotográfica Panasonic Lumix DMC-ZS20 y un cuaderno para tomar notas.

5.5 PROCEDIMIENTO

5.5.1 Consulta documental

Inicialmente, se realizó una revisión bibliográfica en la que se investigaron los componentes de la conectividad estructural y la medición de la misma por medio de la cobertura arbórea presente en el área. También se recopiló información referente al área de estudio, que en este caso, eran las tres reservas naturales privadas.

Seguidamente, se incluyó toda esta información en el informe para usarlo como referencia y para poder explicar los resultados obtenidos del trabajo de campo y el procesamiento de mapas.

5.5.2 Fase de campo

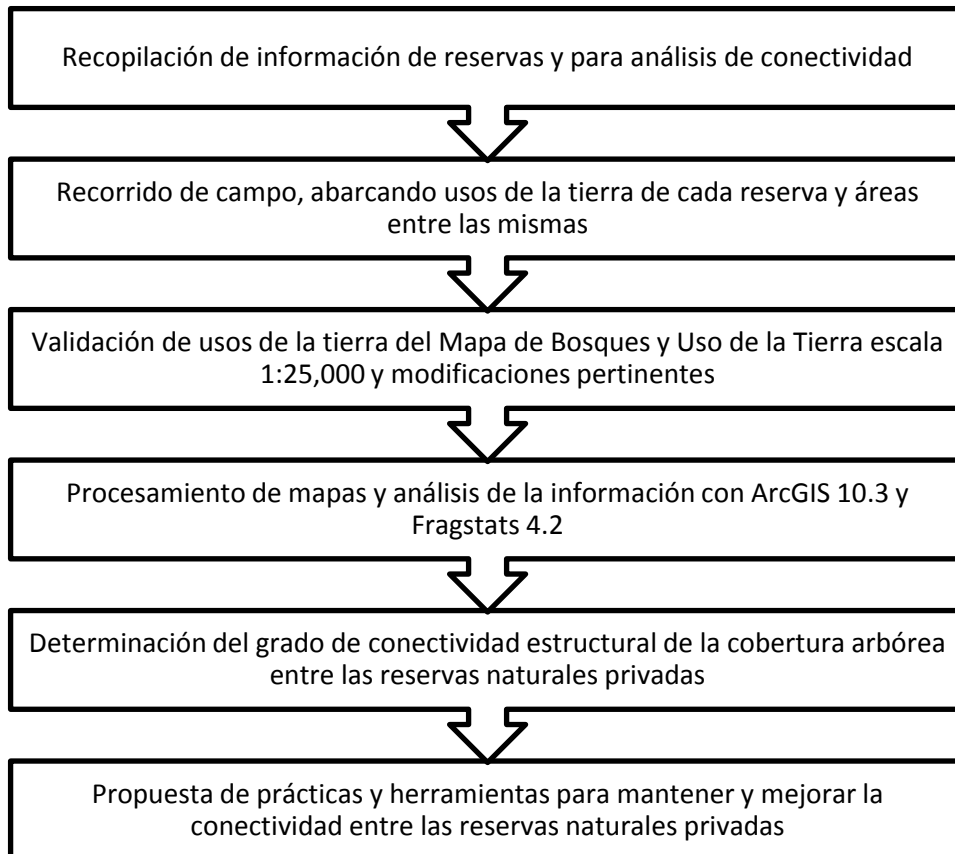


Figura 10. Plan de acción (Elaboración propia, 2015).

Para el análisis de la cobertura arbórea, inicialmente se utilizó el Mapa de Bosques y Uso de la Tierra (2012) del Grupo Institucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra de la República de Guatemala (GIMBOT), para poder identificar los diferentes usos de la tierra, diferenciando paisaje antropogénico (urbanización, infraestructura, cultivos agrícolas) del paisaje natural (bosque, arbustos, pastos naturales y cuerpos de agua). Luego se procedió a cuantificar el área de cada uso en hectáreas para conocer el tamaño de cada componente en la matriz general del paisaje.

El Mapa de Bosques y Uso de la Tierra, fue elaborado por un Grupo Institucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra de la República de Guatemala, el cual está integrado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales–MARN, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación–MAGA, la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia–SEGEPLAN, el Instituto Nacional de Bosques–INAB, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas–CONAP, el Instituto Geográfico Nacional–IGN y las Universidades Rafael Landívar, San Carlos (Facultad de Agronomía) y del Valle de Guatemala. El mapa anterior está en formato ráster con escala 1:25,000 (Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra, 2014).

Se realizó una visita de campo previo al análisis de mapas con ArcGIS 10.3, en los meses de diciembre de 2014 y mayo de 2015 en la que se pudo tener una aproximación inicial a los usos del suelo y el tipo de cobertura que existe en las reservas naturales.

La primera visita se realizó a la RNP Tarrales, durante el periodo del 1 al 3 de diciembre de 2014 y se recorrieron las tres fincas que conforman la RNP, siendo estas: Tarrales, Vesubio y La Chusita. La segunda visita se realizó a la RNP Monte de Oro, durante el periodo del 15 al 17 de diciembre de 2014 y la última visita se realizó a la RNP Estación Científica Refugio del Quetzal en el periodo del 26 al 27 de mayo de 2015.

La visita de campo consistió en un recorrido por las reservas naturales privadas y algunas áreas entre las reservas. Los recorridos fueron planificados de acuerdo al conocimiento de los propietarios y guardarrrecursos de cada reserva, tomando en cuenta que se pudieran observar los usos de la tierra y que fueran accesibles y seguros. Durante cada recorrido se tomaron los datos de coordenadas geográficas, altitud y se tomaron fotografías de cada uso de la tierra con una cámara Panasonic Lumix DMC-ZS20.

Después se procedió a verificar si los usos actuales coincidían con los usos del Mapa de la Tierra 2012, colocando las coordenadas geográficas tomadas en campo en el mapa y comprobando si los usos concordaban.

Después, se procedió a iniciar el procesamiento de la información, por lo que en primer lugar se delimitó el área de estudio por medio de cuencas y altitud. Para lo anterior, se ubicaron los polígonos de las RNP en la capa de cuencas del MAGA (2005) y se recortaron las dos cuencas a las que pertenecen, siendo estas la cuenca del Río Madre Vieja y la cuenca del Río Nahualate. Seguidamente, se cortó esta misma capa por altitud, tomando el rango de 600 msnm hasta los 3535 msnm en la cima del Volcán Atitlán.

Seguidamente, se combinaron las capas denominadas como “áreas de influencia negativa” que incluían: carreteras, edificios, cultivos y elementos. Esta capa combinada se unió con la capa previamente delimitada por cuenca y altitud. Al combinar ambas se obtuvo la capa que se utilizó para recortar la capa de usos de la tierra 2012 y que sirvió como base para todos los análisis siguientes. La capa anterior se denominó “Polígonos y Uso 2012”.

La capa Polígonos y Uso 2012, se procesó haciendo uso de ArcGIS 10.3, con lo cual se obtuvo el área correspondiente a cada uso de la tierra y luego se utilizaron tablas dinámicas en Microsoft Excel para determinar los porcentajes de uso de la tierra y graficar estos resultados.

Finalmente, esta capa se procesó usando el programa Fragstats 4.2, con lo cual se determinaron los siguientes parámetros; (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de parámetros utilizados elaborado con base en el Manual de Fragstats

No.	Parámetro	Descripción	Unidades de medida
1	Área de parches	Indica el tamaño del área de cada parche. Se abrevia como AREA en Fragstats.	Número de hectáreas
2	Área de clase	Es una medida de la composición del paisaje. Indica cuánto del paisaje se compone de un tipo de parche particular. Se abrevia CA en Fragstats.	Número de hectáreas
3	Porcentaje de tierra	Se refiere al porcentaje que corresponde a cada clase de paisaje. Se abrevia PLAND en Fragstats.	Porcentaje
4	Número de Parches	Se refiere al número de parches de cada clase y del paisaje. Se abrevia NP en Fragstats.	Unidades
5	Densidad de Parches	Equivale al número de parches del tipo de parche correspondiente dividido entre el área total, multiplicado por 10,000 y por 100 (para convertir a 100 ha). Se abrevia PD en Fragstats.	Número de parches/100 hectáreas
6	Área total del paisaje	Se refiere al área total del paisaje. Se abrevia TA en Fragstats.	Número de hectáreas
7	Índice de conectividad	Se refiere al número de uniones funcionales entre parches del mismo tipo, en donde cada par de parches pueden estar o no conectados basándose en un criterio de distancia. La escala va de 0 a 100, cuando 0 indica que no existe conectividad entre los parches o que solo existe uno que no tiene conexión con otros y 100 cuando todos los parches estén conectados. Se abrevia Connect en Fragstats.	Porcentaje

Adicionalmente se evaluaron los parámetros presentados anteriormente con base en los siguientes lineamientos:

- Regla de vecindad
- Umbrales de distancia

Regla de vecindad

Se utilizó la regla de vecindad de cuatro celdas para todos los análisis. Estas reglas para definición de parches y sus límites son utilizadas de acuerdo a la escala del evento que se estudia y la escala de trabajo a la que se quiera recomendar herramientas de gestión. La regla de cuatro vecinos es más estricta y Fragstats hace un análisis pixel por pixel dentro del mapa raster de usos del suelo, realizando un análisis de similitud entre pixeles vecinos, ignorando los vecinos en diagonal. Lo anterior indica que para considerar los pixeles como parte de un mismo parche, Fragstats identifica los pixeles que se tocan verticalmente u horizontalmente. Por otro lado, si se selecciona la regla de ocho vecinos, Fragstats toma en cuenta los pixeles vecinos de forma horizontal, vertical y diagonal, y si estos coinciden en su uso, serán clasificados como parte de un mismo parche. En la Figura 11 se ejemplifica de mejor manera como se aplica la regla de vecindad.

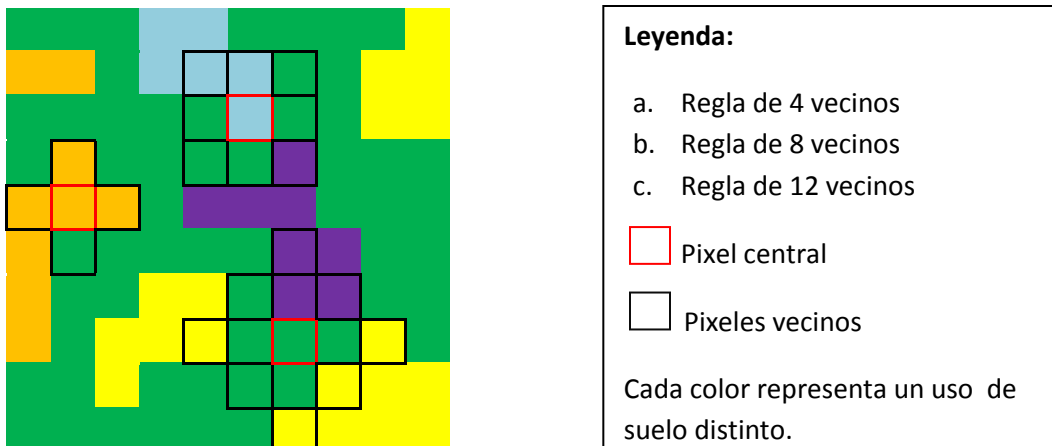


Figura 11. Ejemplificación de regla de vecindad.

Umbrales de distancia

Los umbrales de distancia (threshold distances) indican el espacio a medir entre los parches para poder determinar si presentan conectividad estructural. Esta distancia la determina el usuario dependiendo, tomando en cuenta que mientras más restrictivo sea el rango el paisaje puede estar más o menos conectado.

Para este estudio se establecieron dos umbrales de distancias para medir la conectividad estructural: de 1 y 5 km, para poder comparar los parámetros de especies de movimiento limitado y para medir a nivel de parches de bosques entre las reservas.

5.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En el caso de la determinación de usos del suelo, se procesó el Mapa de Bosques y Uso de la Tierra (2012) y los mapas individuales de usos de suelos de las RNP de la Unidad GIS de Anacáfe en ArcGIS 10 para determinar los distintos usos de la tierra en el área de estudio, y luego se generaron los mapas correspondientes donde puede visualizarse los usos y los puntos de observación de la gira de campo. Adicionalmente, se generaron tablas donde pueden visualizarse los porcentajes por uso en cada reserva y como porcentaje del área total de estudio.

Asimismo, se generó un cuadro resumen con las observaciones realizadas en campo en el que se verificaron los usos de la tierra en cada reserva natural privada y algunas áreas entre las mismas reservas.

Haciendo uso del programa Fragstats 4.2 se verificó la conectividad de las áreas protegidas determinando el área y densidad de parches identificados. También se determinó el área de clase, el porcentaje de tierra y de bosque, número de parches, área total del paisaje y el índice de conectividad entre fragmentos. De esta manera se logró determinar qué áreas tienen la mejor capacidad de conservación de acuerdo a la proporción de bosque que tienen y su índice de conectividad.

Finalmente, tomando en cuenta toda la información recopilada y analizada anteriormente, se presentó una propuesta de herramientas de manejo a los propietarios de las reservas naturales privadas en estudio, para mantener y mejorar la conectividad dentro de sus áreas y entre las mismas. Los resultados del análisis con Fragstats 4.2 se

presentan en forma de los mapas generados, los parámetros calculados que se presentan en un cuadro con su explicación correspondiente y unas recomendaciones para mejorar la conectividad entre las áreas y proponer soluciones para restaurar las áreas más fragmentadas.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio se obtuvieron luego de procesar: el Mapa de Bosques y Uso de la Tierra (2012) y los mapas individuales de usos de suelos de las reservas naturales privadas (RNP) de la Unidad GIS de Anacáfe. Adicionalmente se utilizaron mapas base del Atlas Temático de las Cuencas Hidrográficas de la República de Guatemala (MAGA, 2005). En el proceso mencionado anteriormente, se notó que los usos de la tierra de la RNP Monte de Oro no correspondía con los usos establecidos en el mapa, por lo que se procedió a incluir el polígono de usos de la tierra elaborado por el Unidad GIS de Anacáfe en el año 2014 que sí incluía los usos actuales de la reserva. A continuación se presentan los resultados correspondientes a los objetivos de investigación y se separan por: área de estudio, que agrupa las áreas dentro de las RNP y entre ellas; y el área dentro de las RNP.

6.1 USOS DE LA TIERRA

6.1.1 Área de estudio

Inicialmente se obtuvo el Mapa de Usos de la Tierra en Área de Estudio que puede visualizarse en la Figura 12 a continuación. Como resultado de este mapa, se pudieron identificar 15 usos de la tierra presentes en el área de estudio y sus extensiones correspondientes, que se presentan en el Cuadro 2 a continuación.

Cuadro 2. Usos de la tierra y sus extensiones en el área de estudio.

Usos de la tierra	Área en hectáreas	Porcentaje de área
Bosque	9,294	54%
Cultivo de café	3,615	21%
Urbano	1,432	8%
Cultivo de hule	850	5%
Pastizales	591	3%
Cultivo de palma africana	385	3%
Cultivos permanentes arbóreos	348	2%

Usos de la tierra	Área en hectáreas	Porcentaje de área
Vegetación arbustiva baja (Guamil-matorral)	282	2%
Cultivo de caña de azúcar	180	1%
Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	90	0.52%
Cuerpos de agua	36	0.21%
Zonas agrícolas heterogéneas	33	0.19%
Agricultura anual	31	0.18%
Cultivos permanentes herbáceos	0.71	0%
Zonas húmedas	0.03	0%
Área total	17,330	100%

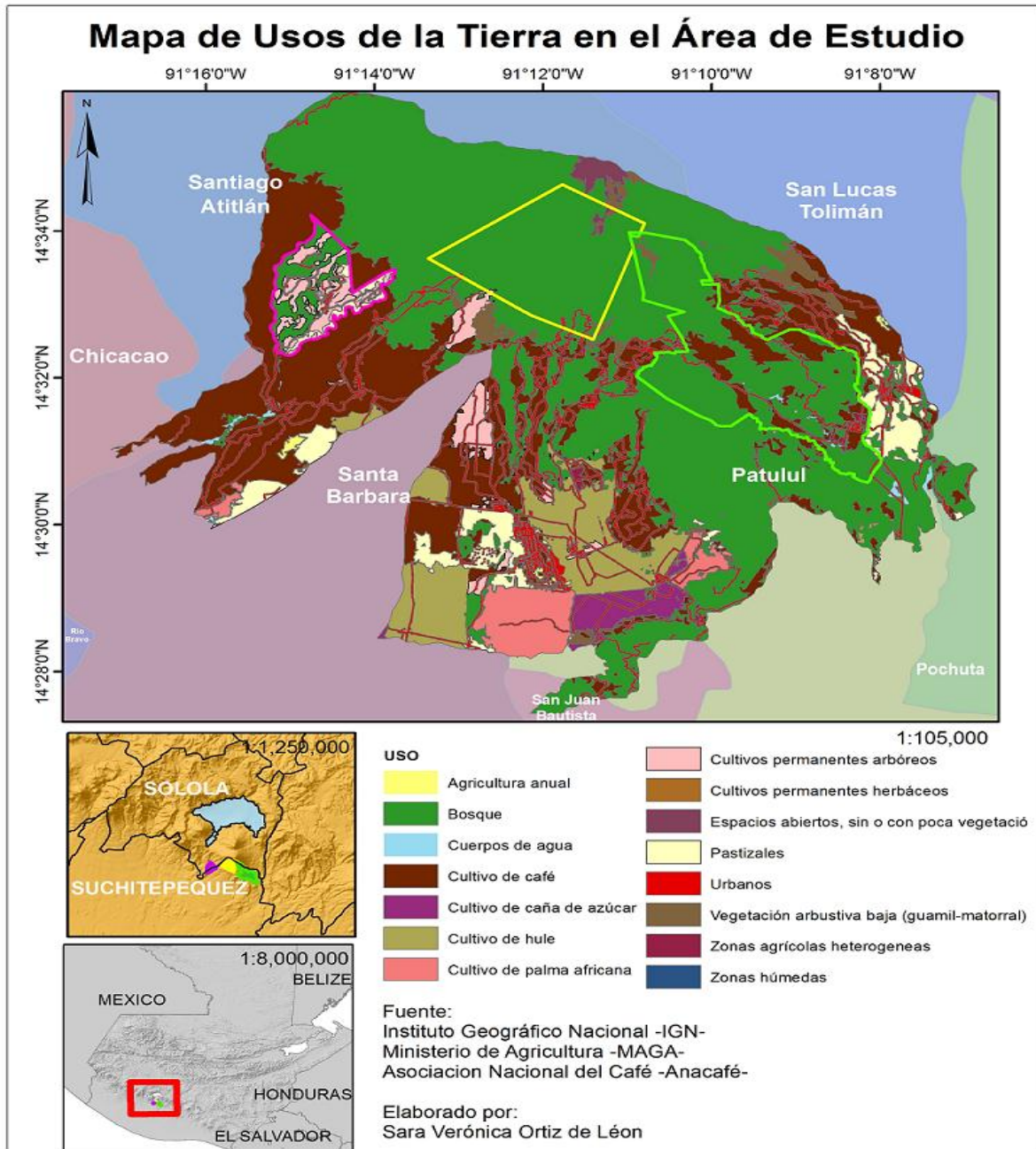


Figura 12. Mapa de Usos de la Tierra en Área de Estudio (Elaboración propia, 2016).

Como puede observarse, la mayor extensión corresponde al bosque, con un 54% del área total. Seguidamente se tiene: el cultivo de café con un 21%, las áreas urbanas con un 8%, el cultivo de hule con un 5%, los pastizales con un 3%, el cultivo de palma africana con un 3%, los cultivos permanentes arbóreos y la vegetación arbustiva baja con un 2% cada uno y el cultivo de caña de azúcar con un 1%. En conjunto, estos nueve usos de la tierra suman el 99% del área total.

Lo anterior indica que en el área sur del Volcán Atitlán, todavía se mantiene una buena cobertura forestal, pero se tiene una gran extensión de cultivos permanentes como el café, el hule, la palma africana y la macadamia, entre otros, que suman un 32%.

También es importante notar que se tiene una urbanización alta de un 9%, siendo este el tercer uso de la tierra de mayor extensión del área. Lo anterior hace notar que existe infraestructura en el área en la forma de carreteras y caminos, edificios, casas y otras instalaciones que pueden generar impacto en la biodiversidad del área, al crear bordes y ocasionar fragmentación, lo que provoca la pérdida general del hábitat en el paisaje, la disminución en el tamaño de los segmentos o una reducción del hábitat y un mayor aislamiento de hábitats (Bennett, 2004).

6.1.2 Reservas Naturales Privadas

En el caso de las tres RNP, estas se analizaron en conjunto para poder obtener los usos de la tierra que se tienen dentro de las mismas. De esta cuenta, se obtuvo la Figura 13 que se presenta a continuación, donde pueden observarse los diez usos de la tierra presentes dentro de las RNP.

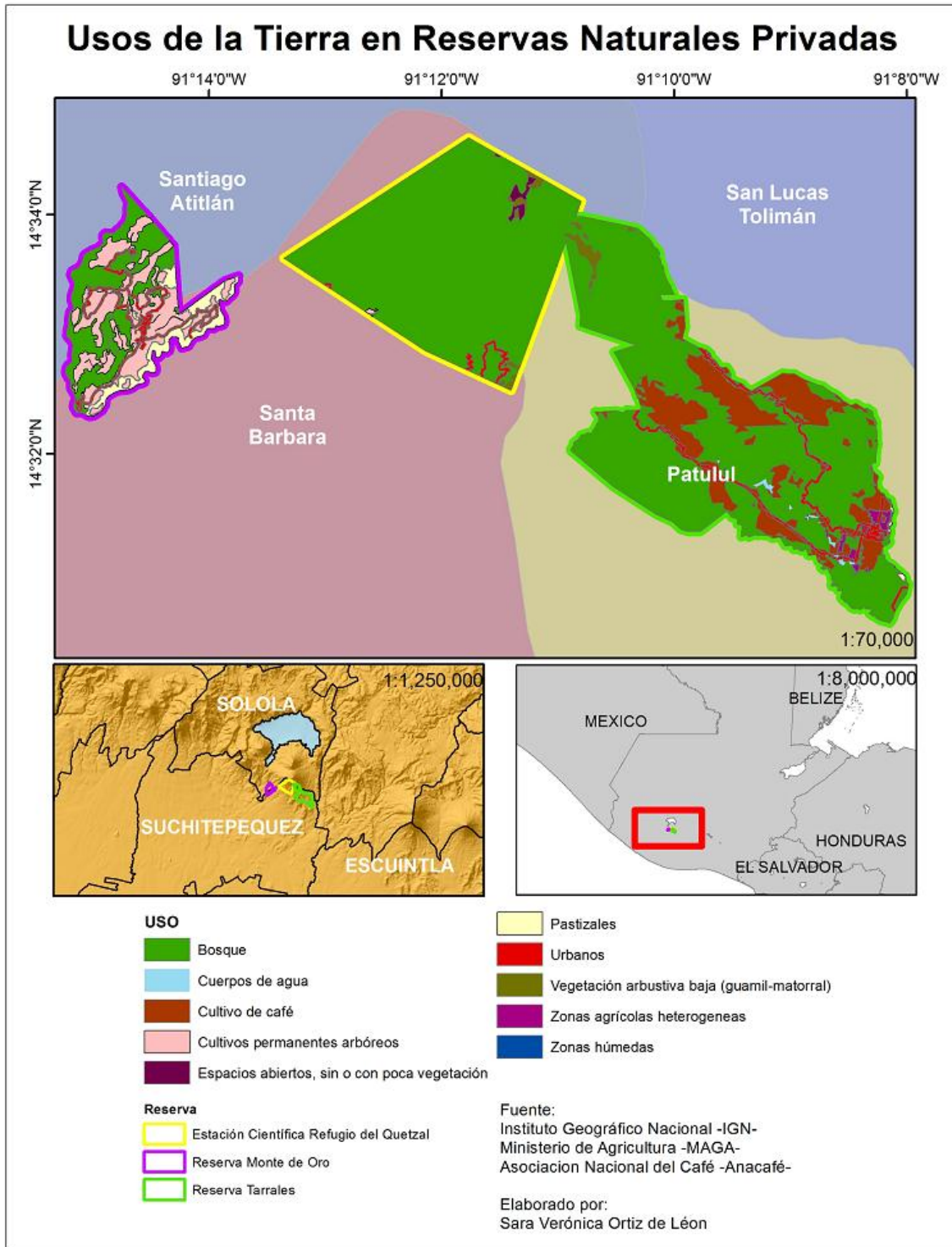


Figura 13. Mapa de Usos de la Tierra en Reservas Naturales Privadas (Elaboración propia, 2016).

Asimismo, con los datos generados por medio del mapa anterior, se pudo determinar la extensión de cada uso de la tierra dentro de las RNP y esta información se presenta en la Figura 14 a continuación.

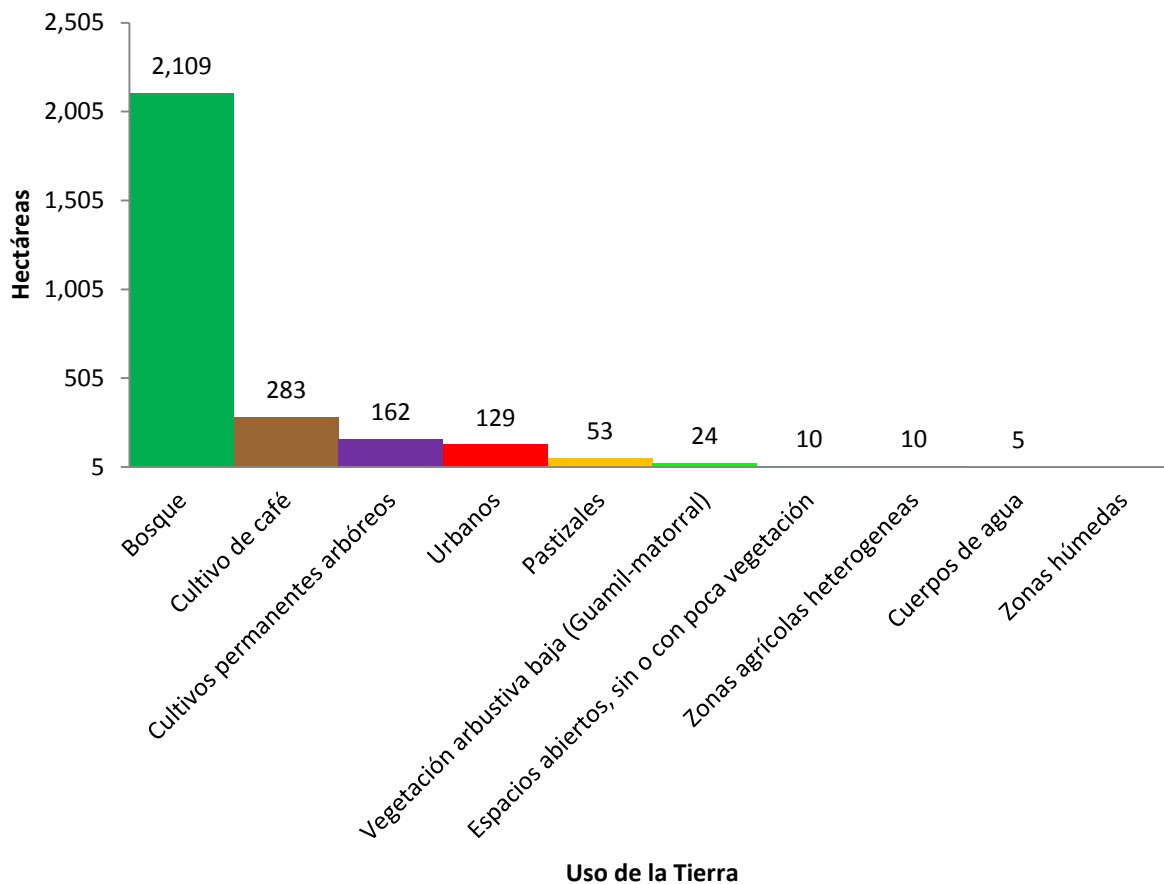


Figura 14. Usos de la tierra dentro de las RNP.

Como puede observarse, la mayor extensión de uso de la tierra dentro de las tres RNP es el bosque con 2,109 ha, lo que equivale a un 76% del área total. El segundo uso de la tierra de mayor extensión es el cultivo de café con 283 ha (10% del área total) y los cultivos permanentes arbóreos con 162 ha (6%). Lo anterior indica que dentro de las RNP, se ha conservado la mayor parte del bosque natural y esto contribuye a mantener la cobertura arbórea en toda el área, ya que estos bosques representan el 23% del bosque total del área de estudio.

Vale la pena mencionar que la RNP con la mayor cobertura es Estación Científica Refugio del Quetzal, que conserva 967 ha de bosque, equivalentes al 96% de su área total. En segundo lugar, se encuentra la RNP Tarrales que conserva 1,032 ha, equivalentes al 73% de su área total y por último la RNP Monte de Oro que conserva 161 ha de bosque equivalentes al 31% de su área total.

Si a lo anterior sumamos los cultivos permanentes que también contribuyen a mantener la conectividad, los niveles de cobertura se incrementan en las RNP Tarrales y Monte de Oro, que sí tienen actividades productivas. En el caso de la RNP Tarrales ascendería a 1,313 ha, equivalentes al 93% de su área total y la RNP Monte de Oro a 324 ha de bosque equivalentes al 75% de su área total.

6.1.3 Observación de campo

Parte de la metodología para determinar los usos de la tierra y el estado y validación de los mismos en las RNP, consistía en realizar un recorrido de campo de acuerdo a los diferentes usos reportados en el Mapa de Bosques y Uso de la Tierra (2014). De esta manera, se visitaron las RNP en los meses de diciembre 2014 y mayo de 2015, realizando un recorrido planificado de acuerdo al conocimiento de los propietarios y guardarrecursos de cada reserva, tomando en cuenta que se pudieran observar los usos de la tierra y que fueran accesibles y seguros. A continuación se presentan los puntos del recorrido de campo en la Figura 15 y en el Cuadro 3 un resumen con los hallazgos observados durante estos recorridos para cada RNP. En los Anexos pueden encontrarse fotografías de cada uno de los recorridos por las reservas.

Es importante mencionar que en conjunto se abarco el rango de los 750-2200 msnm en las tres reservas y se tomaron 86 puntos con sus respectivas coordenadas geográficas.

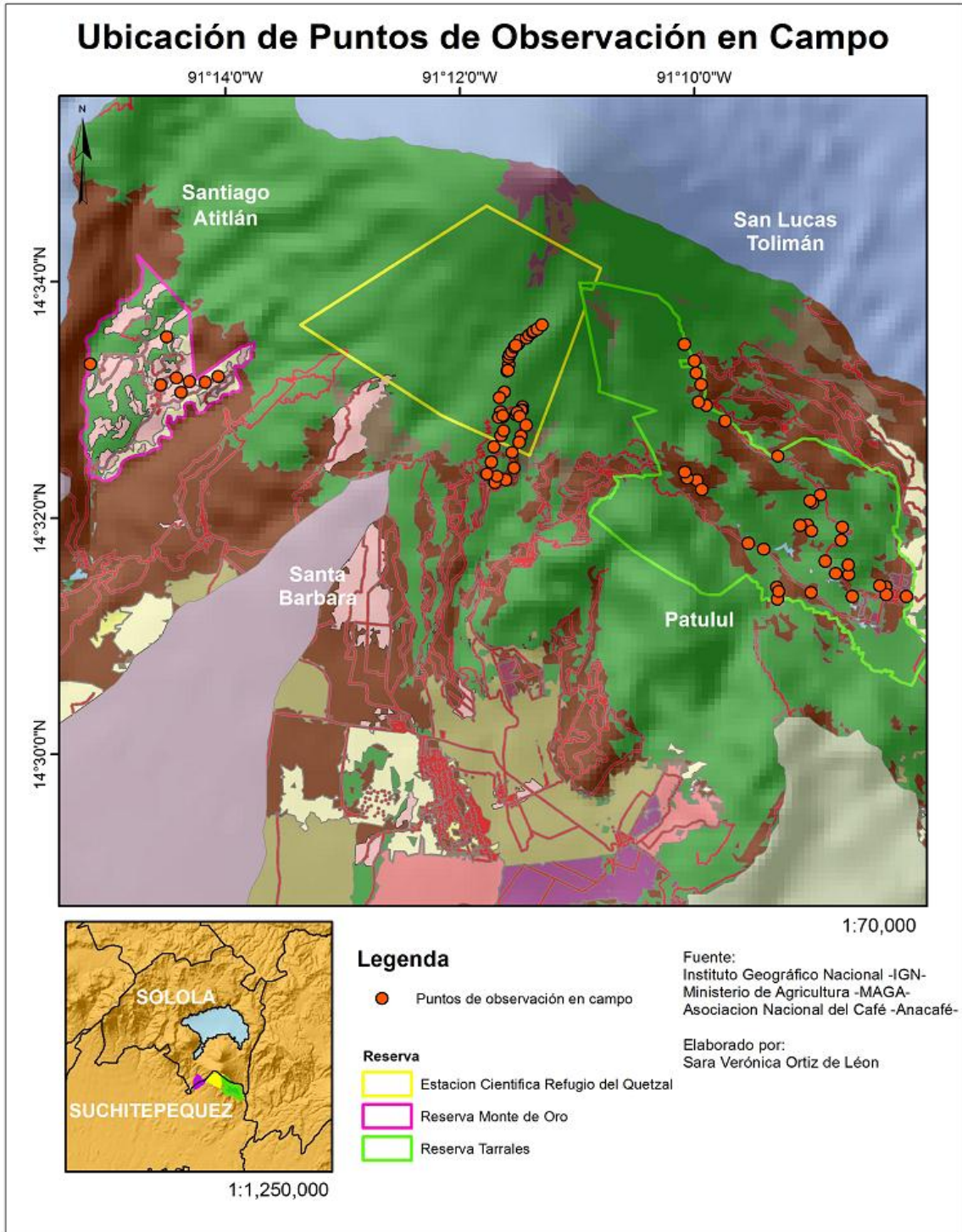


Figura 15. Puntos de recorrido de campo. (Elaboración propia, 2016)

Cuadro 3. Descripción de observación de campo en las RNP Monte de Oro, Refugio del Quetzal y Tarrales.

	Monte de Oro	Refugio del Quetzal	Tarrales
Rango altitudinal del recorrido	900-1,113 msnm	1290-2,200 msnm	750-1,700 msnm
Usos de la tierra identificados	<ul style="list-style-type: none"> • Bosque • Cultivos permanentes arbóreos (macadamia) • Urbanos • Cuerpos de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Bosque • Cultivos permanentes arbóreos (quina) • Urbanos • Cuerpos de agua • Guamil-Matorral 	<ul style="list-style-type: none"> • Bosque • Cultivos permanentes arbóreos (pimienta negra) • Cultivo de café • Urbanos • Cuerpos de agua • Zonas agrícolas heterogéneas (plantas ornamentales)
Observaciones	<p>En el paisaje antropogénico, en el área se encuentran árboles de macadamia en un tercio de su extensión y araucaria en algunas partes. El área urbana está compuesta por una casa patronal, una escuela, una iglesia, varias bodegas y casas familiares, una microhidroeléctrica y varios caminos empedrados y de terracería.</p> <p>En el paisaje natural, se observó un riachuelo, el cuál es aprovechado para energía hidroeléctrica. Los bosques naturales se encuentran en su mayoría en</p>	<p>En el paisaje antropogénico, en el área se encuentran algunas áreas de en las que se sembró quina, pero se debió a una invasión de la finca vecina. El área urbana está compuesta solamente por una estación científica y un camino de terracería.</p> <p>En el paisaje natural, se observó un riachuelo. Los bosques naturales ocupan la mayoría del territorio y se pudo observar latifoliados.</p>	<p>En el paisaje antropogénico, en el área se encuentra cultivo de café aproximadamente el 20% de su extensión y se encuentran parcelas de pimienta negra y palo blanco. El café se maneja bajo sombra de higuierillo e izote en sus primeros años y luego con <i>Inga</i> spp. El área urbana está compuesta por una casa patronal, varias edificaciones que sirven de hotel, un par de iglesias, varias bodegas, casas familiares, una microhidroeléctrica y varios caminos empedrados y de terracería. Adicionalmente se tiene un patio de secado y beneficiado húmedo de café y plantaciones</p>

	Monte de Oro	Refugio del Quetzal	Tarrales
	<p>áreas con pendientes muy altas y se observaron latifoliados durante el recorrido.</p>		<p>de plantas ornamentales.</p> <p>En el paisaje natural, se observaron varios riachuelos y el Río Tarrales, el cuál es aprovechado para energía hidroeléctrica. Los bosques naturales se encuentran en su mayoría en áreas con pendientes y se observaron latifoliados y pino-encino durante el recorrido, además de bambú.</p>
Información adicional de interés	<p>Tiene un enfoque más productivo y acaba de inscribirse como área protegida en 2014. A pesar de las extensiones de bosque que tiene, se comprobó durante el recorrido que se hace extracción de vida silvestre y por el momento no se tenía planes o acciones para evitar esto y no se contaba con guardarrrecursos. Se tienen reportes de avistamientos de pumas, perico ligero y varios mamíferos pequeños como ardillas, cotuzas, tepezcuintles y pizotes.</p>	<p>Tiene el enfoque más conservacionista de las tres y se cuenta con un guardarrrecursos capacitado y solamente se permite acceso a dos senderos con acompañamiento del mismo. Se inscribió como área protegida en 2013, pero se ha manejado como tal desde su creación. Se tienen reportes de avistamientos de pumas, pavo de cacho y quetzales.</p>	<p>Maneja un balance entre la producción agrícola y la conservación. Las áreas boscosas se mantienen y se tiene contemplada la capacidad de carga de los ecosistemas. Es la única que tiene facilidades turísticas. Se cuenta con varios guardarrrecursos y guías capacitados, algunos especializados en aviturismo. Fue donde más se observó vida silvestre de primera mano, incluyendo una especie de ave endémica de la región, el tangara (<i>Tangara cabanisi</i>). También se observó venado de cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>) y pavas (<i>Penelope purpurascens</i>), entre otras.</p>

(Elaboración propia, 2015)

6.2 CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL DEL BOSQUE ENTRE LAS TRES RESERVAS NATURALES PRIVADAS

Para el análisis de conectividad se utilizó el programa Fragstats 4.2 con el cual se analizaron los resultados de usos de la tierra obtenidos de ArcGIS 10.3 de la sección anterior. Se utilizó la regla de cuatro vecinos. Se presentaron los resultados utilizando los diferentes umbrales: de 1 y 5 km.

De lo anterior, se obtuvieron 4,784 parches individuales del área de estudio total. El número de parches (NP) y densidad de los parches (PD) se presentan en el Cuadro 4 a continuación.

Cuadro 4. Parches de cada uso de la tierra en el área de estudio

Clase	Uso de la Tierra	Número de Parches	Densidad de Parches
1	Agricultura anual	40	0
2	Bosque	468	10
3	Cuerpos de agua	60	1
4	Cultivo de café	1,170	45
5	Cultivo de caña de azúcar	25	0
6	Cultivo de hule	91	1
7	Cultivo de palma africana	25	0
8	Cultivos permanentes arbóreos	213	15
9	Cultivos permanentes herbáceos	1	0
10	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	18	1
11	Pastizales	127	4
12	Urbanos	2,266	64
13	Vegetación arbustiva baja (Guamil-matorral)	210	4
14	Zonas agrícolas heterogéneas	60	2
15	Zonas húmedas	10	0

Mientras mayor número de parches tiene un uso de la tierra, mayor es su fragmentación debido al efecto de borde y el aislamiento que esto genera. También se disminuye el

área núcleo, que es donde las especies animales y vegetales tienen un hábitat más seguro para vivir. La PD indica el número de parches por cada 100 hectáreas. Esto indica que los mayores NP/100 ha corresponde a las áreas urbanas y al cultivo de café.

6.2.1 Conectividad estructural con umbral de 1 km

En el caso de las RNP y el área de estudio en general, los usos de la tierra menos conectados de acuerdo con el Índice de Conectividad son los que tienen mayor extensión dentro del área, como el bosque y el cultivo de café. En ambos casos coincide con las mayores PD del área, lo que indica que a mayor densidad de parches, se tiene una menor conectividad. En el Cuadro 5 se presentan los resultados de conectividad estructural del área total de estudio y por cada RNP.

Cuadro 5. Conectividad estructural del área total de estudio y por cada RNP, con umbral de 1 km, en porcentaje

Uso de la Tierra	Monte de Oro	Refugio del Quetzal	Tarrales	Área de estudio
Agricultura anual				57.8
Bosque	70.9	70.0	30.0	5.6
Cuerpos de agua			56.1	23.5
Cultivo de café	65.5	100.0	32.1	5.0
Cultivo de caña de azúcar				50.7
Cultivo de hule				21.3
Cultivo de palma africana				38.3
Cultivos permanentes arbóreos	53.8	100.0		14.5
Cultivos permanentes herbáceos				0.0
Espacios abiertos, sin o con poca vegetación		100.0		53.8
Pastizales	70.9		78.2	13.9
Urbanos	51.2	50.0	82.1	7.1
Vegetación arbustiva baja (Guamil-matorral)		38.2	17.7	6.0
Zonas agrícolas heterogéneas			100.0	48.7
Zonas húmedas			40.0	40.0

(Elaboración propia, 2016)

En el caso específico de cada RNP, se observa que la mayor conectividad de bosque se encuentra en Monte de Oro y Estación Científica Refugio del Quetzal y la menor en Tarrales. Asimismo, para el caso del área de estudio total, el bosque cuenta con uno de los menores Índices de Conectividad, debido al avance de la fragmentación en el área. Es importante mencionar que estos resultados concuerdan con los hallazgos hechos por Ríos en 2011, en donde se estableció la conectividad estructural de un área de la cadena volcánica occidental en 7.5% con umbral a 1 km.

6.2.2 Conectividad estructural con umbral de 5 km

La conectividad con umbral de 5 km, aumenta considerablemente para cada uso del área de estudio. Del máximo posible de 100%, se tiene un promedio del 55.2% entre todos los usos, y esto se traduce que en una distancia de 5 km más de la mitad de los pares de parches se encuentra conectado o unido. Estos resultados se muestran en el Cuadro 6.

También es importante notar, que en el caso específico de las RNP, la conectividad aumento al 100% en el caso de Monte de Oro y de Estación Científica Refugio del Quetzal, y a un 97% en el caso de Tarrales. Lo anterior permite inferir que la conectividad dentro de las áreas protegidas es muy fuerte, y el bosque, llega a tener una conectividad del 100% en todas las RNP.

A su vez, en el área de estudio en general, la conectividad del bosque aumentó a un 40%, lo cual indica que en una distancia de 5 km el 40% de los pares de parches de bosque están conectados.

Cuadro 6. Conectividad estructural del área total de estudio y por cada RNP, con umbral de 5 km, en porcentaje

Uso de la Tierra	Monte de Oro	Refugio del Quetzal	Tarrales	Área de estudio
Agricultura anual				81.5
Bosque	100.0	100.0	100.0	39.8
Cuerpos de agua			100.0	50.4

Uso de la Tierra	Monte de Oro	Refugio del Quetzal	Tarrales	Área de estudio
Cultivo de café	100.0	100.0	99.9	39.9
Cultivo de caña de azúcar				96.0
Cultivo de hule				73.7
Cultivo de palma africana				54.7
Cultivos permanentes arbóreos	100.0	100.0		65.3
Cultivos permanentes herbáceos				0.0
Espacios abiertos, sin o con poca vegetación		100.0		56.0
Pastizales	100.0		100.0	39.7
Urbanos	100.0	100.0	99.6	35.0
Vegetación arbustiva baja (Guamil-matorral)		100.0	76.6	40.3
Zonas agrícolas heterogéneas			100.0	55.1
Zonas húmedas			100.0	100.0
Promedio	100.0	100.0	97.0	55.2

6.3 HERRAMIENTAS QUE CONTRIBUYAN A LA CONECTIVIDAD

Para la creación y conservación de enlaces biológicos es necesario integrar en la planificación y manejo, otros programas que proporcionen beneficios en manejo sostenible de la tierra (Bennett, 2004). Uno de estos programas es el ecoturismo, en el que se pueden realizar varias actividades al aire libre y se mantiene la belleza escénica y el paisaje, contribuyendo a que se perciba el área como un lugar agradable y atractivo para los turistas. Adicionalmente esta actividad provee empleo a las comunidades locales involucrándolos como guías naturales, transportistas, propietarios de hoteles, personal de restaurantes, vendedores u otras ocupaciones (Harvey y Sáenz, 2007). Este es el caso de la RNP Tarrales, que ha combinado sus actividades agrícolas con ecoturismo y es reconocida por el avistamiento de aves. Esto se podría implementar en las otras dos RNP, en Monte de Oro y Estación Científica Refugio del Quetzal, ya que ambas cuentan con belleza escénica, y variedad de ecosistemas y vida silvestre, que puede atraer visitantes. El ecoturismo permite generar ingresos, lo que a su vez incentiva a los propietarios a conservar la belleza escénica y el paisaje para seguir percibiendo estos ingresos derivados del turismo. Lo anterior, permite que al conservar el paisaje y la cobertura forestal, se mantenga la conectividad entre las áreas.

Por otro lado, se tiene la agroecología, que en cuanto a su uso para aumentar la conectividad, puede definirse como un conjunto de técnicas innovadoras y

ecológicamente informadas, que permiten llevar a cabo nuevos modelos para reducir los problemas ambientales de la agricultura moderna. Estas técnicas son alternativas sostenibles en la que se toma en cuenta la gestión de agroecosistemas, por medio del buen uso de la materia orgánica, la actividad biológica del suelo, mecanismos de control naturales, regeneración y conservación de los recursos y el aumento de la agrobiodiversidad y sinergismos (Warner, 2007). En los casos de Tarrales y Monte de Oro se podría aprovechar la materia orgánica generada en los procesos productivos para aboneras, cuyo producto podría aplicarse en los mismos sistemas productivos o venderse.

Además, los sistemas forestales ofrecen bienes y servicios como leña, polinizadores, controladores biológicos de plagas, semillas, abonos naturales y estabilizadores del clima. Debido a lo anterior, al conservar el bosque, se logra una viabilidad económica al abastecer de granos y productos agrícolas, así como leña, medicinas y materiales de construcción (Toledo, 2002). Ligado a lo expuesto anteriormente, al obtener beneficios y estar consciente de los bienes y servicios que proveen los bosques, podría incrementarse el interés de conservarlos, y al conservarlos, permitiría aumentar el área boscosa y los remanentes de bosque que contribuyen a la conectividad. Cuando no existe un mercado formal, es difícil establecer el valor de los bienes y servicios ambientales, por lo que es necesario elegir una metodología que permita valorar los usos directos e indirectos que estos ofrecen. Usualmente, es más fácil valorar los bienes que tienen mercado formal, como la madera, mientras que los bienes y servicios que no lo tienen, como la polinización, necesitan estimaciones de medidas de bienestar como la disposición a pagar por el uso directo o indirecto del servicio (Villena y Lafuente, 2013).

Uno de los sistemas que promueve la agroecología es la agroforestería o el agropaisaje, que se caracteriza por ser un mosaico o matriz de paisaje formado por un conjunto de ecosistemas cuyo principal uso del suelo es agropecuario. La conservación de remanentes de bosque natural en paisajes agrícolas permite mantener la mayor diversidad estructural y funcional posible (Zamora-López, 2006). Esta práctica ya está

siendo aplicada en las tres RNP, que han conservado un porcentaje considerable de bosque, y lo que se esperaría, es que puedan mantenerlo con el tiempo o ampliarlo en otras áreas, donde sería importante que se sumaran las reservas y fincas vecinas, para que en conjunto puedan tener una mayor conectividad.

Además, se tiene la silvicultura, que se trata de cultivar el bosque y sus posibles productos, con base en las características de los árboles y del sitio. También puede definirse como un proceso en el que se cultivan, cosechan y renuevan los productos forestales de un bosque (Louman, Quirós y Nilsson, 2001). Sería importante definir si se puede dar un aprovechamiento sostenible del bosque en todas las áreas y capacitar a los interesados en cómo hacerlo adecuadamente, tomando en cuenta que se contemplen y regulen este tipo de actividades en los planes maestros de las reservas, que en este caso, solo se tiene el de Tarrales que está desactualizado al ser de 2004 y no se tienen los de las otras dos reservas.

En un agropaisaje, su estructura es un arreglo espacial de los diferentes tipos de suelo y la ubicación de los elementos, como las cercas vivas, los árboles dispersos en y árboles en línea. El nivel de conectividad de los fragmentos de bosque y los procesos ecológicos que se pueden llevar a cabo en ellos, estará determinado por la forma y la cantidad de estos componentes (Sauceda, 2010). Por esto es importante que todas las áreas mantengan cierto arreglo espacial de árboles de distintas formas como mantener los bosques de ribera, fomentar el uso de barreras y cercas vivas, y en lo posible, mantener árboles dispersos dentro de los sistemas agrícolas o agropecuarios. Se ha demostrado, que las cercas vivas son utilizadas por muchos animales silvestres en algún momento de su ciclo de vida, proveyendo hábitats para la reproducción y alimento (flores, semillas, frutos y follaje). Sirven además a la protección de plantas, insectos, aves y mamíferos pequeños y pueden contribuir a la conectividad estructural del agropaisaje (Sauceda, 2010).

La diferencia puede observarse al comparar la RNP Tarrales y la RNP Monte de Oro. Es importante resaltar que ambas RNP cuentan con caminos e infraestructura. Sin

embargo, en cuanto a número de parches (NP) de bosque, Tarrales tiene 67 parches distintos, mientras Monte de Oro solamente tiene 11. Esto se debe a la estructura espacial que se mencionaba anteriormente, ya que Monte de Oro ha colocado su infraestructura de una manera que permite que haya conectividad entre los parches, mientras que en Tarrales, la infraestructura tiende a cortar completamente la conexión entre un parche y otro. Esto se podría enmendar cambiando la forma en la que se crean los caminos o colocando cercos vivos con árboles de copa ancha que permita que se conecten ambos lados. También se pueden aprovechar los árboles de sombra del café, procurando una cobertura de más del 15% del área, ya que esto permite mantener la biodiversidad. En un agropaisaje, la estructura se refiere al arreglo espacial de sus elementos como la ubicación de elementos como cercas vivas, árboles dispersos en potreros y árboles en línea (en los límites de las fincas, a orillas de quebradas y caminos). El nivel de conectividad de los fragmentos de bosques y los procesos ecológicos asociados dentro de este paisaje dependerá de la forma y cantidad de estos componentes (Zamora-López, 2006). Un cambio en la estructura, implica la alteración espacial y funcional del paisaje en el tiempo, por la pérdida de hábitat, lo cual limita el movimiento de animales y el proceso de las interacciones entre los elementos del paisaje (Sauceda, 2010). Por este motivo es importante ubicar los elementos de forma adecuada que facilite el desplazamiento de los organismos entre parches de bosques y que sean del tamaño adecuado.

Finalmente, otra actividad compatible con la conservación y conectividad que se ha popularizado actualmente, son los pagos por servicios ambientales (PSA), que es un mecanismo que sirve para mejorar los paisajes y la cobertura arbórea, al mismo tiempo que proveen de ingresos monetarios a los dueños de los recursos que participan en este tipo de acción y pueden transferirse los pagos en forma de tecnología y servicios de turismo en áreas rurales (Zamora-López, 2006). Debido a que todas las RNP se encuentran en áreas de nacimientos de agua que bajan del Volcán Atitlán y que sirven como fuentes de agua cuenca abajo, podrían asociarse e implementar un PSA para obtener beneficios conservando el bosque. El PSA requiere una definición clara de los derechos de propiedad y del servicio ambiental, debe existir al menos un comprador y un vendedor del servicio, las transacciones son voluntarias y el pago está condicionado

a los servicios contratados de igual calidad a los actualmente suministrados. Actualmente, sería necesario en principio cumplir con estos cinco puntos para poder implementar un esquema de PSA, tras lo cual podría empezar a obtenerse compensación por la conservación de los bosques y el agua (Castro, 2014). Los PSA permiten estimular el aumento de la cobertura arbórea en sistemas forestales y agroforestales, y promueven prácticas menos extensivas y más amigables con el ambiente

En conjunto las tres RNP suman 2,785 ha, pero si se logrará una asociación entre todas las reservas que conforman el Nudo Atitlán con el fin de implementar las herramientas sugeridas anteriormente, se tendría un aproximado de 15,000 ha para trabajar, lo cual podría incidir de forma positiva en la conectividad de la cadena volcánica occidental.

Asimismo, es importante resaltar que no se cuentan con planes maestros de las RNP actualizados, por lo que debería comprobarse la compatibilidad de las prácticas y herramientas que se sugieren en este estudio con los objetivos y actividades planteadas en los planes de manejo previo a su implementación.

A continuación se presenta el Cuadro 7 con el resumen, en el que se resaltan las ventajas y desventajas de cada propuesta y su contribución a la conectividad.

Cuadro 7. Resumen de propuesta para mantener e incrementar la conectividad

Práctica/ Herramienta	Ventajas	Desventajas	Contribución a la conectividad
Ecoturismo	<ul style="list-style-type: none"> • Genera ingresos • Genera empleo • Aprovecha la belleza escénica y el paisaje • No implica extracción de flora y fauna silvestre 	<ul style="list-style-type: none"> • Debe determinarse la capacidad de carga de los ecosistemas para establecer cuántas personas y qué actividades pueden llevarse a cabo. • Requiere de inversión en infraestructura (habitaciones, senderos) y provisión de servicios (alimentación, guías) 	Al generar ingresos, incentiva la conservación del área, manteniendo la conectividad o ampliándola en caso se decida incluir más áreas boscosas o reforestaciones.
Agroecología	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede utilizar agroforestería o agropaisaje. • Son técnicas innovadoras que disminuyen el impacto ambiental de la agricultura. • Fácil implementación al mantener remanentes de bosques y proporcionar mejor ubicación y aumentar elementos como cercas vivas, árboles dispersos, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de cierto nivel de estudio para determinar la mejor ubicación de los elementos. • Puede afectar las zonas de producción agropecuaria si se tienen, al generar sombra de árboles. 	La distribución y el arreglo espacial de elementos como cercos y barreras vivas, árboles dispersos y remanentes de bosque, influye en el grado de conectividad del área. La función de la cobertura arbórea de mejorar la conectividad de agropaisajes debería ser el principio para mantener la mayor cantidad de cobertura y de áreas conectadas entre sí, o bien de reforestar las áreas deforestadas para mantener o aumentar su capacidad de conectar otras

			áreas.
Valoración de bienes y servicios ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Provee un valor económico a los bienes y servicios ambientales que de otra forma podrían pasar desapercibidos. • Puede generar concientización de los beneficios que proveen los ecosistemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad de calcular valores de uso indirecto o de legado. • Requiere inversión de tiempo y recursos para poder establecer metodologías válidas con resultados correctos. 	Al dar un valor económico a la diversidad biológica y los servicios del bosque, se resalta la importancia de tener ecosistemas conectados y saludables para poder llevar a cabo sus ciclos de vida y que se generen procesos ecológicos saludables.
Silvicultura	<ul style="list-style-type: none"> • Es un aprovechamiento forestal que genera ingresos • Incrementa y/o mantiene la cobertura boscosa • Si se realiza adecuadamente, es sostenible en el tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Debe hacerse de forma adecuada y sostenible, de lo contrario podría fomentar deforestación para plantaciones o aprovechamiento más allá de la capacidad de regeneración del bosque. 	Mantiene de forma directa la cobertura forestal y la incrementa si se maneja adecuadamente. Mantener la cobertura forestal impacta de forma directa en la conectividad estructural, a mayor cantidad de bosque y remanentes boscosos que se conecten, se puede contribuir a mantener conectividad.
PSA	<ul style="list-style-type: none"> • Genera ingresos por conservar el bosque para provisión de agua y otros servicios. • Mecanismos flexibles y capaces de adaptarse de acuerdo a las condiciones donde se aplican. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere tener derechos de propiedad claros y acuerdos entre los oferentes y demandantes. • Si se deja de generar o se pierde la calidad del servicio, se pierden los ingresos. 	Al mantener la cobertura forestal en la parte alta de la cuenca, se contribuye a mantener la conectividad del área. Además que el incentivo al obtener ingresos por la conservación, mantiene interés por conservar el área y puede disminuir el cambio de uso de la tierra.

VII. CONCLUSIONES

Se identificaron 15 usos de la tierra en el área de estudio, siendo estos: agricultura anual, bosque, cuerpos de agua, urbanos, cultivo de café, cultivo de hule, cultivo de caña de azúcar, cultivo de palma africana, cultivos permanentes arbóreos, cultivos permanentes herbáceos, espacios abiertos, pastizales, vegetación arbustiva baja (guamil-matorral), zonas agrícolas heterogéneas y zonas húmedas. De los cuales, la mayor extensión de uso de la tierra es el bosque con 9,294 ha, equivalente a 54% del área total de estudio.

La conectividad estructural del bosque entre las tres RNP del Nodo Atitlán, se encuentra en un rango de 5.7%, usando un umbral de distancia de 1 km. Lo anterior concuerda con los hallazgos encontrados por Ríos (2011), donde estableció la conectividad estructural para la cadena volcánica, que incluye el área de estudio, en 7.5%. Se observa una menor conectividad en este caso, debido a que la dinámica forestal ha variado y se ha incrementado la actividad agrícola y humana en el área.

La conectividad estructural del bosque dentro de las tres RNP del Nodo Atitlán, es más fuerte, siendo esta: para Tarrales un 30%, para Monte de Oro un 71% y para Estación Científica Refugio del Quetzal un 70%, todo esto con un umbral de distancia de 1 km. Lo cual indica que dentro de las RNP se mantiene un nivel de conectividad fuerte. Al ampliarse el umbral de distancia a 5 km, la conectividad de las tres RNP es de 100% y en el área de estudio general aumenta a un 40%, lo cual comprueba que se mantiene una conectividad fuerte en el área.

Las prácticas y herramientas más recomendadas para contribuir a mantener la conectividad son el ecoturismo, agroecología en la forma de agroforestería y agroecología, definición adecuada de la estructura espacial del agropaisaje, valoración de los bienes y servicios ambientales y los PSA.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda incluir el análisis de conectividad funcional en un futuro para poder tener la visión completa de la funcionalidad del paisaje. En este mismo aspecto, sería interesante incluir más RNP o áreas protegidas del área en otro estudio, para conocer el estado de conectividad de las mismas y cómo este puede inferir en la cadena volcánica occidental y otros corredores biológicos.

Es importante tomar en cuenta otras formas de conservación y conectividad, además de las áreas protegidas y el concepto lineal de corredores entre las mismas, ya que a pesar de los resultados de conservación que se observan en el país, es necesario implementar enfoques más modernos que toman en cuenta distintas formas de contribuir a la conectividad, como la agroecología y el ecoturismo.

Adicionalmente, es importante recomendar la verificación en campo de los usos de la tierra que se listan en el Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012, ya que en este trabajo se pudo comprobar que existen errores en la determinación de los usos.

Finalmente, es recomendable e importante que se generen los planes maestros de las RNP y que se mantengan actualizados, ya que esto permitirá hacer propuestas más compatibles con las actividades y objetivos de cada reserva.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Acuerdo Gubernativo 759-90. (1990). *Reglamento de Ley de Áreas Protegidas*. Guatemala: Presidente de la República.
- Anacafé. (2014). Mapa individual de uso de suelos. Guatemala: Unidad GIS, Departamento de Asistencia Técnica.
- Arias, E., Chacón, O., Herrera, B., Induni, G., Acevedo, H., Coto, M. y Barborak, J. (2008). Las redes de conectividad como base para la planificación de la conservación de la biodiversidad: propuesta para Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente/No. 54* , 37-43.
- Armado, M. (2009). *Plan maestro reserva natural privada "El Pollo", Melchor de Mencos, Petén*. Guatemala: The Nature Conservancy.
- Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala. (2014) Comunicación personal. Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala.
- Barnes, T. (2000). *Landscape ecology and ecosystems management*. University of Kentucky: Frankfort.
- Bennett, A. (2004). *Enlazando el paisaje: El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre*. San José, Costa Rica: UICN.
- Burge, A., Secaira, E., Cardona, J., Medinilla, O. y Leiva, X. (2004). *Plan de manejo de la reserva natural privada Los Tarrales, Vesubio y Chusita, Patulul, Suchitepéquez, Guatemala*. Guatemala: The Nature Conservancy.
- Cabildo Insular de Tenerife. (2011). *Dossier paisajes de Tenerife*. Recuperado el 19 de septiembre de 2014, de Paisaje Tenerife: <http://www.paisajetenerife.es/dossier-profesoradoo/clasificaciones-del-paisaje>
- Canet, L., Finegan, B., Bouroncle, C. y Herrera, B. (2008). El monitoreo de la efectividad del manejo de corredores biológicos: Una herramienta basada en la experiencia de los comités de gestión en Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente/No. 54* , 51-58.
- Canté, S. (2008). *Campaña publicitaria aplicada a comunicar los servicios de la Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala (ARNPG)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Carignan, V. y Villard, M.-A. (2002). *Selecting indicators species to monitor ecological integrity: a review*. Países Bajos: Kluwer Academic Publishers.
- Castañeda, F. y Morales, R. (2005). *Plan maestro 2006-2010 Parque Nacional Sierra del Lacandón*. Guatemala: CONAP.
- Castillo, N. A. (2005). *Estudio de identificación y caracterización preliminar de corredores biológicos con conectividad al biotopo Chocón Machacas*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Castro, R. (2014). Implicancias territoriales de los esquemas de pago por servicios ambientales (PSA) en cuencas norandinas. *Cuadernos de Geografía*, 23(1): 61-74.
- Catalá, E. (2011). Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia*, 31-38.
- CCAD-PNUD/GEF. (2002). *Proyecto para la consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano*. Managua: Proyecto Corredor Biológico Meroamericano.
- Céspedes, M., Finegan, B., Herrera, B., Delgado, D. y Campos, J. (2008). Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del Área de Conservación Osa, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente/No.54*, 44-50.
- Chacón, C. M. (2008). *Voluntad de Conservar: Experiencias seleccionadas de conservación por la sociedad civil en Iberoamérica*. San José Costa Rica: The Nature Conservancy.
- CONAP. (2014). Listado de áreas protegidas: Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas. Guatemala: CONAP.
- CONAP. (2010). *Biodiversidad Terrestre de Guatemala: Análisis de Vacíos y Estrategias para su Conservación*. Guatemala: TNC-WWF-CI-CONAP.
- CONAP. (2008). *Guatemala y su biodiversidad: un enfoque histórico, cultural, biológico y económico*. Guatemala: CONAP.
- CONAP. (2007). *Guía para establecer una reserva natural privada*. Guatemala: CONAP.
- CONAP. (2006). *Plan de desarrollo sostenible de la Reserva de Uso Múltiple de la Cuenca del Lago de Atitlán y el Departamento de Sololá 2006-2010*. Guatemala: CONAP.
- Convenio Europeo del Paisaje. (2000). *Ministerio de Cultura y Medio Ambiente*. Recuperado el 6 de junio de 2014, de Convenio Europeo del Paisaje:

http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/desarrollo-territorial/090471228005d489_tcm7-24940.pdf

- Correa, C. (2009). *Análisis del estado actual de conectividad de las coberturas vegetales de la cuenca media del río Tunjuelo*. Colombia: Jardín Botánico de Bogotá.
- Courrau, J. (1999). *Estrategia para el Monitoreo del Manejo de las Áreas Protegidas de Centroamérica*. Guatemala: PROARCA-CAPAS-CCAD-USAID.
- Crooks, K. y Sanjayan, M. (2006). *Connectivity conservation*. New York: Cambridge University Press.
- Delgado, D., Ramos, Z. y Bouroncle, C. (2008). Evaluación de la efectividad de estrategias de conservación en tierras privadas: Una propuesta de estándar para los principales mecanismos utilizados en Latinoamérica. *Recursos Naturales y Ambiente/No.54* , 59-65.
- Estrada, C. G. (2006). *Dieta, uso de habitat y patrones de actividad del puma (Puma concolor) y el jaguar (Panthera onca) en la selva maya*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Finegan, B., Céspedes, M., Sesnie, S., Herrera, B., Induni, G., Sáenz, J., Ugalde, J. y Wong, G. (2008). El monitoreo ecológico como herramienta de manejo para la conservación: Bases conceptuales y estructura del Programa de Monitoreo Ecológico Terrestre en Áreas Protegidas y Corredores Biológicos de Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente/No.54* , 66-73.
- Forman, R. (1995). *Land mosaics: The ecology of landscapes and regions*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- García, I. (2014). Comunicación personal. Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala.
- García, M. (2008). *Estado actual de conservación del tapir (Tapirus bairdii) en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas*. Guatemala: CONCYT/FONACYT/SENACYT.
- García, M., Leonardo, R. S., Castillo, F. J., Gómez, I. B. y García, L. I. (2010). *El tapir centroamericano (Tapirus bairdii 1865, Gill) como herramienta para el fortalecimiento del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas-SIGAP-*. Guatemala: CDC-CECON-USAC.
- GIMBOT. (2014). *Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012*. Guatemala: autor.

- Gurrutxaga, M. (2004). *Conectividad ecológica del territorio y conservación de la biodiversidad: nuevas perspectivas en ecología del paisaje y ordenación territorial*. Bilboa: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- Harvey, C. y Sáenz, J. (2007). *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Louman, B., Quirós, D. y Nilsson, M. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. Turrialba: CATIE.
- MacVean, A. y Monzón, J. (s.f.). Estudio preliminar de la flora de la estación científica "Refugio del Quetzal", Volcán Atitlán, Guatemala. *Revista 19 de Universidad del Valle de Guatemala* .
- MAGA. (2005). *Atlas Temático de las Cuencas Hidrográficas de la República de Guatemala*. Guatemala: autor.
- Martínez, D. E. y Alfaro, G. (2012). Nuevos registros y biodiversidad amenazada en dos bosques comunales de manejo indígena. *Revista 24* , 59-71.
- Méndez, C. A. (2011). *Fortalecimiento del Corredor del Bosque Nuboso de Baja Verapaz a través del análisis de la riqueza y composición de artrópodos*. Guatemala: CECON Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Moreira, J., McNab, R. B., Thornton, D., García, R., Ponce-Santizo, G. y Radachowsky, J. (2007). *Abundancia de Jaguares en La Gloria-El Lechugal, Zona de Usos Múltiples, Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala*. Guatemala: Wildlife Conservation Society.
- Murphy, H. y Lovett-Doust, J. (2004). Context and connectivity in plant metapopulations and landscape mosaics: does the matrix matter? *Oikos* , 3-14.
- O'Connell, A., Nichols, J. y Karanth, U. (2011). *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. New York: Springer.
- Poiani, K. y Richter, B. (2001). *Paisajes funcionales y la conservación de la biodiversidad*. Perú: The Nature Conservancy.
- Programa Estado de la Nación. (2008). *III Informe Estado de la Región*. San José, Costa Rica: Programa Estado de la Nación.
- Ríos, M. M. (2011). *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*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

- Salas, E. (2010). *Análisis del cambio en la cobertura arbórea de la subcuenca del río El Tunal (1990-2008)*. Victoria de Durango: Instituto Politécnico Nacional.
- Sauceda, M. (2010). *Impacto del arreglo espacial del componente arbóreo en sistemas silvopastoriles sobre el nivel de sombreado y la conectividad estructural de los paisajes en los municipios de Belén y Matiguás, Nicaragua*. Turrialba: CATIE.
- Serrano, M., Campos, J., Villalobos, R., Galloway, G. y Herrera, B. (2008). *Evaluación y planificación del manejo forestal sostenible a escala de paisaje en Hojancha, Costa Rica*. Turrialba: CATIE.
- Toledo, V. (2002). *Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar*. México: Instituto de Ecología UNAM.
- UVG, TNC, CONAP, Asociación Patronato Vivamos Mejor y Asociación de Reservas Naturales Privadas. (2003). *Diagnóstico ecológico y social en la cuenca de Atitlán*. Guatemala: UVG y The Nature Conservancy.
- Valdés, A. (2011). Modelos de paisaje y análisis de fragmentación: de la biogeografía de islas a la aproximación de paisaje continuo. *Ecosistemas* , 11-20.
- Villena, M. y Lafuente, E. (2013). Valoración económica de bienes ambientales por beneficiarios circundantes y no circundantes. *Cuadernos de Economía*, 32(59), 67-101.
- Warner, K. (2007). *Agroecology in action: social networks extending alternative agriculture*. Unites States of America: Massachusetts Institute of Technology.
- Winograd, M. (1995). *Indicadores ambientales para Latinoamérica y el Caribe: hacia la sustentabilidad en el uso de tierras*. Costa Rica: IICA.
- Zamora-López, S. (2006). *Efecto de los pagos por servicios ambientales en la estructura, composición, conectividad y el stock de carbono presente en el paisaje ganadero de Esparza, Costa Rica*. Turrialba: CATIE.
- Zapata, G. y Dyer, J. (2003). *Diseño de una Red de Áreas Protegidas en la Amazonía Nororiental Ecuatoriana*. Ohio, USA: Department of Environmental Studies.
- Zonneveld, I. (1988). *Landscape ecology and its application*. Ontario: Polyscience Publications Inc.

X. ANEXOS

Anexo 1-Fotografías de observación de campo en RNP



Figura 16. Beneficio y patio de secado de café, RNP Tarrales, Suchitepéquez



Figura 17. Bosque, Sendero Las Pavas, RNP Tarrales, Suchitepéquez



Figura 18. Cafetales con sombra de *Inga* sp. e higuero, RNP Tarrales, Suchitepéquez



Figura 19. Contraste de bosque, caminos y renovación de cafetales, al fondo Volcán Atitlán, RNP Tarrales, Suchitepéquez



Figura 20. Árboles de pimienta, RNP Tarrales, Suchitepéquez



Figura 21. Palo blanco e izotes, RNP Tarrales, Suchitepéquez



Figura 22. Cuerpo de agua conocido como Río Lutillá, RNP Tarrales, Suchitepéquez



Figura 23. Saran con plantas ornamentales, RNP Tarrales, Suchitepéquez



Figura 24. Contraste macadamia, araucaria y bosque, RNP Monte de Oro, Santiago Atitlán.



Figura 25. Bosque, RNP Monte de Oro, Santiago Atitlán.



Figura 26. Algunas de las instalaciones urbanas, RNP Monte de Oro, Santiago Atitlán.

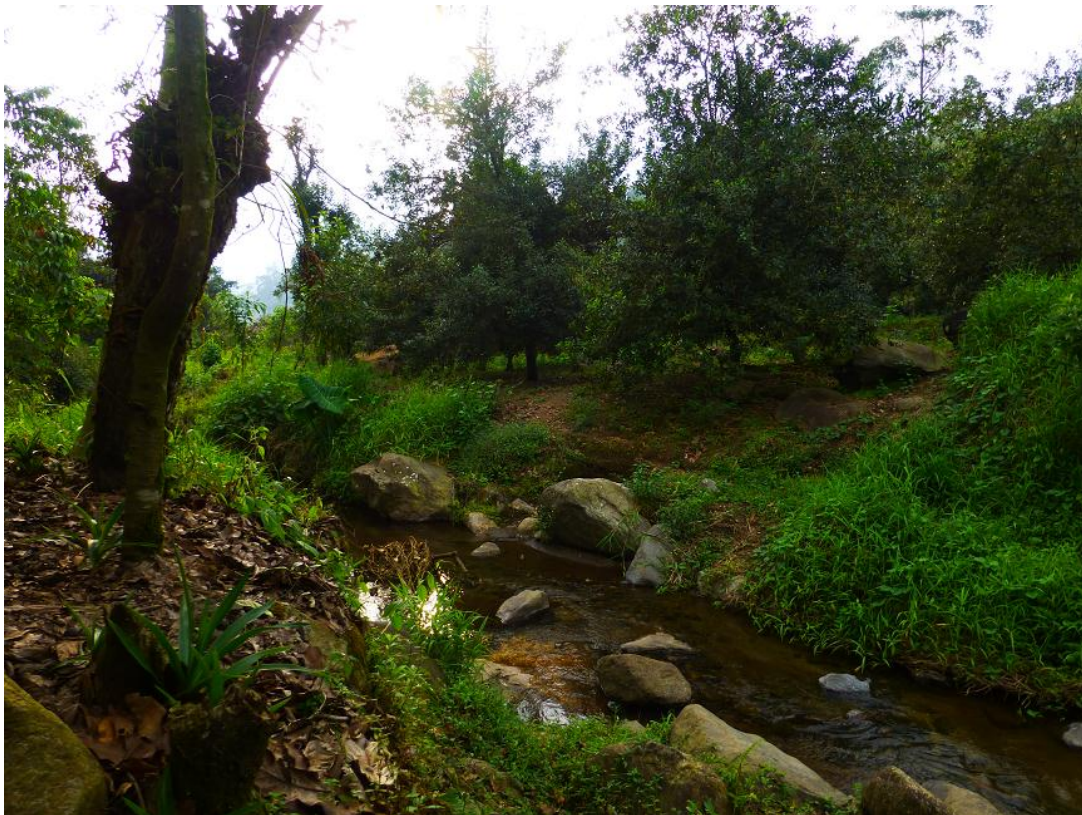


Figura 27. Cuerpo de agua, RNP Monte de Oro, Santiago Atitlán.



Figura 28. Bosque, RNP Estación Científica Refugio del Quetzal, Suchitepéquez.



Figura 29. Quina sembrada durante invasión de finca vecina, RNP Estación Científica Refugio del Quetzal, Suchitepéquez.



Figura 30. Cuerpo de agua, RNP Estación Científica Refugio del Quetzal, Suchitepéquez.



Figura 31. Infraestructura, RNP Estación Científica Refugio del Quetzal, Suchitepéquez.