



Consultoría

Análisis Técnico de impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y medios de vida en la ecorregión de pino-encino.

Alianza para los
BOSQUES DE PINO-ENCINO



Agenda de investigación regional.





Consultoría
Análisis Técnico de impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y medios de vida en la ecoregión de pino-encino.

INFORME PRODUCTO 4
Agenda de investigación regional.

Equipo Consultor Principal:

Ing. Agr. MSc. Francisco Leonel López Benítez

Especialidad: Agricultura sostenible con énfasis en Sistemas agroforestales; Recursos Naturales; Manejo de bosques.

Ing. Agr. R. N. R. MSc. Gerónimo Estuardo Pérez Irungaray¹

Especialidad: Sistemas de Información Geográfica, Sensores Remotos y Teledetección; Manejo y administración de información y bases de datos; Recursos Naturales, Mapeo de ecosistemas; Zonas de Vida; Cambio Climático.

Ing. Agr. R.N.R. Juan Carlos Rosito Monzón¹

Especialidad: Cambio Climático; Ecohidrología; Recursos Naturales y Fitosociología.

Licda. Cristina Alejandra Chaluleu Baeza

Bióloga, especialista en monitoreo biológico de aves.

Licda. Sandra Consuelo González Samayoa

Especialista en Trabajo Social y facilitadora en procesos de consulta comunitaria.

¹ Investigadores del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala.

**Agenda de investigación para la adaptación al cambio climático
de la región pino encino.**

Guatemala, Noviembre 2013

Contenido

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introducción | 4 |
| 2 | Definición del problema | 5 |
| 3 | Justificación de la agenda de investigación | 10 |
| 4 | Objetivo | 12 |
| 4.1 | Objetivo general | 12 |
| 4.2 | Objetivos específicos | 12 |
| 5 | Descripción de la agenda de investigación. | 13 |
| 5.1 | Deducción de las líneas de investigación. | 13 |
| 5.2 | Descripción de las líneas de investigación | 13 |
| 5.2.1 | <i>Línea de investigación 1.</i> | 16 |
| 5.2.2 | <i>Línea de investigación 2.</i> | 20 |
| 5.2.3 | <i>Línea de investigación 3.</i> | 23 |
| 6 | Bibliografía | 30 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Esquema de integración de la amenaza climática y su efecto en los ecosistemas, medios de vida y subsistema social. | 7 |
| Figura 2. Esquema de análisis de los efectos del cambio climático en ecosistemas, medios de vida y la sociedad de acuerdo a los marcos de análisis a) sistémico y, y b) análisis de riesgo). | 8 |
| Figura 3. Esquema de análisis de los efectos del cambio climático en ecosistemas de acuerdo al marco de análisis socioecológico. | 9 |
| Figura 4. Esquematización de las principales líneas de investigación y breve descripción metodológica. | 15 |
| Figura 5. Diagrama para la clasificación mundial de zonas de vida. | 18 |

1 Introducción

Los ecosistemas de Pino-encino, han sido clasificados dentro de los más importantes para la conservación en Mesoamérica, debido a su alto endemismo, la falta de representatividad dentro de los sistemas de áreas protegidas y la alta presión originada en actividades humanas. Se estima que la ecoregión de Pino-encino, es parte importante del hábitat invernal de entre 160-200 especies de aves de Norteamérica.

En el marco del evidente deterioro ambiental y la necesidad de contar con instrumentos técnicos que contribuyan significativamente a revertir los altos niveles de vulnerabilidad y riesgo climático en la región Pino-encino, se ha elaborado el presente documento denominado: Agenda de investigación para la adaptación al cambio climático de la región pino encino.

Este esfuerzo está dirigido, de manera general, a fortalecer actores institucionales encargados del fomento de conservación y desarrollo, así como de administraciones municipales conformantes de ésta región.

La elaboración de la presente agenda está basada en estudios complementarios que definen la amenaza climática para la región, estudio de medios de vida, percepción de actores locales al respecto, y el estudio de la vulnerabilidad y riesgo a sufrir graves consecuencias ante los eventos extremos climáticos y ante el cambio gradual y tendencial del clima. Un aspecto fundamental fue la realización previa de una conceptualización teórica y la propuesta de enfoques, así como elaboración de un listado de acciones para la adaptación al cambio climático. Dicha propuesta está elaborada a escala regional y enfocada en el sector de ONG relacionado con el ambiente, desarrollo y conservación.

Basado en lo anterior y en que para adaptarse a nuevas condiciones climáticas, ecosistémicas y, consecuentemente sociales, es necesario contar con información confiable que disminuya los altos niveles de incertidumbre y respalde la toma de decisiones dentro de la Alianza Pino Encino. En tal sentido se presenta la siguiente agenda de investigación.

2 Definición del problema

La más reciente y confiable información climática establece una significativa amenaza climática para los ecosistemas y medios de vida, con un aumento previsible de temperatura en promedio mayor al 10% para el año 2050 y una reducción de cerca del 15% en promedio la precipitación para ese mismo año, y consecuentemente un incremento de la variabilidad climática con la presencia cada vez más frecuente e intensa de eventos extremos. Tal como la sequía y excesos temporales de precipitación y extremos térmicos con ondas de calor y heladas. Es importante mencionar el alto nivel de incertidumbre que se tiene debido a la carencia de datos estadísticos del y la evidencia de nuevos patrones y eventos climáticos, por ejemplo la reciente nevada en el altiplano de Chiapas, México, y San Marcos, Guatemala.

La población de 15 municipios de México, Guatemala y Honduras tiene **muy claramente definido cuáles son los impactos del cambio climático** en su comunidad y las implicaciones que estas tienen para su subsistencia. En tal sentido el cambio climático se percibe como una **amenaza que es crítica y de alta prioridad para atender**, preferiblemente con la participación de diversidad de actores locales involucrados y a diferentes escalas, es decir, comunitario, municipal, estatal o departamental o territorial (según sea el caso) y nacional.

Los principales elementos y sistemas expuestos son: a) los sistemas de abastecimiento de agua, especialmente para consumo humano aunque también son importantes para la agricultura y animales; b) sistemas agrícolas y pecuarios. Se consideran especialmente críticos los sistemas productivos agrícolas de subsistencia, los cuales generalmente presentan granos básicos (maíz, frijol, maicillo); y c) bosque o ecosistemas naturales.

Los **principales efectos percibidos** son: aumento de incendios forestales, desabastecimiento de agua en ciertas épocas del año, pérdida de biodiversidad y modificación de ecosistemas (migración o invasión de especies). Asimismo encarecimiento de los alimentos, severas dificultades para la producción agrícola durante sequías o durante eventos de altas precipitaciones (ambas afectan significativamente de manera negativa, provocando alrededor de 50% de bajas en el rendimiento).

Los actores locales consultados tienen claridad en que los **factores que contribuirían a contar con una buena capacidad de adaptación, actualmente son muy débiles o inexistentes, tal como la organización social o el apoyo de gobiernos centrales o locales. Contrastantemente se observa una gran degradación ambiental, sobreuso del suelo, alta deforestación, predominio y expansión de los cultivos de subsistencia, los cuales, a su vez, están expuestos directamente a las condiciones climáticas; abastecimiento inadecuado de t de abastecimiento de poblaciones, debilidad en las capacidades y conocimientos** necesarios para enfrentar y paliar efectos del inminente cambio climático.

Los **principales factores que exacerban la vulnerabilidad** son: a) **desconocimiento del tema**, es necesario desarrollar nuevas capacidades para adaptarse a las nuevas condiciones climáticas: b) el tema de adaptación al cambio climático, preparación o prevención de desastres relacionados al mismo, no son **prioritarios a nivel de las municipalidades**. En términos generales no se cuenta con recursos financieros necesarios para enfrentar tal tema. Solo en México se reconoció la existencia de

planificación aunque es mejorable el apropiamiento de parte de las comunidades o incluso de técnicos extensionistas. En Guatemala y Honduras no se evidenció la existencia de instrumentos técnicos adecuados. c) **los ecosistemas y las cuencas han perdido la resiliencia debido a su degradación**. Es decir, han perdido su capacidad de regular el ciclo hidrológico o de estabilizar caudales extremos, ya sea en época seca o durante eventos extremos de precipitación.

Respecto a las medidas propuestas por los actores locales destaca la claridad de los procesos que hay que realizar para que el sistema sociedad-naturaleza se adapte al cambio climático. En este aspecto destacan los cinco municipios consultados en México. A continuación se mencionan las **acciones que se pueden considerar como integradoras**: a) **gestión integrada de los recursos hídricos**; b) conservación, restauración y recuperación de **bosques**, la prevención y manejo de incendios forestales, frenar deforestación y el manejo forestal sostenible son críticos; c) formación de **mejores y nuevas capacidades**, siendo altamente recomendable el intercambio entre actores locales; d) generación y transferencia de **información científica**; e) actuar a **diferentes escalas y ámbitos de acción** de predio, local, nacional e internacional (los municipios mexicanos evidenciaron procesos de planificación más desarrollados); f) la **adaptación de los sistemas agrícolas productivos** y de subsistencia, son críticos para la seguridad alimentaria, en tal sentido es fundamental adoptar y generar nuevos conocimientos o prácticas ancestrales, así como nuevos insumos, especialmente semillas y recuperar materiales criollos; g) impulsar **programas de educación ambiental**; h) programas de **conservación de suelos y agua**; i) implementación masiva de **sistemas agroforestales y diversificación de los sistemas agrícolas**; j) **visibilizar sectores más vulnerables**, agricultura de subsistencia, pobres y sin servicios básicos; k) programas agresivos de saneamiento ambiental; l) Replicar y legitimar aún más las **experiencias de pagos por servicios ambientales** ya desarrollados; lograr que se priorice la adaptación al cambio climático y desarrollo sostenible en la agenda política.

Para los actores locales existe un **desconocimiento total respecto a *Setophaga chrysoparia***, tampoco se conoce cuál es la relación de esta con los ecosistemas locales. Para (Komar, McCrary, Van Dort, Cobar, & Castillejo, 2011) es necesario abordar la conservación de los ecosistemas por medio de la conservación de los servicios ecosistémicos del bosque. En tal sentido, es importante la preservación del bosque maduro de pino y encino arriba de la altitud de 1,000 hasta 2,200 msnm. Por esa razón, es importante contar con un programa de investigación y acciones de fomento específicos que tengan como objetivo revertir los aspectos que exacerban la vulnerabilidad de la especie.

En la Figura 1 se esquematiza la amenaza climática global y como ésta afecta a los ecosistemas a diversas escalas, y a partir de ello a los medios de vida y al sistema social en general. Esta figura se presenta como una síntesis conceptual de la vinculación entre el cambio del clima y los principales medios de vida a escala local. En las Figuras 2 y 3 se esquematiza el análisis de los efectos del cambio climático global y local en los ecosistemas, medios de vida y sistema social en general, de acuerdo a los marcos de análisis sistémico, de riesgo y socioecológico. En los tres esquemas destaca la importancia de los ecosistemas como la parte central de análisis y entendimiento del cambio climático y sus efectos, así como las necesidades de su gestión para la adaptación al cambio. De igual manera es crítico entender, partiendo de lo anterior, los efectos del clima en los ecosistemas y los efectos de estos en el sistema social. En éste último sistema, que incluye, instituciones, sociedad y subsistema económico.

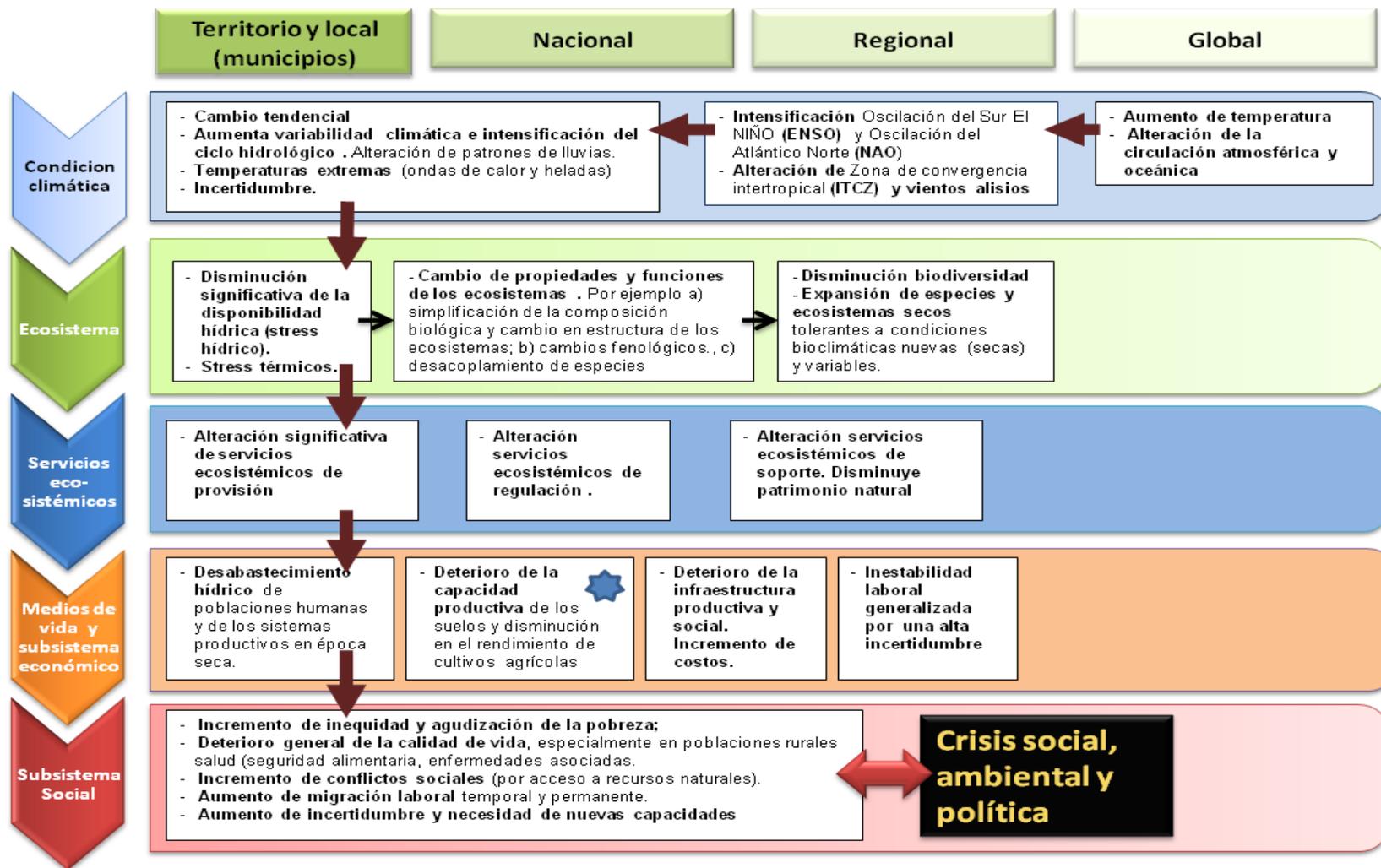


Figura 1. Esquema de integración de la amenaza climática y su efecto en los ecosistemas, medios de vida y subsistema social.

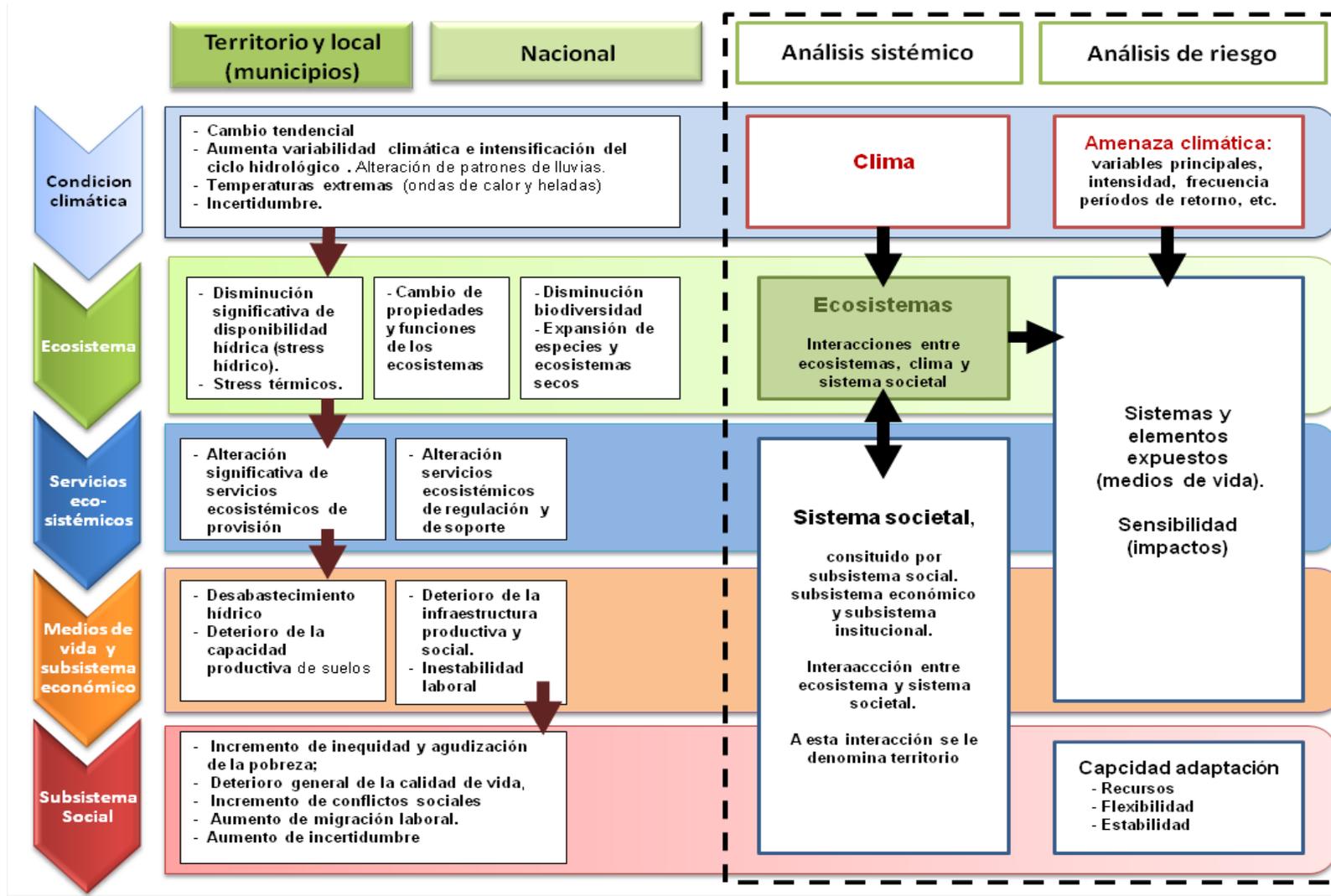


Figura 2. Esquema de análisis de los efectos del cambio climático en ecosistemas, medios de vida y la sociedad de acuerdo a los marcos de análisis a) sistémico y, y b) análisis de riesgo).

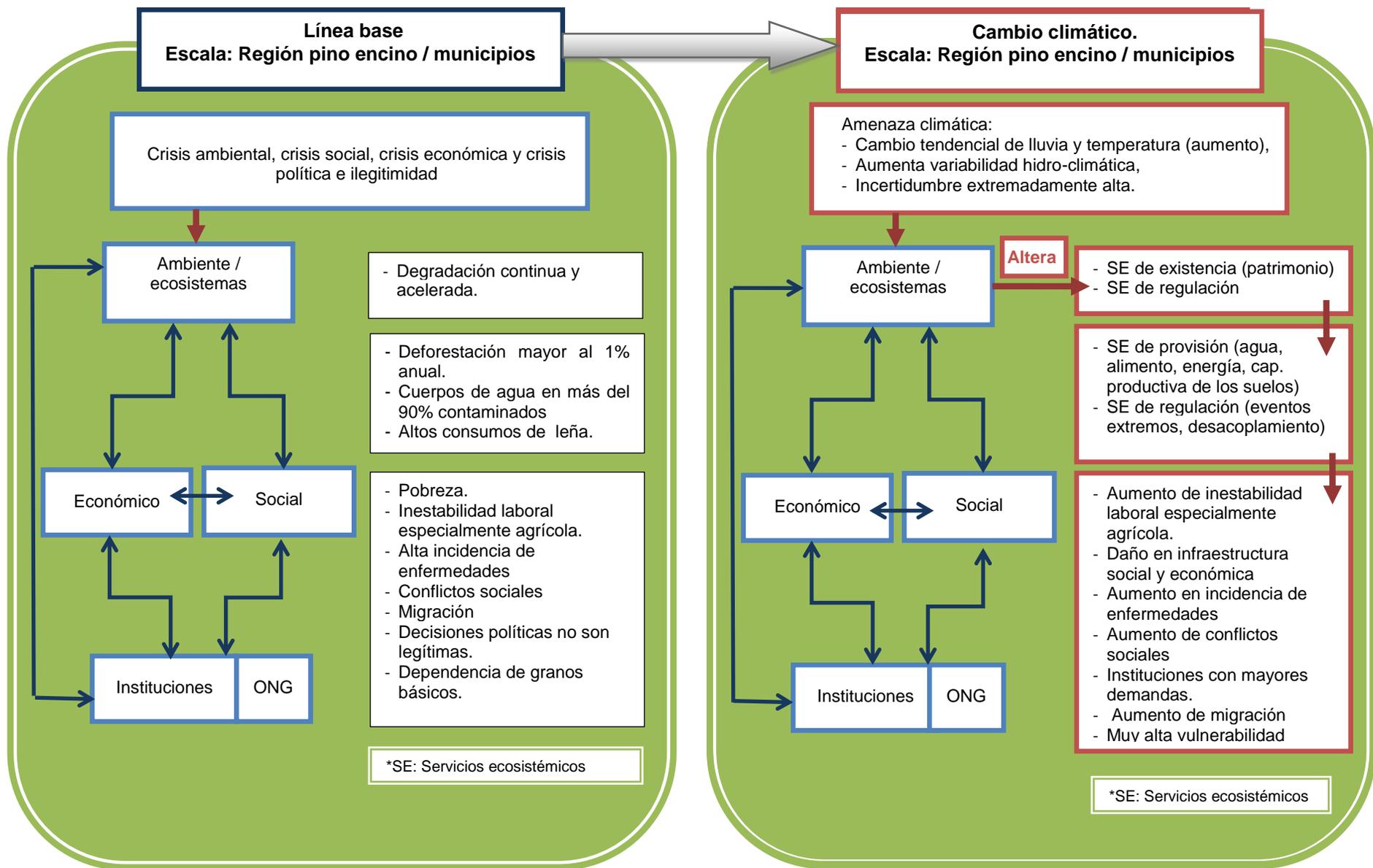


Figura 3. Esquema de análisis de los efectos del cambio climático en ecosistemas de acuerdo al marco de análisis socioecológico.

3 Justificación de la agenda de investigación

Para el **sector de ONG de apoyo a la conservación y desarrollo sostenible** es recomendable enfocarse en el liderazgo para proveer o fortalecer la capacidad de resiliencia a los sistemas naturales (ecosistemas y cuencas), por un lado, y a los sistemas sociales, económico e institucional de manera complementaria. **Todos los enfoques de adaptación al cambio climático hacen referencia al conocimiento profundo del clima regional y local, de los servicios ecosistémicos y generación de indicadores y sistemas de alerta temprana.** Adaptación, también está vinculado al desarrollo local, enfoque de sostenibilidad y resiliencia, así como de los instrumentos que éstos proponen, tal como manejo integrado de cuencas, conservación, restauración y preservación de biodiversidad.

Se evidenció que la amplia revisión de literatura científica especializada que se consultó proporciona aspectos útiles para la adaptación, sin embargo son generales. En tal sentido, no existe una receta que se pueda seguir. El aprendizaje a la adaptación del cambio climático deberá realizarse de manera participativa, legítima, con propuestas y soluciones locales, gestarse a múltiples escalas, local, territorial, nacional y regional; buscando la resiliencia (capacidad de absorber y reponerse a eventos extremos y tendencias del clima) de cada uno de los subsistemas del sistema socio-ecológico, natural, social, económico e institucional. En tal sentido, la adaptación deberá fundamentarse en la generación y transferencia de información técnica y científica oportuna y pertinente.

Un componente crítico es la **generación de nuevos conocimientos para adaptarse a un fenómeno con alta variabilidad y muy alta incertidumbre.** Es por esta razón que la agenda de investigación deberá contener las siguientes líneas de información, con el objetivo de fortalecer la planificación adaptativa, el monitoreo, la inclusión del subsistema social y fomento de la resiliencia del sistema socioecológico:

- a) **Zonificación bioclimática** de la ecoregión Pino-encino;
- b) **Zonificación del territorial**, integrando los aspectos social, económico, institucional y ambiental (utilizando de base el sistema socioecológico) y como unidad básica de análisis el municipio;
- c) **Inventario y monitoreo de los servicios ecosistémicos**, especialmente, en orden de prioridad, los de provisión (estabilización de caudales extremos, materia prima, alimentos y especies de importancia económica), los de regulación (regulación del ciclo hidrológico) y los de soporte (biodiversidad y especies de importancia biológica). *Setophaga chrysoparia* podría ser utilizada como indicadora del estado de salud del ecosistema. Para el estudio, monitoreo y gestión de servicios ecosistémicos es fundamental aplicar métodos de contabilidad ambiental y considerar la información necesaria para el planteamiento y factibilidad de corredores biológicos funcionales, así como de indicadores de alerta temprana.

A continuación se describen los ejes de desarrollo necesarios a nivel local para la adaptación a los efectos negativos del cambio climático en la ecoregión pino encino.

Componente del ecosistema y recursos naturales.

1. Protección, manejo y restauración/recuperación de los recursos naturales.
2. Extensión y capacitación para el desarrollo sostenible.

3. Investigación aplicada.
4. De Comunicación social (divulgación y relaciones públicas).

Componente de la comunidad y medios de vida.

1. Organización comunitaria y ordenamiento territorial para la reducción de desastres.
2. Fortalecimiento a las asociaciones civiles o socios implementadores locales.
3. Diseño, gestión y adaptación de proyectos productivos para la adaptación al CC rescatando los conocimientos ancestrales
4. Diseño e implementación de sistemas agroforestales o sistemas agroecológicos.
5. Incidencia transversal con énfasis en el involucramientos de los sectores de la salud y la educación

4 Objetivo

4.1 Objetivo general

Definir una agenda de investigación, la cual esté basada en la interrelación de los impactos y adaptación local sobre medios de vida, de las poblaciones humanas y la biodiversidad.

4.2 Objetivos específicos

- Reducir la incertidumbre respecto al clima, su cambio tendencial y el aumento de variabilidad.
- Definir relaciones y proyectar cambios probables respecto de las interacciones entre el clima y los ecosistemas, así como entre los ecosistemas, servicios ecosistémicos y el sistema social.

5 Descripción de la agenda de investigación.

A continuación se presenta la agenda de investigación, a partir de la descripción de los enfoques, principios de adaptación al cambio climático, la deducción de líneas de investigación así como el desarrollo de sus aspectos metodológicos relevantes.

5.1 Deducción de las líneas de investigación.

De acuerdo a una amplia revisión de literatura desarrollada en el Producto 3 de la presente consultoría, se logró definir que no existen recetas o métodos pre establecidos para la adaptación al cambio climático que actualmente se enfrenta. En tal sentido, fue necesario utilizar, como referencia, los enfoques teóricos de adaptación al cambio climático basados en resiliencia; y a partir de allí se deducir las líneas de investigación necesarias para la adaptación de las poblaciones y los ecosistemas. Estas líneas de investigación se desarrollaron para poder ser implementadas de acuerdo a las características propias a la región pino encino.

En el Cuadro 1 se presenta la deducción de las líneas de investigación a partir de la problemática evidenciada anteriormente y de los enfoques de adaptación utilizados como marco conceptual, los cuales a su vez, son brevemente descritos.

En la Figura 4 se presenta una esquematización y descripción general de las 4 líneas de investigación, las cuales son necesarias para la planificación adaptativa de la conservación y desarrollo de la región de pino encino, con énfasis en la adaptación de los sistemas y medios de vida más expuestos.

5.2 Descripción de las líneas de investigación

A continuación se describen cada una de las cuatro líneas de investigación, las cuales se describen a continuación:

- Clasificación y dinámica bioclimática (interacción entre ecosistemas y clima actual y futuro).
- Monitoreo y evaluación continua de la salud del ecosistema.
- Clasificación y dinámica del territorio. (Interacción entre ecosistemas y el sistema social, incluyendo subsistemas económico e institucional).
- Adaptación de los medios de vida más expuestos.

Para cada una de estas líneas se desarrolla una presentación y una descripción metodológica para implementarla.

Cuadro 1. Enfoques de adaptación al cambio climático y deducción de las líneas de investigación requeridas

| Enfoques de adaptación al cambio climático | Descripción / justificación | Líneas de investigación |
|--|--|---|
| Planificación adaptativa | La planificación adaptativa es fundamental debido a que las condiciones climáticas, las cuales definen ecosistemas y la mayor parte de actividades, sociales y productivas, presentan cambios significativos (y es previsible cambios mucho más drásticos). Por lo tanto, para lograr la subsistencia y desarrollo social, se hace necesario prever los cambios en el clima, los ecosistemas, medios de vida y el territorio. Las acciones sociales deben ser adaptadas a las nuevas condiciones. | - Clasificación y dinámica bioclimática (interacción entre ecosistemas y clima actual y futuro). |
| Conservación basada en resiliencia. | <p>Es necesaria la evolución de los modelos de conservación y desarrollo sostenible (vinculados), principalmente, por los siguientes motivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) mejorar la efectividad y eficiencia de los esfuerzos de conservación y desarrollo sostenible; y, b) es necesario que el sector de conservación adopte acciones de adaptación al inminente cambio climático. <p>En tal sentido se propone el enfoque de conservación basado en resiliencia, el cual de manera general, persigue los siguientes objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) proteger o restaurar la capacidad, en este caso de los sistemas naturales, de absorber factores antagónicos, o que el sistema pueda retornar a un punto de equilibrio, punto inicial o mejorar sus propiedades; luego de un evento crítico. b) preservar o restaurar la capacidad de regulación de procesos ecológicos de los sistemas naturales. c) evidenciar la importancia de los ecosistemas en el funcionamiento de los sistemas sociales. Es decir, establecer claramente los vínculos entre sociedad y naturaleza (servicios ecosistémicos). Destaca la necesidad de restaurar o proteger la capacidad de los ecosistemas de generar servicios ecosistémicos de regulación (ciclos: hidrológico y biogeoquímicos (capacidad productiva de los suelos) y de provisión (agua, energía y alimento)); d) basado en lo anterior incorporar a la sociedad en la toma de decisiones y participación activa en acciones directas de conservación. | <ul style="list-style-type: none"> - Clasificación y dinámica del territorio. (Interacción entre ecosistemas y el sistema social, incluyendo subsistemas económico e institucional). |
| Manejo de riesgo (Amenaza, exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación) | <p>Riesgo se define como la probabilidad de sufrir un daño. Está en función de la magnitud, o sea, la intensidad y frecuencia de una o varias amenazas; y, de la vulnerabilidad, la cual es la capacidad de enfrentar o reaccionar ante dicha amenaza.</p> <p>En el marco del cambio climático, la metodología del manejo del riesgo se basa en definir y monitorear la amenaza climática, así como en la evaluación de la vulnerabilidad. Esta última se determina partir de la definición de elementos y sistemas más expuestos ante la amenaza (climática) y de su sensibilidad, es decir la magnitud de los impactos probables. Por último está la evaluación de la capacidad de adaptación del sistema social (en función de recursos, flexibilidad y estabilidad) y la evaluación de la resiliencia de los sistemas o elementos expuestos.</p> <p>Se ha determinado que los elementos o sistemas más expuestos y sensibles son los medios de vida vinculados a los sistemas naturales y dependientes del clima. Estos son los servicios ecosistémicos de provisión, tal como el agua, leña y alimentos silvestres; y la capacidad productiva del suelo, especialmente sistemas de agricultura de subsistencia. Así como la infraestructura social y económica, y la estabilidad laboral relacionados con los servicios ecosistémicos de regulación.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Monitoreo y evaluación continua de la salud del ecosistema. - Adaptación de los medios de vida más expuestos. |



*SE: Servicios ecosistémicos

Figura 4. Esquematzación de las principales líneas de investigación.

5.2.1 Línea de investigación 1.

Título: Clasificación y dinámica de regiones bioclimáticas

Objeto de estudio: Interacción ecosistemas y el clima. Definir cada vez mejor la amenaza climática y sus efectos en los ecosistemas.

Componentes

- a) Establecimiento de línea base climática (temperatura y precipitación).
- b) Definir regiones bioclimáticas (método objetivo)
- c) Monitoreo de variables climáticas e hidrológicas principales.
- d) Actualización decadal del clima, regiones bioclimáticas y modelaciones

5.2.1.1 Presentación

Una de las unidades básicas de análisis de las interacciones entre seres vivos y su ambiente es el ecosistema. El primer paso fundamental para el diseño del manejo de ecosistemas [incluyendo los naturales o modificados y controlados por el hombre] es la definición y clasificación de unidades ecológicamente homogéneas (Lugo A. , Brown, Dodson, Smith, & Shugart, 1999). El clima es un factor de primer orden para el análisis de la distribución de las plantas y definición de dichas unidades ecológicas homogéneas.

Se ha evidenciado que el conocimiento profundo de las características, especialmente de la capacidad máxima de uso, del capital natural (recursos naturales) es fundamental para el fomento del desarrollo económico sostenible. Para ello es obvio que un aspecto crítico es el conocimiento de balances y flujos de energía y materia en los ecosistemas naturales y los sistemas de producción intensiva, y posteriormente establecer las relaciones del ecosistema con los sistemas social, económico e institucional.

Es destacable que para comprender los medios de vida y el impacto del cambio climático en su existencia y flujos entre ecosistemas y la sociedad, es fundamental la definición de las propiedades de los ecosistemas, tal como procesos y estructuras ecológicas (de Groot R. , Alkemade, Braat , Hein, & Willemsen, 2010). En tal sentido es fundamental contar con una clasificación y caracterización bioclimática, de donde se deriva la capacidad predictiva de respecto a los servicios ecosistémicos y los medios de relacionados, tal como la disponibilidad de agua, capacidad productiva de los suelos, materia prima, combustibles, alimentos, medicinas, etc.

Los severos impactos previsible del cambio climático, la exacerbación de los riesgos y vulnerabilidades ante las condiciones ambientales (IPCC, 2001), así como todas las formas de adaptación, necesitan una amplio y profundo conocimiento de las condiciones bioclimáticas. Por lo tanto es fundamental contar con una clasificación bioclimática como punto de partida con los objetivos siguientes:

- a) Abordar el conocimiento de las principales variables del clima que cambiarán (disponibilidad hídrica y calor (energía)), ya sea para contar con unidades geográficas de análisis, establecer línea base y monitoreo;
- b) Reconocer y monitorear amenazas climáticas diferenciadas por regiones climáticas;
- c) desarrollar capacidad predictiva y definición de las respectivas formas de adaptación y protección y desarrollo de los patrimonios natural y productivo. Los principales indicadores del cambio climático son temperatura y precipitación. El conocimiento actual y modelación hídrico-climática y combinaciones de algunas variables climáticas se constituye en el primer paso del estudio de los efectos del cambio climático en los ecosistemas y, consecuentemente, medios de vida y actividades de las comunidades humanas (Woodward & Beerling, 1997).

La regionalización y estudio de la dinámica climática de una región como la ecoregión de pino-encino es crítica porque aporta insumos para: la planificación de los recursos naturales, definir la disponibilidad y flujos de materia y energía en un sistema natural y por lo tanto susceptible de ser aprovechable por los sistemas social y económico. Es decir la regionalización bioclimática es fundamental para cualquier proceso de desarrollo económico y aprovechamiento de oportunidades del manejo de los recursos naturales.

El estudio del clima, además es crítico para reducir la incertidumbre respecto a la variabilidad y cambios tendenciales del clima. La región presenta altos valores de amenaza, exposición, y

sensibilidad a este fenómeno, dada su ubicación geográfica, dependencia de la agricultura (población dedicada a la agricultura > 50%, agricultura de subsistencia) organización social, bajo desarrollo institucional, incapacidad institucional, está ubicada en una región que probablemente enfrente los mayores cambios climáticos a nivel global. En tal sentido la regionalización bioclimática da elementos fundamentales para el manejo de riesgo, especialmente riesgo climático.

5.2.1.2 Breve marco teórico

Bioclimatología De acuerdo a la Sociedad Meteorológica Americana (2000) bioclimatología es la rama de la climatología que trata las relaciones entre el clima y la vida, especialmente los efectos del clima en la salud, procesos vitales y actividades del ser humano, animales y plantas.

Martinez-Rivas (Rivas-Martinez, 2004) define Bioclimatología como una ciencia ecológica que trata sobre las relaciones entre el clima y la distribución de las especies que viven en la Tierra. El objetivo de esta ciencia consiste en determinar la relación entre ciertos valores numéricos de temperatura y precipitación y las áreas de distribución geográfica de las especies de plantas individuales, así como de comunidades vegetales. Últimamente, la información de biocenosis (conjunto de organismos), fitosociología y ciencia del paisaje también ha sido incorporado aportes significativos a la ciencia de la bioclimatología. Uno de los principales usos de la bioclimatología es la definición de zonas ecológicas homogéneas.

En este sentido ha propuesto un método ampliamente utilizado, objetivo y de información accesible. Este método se denomina Clasificación de Zonas de Vida.

Definición de zonas de vida: “Es la unidad territorial natural que agrupa asociaciones (unidad eco-sociológica fundamental). Comprende divisiones balanceadas de los tres factores climáticos principales, es decir, calor, precipitación y humedad” (Holdridge, 1971).

“Asociación: Unidad natural en la cual la vegetación, la actividad animal, el clima, la fisiografía, la formación geológica y el suelo están todos interrelacionados en una combinación reconocida y única, que tiene aspecto o fisonomía típica” (Holdridge, 1971).

5.2.1.3 Descripción metodológica y componentes.

I. DELIMITACIÓN DE REGIONES BIOCLIMÁTICAS DINAMICAS

Holdridge, propone como punto de partida un sistema cartesiano bidimensional (biotemperatura y precipitación). Esto le otorga a su clasificación una gran simplicidad, que facilita su uso y aplicación, aunque reconoce que las zonas de vida constituyen solamente la primera categoría de las divisiones ambientales. Ellas son de gran utilidad para desarrollar estudios y comparaciones de nivel general, pero se necesitan subdivisiones para adelantar estudios más específicos y para incluir en el sistema de clasificación factores ambientales de segundo orden como suelos, drenaje, topografía, vientos fuertes, nieblas y los varios patrones de la distribución de la precipitación. La biotemperatura se define como la temperatura promedio cuando se sustituyen los valores horarios por debajo de 0 °C por 0 °C y los valores horarios por encima de 30 °C. Para las altas latitudes la biotemperatura será siempre superior a la temperatura promedio real y para las regiones tropicales, cuando la altura sobre el nivel del mar sea pequeña, la biotemperatura será menor que la temperatura promedio real (ver Figura 5).

En realidad, Holdridge, al introducir el concepto de biotemperatura, incorpora a la variable térmica cierta información indirecta que podría estar contenida en diversos parámetros climáticos como el número promedio de días con helada o los valores promedio de las temperaturas extremas diarias. El cálculo de la biotemperatura genera algunas complicaciones (requeriría contar siempre con registros horarios de temperatura), sin embargo, el propio Holdridge resuelve reponiendo algoritmos de cálculo usando aproximaciones que dan resultados satisfactorios. En lo referente a la variable hídrica, Holdridge no propone ninguna modificación y utiliza directamente los valores de precipitación anual. En la Figura 5 se muestra el diagrama de Holdridge.

Ventajas del uso de la metodología

- Objetivo (datos cuantitativos);
- Puede basarse en datos georeferenciados;
- Basado en los principios de clasificación climática y de la vegetación;
- Refleja el efecto de los factores que controlan los ecosistemas
- El principal factor controlador es el clima, luego están el suelo, geomorfología y factores bióticos (Lugo et al, 1999, Holdridge, 1979; Good, 1964; Schimper 1903),
- Conveniente para expandir o contraer escalas y niveles de complejidad;

- Pertinencia para anticipar el efecto del cambio climático;
- Acepta nuevos datos empíricos para mejorar resultados;
- Demostrablemente válido (basado principalmente en Lugo *et al*, 1999)

Desventajas. El método tiene limitantes para incluir otros factores (climáticos y/o no climáticos) asociados e interactuantes con el cambio del clima, principalmente:

- cambios de CO₂ en la atmósfera
- estacionalidad y variabilidad climática
- dinámica local de la cobertura del suelo

Sin embargo algunas de estas debilidades pueden contrarrestarse, principalmente con trabajo a mayor escala y con la determinación de asociaciones edáficas, climáticas, topográficas.

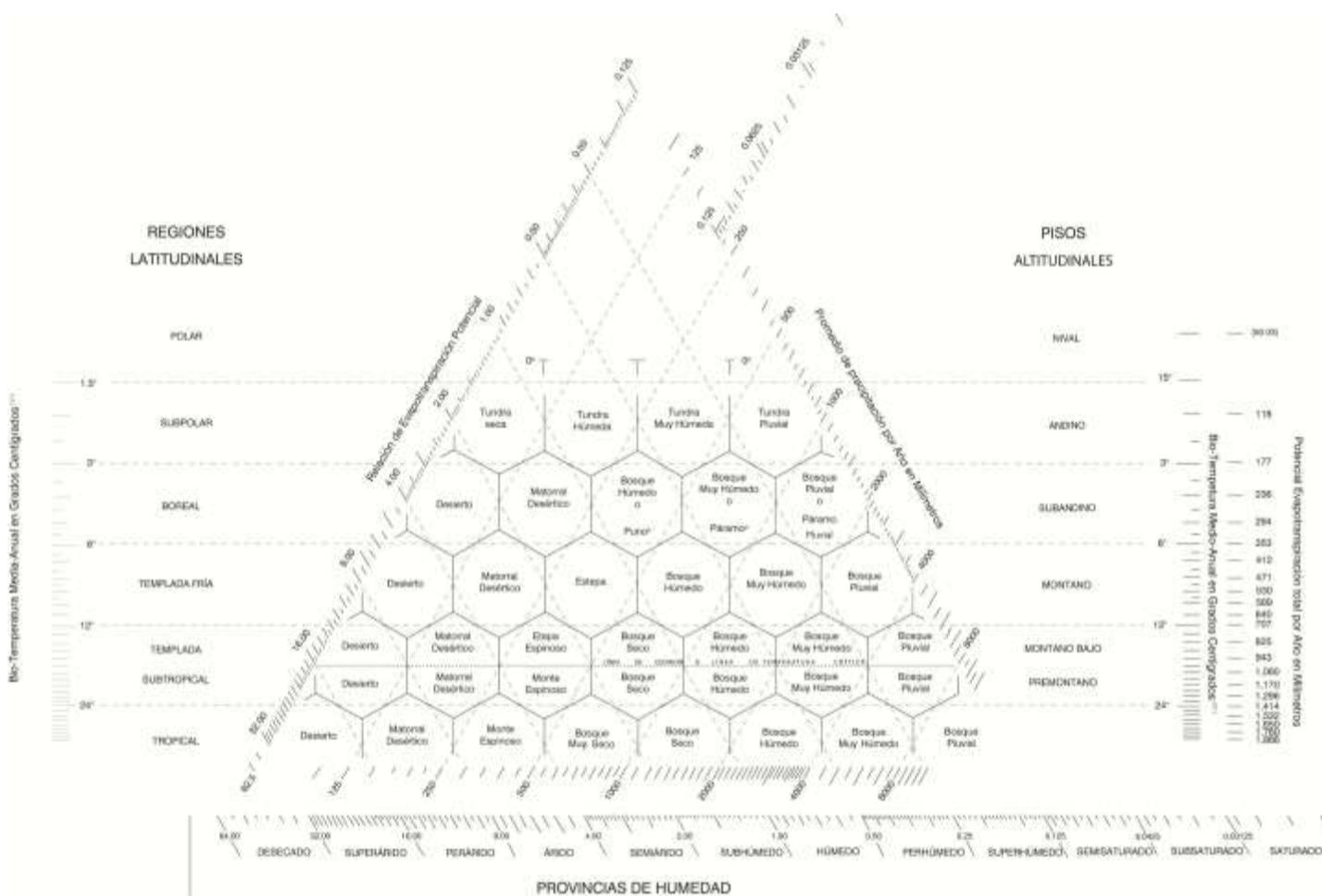


Figura 5. Diagrama para la clasificación mundial de zonas de vida.

Fuente: Elaboración propia, basado en Holdridge, 1979

a) Obtención de información climática.

Temperatura y precipitación. Se obtendrán las capas geográficas de temperatura media y precipitación (24 capas en total) de la base de datos del WorldClim (WORLDCLIM, 2008) para cada uno de los meses del año, cuya resolución espacial es de aproximadamente 1 km² por píxel (30 arcos de segundo/píxel). Estas capas se cortarán de tal forma que cubrirán toda la ecorregión pino encino.

Determinación de la biotemperatura, Holdridge propone la fórmula

$$T^{\circ}\text{bio} = \frac{\sum(Tm[i] \text{ si } 0 < Tm[i] < 30; \text{ sino } 0)}{12 \{i = 1 \dots 12\}}$$

Donde T°bio es la biotemperatura media anual, i representa los meses de enero a diciembre y Tm[i] es la temperatura media mensual.

b) Determinación de la región latitudinal y la zona de vida.

Se calcularán las biotemperaturas medias al nivel del mar en ambos litorales (Atlántico y Pacífico), así como la biotemperatura de todos los puntos de la ecoregión que se encuentran sobre el nivel del mar, calculando la temperatura al nivel del mar bajo esos puntos, sumándole 6°C de temperatura por cada 1000 m de elevación de acuerdo a Holdridge (Holdridge, 1967). Los valores obtenidos, se cotejarán con el diagrama de Zonas de Vida de Holdridge, en la escala izquierda donde se determinarán las Regiones Latitudinales (Holdridge, 1979).

De igual manera se cotejarán los valores de precipitación anual y región latitudinal para la obtención de la zona de vida específica. Asimismo de considerarse conveniente es recomendable la definición de asociaciones (subregiones) edáficas, climáticas o antropogénicas; de acuerdo a su importancia y tamaño.

c) Desarrollo del modelo cartográfico en sistemas de información geográfico.

Una primera parte del modelo consiste en codificar las zonas de vida que se obtienen del diagrama de Zonas de Vida de Holdridge (Holdridge, 1969) mediante la codificación de los valores de biotemperatura y precipitación que se encuentran dentro de cada hexágono del diagrama.

Para esto, el diagrama se convierte en capas digitales con una resolución espacial de 1 mm por cada píxel, conteniendo las primeras 2, los valores interpolados de las escalas logarítmicas de biotemperatura y precipitación (pisos altitudinales y precipitación respectivamente). La tercera capa consiste en la delimitación de cada uno de los hexágonos y la asignación de sus respectivos nombres.

d) Validación del mapa resultante

Se elaborará un mapa preliminar en el que se combinen las variables anteriormente descritas para obtener un primer mapa que permitiera corroborar en campo las distintas zonas de vida encontradas. Es necesaria la validación en campo de las diferencias y de especies indicadoras de las diferentes categorías. Se incorporarán las adaptaciones necesarias para contar con la mayor precisión y verosimilitud del mapa resultante.

Es importante también realizar un análisis estadístico entre las diferentes zonas de vida y su correlación con datos climáticos. El principal fin de este análisis es validar que las diferentes zonas de vida presentan información climática diferenciada entre sí. Esto puede realizarse con una prueba de t.

II. CARACTERIZACIÓN Y MONITOREO DE VARIABLES CLIMÁTICAS E HIDROLÓGICAS PRINCIPALES.

Para tal fin es básica la información climática que describe el comportamiento y variación estacional, anual e interanual de las principales variables climáticas durante más de 10 años. Las principales variables climáticas son: precipitación (días consecutivos de lluvia, temperatura (promedio y acumulada), evapotranspiración real y potencial, radiación solar, humedad relativa, y, de ser posible humedad edáfica. Basados en la caracterización a realizarse, destacando vacíos de información, se puede proceder a desarrollar un protocolo específico de monitoreo climático y generación de sistema climático de alerta temprana. Para ello debe tomarse en cuenta los recursos financieros disponibles, así como las redes de información climática e información secundaria disponibles.

III. MODELACIONES DE CLIMA Y EFECTOS EN MEDIOS DE VIDA.

Es importante actualizar y mejorar sistemáticamente la capacidad de las modelaciones de corto y mediano plazo del cambio del clima y sus efectos en las dinámicas de las regiones climáticas y ecosistemas. Para tal fin se recomienda al inicio de la implementación de la agenda actualizar las modelaciones cada diez años. Para ello es necesario:

- utilizar de referencia la clasificación de zonas de vida,
- definir modelos cartográficos,
- contar con actualizaciones de información climáticas e información secundaria y
- realizar en consecuencia las proyecciones y modelaciones pertinentes. Estas actualizaciones serán fundamentales para prever cambios en el clima, efectos en los ecosistemas y medios de vida para anticiparse a los mismos.

5.2.2 Línea de investigación 2.

Título: Ecosistemas, salud y evolución

Objeto de estudio: Estado de los ecosistemas.

Componentes

- a) Cobertura y dinámica de bosques.
- b) Fragmentación, conectividad y servicios ecosistémicos.
- c) Salud de los ecosistemas naturales.

5.2.2.1 Presentación y breve marco conceptual

Una de las definiciones más sencillas para ecosistema es el conjunto de comunidades y poblaciones bióticas en donde se constituyen todas las relaciones físicas, químicas y biológicas de los seres vivos con su entorno. Asimismo, Van Dijk (Van Dijk, 2003) define ecosistema como aquella comunidad de organismos vivos y su entorno local abiótico en la cual existen ciclos de materia y flujos de energía. El término de ecosistema puede ser aplicado a áreas de diverso tamaño desde un área microscópica hasta la biósfera global completa. Algunas veces los ecosistemas pueden definirse claramente por el número o la variedad de especies que lo componen, por sus componentes abióticos o por su variación en tiempo y espacio. Los ecosistemas pueden ser naturales, artificiales o manejados (Van Dijk, 2003; Spurr & Barnes, 1982).

5.2.2.2 Descripción metodológica y componentes.

El monitoreo sistemático del bosque dará como resultado matrices e indicadores del estado del ecosistema, los cuales podrán ser empleados en el agrupamiento y análisis en otras líneas de investigación, especialmente la Línea 3.

I. COBERTURA Y DINAMICA DEL BOSQUE.

Para conocer el comportamiento de la dinámica de la cobertura forestal se debe contar con un estado inicial y otro final que permita evaluar, medir y mapear en donde han ocurrido cambios. Esto permite, además, conocer la velocidad en la que el proceso de la deforestación o cambio de uso del suelo se está llevando a cabo, lo cual es de valiosa importancia cuando se conocen lugares críticos o estratégicos que en un futuro va a tener consecuencias negativas, debido al cambio climático.

La ecoregión pino-encino cuenta con un análisis de la cobertura forestal. En tal sentido este ejercicio es importante actualizarlo sistemáticamente. La obtención de las matrices de cambios de cobertura de la tierra es el principio del análisis. Ellas presentan de manera posterior las consecuencias de la conducción humana y procesos artificiales sin mayores puntos de análisis. En este sentido es importante vincular la dinámica del uso y de cobertura de la tierra con algunos procesos ecológicos para conocer sus efectos e importancia (Weber, 2007). Este es, entonces el principal objetivo del estudio de la dinámica de bosques.

Para el desarrollo adecuado del componente es importante considerar que una de sus características principales es que deben integrar la información del uso o cobertura de la tierra con una gran cantidad de información, ecológica y económica existente (United Nations, 2003). A este proceso se le denomina realización de inventarios o cuentas. Incluso es importante recopilar, concatenar e incluso inferir y/o modelar información ecológica, ya que, a diferencia de la información del tema económico, esta información se encuentra severamente fragmentada y dispersa. Uno de los propósitos fundamentales de estas cuentas es integrar aspectos de calidad en los indicadores. En general, el área de superficie, de los ecosistemas que son requeridos para reflejar biodiversidad, puede ser vinculada no solo para obtener indicadores de diversidad sino también indicadores de materiales o funciones relevantes para describir el estado del ambiente (Weber, 2007).

Como productos adicionales se pueden desarrollar descriptores específicos (simples o univariados) o complejos (multifactoriales), los cuales deben ser conectados y analizados junto

con la cobertura de la tierra. Para el análisis de la cobertura de bosques y ecosistemas en un nivel más profundo se extiende el análisis a clasificaciones ecológicas, tal como el análisis de cobertura de bosques por regiones bioclimáticas o zonas de vida. En el presente trabajo se analizará la dinámica del ecosistema a nivel de zonas de vida en la ecoregión.

Una aspecto muy importante en el análisis de zonas de vida es la integración de indicadores de calidad [del ecosistema] (United Nations, 2004). Para esto, el estudio se ha subdividido en dos grandes grupos, los cuales son

- a) estado e integridad de los ecosistemas naturales y semi-naturales, y
- b) servicios ecosistémicos e integración del suelo, los cuales se describen con mayor detalle a continuación:

II. FRAGMENTACIÓN, CONECTIVIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Para fines de la presente agenda es importante el desarrollo de indicadores que describan el estado actual e integridad de los ecosistemas naturales y seminaturales, así como la dinámica de estos indicadores en un periodo de tiempo dado. Para el caso de ecosistemas boscosos se determinará la fragmentación forestal y densidad forestal. A partir de la cual se podrán inferir zonas de alta, media y baja conectividad de acuerdo a las distancias promedio entre fragmentos. Esta información será básica para la descripción y determinación de la degradación o no de los ecosistemas naturales y semi-naturales. Queda abierta la posibilidad de definir en un futuro indicadores que caractericen con mayor detalle la densidad forestal. Es importante mencionar que la elaboración de una metodología adecuada y consistente que vincule los balances de área de cobertura con indicadores de calidad del ecosistema son fundamentales para resultados satisfactorios (United Nations, 2003).

Un fragmento forestal es una subunidad de paisaje forestal que corresponde a las zonas de bosque denso, las cuales tienen una densidad de más del 80% de bosque por km² (INAB, 2004). Un fragmento forestal presenta una mayor oportunidad para sostener la generación de una amplia gama de bienes y servicios ambientales. Estos fragmentos pueden encontrarse unidos o inmersos dentro de una matriz de densidad forestal de hasta 40% de bosque por km² formando conglomerados forestales que tienen mayores oportunidades de funcionar como conectores o corredores forestales. (Díaz Anzueto & Pérez Irungaray, 2005).

Por medio de un análisis de fragmentación se puede evaluar la salud de un ecosistema, además que permite priorizar áreas o identificar zonas que debieran tener un especial cuidado por considerarse en algún riesgo latente de desaparición.

Pasos específicos para realizar el análisis de fragmentos:

- Generación de la capa "Bosque". A partir del mapa de dinámica forestal.
- Degradación de la imagen para obtener píxeles de 150 x 150 m (2.25 ha [unidad administrativa utilizada en Guatemala como área mínima para garantizar actividades sostenibles forestales]) (Ley Forestal, 1996).
- Análisis de vecindad forestal con un ámbito geográfico de 1 km²
- Determinación y delimitación de clases de densidad (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 y 80-100%)
- Elaboración del mapa de densidades forestales
- Determinación de fragmentos forestales
- Determinación de conglomerados forestales
- Análisis de fragmentos y conglomerados en función de las provincias de humedad y/o Regiones bioclimáticas.

Servicios ecosistémicos e integración del suelo. Es deseable realizar el análisis de ecosistemas, representando dimensiones muy específicas, las cuales no son incluidas por sistemas de información convencionales y sus correspondientes modelos lineales; entre otros. De acuerdo a lo anterior se hace necesario en primer lugar definir los servicios ecosistémicos finales, es decir que son directamente aprovechables derivado de la dinámica del uso y la cobertura de la tierra. La depreciación de los componentes y procesos [de los ecosistemas] requieren de modelos biofísicos para predecir los cambios en los servicios ecosistémicos finales. Lo que se pretende es clarificar el verdadero significado de los servicios ecosistémicos en el contexto de las cuentas económicas y modelos de sistemas ecológicos (Boyd & Banzhaf, 2007).

Los servicios ecosistémicos finales priorizados para esta fase son los siguientes a) disponibilidad (cantidad) de agua subterránea; b) regulación caudales mínimos. Disponibilidad

(cantidad y calidad) de agua superficial para consumo agro-industrial y de poblaciones mayores en estación seca (febrero-abril); c) Regulación caudales máximos. Susceptibilidad de inundación durante eventos extremos de precipitación; d) desarrollo, conservación y recuperación de suelos; e) fijación, transporte y pérdida de fertilidad del suelo (Nitrógeno).

III. SALUD DEL ECOSISTEMA.

Para el monitoreo de la salud del ecosistema se propone estudiar sistemáticamente las poblaciones de aves migratorias con énfasis en *Setophaga chrysoparia*. En tal sentido existen esfuerzos para estandarizar los métodos de estudio, los cuales iniciaron en el año 2004. Esto se realizó con el fin que los esfuerzos de investigación que se realicen en Chiapas, Guatemala, Honduras, Nicaragua y El Salvador sean comparables y se pueda tener un conocimiento regional sobre la distribución, uso de hábitat, abundancia relativa y la tendencia poblacional de esta especie.

La metodología consiste, básicamente, en estudiar las parvadas mixtas de aves forrajeras en bosques seleccionados, registrar las especies y abundancias de las aves en parvadas mixtas en cada país y calcular el área de bosque ocupado por cada parvada. Para el estudio detallado de este grupo biológico se ha definido un protocolo específico, el cual se denomina: **Protocolo para el estudio regional de *Dendroica chrysoparia* en Centroamérica (Versión 2C)**. Una estandarización de métodos para poder combinar datos de México, Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua. De manera general este protocolo incluye el siguiente contenido:

1. Selección de sitios
2. Seguimiento de parvadas mixtas
3. Duración en horas de muestreos
4. selección de localidades y época de muestreo (15 de noviembre hasta 15 de febrero)
5. Las especies que forman (o no forman) parte de la parvada.
6. Datos a coleccionar sobre las aves.
7. Datos a coleccionar durante la observación de una *S. chrysoparia*.
8. Datos a coleccionar sobre el sitio de estudio

En tal sentido lo que se pretende es monitorear el uso de hábitat y densidad poblacional de *Setophaga chrysoparia* a lo largo de la ecoregión de bosque centroamericano de pino-encino durante su época de invernación. Para lograr este fin, se estudiarán parvadas mixtas de aves forrajeando en bosques seleccionados, registrar las especies y abundancia de las aves en aproximadamente 25 parvadas en cada país (un total de 125 parvadas por año), y calcular el área de bosque ocupado por cada parvada. Estudios previos sugieren que la mayoría de *Setophaga chrysoparia* se unen a parvadas mixtas (Rappole et al. 1999), por esta razón se estimará abundancia relativa y densidad, contando el número de aves por parvada, y se describirá todo la parcela del bosque donde la parvada era activa. Se debe seguir la parvada durante aproximadamente 06:00-10:00 horas, y luego tomar datos de vegetación.

5.2.3 Línea de investigación 3.

Título: Territorios, resiliencia y desarrollo.

Objeto de estudio: Interacción entre ecosistemas y sistema social (subsistema institucional, subsistema social y subsistema económico).

Componentes

- a) Clasificación y evaluación de territorios basadas en resiliencia
- b) Adaptación de medios de vida expuestos,

a) Presentación y breve marco conceptual

La definición de territorios constituye un insumo crítico para desarrollar un modelo de gestión socio-ambiental y de la resiliencia para la adaptación al cambio climático. El enfoque de territorialidad es fundamental para la formulación efectiva de políticas, desarrollo sostenible, desarrollo rural integral, potenciar [el uso] de la diversidad de recursos (naturales, sociales, económicos y culturales) (IICA, 2003).

Existen diversas definiciones de territorio, sin embargo coinciden en que este “puede verse como un conjunto de relaciones dinámicas entre personas, entre éstas y la naturaleza, en un espacio geográfico y un tiempo determinado. Dichas relaciones están definidas por los procesos históricos y las características políticas, socioeconómicas, culturales y biofísicas existentes. En tal sentido, el territorio es un espacio geográfico al cual se le añade una dimensión política, jurisdiccional y cultural. El territorio es considerado, así, como un producto social e histórico, dotado de una determinada base de recursos naturales, de ciertas formas de producción, consumo e intercambio; y de una red de instituciones y formas de organización que dan cohesión al resto de elementos. Eso hace que tenga que ver con las interrelaciones entre las personas y con su identidad comunitaria (GTZ, 2006)

En síntesis, el concepto de territorio generalmente vincula tres factores decisivos:

- a. el soporte material,
- b. sus habitantes y
- c. la relación que los une y los legitima allí, en ese lugar preciso de la superficie terrestre.

Además, se considera que “es un producto social e histórico [el cual trasciende el ámbito espacial y se constituye de un tejido social bien definido y diferenciado], dotado de una determinada base de recursos naturales, ciertas formas de producción, consumo e intercambio, y una red de instituciones y formas de organización que se encargan de darle cohesión al resto de elementos” (IICA, 2003).

El conocimiento del territorio es un prerrequisito para el desarrollo equilibrado y sostenible de los espacios descentralizados de gestión político administrativa. Conociendo las potencialidades y limitaciones del territorio, las poblaciones tienen mayor posibilidad de utilizar los recursos disponibles de una manera racional, eficaz y eficiente. Un instrumento importante para ello es el Ordenamiento Territorial. El ordenamiento del territorio puede verse como parte de los procesos de gestión del desarrollo. Aún así, tiene un objeto específico y requiere de metodologías particulares.

La definición de territorios en este caso estará dirigida a actores institucionales encargados de la administración del territorio, los cuales operan ya sea a escala nacional, regional o local. La propuesta de conformación de unidades territoriales basado en su resiliencia y desarrollo, consiste en la agrupación de municipios, los cuales son la unidad básica de análisis con características similares entre sí y que difieren considerablemente de otros grupos. Los municipios deberán ser descritos de acuerdo a cada uno de los subsistemas propuestos en el modelo socioecológico de Gallopín (2006). Estos subsistemas son: institucional, económico, social y ambiental (ecosistemas).

Para conformar los grupos de municipios (territorios, en este trabajo) que sean parecidos entre sí pero diferentes de otros grupos se deberá implementar un análisis estadístico multivariado

factorial, para resumir la variabilidad, y la clusterización para definir grupos. Con estos métodos se logra simplificar las complejas realidades locales y regionales existentes en la ecoregión de pino y encino, de una forma coherente y sustentada estadísticamente.

Es importante mencionar que, en gran medida, los aspectos teóricos y metodológicos considerados para definir las interacciones entre ecosistemas y sistema social, económico e institucional, su análisis y clasificación de territorios, se tomó como referencia el estudio académico, próximo a publicarse, realizado por el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente IARNA, denominado "Territorios de Guatemala". Dicho estudio, a su vez, está basado en el marco metodológico denominado modelo socioecológico propuesto por Cepal.

b) Descripción metodológica y componentes.

I. CLASIFICACION Y EVALUACIÓN DE TERRITORIOS BASADAS EN RESILENCIA

Para la definición de unidades territoriales se desarrollaron, de manera general, los siguientes aspectos.

1. Selección de variables, a nivel de municipio (unidad de muestreo) de acuerdo al modelo eco-sociológico (Gallopín), e incluyendo los cuatro subsistemas: institucional, económico, social y ambiental.
2. Análisis factorial de las variables seleccionadas. Es decir definición de los principales factores que sintetizan la variabilidad de las unidades muestrales (municipios)
3. Análisis de conglomerados (clúster) para definir territorios.
4. Validación estadística de conformación de territorios.
5. Definición de variables significativas en los territorios.

A continuación se describen los pasos recomendados a realizarse:

Selección de variables. Enmarcados en el sistema socioecológico como método de análisis de los componentes o subsistemas institucional, económico, social y ambiental, así como de sus interacciones y flujos, se definieron los indicadores o variables de análisis. Para ello es importante considerar que la unidad funcional definida es el municipio y el nivel de aplicación de políticas y planificación será a nivel de territorios.

Los principales objetivos que pueden conducir la selección de variables, indicadores en cada uno de los subsistemas del sistema socioecológico, se describen a continuación:

Subsistema institucional

- Describir el sistema de gobierno.
- Describir el grado de participación, y su evolución, de los diversos actores
- Definir cómo se incorporan los diferentes actores en la dinamización, superación y desarrollo de los diversos municipios.

Subsistema económico.

- Describir el sistema económico, es decir la producción y consumo de bienes y servicios.
- Describir el estado general de la economía, identificando su tamaño, dinámica y composición.
- Resaltar el análisis de los bienes y servicios que son insumos esenciales de la producción económica, del consumo y en un sentido más amplio del bienestar de la sociedad.

De lo económico a lo social

- Definir la influencia del sistema económico sobre el social evidenciando cómo los aspectos económicos influyen sobre la **calidad de vida** de las personas, sobre todo a través del nivel de **empleo y de su calidad**

Subsistema social.

- Definir los aspectos prioritarios del subsistema social para darles seguimiento.
- Describir la calidad de vida de la población, es decir, el grado de satisfacción de necesidades materiales y no materiales.
- Describir la renta y de su distribución
- Describir los aspectos demográficos.

Subsistema ambiental /biofísico

- Describir el ambiente natural, incluyendo los recursos naturales y procesos ecológicos que brindan condiciones para el soporte de la vida.

De lo ambiental a lo económico

- Evidenciar la sostenibilidad de insumos de origen natural.

De lo ambiental a lo social

- Describir la relación del ambiente sobre los aspectos sociales, especialmente cómo la degradación de los recursos influye sobre la **salud de la población**, sobre todo en cuanto a enfermedades de origen **hídrico y respiratorio**.

Como es evidente, es muy complejo identificar un indicador que, individualmente, informe sobre las características de la resiliencia del territorio que es necesario conformar. Dada esa situación, lo más apropiado es identificar un sistema de indicadores que, colectivamente, provean la información que describa adecuadamente a las unidades de muestreo (municipios).

Además la identificación de indicadores y su evaluación nos permite verificar el estado actual y evolución de los municipios y de sus conglomerados (territorios). Muchos de los sistemas de indicadores de desarrollo sostenible utilizados, no distinguen entre categorías de indicadores, lo que hace más difícil la interpretación de las tendencias y la identificación de las implicancias para las políticas. Las variaciones en los valores de los indicadores de desarrollo representan un progreso (o un retroceso) que es claro en términos de valores, pero no necesariamente informan acerca de la sostenibilidad (Gallopín, 2006).

La batería de indicadores, generalmente se encuentra dispersa en muchas fuentes. El arte de esta conformación territorial está en la integración de esta información, la verificación de su validez y monitoreo sistemático para evaluar avances o retrocesos. Las fuentes de información serán, fundamentalmente, los sistemas de información ambiental y social existentes en los países estudiados. Asimismo serán importantes los censos sociales, agrícolas o ambientales existentes.

Análisis estadístico. A partir de la selección de indicadores o variables de análisis se procede a analizar estadísticamente la información con el uso de un software de análisis estadístico robusto, tal como SAS, R, XLSTAT, etc. Los procedimientos estadísticos empleados pueden ser: a) análisis factorial y un método adecuado para extracción de factores principales y, b) Posterior al análisis factorial múltiple se deberá desarrollar un análisis clúster.

El objetivo del análisis factorial se enfoca en obtener una representación de las relaciones que se establecen entre un conjunto de datos comparados. El análisis factorial explora la estructura de las interrelaciones entre múltiples variables. En el análisis factorial las variables se explican unas a otras, es decir, todas las variables sirven para explicar a cualquiera de ellas.

Posteriormente, basado en la simplificación de la variabilidad a partir del análisis factorial anteriormente descrito, se realizará un agrupamiento o análisis clúster. El análisis de conglomerado tuvo como objetivo la clasificación de individuos en grupos distintos, buscando que exista la mayor homogeneidad posible dentro de los grupos, con respecto a ciertas variables previamente seleccionadas.

Luego de la clusterización se procederá a describir los diferentes conglomerados de municipios, es decir los territorios. Se hará especial énfasis en la descripción de aquellas variables de interés para la determinación y análisis de la resiliencia y desarrollo de los territorios.

Finalmente se deberá realizar una validación de gabinete y campo de los resultados considerando las principales variables o factores que recogen la mayor variabilidad, comprender como funcionan en los diferentes sitios. Como punto final en esta etapa, se procederá a la priorización de los municipios para aumentar la escala de trabajo de investigación y posterior planificación del territorio para la resiliencia y desarrollo.

Posterior a este análisis podrán realizarse ejercicios de priorización de territorios y evaluación sistemática de evolución de los territorios, con énfasis en la resiliencia de los mismos, destacando el análisis de las variables más importantes.

II. ADAPTACIÓN DE LOS MEDIOS DE VIDA EXPUESTOS.

Los medios de vida que se consideran más importantes para ser investigados son: la disponibilidad de agua y los sistemas de agricultura de subsistencia.

Basado en Regiones bioclimáticas, el cambio previsible de éstas, la clasificación territorial y su priorización se preparará un protocolo específico de investigación para la adaptación agricultura de subsistencia y la gestión de recursos hídricos. El programa de agricultura y subsistencia deberá incluir uno o varias de los siguientes aspectos:

- Protección de cultivos y agroecología.
- Desarrollo de agricultura de precisión para fines económicos, eficiencia ambiental y de resiliencia climática.
- Asegurar abastecimiento de agua durante períodos de escasez, mediante construcción de infraestructura para almacenar agua, prácticas pertinentes de riego (entre menor consumo mejor) y en función del bien común.
- Introducción de nuevos cultivos o mejoramiento de variedades resistentes a las nuevas condiciones climáticas.
- Adaptación a cambios en los tiempos fenológicos de los cultivos. Implementar y mejorar prácticas de pos cosecha.
- Programas de diversificación de cultivos y mejoramiento genético para proporcionar mayor resiliencia al a la variabilidad climática.
- Dar valor agregado a producción primaria.
- Planificación y manejo de riesgo financiero (seguros)
- Identificación y aprovechamiento de oportunidades.
- Adaptación a cambios en los tiempos cultivo, manejo y cosecha de cultivos.
- Almacenamiento del mejor material seminal.
- Implementar y mejorar prácticas de post-cosecha en sectores vulnerables. Acceso a alimentos alternativos
- Programas de manejo y conservación de suelos y agua. Manejo y conservación de la fertilidad y propiedades hídricas de los suelos (por ejemplo manejo de rastrojo, desalinización de suelos, etc.)
- Programas de diversificación de cultivos (cultivos de ciclo corto) y alimentos alternativos para dieta adecuada y manejo de emergencias. Diversificación de ingresos (sistemas agroforestales).
- Programas de monitoreo de seguridad alimentaria en comunidades.
- Sistemas de alerta temprana

A continuación se presenta un modelo del protocolo de investigación específico respecto a protección de cultivos y agroecología.

PROTOCOLO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PARCELA AGROECOLOGICA EXPERIMENTAL PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO¹

EL PROBLEMA

A mediados del siglo veinte la producción agropecuaria sufrió grandes transformaciones. Los alimentos dejaron de ser el producto de una relación equilibrada entre el agricultor y la naturaleza y se convirtieron en objeto de especulación, del cual lo único que realmente importaba era su valor de mercado. La razón de estos cambios no está, como muchas veces se sostiene, en la necesidad de producir más para alimentar a una población en la ecoregión en crecimiento. En tal sentido el hambre en la ecoregión se estima que se debe, principalmente, a la insuficiente producción de alimentos, sino a una mala distribución de los mismos.

Con el tiempo se ha pasado entonces de una agricultura y producción pecuaria de escala humana a otra de tipo industrial, que busca producir cada vez más, sin importar cómo ni a costa de qué. Aunado a todo esto, cada año se ha venido incrementando los impactos y efectos de la variabilidad climática en la ecoregión (eventos extremos), principalmente en la disponibilidad de agua y los sistemas de agricultura de subsistencia como se mencionó al inicio. Para todo esto, ha sido necesario el uso cada vez más intensivo de maquinarias, sistemas de riego, semillas híbridas, fertilizantes químicos, agrotóxicos y, en los últimos años, semillas transgénicas. Estos elementos técnicos conforman un llamado **“paquete tecnológico” que aumenta la “productividad”** de los predios, sin reparar en los costos sociales y ambientales de esa manera de producir.

¹ (Basada en la parcela experimental PAIS en Brasil, que requiere una área mínima 7 ha. El concepto fue adaptado al protocolo de investigación aplicada)

Ese tipo de agricultura industrial y los efectos del cambio climático, expulsan a los agricultores del campo e impone el monocultivo como práctica predominante de manejo. Esta generalización del monocultivo -espacial o temporal- no solo atenta contra la biodiversidad y promueve la aparición de plagas, sino que profundiza la dependencia económica y la pérdida de soberanía alimentaria de cada productor, de la ecoregión. El uso de agrotóxicos -indisolublemente ligado a los monocultivos- y de fertilizantes químicos que intentan paliar la sobreexplotación del suelo, contamina el suelo, el agua y el aire e implica un grave riesgo para la salud de las personas que producen y que consumen estos alimentos (RAP-AL, 2009).

Producción agroecológica y agroforestería: una alternativa resiliente para la adaptación de los territorios al cambio climático

Afortunadamente, en la ecoregión **aún** existen agricultores que producen alimentos de otra manera, y hay programas y socios locales que fomentan alternativas de cultivar el suelo sin agredir la base de recursos naturales. Ellos, saben y conocen que es posible controlar las plagas sin agrotóxicos, y que se puede mejorar en vez de degradar el suelo al cultivarlo.

A esta agricultura se la denomina agricultura agroecológica y cuando se utiliza el componente leñoso integrado al sistema son denominados técnicamente sistemas agroforestales. Se trata de una manera de uso del suelo de manera integral, diversificada y amigable con el ambiente. Su principal objetivo no es obtener la mayor ganancia económica posible a cualquier costo, sino producir de un modo que asegure el bienestar integral de la familia de los agricultores.

En este sentido, la producción agroecológica y la agroforestería no solo son posibles y necesarias, sino que están siendo puestas en práctica nuevamente, en diferentes comunidades, se están rescatando las prácticas ancestrales y conjugando el conocimiento tradicional de los agricultores con elementos de la ciencia moderna.

CONCEPTO DE LA PARCELA AGROECOLÓGICA

Resumen de tecnología:

Se trata de una tecnología social rural inspirada en la experiencia de pequeños y medianos agricultores pertenecientes a las comunidades dentro de la ecoregión de pino y encino (agricultores en la sierra de Chiapas, México; del altiplano occidental de Guatemala y la región oriental de Honduras). Los agricultores optan por la producción sostenible de alimentos libres de productos químicos, con el objetivo de ser responsables y amigables con el medio ambiente. El objetivo básico de la tecnología es la producción de alimentos para autoconsumo, procurando lograr una producción excedentaria de productos que sean sujetos de venta local o nacional, que permita la obtención de ingresos económicos para la compra de insumos complementarios para la alimentación dentro del hogar.

El sistema propuesto apoya la agricultura a pequeña escala mediante la integración de técnicas sencillas ampliamente conocidas por las comunidades rurales, con el objetivo de priorizar y ordenar el desarrollo de un sistema agropecuario, que dependa muy poco de insumos externos, promoviendo prácticas agropecuarias naturales, tradicionales y sostenibles. En donde sea viable técnica y económicamente, el sistema utilizará un sistema de riego por goteo alimentado por tanques elevados, que promueva un uso más racional de los recursos hídricos. De igual manera, los residuos producidos por los animales (incluye ganado menor y aves de corral de acuerdo con las condiciones locales), debieran ser utilizados para la producción de abono orgánico para las hortalizas, tomando en cuenta que se hará un uso más intensivo al suelo. Sin embargo, con la lógica de una producción diversificada debiera realizarse un uso óptimo de los nutrientes del suelo favoreciendo el control de plagas y enfermedades

La utilización de árboles y arbustos para producción de frutas, forraje, raíces y pasto para el ganado menor, podrían generar ingresos adicionales para los agricultores y sus familias.

Consideraciones técnicas iniciales para la investigación:

1. Todas las técnicas ya han sido investigadas en gabinete y en campo, de manera que lo primero es hacer un inventario de lo generado por los entes especializados en productividad agropecuaria a nivel académico y a nivel institucional y adaptarlo a los territorios resilientes.
2. En la ecoregión el área mínima en posesión para optar a instrumentos financieros a nivel rural o en las zonas priorizadas en estado de pobreza y pobreza extrema es de 0.1 ha.
3. La dieta básica de las familias pobres en la ecoregión se basan en reservas alimenticias basadas en maíz, frijol, maicillo y arroz.

4. Los arreglos específicos de los encadenamientos en hortalizas deben quedar fuera del diseño de la parcela agroecológica, deberán ser complementarios para los productores excedentarios.
5. Las condiciones culturales en cada región dentro de la ecoregión de pino y encino varía significativamente, por lo que es una situación que debe ser tomada en cuenta al momento del diseño de la parcela agroecológica o el sistema agroforestal pertinente.
6. El uso de material autóctono de cada región también varía, por lo que es importante de ser considerado para integrar la parcela agroecológica o el sistema agroforestal pertinente.
7. Hay que ser sumamente cuidadoso social y ambientalmente al incorporar elementos exóticos dentro del sistema de producción de la parcela.
8. Tomar como base la rotación y diversidad de cultivos con el objetivo de buscar un uso más eficiente de los recursos naturales, sin agotar el suelo ni propiciar la aparición de plagas.
9. Hacer un uso adecuado e inteligente de los diferentes recursos y fenómenos naturales que intervienen en los procesos productivos, como el uso de cercos vivos de plantas que, por ejemplo, ayudan a repeler insectos o producen frutos comestibles transformando las áreas en territorios resilientes.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PARCELA AGROECOLOGICA EXPERIMENTAL RESILIENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Como se explicó al inicio, el objetivo de este protocolo de investigación no es inventarse tecnologías nuevas o diferentes, es principalmente, rescatar las prácticas ancestrales y conjugando el conocimiento tradicional de los agricultores con elementos de la ciencia moderna enfocada a tecnologías de adaptación al cambio climático que transformen las áreas tradicionales en territorios resilientes, climáticamente inteligentes. A continuación se describen los pasos sugeridos:

1. Identificar la región o municipios en los cuales se pretende incorporar las parcelas piloto.
2. Identificar el área mínima de parcela tradicional para la producción agrícola en cada región y municipio.
3. Identificar el área mínima de parcela tradicional para la producción de alimentos en cada región y municipio.
4. Identificar socialmente el comportamiento y condiciones de las poblaciones en cada región y municipio (idioma, costumbres y cosmovisión, salud, educación).
5. Identificar ambientalmente las condiciones o medios de vida expuestos en cada región y municipio (disponibilidad de agua segura y agua para riego, condiciones de suelo, pendiente, acceso a bienes y servicios del bosque).
6. Identificación del interés local en la implementación de tecnologías innovadoras sostenibles o amigables con el ambiente (sin uso de recursos externos), o en la diversificación agropecuaria dentro de su parcela productiva (incluye el área destinada para la producción de alimentos).
7. Identificar y analizar los hábitos alimenticios de las familias rurales para identificar la demanda real (dieta diaria utilizada para seguridad alimentaria) y la demanda potencial de alimentos (dieta diaria requerida para una mejor seguridad alimentaria y nutricional) de las familias rurales.
8. Definir los componentes básicos autóctonos (anuales, permanentes o semipermanentes, pecuarios, arbóreos) en cada región y municipio para el diseño de la parcela agroecológica o el sistema agroforestal pertinente.
9. Determinar el diseño en campo de la parcela (determinar la forma más aceptable socialmente o la forma prácticamente más adecuada, con base al diseño de los terrenos en campo).
10. Definir los porcentajes o número de individuos de cada componente básico autóctono en cada parcela agroecológica o el sistema agroforestal pertinente (30% anuales, 20% permanente o semipermanente, 30% pecuario, 20% arbóreo). El número de individuos estará en función del tamaño o área de la parcela.
11. Determinar el costo económico y tiempo requerido para la implementación de la parcela básica en cada región o municipio y en cada país.
12. Definir los tipos de parcela agroecológica o el sistema agroforestal pertinente:

- a. Parcela básica autóctona.
 - b. Parcela básica mixta (incluye elementos exóticos dentro del sistema)
 - c. Parcela intermedia autóctona
 - d. Parcela intermedia mixta (incluye elementos exóticos dentro del sistema).
 - e. Parcela ideal autóctona
 - f. Parcela ideal mixta (incluye elementos exóticos dentro del sistema)
13. Desarrollar los componentes que van a integrar cada opción de parcela. En este sentido el desarrollo de los componentes deberá incluir:
 - a. Tipo de componentes (anuales, permanentes o semipermanentes, pecuarios, arbóreos).
 - b. Porcentajes de los componentes dentro de la opción de parcela.
 - c. Número de individuos de cada componente.
 - d. Arreglo específico dentro de la parcela (pueden usarse arreglos ya establecidos en los sistemas agroforestales).
 14. Socialización del menú de opciones de parcelas en cada región y municipio y dentro de cada país.²
 15. Capacitación en el diseño y establecimiento de las parcelas piloto. Esto implica por lo menos 5 días de transferencia técnica para la implementación del proyecto.
 16. Selección de los sitios idóneos para la inversión inicial en el establecimiento de las parcelas dentro de los territorios resilientes.
 17. Establecer el diseño y realizar el trazo para el establecimiento de las parcelas piloto.
 18. Orientar al propietario o poseedor voluntario en el establecimiento de la parcela piloto.
 19. Divulgar y realizar giras demostrativas de campo con agricultores vecinos para provocar el efecto multiplicador y demostrativo de la funcionalidad de las parcelas (Newman, 2007).

² Esta actividad se propone para evitar el fracaso que se han tenido históricamente con otras tecnologías como por ejemplo: las estufas ahorradoras, apriscos para producción caprina, porcina, letrinas, etc.

6 Bibliografía Consultada

1. Adger, N. (2003). Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change. *Economic Geography* , 79 (4), 387-404.
2. Adger, N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change* , 16 (1), 268–281.
3. Adger, N., & Vincent, K. (2005). External Geophysics, Climate and Environment. Uncertainty in adaptive capacity. *C.R. Geociencia* , 337, 399–410.
4. Adger, N., Arnel, N., & Tompkins, E. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change* , 15, 77-86.
5. Adger, N., Huq, S., Brown, K., Conway, D., & Hulme, M. (2003). Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in Development Studies* 3,3 (2003) pp. 179–195 , 179-195.
6. Agrawala, S. (2003). Climate Change and Development. *IDS Bulletin* 35.3 , 35 (3), 51-59.
7. Aguilar , M. (1974). *Índices de complejidad de los bosques húmedo y muy húmedo subtropical de El Petén, Guatemala*. Turrialba, Costa Rica: IICA.
8. Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica. (2008). *Plan de conservación de los bosques de pino-encino de Centroamérica y el ave migratoria dendroica chrysoparia*. (C. Pérez, E. Secaira, & S. Macías, Edits.) Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza.
9. American Meteorological Society . (2000). *Glosary of meteorology*. . Recuperado el 10 de 10 de 2012, de <http://amsglossary.allenpress.com/glossary>
10. Andrade, G. I., Sandino, J. C., & Aldana-Domínguez, J. (2011). *Biodiversidad y territorio innovación para la gestión adaptativa frente al cambio global. Insumos técnicos para el pland de accion nacional para la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos* . Bogotá: Instituto Humboldt, Colombia.
11. Aronson, R. (2009). Overview - Climate Change and Adaptation. *Sustainability 2009: The Next Horizon, edited by G. L. Nelson and I. Hronszky* , 1-10.
12. Ayers, J., & Dodman, D. (2010). Climate change adaptation and development I: the state of the debate. *Progress in Development Studies* 1 , 10 (2), 161-168.
13. Beg, N., Morlot, J. C., Davidson, O., Afrane-Okesse, Y., Tyani, L., Denton, F., y otros. (2002). Linkages between climate change and sustainable development. *Climate Policy* , 2, 129-144.
14. Bird Species and Climate Change: The Global Status Report version 1.0. (2007). *A Climate Risk Report The Global Status Report: A synthesis of current scientific understanding of anthropogenic climate change impacts on global bird species now, and projected future effects*.
15. Bowen, A., Cochrane, S., & Fankhauser, S. (2012). Climate change, adaptation and economic growth. *Climatic Change* , 113, 95–106.
16. Box, E. (1981). Predicting physiognomic vegetation types with climate variables. *Plant Ecology* , 45 (2), 127-139.
17. Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). Wat are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* , 1-11.
18. Braat , L., & Groot, R. (2012). The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services* , 4-15.
19. Brooks, N., Grist, N., & Brown, K. (2009). Development Futures in the Context of Climate Change: Challenging the Present and Learning from the past. *Development Policy Review*, 2009 , 27 (6), 741-765.
20. Burkharda, B., de Groot, R., Constanza, R., Seppelt, R., Jorensen, S., & Potschin, M. (2012). Editorial: Solutions for sustaining natural capital and ecosystem services. *Ecological Indacators* , 21, 1-6.

21. Burton, I., Huq, S., Lim, B., Pilifosova, O., & Schipper, E. L. (2002). From impacts assessment to adaptation priorities: the shaping of adaptation policy. *Climate Policy* , 2, 145–159.
22. Castañeda, C. (2008). Diversidad de ecosistemas en Guatemala. En C. N. Guatemala, *Guatemala y su Biodiversidad. Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico*. (págs. 181-229). Guatemala : CONAP.
23. CEPAL. (2011). *La economía del cambio climático en Centroamérica*. Distrito Federal, México: CEPAL.
24. Chapin, S., Matson, P., & Mooney, H. (2002). *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. (Springer, Ed.) New York, New York, United States: Springer.
25. Chen, X., Zhang, X.-S., & Li, B.-L. (2003). The possible response of life zones in China under global climate change. *Global and planetary change* , 38, 327–337.
26. Collier, B., & al., e. (2012). Predicting patch occupancy in fragmented landscapes at the rangewide scale for an endangered species, an example of an American wrbler. *Diversity and Distribution* , 18, 158–167.
27. Corlett, R. (2013). Where are the Subtropics? *Biotropica* , 1–3.
28. Cramer, W. B.-M. (2001). Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO₂ and climate change: results from six dynamic global vegetation models. *Global Change Biology* , 357–373.
29. Crivelli, E., & Dzondeletas, M. (2002). Una propuesta para extender el rango de aplicación de la clasificación climática de Holdridge. *Ecología Austral* , 12, 49-53.
30. de Groot, R. S., Alkemade, S., Braat, L., Hein, L., & Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological complexity* , 267-272.
31. de Groot, R., Alkemade, R., Braat , L., Hein, L., & Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* , 7, 260-272.
32. De la Cruz, R. (1976). *Clasificación de Zonas de Vida de Guatemala, basada en el sistema Holdridge*. Guatemala: INAFOR.
33. Díaz Anzueto, M., & Pérez Irungaray, G. (2005). *Identificación y priorización de corredores forestales en Guatemala. Estudio piloto en la región Nororiental: Las Verapaces, Izabal, Zacapa y El Progreso*. Guatemala: Serviprensa.
34. Domroes, M. (2003). Climatological characteristics of the tropics in China: climate classification schemes between German scientists and Huang Bingwei. *Journal of Geographical Sciences* , 13 (3), 271-285.
35. Fankhauser, S., Smith, J., & Tol, R. (1999). Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions. *Ecological economics* , 30, 67-78.
36. FAO. (2001). *Global ecological zoning for global forest resource assessment*. Roma: FAO.
37. Fisher, G., Shah, M., Tubiello, F., & Vehluzen, F. (2005). Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990–2080. *Philosophical transactions, Royal Society* 360 , 360, 2067–2083.
38. Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change* , 16, 253-267.
39. Freile, A. J., & Leavy, T. (1967). A Simplified Method For Determining Thornthwaite Climatic Classifications,. *The Professional Geographer* , 45 (1), 244-249.
40. Fu, B.-J., Liu, G.-H., & Lü, J.-F. (2004). Ecoregions and ecosystem management in China. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* , 11 (4), 11-19.
41. Gallopin, G. (2006). *Los aspectos del desarrollo sostenible: Aspectos conceptuales y metodológicos*. Santiago, Chile: CEPAL.

42. Gallopin, G. (2006). *Sostenibilidad del Desarrollo en América Latina y el Caribe: cifras y tendencias en Honduras*. Santiago, Chile: CEPAL, Naciones Unidas.
43. Good, R. (1964). *The Geography of Flowering Plants*. London: Longman.
44. GTZ. (2006). *Bases Conceptuales y Metodológicas para la Elaboración de una Guía Nacional de Ordenamiento Territorial*. Lima, Perú: GTZ.
45. Hannah, L. M. (2002). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 147–186. (135), 147-186.
46. Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., & Jarvis, A. (2005). *International Journal of Climatology* (25), 1965–1978.
47. Hijmans, T., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 25, 1965–1978.
48. Holdridge. (1971). *Ecología basada en Zonas de Vida*. Turrialba: ICTA.
49. Holdridge, L. (1947). Determination of World Plant Formations. *Science*, X, 367-368.
50. Holdridge, L. (1979). *Ecología basada en zonas de vida* (Quinta reimpresión ed.). San José, Costa Rica: IICA.
51. Holdridge, L., Lamb, B., & Mason, B. (1950). *Los Bosques de Guatemala*. Turrialba, Costa Rica: IICA.
52. IARNA. (2009). *Evaluación de la sostenibilidad del desarrollo en Guatemala*. Guatemala: IARNA.
53. IARNA/BANGUAT. (2009). *El sistema de contabilidad ambiental y económica integrada*. Guatemala: IARNA.
54. IARNA-URL (Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). (2011). *Cambio climático y biodiversidad. Elementos para analizar sus interacciones en Guatemala con un enfoque ecosistémico*. Guatemala 97, Guatemala : IARNA.
55. IARNA-URL. (2012). *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012. Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. Guatemala: Serviprensa.
56. IARNA-URL. (2010). *Perfil ambiental de Guatemala*. Guatemala : IARNA.
57. IICA. (2003). *El Enfoque territorial del desarrollo rural*. San José, Costa Rica: IICA.
58. INAB, CONAP, UVG, URL. (2012). *Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2010 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2006-2010*. Guatemala: Serviprensa, S.A.
59. IPCC. (2001). Cambio Climático 2001: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes del grupo de trabajo II. En I. P. Climático., *Resumen para responsables de políticas Tercer Informe de Evaluación*. (pág. 80). Geneva, Switzerland: IPCC Panel Intergubernamental de Cambio Climático.
60. IPCC. (2000). *Escenarios de emisiones. Reporte especial del IPCC. Resumen para responsables de políticas*. New York: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
61. Jerneck, A., & Lenart, O. (2008). Adaptation and the poor: development, resilience and transition. *Climate Policy*, 8 (2), 25-29.
62. Jimenez, M. (2009). *Resiliencia de los ecosistemas naturales terrestres de Costa Rica al cambio climático*. Turrialba, Costa Rica : CATIE.
63. King, D., Chandler, C., Rappole, J., Chandler, R., & Melham, D. (2012). Establishing quantitative habitat targets for a 'Critically Endangered' Neotropical migrant (Golden-cheeked Warbler *Dendroica chrysoparia*) during the non-breeding season. *Bird Conservation International*, 22 (2), 213-221.
64. Komar, O., McCrary, J., Van Dort, J., Cobar, A., & Castillejo, E. (2011). *Winter ecology, relative abundance and population monitoring of Golden-cheeked Warblers (*Dendroica**

chrysoparia) throughout the known and potential winter range. Draft final report. Chiapas: Salvanatura.

65. Köpen, W. (1884). Die Warmezonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet (The thermal zones of the earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and to the imp. *Meteorologische Zeitschrift* , 20 (3), 351-360.
66. Köppen, W. (1918). Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle). (P. Geogr, Ed.) *Mitt.* , 64, 193-203, 243-248.
67. Köppen, W., & Geiger, R. (1954). Klima der Erde (Climate of the Earth). Wall Map. . *Gotha* , 1 (16).
68. Kubisch, A., Degen, T., Hovestadt, T., & Poethke, H. (2013). Predicting range shifts under global change: the balance between local adaptation and dispersal. *Ecography* (36), 01-10.
69. Kubisch, A., Degen, T., Hovestadt, T., & Poethke, H. (2013). Predicting range shifts under global change: the balance between local adaptation and dispersal. *Ecography* 36: 001–010, 2013 , 36, 01-10.
70. Lagerroos, D. (2004). Sustainability seen through an integral lens. *World Futures* , 60, 319-325.
71. Laukkonen, J., Kim Blanco, P., Lenhart, J., Keiner, M., Cavric, B., & Kinuthia-Njenga, C. (2009). Combining climate change adaptation and mitigation measures at the local level. *Habitat International* , 33 , 287-292.
72. Lindsay, D. (2008). Habitat fragmentation and genetic diversity of an endangered, migratory songbird, the golden-cheeked warbler (*Dendroica chrysoparia*). *Molecular Ecology* , 17, 2122–2133.
73. Lobo, A., & Gonzalez, J. L. (2010). Model-based discriminant analysis of Iberian potential vegetation and bio-climatic indices. *Physics and Chemistry of the Earth* (35), 52-56.
74. Lugo, A. E., Brown, S. L., Dodson, R., & Smith, T. S. (1999). The Holdridge life zones of the conterminous United States in relation to ecosystem mapping. *Journal of Biogeography* , 1025-1038.
75. Lugo, A., Brown, S., Dodson, T., Smith, T., & Shugart, H. (1999). The Holdridge life zones of the conterminous United States in relation to ecosystem mapping. (B. S. Ltd., Ed.) *Journal of Biogeography* , 26, 1025-1038.
76. Lyons, J. (1990). *Winter habitat survey of the Golden-cheeked Warbler (Dendroica chrysoparia) in Guatemala*. Washington.
77. MAGA. (2006). *Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra de la República de Guatemala Año 2003 (escala 1:50,000)*. Guatemala.: Ediciones Litoprogua.
78. Matter, J., & Yoshioka, G. (1968). The role of climate in the distribution of vegetation. *Annals of the Association of American Geographers* , 58 (1), 29-41.
79. Matteucci, S., & Colma, A. (1982). *Metodología para el Estudio de la Vegetación*. Washington: OEA.
80. MDG Achievement Fund. (2010). *Metodología para el análisis de vulnerabilidad al cambio y a la variabilidad climática aplicada a un área piloto*. Bogotá, Colombia: MDG Achievement Fund.
81. Millennium Ecosystem Assessment. (2005.). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington DC: Island Press.
82. Mundial, B. (2010). *Grupo del Banco Mundial*. Recuperado el 02 de noviembre de 2012, de <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/BANCOMUNDIAL>
83. Naciones Unidas. (2009). *Riesgo y pobreza en un clima cambiante*. Geneva: Naciones Unidas.

84. Newman, M. d. (2007). *Producao Agroecológica integrada y sustentavel certificada*. . Brasilia: Servicio brasileiro de apoio ás micro e pequenas empresas (SEBRAE Nacional).
85. Odum, E. (1982). *Ecología*. México: Nueva Editorial Interamericana .
86. Olson , D., Graham, D., Webster, A., Bookbinder, M., Primm, S., Ledec, G., y otros. (1995 Dinerstein, Eric; M. Olson, David; J. Graham, Douglas; L. Webster, Avis; A. Primm, Steven; P. Bookbinder, Marnie; Ledec, George). *A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*.
87. Olson, D. (2001). Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of life of Earth. *BioScience* , 51 (11), 933-954.
88. Oudenhoven, A., Petza, K., Alkemadedeb, R., Heina, L., & de Groot, R. (2012). Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecological Indicators* , 21, 110-122.
89. Pearson, G., Terence, P., & Dawson, G. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* , 12, 201-213.
90. Pearson, R., & Dawson, T. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology & Biogeography* , 361-371.
91. PNUD. (2011). *Programa de informes nacioanles de desarrollo humano y de objetivos de desarrollo del milenio*. Recuperado el 02 de noviembre de 2011, de <http://desarrollohumano.org.gt/content/idh-en-guatemala>
92. Prentice, C., Cramer, W., Harrison, S., Leemans, R., Monseurd, R., & Solomon, A. (1992). A global biome model based on plant physiology nad dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography* , 19, 117-134.
93. Quay, R. (2010). Anticipatory Governance. A tool for climate change adaptation. *Journal of the American Planning Association* , 476 (4), 496-511.
94. Rappole, J., King, D., & Leimgruber, P. (2000). Winter habitat and distribution of the endangered golden-cheeked warbler (*Dendroica chrysoparia*). *Birdlife* , 201-210.
95. Renault Adib, A. (2010). *Guia para la formulación y gestión de planes de desarrolllo rural sostenible. Un abordaje participativo con éfoque de territorio*. Asunción, Paraguay: IICA.
96. Rivas-Martinez, S. (2004). *Global Bioclimatics*. Madrid: Centro de Investigaciones de Madrid.
97. Rottach, P. (2011). *Antecedentes y componentes de la Reducción del riesgo a desastres*. Alemania: Diakonie Katastrophenhilfe.
98. Schultink, G. (1992). Evaluation of sustainable development alternatives: relevant concepts, resource assessment approaches and comparative spatial indicators. *International Journal of Environmental Studies* , 203-224.
99. Schulze, B. R. (1958). The climate of South Africa according to Thornwaite´s rational classification. *Geographical Journal* , 40 (1), 31-53.
100. Schuschny, A., & Soto, H. (2009). *Guía metodológica. Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible*. Santiago, Chile: CEPAL.
101. Secretaria de ambiente y desarrollo sostenible . (2006). *Sistema de indicadores de desarrollo sostenible: República de Argentina*. Buenos Aires, Argentina: Secretaria de ambiente y desarrollo sostenible de Argentina.
102. SMEC Australia. (2007). *Climate change adaptation actions for local government* (Third ed.). Australia: Government of Australia.
103. Spurr, S., & Barnes, B. (1982). *Ecología Forestal*. México: AGT Editor.
104. Sykes, M. P. (2001). An introduction to the European Terrestrial Ecosystem Modelling Activity. *Global Ecology and Biogeography*, (10), 581-593.

105. Texeira, J. (2011). Tropical and Subtropical Cloud Transitions in Weather and Climate Prediction Models: The GCSS/WGNE Pacific Cross-Section Intercomparison (GPCI). *American Meteorological Society* , 24, 5224-5254.
106. Turner, B., Kasperson, R., Matson, P., McCarthy, J., Corell, R., Christensen, L., y otros. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. (PNAS, Ed.) *PNAS* , 100 (14), 8074-8078.
107. Udvardy, M. (1975). A classification of the biogeographical provinces of the world. En UICN, *Man and the Biosphere programme* (pág. 50). Morges, Switzerland: UICN/UNESCO.
108. UNDP. (2002). *An adaptation policy framework. Capacity building for stage II adaptation*. New York: UNDP-GEF.
109. UNFCCC. (2007). *Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries*. Bonn, Germany: UNFCCC.
110. United Nations. (2003). *Integrated Environmental and Economic Accounting, 2003*. New York: United Nations.
111. United Nations. (2004). *Millennium Ecosystem Assessment*. Unaited Nations.
112. Universidad Complutense. (2004). *Ciencias de la Tierra*. Madrid: Editorial Oxford Complutense.
113. UVG, INAB, CONAP, URL. (2011). *Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2006 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006*. Guatemala: Serviprensa, S.A.
114. Van Dijk, A. (2003). *Ecohydrology*. Amsterdam: Vrije Universitet.
115. Vidal, R., Macías-Caballero, C., & Duncan, C. (1994). The ocurrence and ecology of golden-cheeked warbler in tha northern highlands of Chiapas, México. *Condor* , 96 (3), 484-491.
116. Walter, H. (1973). *Vegetation of the earth. In relation to climate and the ecophysiological conditions*. London: The English Universities Prtess Ltd.
117. Walter, H., & Box, E. (1976). Global classification of natural terrestrial ecosystems. *Plant Ecology* , 32 (2), 75-81.
118. Watson, V., & Tosi, J. (2000). El Sistema de Zonas de Vida. *Biocenosis* , 13, 1-12.
119. Weber, J.-L. (2007). Implementation of land and ecosystem accounts at the European Environment Agency. *Ecological Economics* , 696-707.
120. Willmott, C., & Feddema, J. (1992). A More Rational Climatic Moisture Index. *The Professional Geographer* , , 44 (1), 84-88.
121. Wills, K. J., & Whittaker, R. J. (2002). Species diversity — scale matters. *Science* , 295, 1245–1248.
122. Woodward, F. I. (1987). *Climate and plant distribution*. Melbourne, Australia: Cambridge University Press.
123. Woodward, F., & Beerling, D. (1997). The dynamics of the vegetation change: health warnings for equilibrium 'dodo' models. *Global Ecology Biogeography Letters*, 6, 413–418. , 413 - 418.