



Diseño de protocolos de monitoreo para estimar la integridad ecológica en selvas y bosques de sitios prioritarios de la Alianza México REDD+

REPORTE FINAL DE CONSULTORÍA

Claudia Macías Caballero

Agosto 2014

ALIANZA MÉXICO PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN



www.alianza-mredd.org

Este informe ha sido posible gracias al generoso apoyo del pueblo de los Estados Unidos a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo los términos de su Acuerdo de Cooperación No. AID-523-A-11-00001 (Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México) implementado por el adjudicatario principal The Nature Conservancy y sus socios (Rainforest Alliance, Woods Hole Research Center y Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable).

Los contenidos y opiniones expresadas aquí son responsabilidad de sus autores y no reflejan los puntos de vista del Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México y de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, el Gobierno de los Estados Unidos.

La presente consultoría fue desarrollada por un grupo de trabajo conformado por integrantes de las siguientes instituciones:

Universidad de Guadalajara, Departamento de Ecología y Recursos Naturales - participantes Sarahy Contreras Martínez, Oscar Gilberto Cárdenas Hernández y Pedro Camilo Alcántara Concepción.

Pronatura México, A.C. - participantes Alina Gabriela Monroy Gamboa y Alejandra Salazar Dreja.

Pronatura Noroeste, A.C. - participantes Aimée Cervantes Escobar, Nereyda Nathalie Cruz Maldonado, Miguel Ángel Cruz Nieto y Luz Francelia Torres González.

Pronatura Península de Yucatán, A.C. - participantes Gerardo García Contreras y Josefina González Ceballos.

Pronatura Sur, A.C. - participantes María Patrocinio Alba López, Eduardo Martínez Ovando y Claudia Macías Caballero.

Se sugiere citar este documento de la siguiente manera:

Macías Caballero C., Contreras Martínez S., Martínez Ovando E., Alba López M.P., Cárdenas Hernández O.G., Alcántara Concepción P.C., García Contreras G., González Ceballos J., Monroy Gamboa A.G., Cruz Maldonado N.N., Salazar Dreja A., Torres González L.F., Cervantes Escobar A. y Cruz Nieto M.A. 2014. Diseño de protocolos de monitoreo para estimar la integridad ecológica en selvas y bosques de sitios prioritarios de la Alianza México REDD+. The Nature Conservancy. Reporte de Consultoría. México, D.F.



CONTENIDO

CONTENIDO.....	4
ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS.....	6
RESUMEN EJECUTIVO	10
I. ANTECEDENTES	11
II. INTRODUCCIÓN	11
III. PROCESO METODOLÓGICO	13
1. Sistematización y análisis de información disponible	14
2. Consulta con actores clave y expertos.....	18
3. Definición y análisis de elementos de estudio, atributos e indicadores de integridad ecológica.....	18
3.1. Identificación de elementos de estudio	18
3.2. Identificación de atributos ecológicos clave	19
3.3. Identificación de indicadores clave y niveles de medición	22
3.3.1. Identificación de indicadores.....	22
3.3.2. Nivel de medición de indicadores.....	24
3.4. Integración de la matriz de atributos e indicadores clave	25
4. Determinación del índice de integridad ecológica	26
4.1. El rango de variación natural y las condiciones de referencia como guía para la calificación de indicadores.....	26
4.2. Calificación de indicadores.....	28
4.3. Evaluación de la integridad ecológica de los elementos de estudio o ecosistemas	29
5. Elaboración y validación de protocolos para medición de atributos e indicadores.....	31
IV. RESULTADOS	33
1. Sistematización y análisis de información disponible	33
1.1. Esfuerzos e iniciativas para la evaluación de prioridades de conservación y formas de medir la integridad de los ecosistemas.....	34
1.2. Análisis comparativo de metodologías para evaluar la integridad ecológica	36

1.3. Integridad ecológica y el contexto de su aplicación.....	38
2. Consulta con actores clave y expertos.....	39
3. Definición y análisis de elementos de estudio, atributos e indicadores de integridad ecológica.....	43
3.1. Identificación de elementos de estudio	43
3.2. Identificación de atributos e indicadores ecológicos clave.....	44
3.3. Niveles de medición de indicadores ecológicos clave.....	46
4. Determinación del índice de integridad ecológica	47
5. Elaboración y validación de protocolos para medición de atributos e indicadores.....	48
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
Conclusiones.....	48
Recomendaciones.....	49
VI. LITERATURA DE REFERENCIA.....	51
VII. ANEXOS.....	57
ANEXO 1. GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	57
ANEXO 2. BASE DE DATOS LITERATURA.....	57
ANEXO 3. CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS DE ACCIÓN TEMPRANA REDD+.....	57
ANEXO 4. MATRIZ DE ATRIBUTOS, INDICADORES Y METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA	57
ANEXO 5. SISTEMAS DE CALIFICACIÓN PARA ATRIBUTOS E INDICADORES DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA ...	57
ANEXO 6. PROTOCOLOS PARA MEDICIÓN DE ATRIBUTOS E INDICADORES	57
ANEXO 7. CASOS DE ESTUDIO QUE EJEMPLIFICAN LA ESTIMACION DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA EN AATR	57

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

AATR → Área de Acción Temprana REDD+

ADVC → Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación

AEC → Atributo Ecológico Clave

AICA → Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

AMBIENTARE → Asociación Civil ubicada en Oaxaca

AMBIO → Asociación Civil ubicada en Chiapas

ANP → Área Natural Protegida

CDI → Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas

CI → Conservación Internacional

CICY → Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.

CONABIO → Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad

CONACYT → Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CONAFOR → Comisión Nacional Forestal

CONAGUA → Comisión Nacional del Agua

CONANP → Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

CONAPO → Consejo Nacional de Población

CONEVAL → Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social

DERN → Departamento de Ecología y Recursos Naturales

DOF → Diario Oficial de la Federación

DRBSM → Dirección de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán

ECOSUR → El Colegio de la Frontera Sur

FAO → Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FONCET → Fondo de Conservación El Triunfo

INAH → Instituto Nacional de Antropología e Historia

INEGI → Instituto Nacional de Estadística, geografía e Informática

INF → Inventario Nacional Forestal

IT-CONKAL → Instituto Tecnológico de Conkal

IUCN → Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

JICOSUR → Junta Intermunicipal de Medio Ambiente de la Costa Sur

JIRA → Junta Intermunicipal de Medio Ambiente para la Gestión Integral de la Cuenca Baja del Río Ayuquila

MREDD+ → Alianza México REDD+

MRV → Monitoreo, Reporte y Verificación

PCA → Planificación para la Conservación de Áreas

PCyM → Programa de Conservación y Manejo

PNUD → Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PPY → PRONATURA Península de Yucatán

PROCER → Programa de Recuperación de Especies en Riesgo

PROCODES → Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible

PRODER → Programa de Desarrollo Regional Sustentable

PROMOBI → Programa de Monitoreo Biológico

PSC → Planeación Sistemática de la Conservación

RA → Rainforest Alliance

RAN → Registro Agrario Nacional

Red Mex-LTER → Red Mexicana de Investigación Ecológica a Largo Plazo

REDD → Programa de Reducción de Emisiones de Carbono causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques

REDD+ → Programa de Reducción de Emisiones de Carbono causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques, incluyendo la conservación, el manejo sostenible y el mejoramiento del stock de carbono de los bosques en los países en desarrollo.

RH → Región Hidrológica

RHP → Regiones Hidrológicas Prioritarias

RTP → Regiones Terrestres Prioritarias

SAGARPA → Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SEDUMA → Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente

SIG → Sistema de Información Geográfica

SNIB → Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad

TNC → The Nature Conservancy

UACH → Universidad Autónoma Chapingo

UADY → Universidad Autónoma de Yucatán

UASLP → Universidad Autónoma de San Luis Potosí

UdeG → Universidad de Guadalajara

UMAFOR → Unidad de Manejo Forestal

UNAM → Universidad Nacional Autónoma de México

UNFCC → Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

UNICAH → Universidad Católica de Honduras

WWF → World Wildlife Fund

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo busca contribuir a las metas de la Alianza México REDD+, en particular al componente de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) mediante el establecimiento de una guía que permita medir el impacto de las acciones REDD+ en los ecosistemas, la biodiversidad y los servicios ambientales. El producto final es una propuesta metodológica para analizar la integridad ecológica de los ecosistemas sujetos a distinto grado de manejo en las áreas de acción temprana REDD+ (AATR) en las que trabaja la Alianza MREDD+.

El enfoque central de esta propuesta es el monitoreo basado en los ecosistemas, considerando los componentes de estructura, composición y función ya que éstos son indicadores directos de los cambios a los que están sujetos dichos ecosistemas. Se determinaron ocho atributos y quince indicadores ecológicos clave a medir. Los atributos son estructura del paisaje, estructura de la vegetación, composición florística, especies indicadoras de fauna, especies indicadoras de flora, manejo del ecosistema, perturbaciones ambientales y sistema hidrológico.

Se desarrollaron protocolos para la medición de cada atributo e indicador, ofreciendo tres niveles de medición (cualitativo, semicuantitativo y cuantitativo), con base a criterios de rapidez de medición, costo económico, insumos de información existentes, grado de especialización técnica para su medición, así como escalabilidad en función de los avances existentes en las diferentes AATR. La propuesta está diseñada para ser aplicada tanto a nivel ecosistema en cada AATR, como a nivel subnacional y nacional.

Se incluyen ejemplos sobre la aplicación de los protocolos mediante casos de estudio concretos de algunas AATR, en las que se analizaron atributos e indicadores específicos. La propuesta es mejorable y adaptable en función de los avances actuales y futuros en las AATR, así como en la implementación de acciones REDD+. Es importante articular esta propuesta a otros sistemas de medición del componente MRV.

I. ANTECEDENTES

El presente trabajo se realizó en respuesta a la convocatoria emitida por la Alianza México REDD+ (REDD: Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación) para la realización de un estudio que contribuya a la determinación de metodologías e indicadores para evaluar el estado de la biodiversidad y la integridad ecológica en selvas y bosques de México bajo distintos niveles de perturbación y degradación por actividades humanas.

La Alianza México REDD+ trabaja en tres niveles: nacional, subnacional y áreas de acción temprana (AATR) y lo hace por medio de cinco componentes: Política Pública; Desarrollo de Capacidades; Arquitectura Financiera; Monitoreo, Reporte y Verificación; y Comunicación. Los Sistemas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) forman parte esencial de REDD+ dado que representan las guías o bases para el diseño de estrategias efectivas de reducción de emisiones así como para demostrar la efectividad en la reducción de dichas emisiones y su impacto en los ecosistemas, la biodiversidad y los servicios ambientales.

En este sentido, la propuesta metodológica que aquí se presenta está diseñada para ser aplicada tanto a nivel de AATR, subnacional (estatal), como nacional, buscando que sea práctica, accesible y económica pero a la vez versátil entendiendo que existen avances importantes y diferenciados en el conocimiento, documentación e implementación de estrategias REDD+ en las AATR del país.

II. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una preocupación generalizada sobre las consecuencias de las actividades humanas en el planeta. Algunas de las preocupaciones principales como la conversión acelerada y degradación de ecosistemas naturales han alcanzado escalas globales. Hoy en día cerca del 22 % de la

superficie libre de hielo en la tierra está ocupada por áreas naturales y más del 75 % de la tierra tiene transformaciones de origen antrópico (Ellis *et al.* 2010, Hooke y Martín-Duque 2012). Las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la degradación y deforestación en países en desarrollo contribuyen en mayor medida a la emisión global total de gases invernadero que las zonas templadas (Bala 2007), siendo las principales causas la agricultura (50 %), la conversión de bosques (38 %), la degradación de suelo orgánico (11 %) y los incendios forestales (1 %) (FAO 2014a). Por lo contrario, los bosques de países en desarrollo soportan la mayoría de la biodiversidad en sus ecosistemas terrestres y de agua dulce, y se calcula que cerca del 40 % de personas de estos países utilizan el agua y combustible de madera para su subsistir (FAO 2014b). Por lo tanto, reducir la degradación de ecosistemas es necesario y una herramienta es a través del manejo adaptativo local de los recursos naturales, que incluya esquemas de monitoreo a largo plazo para proporcionar información de las interacciones entre la naturaleza (ecosistemas) y la sociedad (socioecosistemas) en los diferentes niveles de organización ecológica (Lindenmayer y Likens 2009); como resultado, esto traería beneficios a la biodiversidad y sociedad principalmente en zonas tropicales y montañosas.

La adopción de políticas e incentivos del manejo de bosques y la conservación que permitan reducir el efecto de emisiones de gases de invernadero es uno de los principales resultados de la decimosexta conferencia de las partes (COP16), dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) registrada en el *Addendum 1* Decisión 1/CP16 (UN 2011, UNREDD 2012). La UNFCCC ha adoptado políticas que intentan premiar a individuos, comunidades y países que reducen la emisión de gases de efecto invernadero. Estas políticas, comúnmente conocidas como el mecanismo de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación en países en desarrollo (REDD+), representan una oportunidad sin precedente para la conservación de la diversidad (Gardner *et al.* 2012, Harvey *et al.* 2010).

La Alianza REDD+ para México (MREDD+) trabaja en acciones que permitan la reducción de emisiones de gases de invernadero con el manejo de bosques y la toma de acciones de conservación de la biodiversidad (Fuller *et al.* 2007). Bajo esta premisa, MREDD+ enfoca sus esfuerzos hacia la construcción de un Sistema Nacional de Monitoreo para evaluar el estado de la biodiversidad y la

integridad ecológica en selvas y bosques de México bajo distintos niveles de perturbación y degradación por actividades humanas. No obstante, estos programas han comenzado hace pocas décadas y su impacto aun es desconocido; hasta el momento no se conoce que presenten una descripción detallada de métodos de monitoreo (Panfil y Harvey 2014).

Un punto de vista generalizado es que muchos de los programas de monitoreo tienen una mala reputación porque a veces no responden a preguntas concretas de investigación, son costosos, y los datos generados no se aplican para resolver problemas de manejo de los ecosistemas (Lovett *et al.* 2007, Krebs 2008). Sin embargo, tanto ecólogos como manejadores concuerdan en la importancia de la investigación que acompaña a los programas de monitoreo para entender y conocer la complejidad ecológica de los ecosistemas (Haughland *et al.* 2009). Por tal motivo, es evidente que las acciones de MREDD+ constituyen un paso importante para conservar la biodiversidad en diferentes ecosistemas de México y mantener los servicios ecosistémicos que éstos dan al país y a la humanidad. Como resultado, el objetivo de este documento es determinar metodologías e indicadores idóneos para evaluar el estado de la biodiversidad y la integridad ecológica en selvas y bosques de México bajo distintos niveles de perturbación y degradación por actividades humanas, que respondan a los propósitos y compromisos de la Estrategia Nacional REDD+ en México.

III. PROCESO METODOLÓGICO

Para la realización del presente estudio se tomó como base las metodologías para conducir evaluaciones de integridad ecológica propuestas por Faber-Langendoen *et al.* 2006, Faber-Langendoen *et al.* 2008, Faber-Langendoen *et al.* 2011, NatureServe 2012, Parrish *et al.* 2003 y PROARCA/APM 2004.

En términos generales, el grupo de trabajo determinó seguir cinco pasos para el desarrollo del estudio:

1. Sistematización y análisis de información disponible
2. Consulta con actores clave y expertos
3. Definición y análisis de elementos de estudio, atributos e indicadores de integridad ecológica
4. Determinación del índice de integridad ecológica
5. Elaboración y validación de protocolos para medición de atributos e indicadores

1. Sistematización y análisis de información disponible

La base para la realización del presente estudio comprendió una revisión minuciosa y exhaustiva de publicaciones y documentos disponibles en las AATR, relacionados con temas de monitoreo de biodiversidad, estudios ecológicos de especies, comunidades vegetales y paisajes, planeaciones para la conservación, ordenamientos territoriales y análisis de integridad ecológica, entre varios más. Gracias a que en este proyecto participaron organizaciones e instituciones que tienen acciones y presencia en las diferentes AATR de MREDD+, se incluyó también la revisión de material bibliográfico inédito, bases de datos, así como información y experiencia de campo generada por estos actores y/o por sus socios colaboradores en las diferentes AATR. La distribución de las actividades de investigación realizada para cada AATR ocurrió de la siguiente manera:

AATR Puuc-Chenes, Yucatán y Campeche – bajo responsabilidad de Pronatura Península de Yucatán, participantes Gerardo García Contreras y Josefina González Ceballos.

AATR Cuencas Interiores de la Sierra Madre de Chiapas y AATR Mixteca, Sierra Norte-Chinantla, Mixe Bajo-Istmo, Oaxaca – bajo responsabilidad de Pronatura Sur, participantes María Patrocinio Alba López, Eduardo Martínez Ovando y Claudia Macías Caballero.

AATR Subcuencas Orientales del Sistema Cutzamala, Estado de México y Michoacán – bajo responsabilidad de Pronatura México, participantes Alina Gabriela Monroy Gamboa y Alejandra Salazar Dreja.

AATR Cuenca del Ayuquila, Jalisco – bajo responsabilidad del Departamento de Ecología y Recursos Naturales de la Universidad de Guadalajara, participantes Sarahy Contreras Martínez, Oscar Gilberto Cárdenas Hernández y Pedro Camilo Alcántara Concepción.

AATR Sierra Rarámuri en Chihuahua – bajo responsabilidad de Pronatura Noroeste, participantes Aimée Cervantes Escobar, Nereyda Nathalie Cruz Maldonado, Miguel Ángel Cruz Nieto y Luz Francelia Torres González.

En esta etapa del trabajo, se siguió el siguiente esquema de actividades (figura 1).

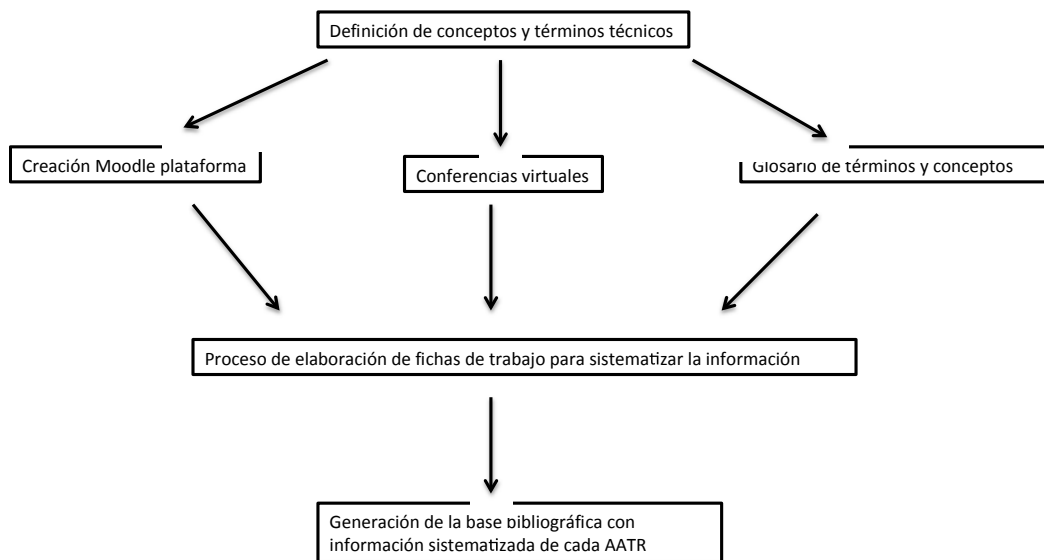


Figura 1. Esquema de la etapa de compilación y sistematización de información

En cada AATR el proceso de compilación bibliográfica se enfocó a la revisión de las siguientes fuentes de información:

- Referencias bibliográficas (publicadas y no publicadas formalmente) en bibliotecas o acervos de instituciones de gobierno como la Universidad de Guadalajara, la Junta Intermunicipal del Río Ayuquila (JIRA), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), la Universidad Autónoma de México (UNAM), entre varias más, así como acervos de organizaciones no gubernamentales como Pronatura, en donde se encuentran informes técnicos de proyectos con datos particulares para las AATR de interés.
- Referencias bibliográficas disponibles en diversas páginas y plataformas accesibles por internet.
- Programas de manejo de áreas naturales protegidas que están representadas en las seis AATR.
- Revisión de bases de datos diversas, tales como: 1) Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de México (CONABIO 2013), 2) Instituto Nacional de Estadística y Geografía para el uso de cartografía (INEGI 2014), 3) Bases de datos de flora y fauna pertenecientes a instancias locales en cada AATR.

Dado que normalmente existe variación en el uso de conceptos que definen los temas de integridad ecológica, el equipo de trabajo buscó uniformizar el uso de conceptos y terminología con el fin de partir de un entendimiento y lenguaje común. Con este fin, se integró un glosario de términos que se integró en la plataforma de cursos en línea llamada *Moodle* con la participación de todos los integrantes del equipo de trabajo.

Esta misma plataforma fue utilizada para agilizar la sistematización de información, intercambio y análisis de todos los integrantes del proyecto, ya que es una plataforma gratuita que permite la impartición de cursos en línea y la colaboración académica entre grupos que se encuentran en diferentes localidades geográficas y que están enfocados a un tema de investigación en particular. La Universidad de Guadalajara administró esta plataforma y en ella se creó un espacio para concentrar la información del estudio y hacerla disponible para todos los integrantes del mismo.

En este espacio de colaboración se depositó la serie de documentos e información bibliográfica que fueron compilados y que sustentan el marco teórico-metodológico del estudio. El sitio del proyecto

en *Moodle*, denominado “Integridad Ecológica”, se encuentra ubicado en la sección “Cursos Externos” en la página principal de la plataforma, en el servidor de la Universidad (<http://148.202.105.186/moodles/moodlecucsur/course>). A partir de la sistematización de información a través de *Moodle*, se generó una base de datos en el programa Excel, con el material bibliográfico compilado a través del estudio.

Este esfuerzo de sistematización de información, tanto de las bases teóricas de integridad ecológica como de esfuerzos realizados a nivel internacional, nacional y local en temas relacionados a evaluaciones de integridad ecológica, salud de ecosistemas, estado de conservación de ecosistemas, el uso de indicadores para medir efectividad de conservación, así como de procesos de planeación y priorización para la conservación, nos permitió realizar un análisis de la información disponible, las metodologías empleadas y los resultados obtenidos.

Para realizar un análisis comparativo de metodologías se organizó la información en función de los métodos e indicadores utilizados en temáticas relacionadas al concepto de sistemas ecológicos (componente, estructura y función); el nivel de organización ecológica (especies, ecosistemas, paisajes); el nivel de anidación (global, nacional, regional); así como el nivel de complejidad que representa su medición (cualitativa, semi-cuantitativa y cuantitativa). Se revisó la información en grupos de trabajo pequeños y los resultados del análisis se presentó al grupo de trabajo en conjunto en un taller presencial.

Este análisis resultó de mucha utilidad para que el equipo de trabajo identificara los atributos e indicadores de integridad ecológica, así como metodologías para su medición, lo cual aunado a la opinión de expertos y actores clave locales en cada AATR, facilitó y enriqueció el proceso.

Dado que los equipos de trabajo se encontraban separados geográficamente, se utilizaron herramientas de apoyo para facilitar la comunicación, discusión y análisis a distancia. Para tal fin se llevaron a cabo conferencias virtuales y *webinars*, mediante el uso de los programas *GoToMeeting* y *Skype*.

2. Consulta con actores clave y expertos

Se organizaron tres tipos de consulta con actores clave y expertos: a escala internacional, nacional y local (AATR). A escala internacional se tuvieron conferencias y asesorías de manera virtual (*webinars* y *Skype*) con investigadores expertos para conocer metodologías para evaluar la integridad ecológica y de planeación para la identificación de prioridades de conservación.

A escala nacional integrantes del grupo de trabajo participaron en reuniones y talleres de discusión de temas relacionados al proyecto y a las AATR, a través de los cuales se establecieron contactos y se compiló información, en particular información que no está publicada y que sería difícil de conseguir de otra manera.

A escala de AATR se llevaron a cabo talleres, entrevistas e intercambios con actores clave de cada una de las seis AATR, para la obtención de información, validación de atributos e indicadores, así como para recibir retroalimentación del desarrollo del estudio.

3. Definición y análisis de elementos de estudio, atributos e indicadores de integridad ecológica

3.1. Identificación de elementos de estudio

En la literatura se le llama ‘objeto de conservación’ a aquellas entidades, características o valores que se desean conservar en un área determinada, pudiendo ser especies, ecosistemas, patrimonio cultural u otros aspectos importantes de la biodiversidad. Este término es de uso común en procesos de priorización y planeación para la conservación. En este trabajo se determinó modificar el término bajo la premisa de que la integridad ecológica de las AATR no se basa únicamente en el manejo y conservación de ecosistemas en “buen estado de salud”, sino en la importancia de evaluar todos los ecosistemas bajo distintos niveles de uso, aprovechamiento o manejo inmersos dentro de cada AATR,

los cuales contribuyen ya sea positiva o negativamente en la integridad ecológica de los elementos naturales presentes en dichas AATR.

Así pues, en este trabajo se utiliza el término “elementos de estudio”, que se refiere a los ecosistemas a evaluar en cada AATR y para los cuales es necesario identificar atributos e indicadores específicos de integridad ecológica.

3.2. Identificación de atributos ecológicos clave

Para comprender desde un punto de vista ecológico/biológico cuáles son las necesidades del elemento de estudio para mantener su integridad ecológica en el largo plazo, es importante identificar qué factores son fundamentales para mantener la salud y funcionalidad de los ecosistemas. La respuesta está en los atributos ecológicos clave.

El atributo ecológico clave de un ecosistema es un elemento que es crítico para un aspecto particular de la persistencia del ecosistema frente a perturbaciones naturales y de origen humano, y las modificaciones de ese atributo más allá de cierto intervalo crítico de variación darán lugar a la degradación o pérdida de ese ecosistema (Nature Serve 2012).

En este trabajo, para lograr una correcta identificación de atributos se analizó cuales son los componentes y procesos esenciales que intervienen en los ecosistemas presentes en las AATR, con el fin de asegurar la inclusión de atributos que representen dichos procesos. La clasificación de éstos es la siguiente:

Componentes del ecosistema:

- Composición
- Estructura
- Función

Nivel de organización ecológica:

- Población/especie
- Comunidad/ecosistema
- Paisaje

Procesos de sustentabilidad:

- Social-demográfico
- Económico productivo
- Físico-geográfico
- Biológico -Ecológico
- Político-Administrativo

En cuanto a los componentes de un ecosistema se consideró básicamente la **composición** o conjunto de entidades taxonómicas que forman parte del ecosistema; la **estructura** u organización física, la cual puede ir desde la organización vertical y horizontal de la vegetación, hasta el patrón de parches de vegetación y otros elementos a escala de paisaje; así como la **función** o la provisión de servicios ecosistémicos (*i.e.* balance de energía, agua, materia, regulación climática, procesos evolutivos y ecológicos como polinización) (Kandziora *et al.* 2013).

Los niveles de organización o jerarquía ecológica (**población/especie, comunidad/ecosistema y paisaje**) se tomaron en cuenta debido a que cada nivel jerárquico opera en ciertas escalas espaciales y temporales. El ecosistema es considerado un nivel de organización que engloba otros niveles ecológicos de organización que interactúan entre sí. Estos niveles están organizados desde el individuo, pasando por población, comunidad, y ecosistema. Dentro de estos niveles se distribuye una gran diversidad genética (que es la variación intrapoblacional), de especies (que es la riqueza de éstas en un ambiente dado) y de ecosistemas (que se refiere a la riqueza de ambientes y comunidades). A su vez, el conjunto de ecosistemas permite un análisis a nivel paisajístico o de AATR en este caso, por lo que el uso del criterio de organización ecológica contribuye al proceso de anidación de atributos e indicadores, así como al propio análisis de integridad ecológica a nivel de AATR.

Cabe resaltar que los componentes de estructura, composición y función del ecosistema son interdependientes y están anidados por niveles de organización ecológica (figura 2).

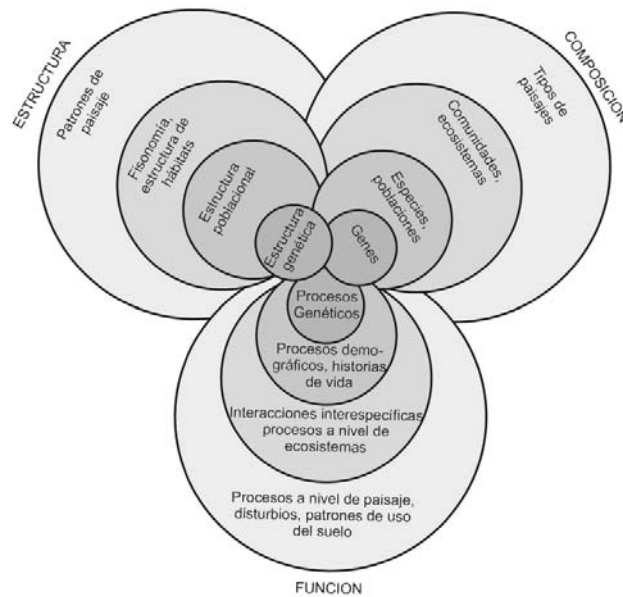


Figura 2. Componentes de un ecosistema y sus interrelaciones (modificado de Noss 1990).

Procesos de sustentabilidad, enfoque que permite evaluar los diferentes aspectos del capital natural, capital social y económico de los ecosistemas a analizar. Cada componente de la sustentabilidad afecta los procesos a diferente escala, desde la migración de las especies hasta la producción de madera o agua de un sistema. Los componentes de este apartado son: a) Social-Demográfico (presencia e interacción de poblaciones humanas); b) Económico productivo (*i.e.* ingresos económicos por actividades antropogénicas); c) Físico-Geográfico (factores asociados a tamaño, fragmentación, efecto de borde, aislamiento); d) Biológico –Ecológico (factores asociados a especies y su relación con el hábitat); y e) Político-Administrativo (factores asociados a la ejecución de actividades o estrategias para el manejo, restauración o conservación de especies o ecosistemas).

Con base a lo anterior, para evaluar apropiadamente la integridad ecológica de las AATR se consideró al “sistema socio-ambiental” en su conjunto. Por un lado, el ecosistema tiene una estructura, una composición y funciones que son esenciales para su permanencia y regulación mismas que son

esenciales para la vida humana. Por otro lado el “socio sistema” tiene una estructura y dinámica demográfica; patrones de producción, distribución, y consumo; una organización social e instituciones; conocimientos y tecnología; percepciones, racionalidad, ideología, costumbres e historia (modificado de Jardel *com. pers.*).

Dado que los manejadores no tienen la posibilidad de medir cada parámetro de potencial interés dentro de un ecosistema, es esencial elegir solamente aquellos que verdaderamente son clave. En este sentido se buscó elegir un número corto de atributos pero que como su nombre lo dice, sean clave en la representación de los componentes y procesos esenciales que rigen a los ecosistemas de las AATR.

3.3. Identificación de indicadores clave y niveles de medición

3.3.1. Identificación de indicadores

Los atributos ecológicos clave son con frecuencia difíciles, sino imposibles, de cuantificar en forma directa. Los **indicadores** son aquellos que informan sobre el estado de los atributos ecológicos clave, y en suma, sobre la salud de los ecosistemas. En este sentido, un indicador hace referencia al parámetro medible que se utiliza para evaluar el estatus y tendencia del o de los atributos ecológicos clave (Granizo 2006).

En este trabajo, se tomaron en cuenta los siguientes criterios para la selección de indicadores:

- **Sensibilidad** a distintos tipos y niveles de perturbación. De manera que refleje los cambios que ocurren en el atributo clave y que provean una alerta temprana para las respuestas naturales e impactos ambientales.
- **Capacidad** de detectar un rango dado de condiciones de perturbación. Que sea pertinente biológica y/o ecológicamente, y relacionado directamente al estado del atributo clave.
- **Atribuciones** para permitir evaluar simultáneamente servicios ecosistémicos.

- **Costo-efectivo**, que sea factible de implementar, es decir que provea la máxima información con el mínimo de tiempo, personal, y dinero.
- **Versátil y oportuno**, que sea práctico y medible a diferentes escalas y con métodos estándar y rápidos; aplicables por una variedad de actores (desde técnicos de campo, manejadores, hasta especialistas), así como compatibles con las prácticas y esfuerzos que ya se realizan o realizaron por actores que intervienen en el ATTR.
- **Argumento científico** considerado para seleccionar cada indicador.

Además de los criterios anteriores, el grupo de trabajo se enfocó a las siguientes preguntas para la selección de indicadores: ¿Cuáles son las características de los ecosistemas y biodiversidad más representativas que fueron medibles en la literatura sobre manejo de recursos naturales, monitoreo y conservación de la biodiversidad en los polígonos de las AATR? ¿Cuál es el conocimiento o estado actual de iniciativas y estrategias ocurriendo en las AATR y a nivel nacional (*i.e.* MREDD+) que contribuyan al establecimiento de una línea base para definir para la integridad ecológica? ¿Quiénes participarían en la medición de los indicadores propuestos en cada AATR?

Durante el ejercicio de identificación de indicadores el grupo de trabajo encontró que algunas veces un solo indicador no reunía todas las características para el atributo, o bien que varios indicadores reunían las mismas características, por lo que primeramente se enlistaron una serie de indicadores para cada atributo y posteriormente se ponderaron de acuerdo a las criterios que debían reunir los indicadores, así como a las preguntas antes mencionadas y al conocimiento experto de cada AATR. Con esto se buscó contar con un grupo conciso tanto de atributos como de indicadores, buscando que su medición sea realista y factible.

3.3.2. Nivel de medición de indicadores

Con el fin de contar con una propuesta versátil de integridad ecológica, que pueda ser escalable y anidado a una escala subnacional e incluso nacional, y que se ajuste a las necesidades o contexto de cada AATR en el país, se definieron tres niveles de medición para cada indicador. La aplicación de estos tres niveles se prevé que estará en función de los avances en el conocimiento y/o implementación de acciones en las AATR, así como de los propósitos específicos de los manejadores y los evaluadores de integridad ecológica.

Esta aproximación a tres niveles permite la flexibilidad de obtener datos para muchos sitios que no pueden ser fácilmente visitados o estudiados intensamente; permite evaluar de forma más generalizada escalando el análisis de determinados indicadores a nivel subnacional y/o nacional, y/o determinar en dónde es prioritario realizar evaluaciones y seguimiento. A continuación se describe en términos generales, las características de los niveles de medición:

Nivel 1. Cualitativo. Se cuenta actualmente con la información suficiente para realizarlo y se hace desde gabinete (*i.e.* información existente en bancos de datos del INEGI, datos del Inventario Nacional Forestal, bases de datos de CONABIO, e información de cada AATR). Puede realizarse con base en referencias de actores locales, con base en información de expertos o bibliografía, entrevistas o informes técnicos. El costo económico es el más bajo.

A este nivel el análisis puede ser cuantitativo o cualitativo (descriptivo), por lo general no se requiere de personal especializado para ejecutarlo, se enfoca principalmente a un análisis a nivel de paisaje considerando insumos de información regional a escalas 1:250,000 hasta 1:1,000,000, o bases de datos generadas por diferentes entidades gubernamentales y no gubernamentales. Cada atributo debe incluir al menos un indicador o parámetro a estimar en este nivel.

Nivel 2. Semicuantitativo. Requiere al menos una visita de campo y se complementa con información de las bases de información existentes a nivel local o regional, así como estudios, investigaciones, y bases de datos a nivel nacional. Costo medio. Puede ser descriptivo o cuantitativo. La escala varía

entre el nivel paisaje y de sitio de estudio, de referencia en un tiempo determinado dentro de un ecosistema específico. Se requiere más inversión de tiempo y en algunos casos puede requerir cierto nivel de especialización técnica. Considerando insumos de información regional a escalas 1:50,000 a 1:250,000.

Nivel 3. Cuantitativo. Implica un análisis más profundo, por lo general con más de una visita a campo o sitios de muestreo sistemáticos en función del indicador a medir. Aquí caben procesos de monitoreo de mediano y largo plazo, así como investigaciones académicas. Las investigaciones locales de cada AATR tienen mayor peso que las bases de datos disponibles a nivel nacional o internacional. Costo alto. Cuantitativo. Se requiere más inversión de tiempo en la medición, así como un nivel de especialización técnica más avanzado para el análisis. La escala es a nivel de sitio en determinados ecosistemas, es probable que se requieran varios sitios por ecosistema, con base a un diseño experimental específico. El análisis es a nivel de comunidades o poblaciones. Considerando escalas de sitio, desde 1:1,000 a 1:50,000.

Para cada nivel de medición se eligieron metodologías que cumplieran con los criterios establecidos en la definición de indicadores de integridad ecológica, en particular que sean metodologías que aporten resultados rápidos, utilicen técnicas estándares, aplicables por una variedad de actores, y que sean compatibles con otros esfuerzos a escala nacional, subnacional, o bien de actores que intervienen en las AATR.

3.4. Integración de la matriz de atributos e indicadores clave

Una vez seleccionados los atributos ecológicos clave y sus indicadores, se procedió a determinar los parámetros específicos a estimar en cada nivel de medición, indicando la o las metodologías sugeridas para hacer dichas estimaciones. Esta información se integró en una matriz en el programa Excel, incluyendo un campo con las principales referencias bibliográfica que dan soporte a las propuestas de parámetros y metodologías. La matriz consta de los campos que se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Matriz para la medición de atributos e indicadores de integridad ecológica para las áreas de acción temprana REDD+ en México

Atributo ecológico clave	Indicadores ecológicos clave	Parámetro a estimar	Nivel 1. Cualitativo	Metodología nivel 1	Nivel 2. Semicuantitativo	Metodología nivel 2	Nivel 3. Cuantitativo	Metodología nivel 3	Referencias bibliográficas

4. Determinación del índice de integridad ecológica

4.1. El rango de variación natural y las condiciones de referencia como guía para la calificación de indicadores

De acuerdo a Parrish *et al.* 2003 un ecosistema determinado se considerará “en buen estado de integridad ecológica” cuando todos sus atributos ecológicos clave se mantienen o se recuperan dentro de cierto rango de variación en el tiempo y el espacio. Estos límites son las condiciones mínimas para que el ecosistema persista tanto en el tiempo como el espacio. Cualquier indicador varía en el tiempo aun cuando se trate de ambientes que no han sufrido perturbación (PROARCA/APM 2004). Esta variación no es aleatoria, sino limitada a un rango específico que se puede catalogar como:

Natural y consistente con la permanencia en el largo plazo de cada elemento de estudio o ecosistema. Estas variaciones influenciadas por atributos no humanos fluctúan en un rango al que llamamos “rango natural de variación”.

Fuera del rango natural de variación debido a influencias de origen antropogénico. Cuando por causas humanas este rango natural de variación se “rompe” o se extiende más allá de sus umbrales puede ocurrir que la viabilidad del ecosistema se altere y, en el peor de los casos, el objeto sea extirpado o extinguido definitivamente.

Por lo general es muy difícil para los ecólogos y manejadores estimar las probabilidades específicas de persistencia de un ecosistema; en su lugar, se reconoce que una alteración inaceptable implicará una severa degradación de un atributo o de todo el ecosistema, que puede conducir a su total transformación en algún otro tipo de sistema (por ejemplo, el flujo de corriente se detiene, dejando un arroyo o cuerpo de agua seco; una pradera se convierte en un bosque por la ausencia de fuego). Dicha transformación puede empezar con la pérdida de sólo unas pocas especies altamente sensibles, y progresivamente puede afectar a las más comunes y menos especializadas también (NatureServe 2012).

El conjunto de rangos de variación de todos los atributos ecológicos clave de un ecosistema establece los límites de variabilidad aceptable para dicho ecosistema como un todo. Por lo difícil que resulta definir el rango de variación natural, se han sugerido términos alternativos como el de "intervalo de variación aceptable" (Parrish *et al.* 2003). El punto clave es que el conocimiento directo del rango de variabilidad natural es sólo una de las fuentes de información para el desarrollo de calificaciones propuestas para medir la integridad ecológica. Otras fuentes de información incluyen los modelos ecológicos, el conocimiento experto y las comparaciones con un gradiente de referencia o estándar de referencia de los mismos ecosistemas o similares (Parrish *et al.* 2003). En particular, cuando tales ejemplos se han visto afectados por impactos humanos de diferentes tipos y magnitudes, las comparaciones pueden ser especialmente informativas acerca de dónde puede estar el límite más allá del cual la persistencia del ecosistema puede estar en riesgo (PROARCA/APM 2004).

Es así como los rangos de variación estimados corresponden a niveles hipotéticos de la integridad ecológica y la comprensión de esos rangos puede cambiar con el tiempo conforme más información

se genere para cada atributo. Para fines de iniciar con un proceso de análisis de integridad ecológica, este nivel se considera aceptable.

De acuerdo con lo anterior, la estimación de los rangos de variación a los que pueden estar sujetos los indicadores seleccionados en este trabajo se definió con base en la consulta bibliográfica de cada AATR, a la experiencia y conocimiento que el grupo de trabajo tiene en dichas AATR, retroalimentada con insumos de actores clave que participaron en los talleres realizados.

4.2. Calificación de indicadores

Una vez seleccionados los atributos e indicadores y con base en el análisis de literatura y opinión experta sobre los rangos de variación esperados para cada indicador, se estructuró un sistema de calificación que representa la guía para la interpretación de la integridad ecológica, el cual se detalla en el cuadro 2 (adaptado de Parrish *et al.* 2003, PROARCA/APM 2004, Nature Serve 2012).

Cuadro 2. Sistema de valoración para cada indicador de integridad ecológica en las áreas de acción temprana de la Alianza México REDD+

Calificación	Valor	Descripción
ÓPTIMO	(>85 %)	El indicador se encuentra en un estado ecológicamente deseable, requiriéndose poca intervención humana para el mantenimiento de los rangos naturales de variación.
BUENO	(60-85 %)	El indicador se encuentra dentro de un rango de variación aceptable, aunque puede requerirse alguna intervención humana para su mantenimiento.
REGULAR	(40-60 %)	El indicador se encuentra fuera del rango de variación aceptable y requiere intervención humana para su mantenimiento. Si no se da seguimiento, el ecosistema será vulnerable a una degradación severa.
POBRE	(<40 %)	Si se permite que el indicador se mantenga en esta categoría, en el largo plazo hará que la restauración o prevención de desaparición del ecosistema sea prácticamente imposible (complicado, costoso y con poca certeza para revertir el proceso de alteración).

4.3. Evaluación de la integridad ecológica de los elementos de estudio o ecosistemas

Una vez definido el sistema de calificación de los indicadores, se elaboró el cuadro 3 (adaptado de PROARCA/APM 2004) que representa la guía para evaluar el estado de integridad ecológica de los elementos de estudio o ecosistemas de cada AATR, lo que a la vez ayuda a determinar el estado de integridad ecológica de cada una las AATR.

Cuadro 3. Calificación del estado de integridad ecológica de elementos de estudio o ecosistemas de las áreas de acción temprana de la Alianza México REDD+

Valor	Categoría
>85.0 %	ÓPTIMO
60.0 % - 84.9 %	BUENO
40 % - 59.9 %	REGULAR
<40 %	POBRE

El proceso es simple: se procede a estimar, para cada elemento de estudio, el promedio de los indicadores que lo describen. Este promedio se puede estimar tanto cuantitativamente como cualitativamente. En el primer caso, si se utilizan bases de datos numéricas es posible obtener calificaciones que van de 0 a 1 (cero a uno), tal y como se muestra en los Protocolos para Medición de Atributos e Indicadores (*i.e.* Atributo Manejo del Ecosistema), y en los casos de estudio particular en la sección de resultados de este informe. Una calificación cualitativa es directa y el evaluador establece el valor en términos porcentuales. Una vez obtenida la calificación porcentual, se asigna al indicador la categoría respectiva. Es importante hacer notar que esta categoría corresponde al estado de integridad ecológica en que se encuentra cada elemento de estudio o ecosistema individualmente.

Para generar una estimación de la integridad ecológica de un AATR, se deberá estimar el promedio simple de los valores correspondientes a cada elemento de estudio. Este único valor se compara con el cuadro 4 (adaptado de PROARCA/APM 2004) y se emite el respectivo criterio, asignándose de esta forma un valor único para el AATR.

Los índices de integridad ecológica propuestos permitirán evaluar la condición presente de los ecosistemas de las AATR, y establecerán una línea base que permita monitorear su estado a lo largo del tiempo.

Cuadro 4. Calificación e interpretación del estado de integridad ecológica de las áreas de acción temprana REDD+ en México

Calificación	Valor	Descripción e interpretación
ÓPTIMO	>85.0 %	La integridad ecológica del AATR se encuentra en un estado ecológicamente deseable, requiriéndose poca intervención humana para el mantenimiento de los rangos naturales de variación. Escala global, la integridad se estima como una de las mejores conocidas actual e históricamente con respecto a sus atributos ecológicos más importantes y su resiliencia ante cambios antropogénicos negativos. Su contexto de paisaje contiene hábitats naturales esencialmente no fragmentados y sin factores de estrés, su tamaño es grande, la estructura y composición de la vegetación, y los suelos y la hidrología están funcionando bien dentro de rangos naturales de variación, especies exóticas e invasoras están ausentes o no tienen ningún impacto y una selección completa de especies de plantas y animales claves está presente.
BUENO	60.0 % - 84.9 %	La integridad ecológica del AATR se encuentra dentro de un rango de variación aceptable, aunque puede requerirse alguna intervención humana para su mantenimiento. La integridad no es una de las mejores ni actual ni históricamente; sin embargo presenta características favorables con respecto a los atributos ecológicos principales y resiliencia ante cambio antropogénico negativo. El paisaje contiene hábitats naturales mínimamente fragmentados y con pocos factores de estrés, el tamaño es grande, la estructura y composición de la vegetación, y los suelos y la hidrología están funcionando dentro de rangos naturales de variación, especies exóticas e invasoras están presentes y tienen impacto mínimo, están presentes especies de plantas y animales claves.
REGULAR	40 % - 59.9 %	La integridad ecológica del AATR (y por tanto alguno de sus ecosistemas y sus atributos ecológicos clave) se encuentra fuera del rango de variación aceptable y requiere intervención humana para su mantenimiento. Si no se da seguimiento, el AATR será vulnerable a una degradación severa. La integridad tiene un número de

<p>características desfavorables con respecto a los principales atributos ecológicos y a la resiliencia a cambios antropogénicos negativos. El contexto de paisaje contiene una ligera mayoría de hábitat natural que está moderadamente fragmentado y con muchos factores de estrés, el tamaño es pequeño, la estructura y composición de la vegetación, y los suelos y la hidrología están alterados y por fuera de sus rangos naturales de variación; especies exóticas e invasoras están presentes y tienen impacto negativo moderado, muchas especies de plantas y animales indicadores claves están ausentes. Se necesita algún manejo para mantener o restaurar los atributos ecológicos principales.</p>		
POBRE	<40 %	<p>Si se permite que la integridad ecológica del AATR se mantenga en esta categoría, en el largo plazo hará que la restauración o prevención de desaparición del ecosistema sea prácticamente imposible (complicado, costoso y con poca certeza para revertir el proceso de alteración). La integridad tiene características severamente alteradas con respecto a los principales atributos ecológicos y a la resiliencia a cambios antropogénicos negativos. El contexto de paisaje contiene poco hábitat natural y está muy fragmentado, el tamaño es muy pequeño, la estructura y composición de la vegetación, y los suelos y la hidrología están severamente alterados y muy por fuera de sus rangos naturales de variación; especies exóticas e invasoras ejercen un impacto negativo, y la mayoría si no todas las especies de plantas y animales indicadores claves están ausentes. Sin restauración la integridad tiene poca viabilidad y la restauración puede ser difícil y con pocas posibilidades.</p>

5. Elaboración y validación de protocolos para medición de atributos e indicadores

Con base en la revisión y análisis de literatura en cada AATR y al análisis en general de metodologías y propuestas de integridad ecológica, monitoreo y evaluación del estado de conservación de ecosistemas, el grupo de trabajo desarrolló protocolos para la medición de cada atributo ecológico clave y su respectivo indicador.

Para cada atributo se buscó desarrollar mínimamente las metodologías correspondientes al Nivel 1 de medición. Para algunos casos fue posible proponer metodologías para Nivel 2 y/o 3, de acuerdo a la naturaleza del indicador a medir, así como de la información que se tuvo disponible en el proceso.

Para validar los protocolos desarrollados, el grupo de trabajo elaboró “casos de estudio” mediante los cuales se buscó ejemplificar el análisis de determinado atributo e indicador, utilizando un AATR específica. La demostración de aplicación de atributos a través de casos de estudio se organizó de la siguiente manera:

- **Atributo Estructura del paisaje** – AATR Puuc-Chenes, Yucatán y Campeche
- **Atributo Estructura de la vegetación** – No se desarrolló caso de estudio por falta de información de este tema para un AATR específica
- **Atributo Composición florística** – AATR Sierra Norte-Chinantla, Mixe Bajo-Istmo, Oaxaca
- **Atributo Grupos de especies indicadoras de fauna** – AATR Sistema Cutzamala
- **Atributo Grupos de especies indicadoras de fauna** – AATR Cuencas Interiores Sierra Madre de Chiapas
- **Atributo Manejo del ecosistema** – AATR Cuenca del Ayuquila
- **Atributo Perturbaciones ambientales** – AATR Puuc-Chenes
- **Atributo Sistema hidrológico** – AATR Puuc-Chenes

En cada uno de los casos de estudio se buscó describir el atributo e indicador a medir, las metodologías aplicadas, así como los resultados de evaluación de integridad ecológica obtenidos.

IV. RESULTADOS

1. Sistematización y análisis de información disponible

Primeramente el grupo de trabajo revisó y analizó términos, conceptos y definiciones relacionados con los temas de integridad ecológica y conservación de la biodiversidad, a partir de las cuales se conformó el Glosario de Términos, el cual se presenta en el Anexo 1.

Se llevaron a cabo un total de 15 conferencias virtuales entre integrantes del grupo de trabajo, mediante el uso del programa *GoToMeeting*, así como más de 30 conferencias de manera bilateral entre integrantes de trabajo, a través del programa *Skype*. En estas conferencias se abordaron temas desde la integración del *Moodle* como plataforma de sistematización de información del estudio, hasta la forma de organización, revisión y seguimiento del plan de trabajo, aspectos administrativos, revisión de conceptos y términos técnicos, análisis de literatura, propuestas para el desarrollo metodológico del estudio, retroalimentación y ajustes.

A través de la plataforma *Moodle* el grupo de trabajo sistematizó la información mediante la captura de fichas bibliográficas clasificadas por temáticas específicas definidas por el propio grupo. Estas fichas de trabajo se elaboraron en un formato digital utilizando la tecnología de *Google* que permitió generar formularios en los que los datos capturados pasaron de manera automática a una base de datos electrónica que podía ser consultada y modificada por varios usuarios al mismo tiempo. Con base en esta sistematización, se generó una base de datos en el programa *Excel* con toda la información bibliográfica compilada en el estudio, la cual se presenta en el Anexo 2.

Los temas más sobresalientes del análisis de la información, revisión y comparación de metodologías utilizadas y reportadas en la literatura, se resumen en los apartados siguientes.

1.1. Esfuerzos e iniciativas para la evaluación de prioridades de conservación y formas de medir la integridad de los ecosistemas

Desde hace más de 50 años han existido distintos esfuerzos internacionales para evaluar el estado de conservación, estado de salud o de integridad ecológica de un ecosistema o de un conjunto de ecosistemas de una región. Cada esfuerzo ha desarrollado sus propias aproximaciones, bases de datos e indicadores. Algunas de las aproximaciones (o enfoques) más conocidas para seleccionar indicadores que evalúen el estado de los ecosistemas son los siguientes: la identificación de objetos de conservación y planeación para la conservación por The Nature Conservancy, World Wildlife Fund (WWF), CONABIO, NatureServe y otros autores (Van Jaarsveld *et al.* 1998, Arriaga *et al.* 2000, Myers *et al.* 2000, Granizo *et al.* 2006, CONABIO 2007a, 2007b, 2008a, 2008b, 2009), Faber-Langendoen *et al.* 2008, Koleff y Urquiza 2011); enfoque de incentivos para reducción de emisiones de carbono (Harrison *et al.*, 2012; Swan y McNally, 2011), enfoque de pago por servicios ambientales (Ayanu *et al.*, 2012; Carpenter *et al.*, 2009; Kandziora *et al.*, 2013; Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2007), enfoque de ecosistemas (Carignan y Villard 2002; Noss 1990; Van Oudenhoven *et al.* 2012), enfoque de selección de especies clave (Díaz *et al.* 2007; Simberloff 1998) y de protección de biodiversidad entre muchos otros (Cowling 2003; Jones-Walters y Mulder 2009; Salcido *et al.* 2008).

En relación a nuestro país, en la primer década de los años 2000 se ha hecho un vasto análisis sobre iniciativas y estrategias de conservación por diversos actores, los cuales se pueden encontrar principalmente en las obras de CONABIO “Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies” (CONABIO 2007a, 2007b) y “Capital Natural de México” (CONABIO 2008a, 2008b, 2009).

El estudio realizado por March *et al.* 2009 presenta un análisis muy completo sobre las diferentes estrategias abordadas en el país, sus aproximaciones o enfoques, así como los retos a atender. En particular reconoce que a pesar de las múltiples iniciativas que han existido, muchas de las estrategias no han continuado con una fase de implementación real en campo, y por ello no han tenido los efectos esperados. También menciona la imperante importancia de incluir el enfoque de cambio

climático en dichas estrategias, que incluyan acciones complementarias para enfrentar en la medida de lo posible los efectos del mismo. De esta manera, es necesario contar con sistemas de monitoreo y evaluación que permitan un manejo adaptativo, con estrategias de intervención dentro y fuera de áreas protegidas (March *et al.* 2009).

En cuanto a esfuerzos de monitoreo en el país, existe un sinnúmero de iniciativas, la mayoría a escalas muy locales y con enfoques principalmente de especies o grupos taxonómicos, con preguntas específicas enfocadas a la biología o ecología propia de dichos grupos. Ejemplos concretos son los realizados en el monitoreo de la mariposa monarca en Michoacán y Estado de México, la cotorra serrana occidental en Chihuahua, colibríes en Manantlán, quetzal y pavón en El Triunfo.

A escala ecosistémica o de paisaje, y con enfoque de manejo y conservación existen muy pocos. Los protocolos de monitoreo de la conservación de biodiversidad aplicados al aprovechamiento y manejo de los recursos naturales aun no son específicos. Existen ejemplos con experiencia interdisciplinaria en el monitoreo de problemas ambientales a nivel local y regional, por ejemplo, el Plan de Restauración de la Cuenca Baja del Río Ayuquila en Jalisco por parte de la Universidad de Guadalajara, Manejo de la Cuenca Baja del Río Ayuquila en colaboración con JIRA y la Dirección de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Otro esfuerzo es el realizado por el proyecto de la Red Mexicana de Investigación Ecológica a Largo Plazo (RED MEX-LTER) que regionaliza los esfuerzos de investigación y monitoreo sobre procesos biológicos, sociales y físicos de los ecosistemas del país. Estos esfuerzos se encuentran en proceso de generar y diseminar información que permita un mejor diseño y desempeño de políticas ambientales de aprovechamiento, conservación y restauración de los ecosistemas acuáticos y terrestres (www.cucsur.udg y www.mexlter.org.mx).

Existen también esquemas de monitoreo más recientes dentro de los programas prioritarios que promueve la Comisión Nacional de Áreas Naturales (CONANP), como por ejemplo el Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCODES) que promueve la conservación de ecosistemas mediante la participación comunitaria. El Programa de Recuperación de Especies en Riesgo (PROCER), el Programa de Monitoreo Biológico (PROMOBI) y el Programa de Conservación y

Manejo (PCyM). Estos programas buscan contribuir al conocimiento del estado poblacional de la biodiversidad e implementar estrategias de conservación y manejo de sus hábitats, aunque no utilizan metodologías estandarizadas para generar indicadores de conservación y manejo que sean aplicables a todas las ANP y/o de aplicación a nivel nacional o incluso subnacional.

Por otro lado en el país también se tienen experiencias concretas en campo de esfuerzos de monitoreo con participación comunitaria, tales como la Red de Monitores Comunitarios de la Sierra Madre de Chiapas iniciada por Pronatura Sur y el Corredor Biológico Mesoamericano en 2008 (Macías com. pers., www.cafeyaveschiapas.org), el Programa de Monitoreo Comunitario de Aves impulsado por CONABIO-AverAves (<http://ebird.org/content/averaves>, <http://www.averaves.org/>), y el monitoreo de la calidad del agua en varias partes del país (<http://www.globalwaterwatch.org>).

1.2. Análisis comparativo de metodologías para evaluar la integridad ecológica

Como parte del análisis comparativo de metodologías empleadas para la definición de un protocolo de integridad ecológica en las AATR del país, el grupo de trabajo observó cómo el término ha cambiado a través del tiempo, y a raíz de los diferentes enfoques surgieron preguntas tales como: ¿Cómo mantener la viabilidad de la biodiversidad en sus diferentes niveles de organización en el mundo actual? ¿Cómo mantener a largo plazo el abastecimiento de los recursos naturales que dependen los seres humanos? ¿Cómo diseñar algún tipo de monitoreo que incluya una línea base de indicadores que cubran las interrelaciones entre las propiedades de los ecosistemas, la biodiversidad, los servicios ecosistémicos, y el bienestar humano?. Las necesidades humanas son numerosas y es necesario optimizar el uso de los ecosistemas, al mismo tiempo que se tiene la responsabilidad de mantener su funcionalidad, estructura y composición.

Al analizar las variadas metodologías y enfoques entre la gran cantidad de información existente, se decidió tomar la experiencia local de cada AATR y se profundizó en el análisis de tres metodologías que han sido comúnmente utilizadas en estas AATR como instrumentos de planeación y medición del

estado de salud de ecosistemas: a) Planeación Sistemática de la Conservación (PSC), b) Planificación para la Conservación de Áreas (PCA), y c) NatureServe VISTA herramienta para la planificación.

El primer método, Planeación Sistemática de la Conservación o PSC está enfocado a la selección de especies clave, utilizadas como subrogados, para proponer la planeación de conservación basada en esas especies. La técnica considera la distribución de las especies relevantes, modeladas con el método de máxima entropía (*MaxEnt* o *Maximum Entropy Approach to Modeling Species Distributions*, sensu Philips *et al.* 2008). La selección de áreas para conservación se define con el programa COnsNet (Ciarlegio 2008 y 2009). Finalmente se definen acciones de conservación considerando la inclusión de actores sociales y expertos en la región con el uso de un análisis multicriterio (Belton 1986, Dyer 1990). Es importante anotar que este método está elaborado bajo los enfoques de selección de especies clave, protección de biodiversidad, y la identificación de objetos para la conservación (Margules y Sakar 2009). Este método no mide propiamente la integridad ecológica de los ecosistemas, es una metodología enfocada a identificar áreas de conservación.

El segundo método, Planificación para la Conservación de Áreas o PCA, permite estandarizar el monitoreo de la efectividad de manejo y desarrolla de indicadores específicos para evaluar la integridad ecológica. Es un método aplicable a áreas protegidas y no protegidas. Este método se basa también en la selección de elementos u objetos de conservación, identifica atributos ecológicos clave para cada elemento y sus rangos de variación, y finalmente califica cada elemento de conservación de acuerdo a rangos de variación establecidos con lo cual busca evaluar su integridad ecológica.

El tercer método, NatureServe VISTA permite tomar decisiones para la planeación del uso y conservación del territorio. Es una aplicación informática espacial que apoya en la toma de decisiones al incluirse toda una gama de impactos acumulativos, medidas para la mitigación, y de parámetros como son la conservación de biodiversidad, los usos del suelo, espacios de recreación, y manejo de ecosistemas, entre otros. Nature Serve Vista aplica un enfoque cuantitativo y comprobado que utiliza la información científica, conocimientos profesionales, valores de conservación y los SIG para la creación de diferentes escenarios de uso del suelo y manejo de recursos. El método VISTA está

diseñado también bajo el enfoque de identificación de objetos para la conservación y aunque no mide directamente la integridad ecológica de los ecosistemas, busca elegir aquellos ecosistemas en buen estado de conservación como prioritarios para lograr metas de conservación.

Con base en la revisión de metodologías para identificar prioridades de conservación y ecosistemas en buen estado de salud, las bases teóricas de integridad ecológica, aunado a las reflexiones que diversos autores han hecho a nivel nacional y local, el grupo de trabajo concluyó que, para lograr una propuesta confiable de la integridad ecológica de los ecosistemas bajo distintos tipos de manejo en las AATR, es importante tomar como base la experiencia y lecciones aprendidas de la aplicación de las metodologías antes descritas, así como de la valiosa experiencia y conocimiento local de manejadores, conservacionistas e investigadores de cada AATR; de forma tal que la identificación de atributos e indicadores sea *ad hoc* a los recursos naturales, procesos de manejo y conservación existentes en las diferentes AATR.

1.3. Integridad ecológica y el contexto de su aplicación

Existen diferentes maneras de definir el término “Integridad Ecológica” (Tierney *et al.* 2009); en la literatura se encuentra el equivalente a “salud del ecosistema” o “integridad del ecosistema” (Müller y Burkhad 2010). Si bien existen autores que reconocen diferencias entre estos términos, la definición más aceptada de integridad ecológica se refiere a la capacidad que tiene un ecosistema para mantener su propio funcionamiento, es decir, la capacidad de autorregularse. En este sentido la composición y la estructura del ecosistema están interactuando de tal manera que mantienen su integridad (propiedades y relaciones internas; Kandziora *et al.* 2013).

De acuerdo a Nature Serve (2012), la integridad ecológica en términos generales puede ser definida como “una evaluación de la estructura, composición y función de un ecosistema en comparación con ecosistemas de referencia operando dentro de los márgenes de regímenes de disturbio naturales o históricos” (adaptado de Lindenmayer y Franklin 2002, Young y Sanzone 2002, Parrish *et al.* 2003).

Si bien el concepto de integridad ecológica ha sido utilizado con mayor frecuencia en las últimas décadas bajo los conceptos generales de auto-organización ecológica, éste fue introducido desde los años cuarenta por Aldo Leopold para caracterizar los requerimientos básicos de la estabilidad de comunidades bióticas y es donde surgió la idea de ética de la Tierra “pensando como una montaña” en el cual considera que el ser humano es un componente de los ecosistemas junto a otras especies, y por ende las actividades antrópicas deberían considerarse parte integral de los ecosistemas.

Frente a este cambio de concepción teórica de las ciencias ambientales, se introduce el término “ecología profunda” para caracterizar una aproximación teórica que incluye las causas culturales subyacentes a la crisis ambiental y no solo aborda los síntomas de la degradación ambiental.

Esta visión ha contribuido a la integración trans-disciplinaria para comprender las causas de los problemas ambientales, diseñar estrategias e implementar soluciones. Por este entender de integración entre lo teórico y lo práctico de las ciencias naturales y sociales y la colaboración entre los diferentes actores sociales como los científicos, tomadores de decisiones, políticos, economistas y comunidades, el presente estudio se diseñó con el objeto de extraer atributos e indicadores que analicen no únicamente el efecto de las acciones de conservación, sino del aprovechamiento y manejo de los ecosistemas que ocurre cotidianamente en las AATR, y que representen las relaciones de interdependencia con y respecto a otras especies biológicas y diversos grupos humanos que habitan dentro de dichas AATR.

2. Consulta con actores clave y expertos

Se llevaron a cabo cuatro conferencias virtuales con la Dra. Carmen Josse, especialista en metodologías de evaluación de la integridad ecológica de ecosistemas y ecóloga regional para América Latina de la División de Ciencias de NatureServe, quien proveyó importante asesoría durante el desarrollo del estudio en temas de integridad ecológica, definición y medición de atributos e indicadores. Se llevaron a cabo dos conferencias virtuales con el Dr. Patrick Crist, Director de Planeación para la Conservación y Manejo de Ecosistemas de Nature Serve, quien compartió

información y metodologías sobre procesos de planeación y priorización para la conservación, a partir de especies, ecosistemas y paisajes.

A escala nacional se participó en diferentes foros de trabajo-; por ejemplo, se asistió al Taller Nacional para identificar Prioridades y Atributos de Bosques de Alto Valor para la Conservación que se llevó a cabo en la Ciudad de México el 17 de octubre de 2013, y un taller similar realizado en la Ciudad de Oaxaca el 30 de enero 2014. Este evento fue organizado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Rainforest Alliance (RA) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). También se participó en la reunión de socios de la Alianza WWF-Fundación Carlos Slim en la Ciudad de México el 30 de septiembre de 2013 en donde se contactó con actores clave y se compiló información particularmente de AATR de Chiapas, Oaxaca, Cutzamala y Yucatán. Adicionalmente se consultó a profesores-investigadores del Departamento de Ecología y Manejo de Recursos Naturales de la Universidad de Guadalajara, quienes impartieron conferencias sobre temáticas específicas al grupo de trabajo del estudio, durante el taller presencial que el grupo sostuvo en Autlán, Jalisco en noviembre de 2013.

A nivel de cada AATR se realizaron diversas entrevistas y talleres locales en donde participaron actores clave relacionados a conservación de biodiversidad y manejo de recursos naturales:

AATR Puuc-Chenes. Se seleccionaron los elementos de estudio, amenazas, así como indicadores para el AATR utilizando como base información obtenida en tres reuniones con 51 expertos, integrantes de cinco instituciones de investigación/academias (CICY, UADY, IT-CONKAL, UASLP y UACH), siete instituciones gubernamentales (SEDUMA, CONABIO, INAH, CONAFOR, SAGARPA, CDI y SEGOTUR) y ocho organizaciones de la sociedad civil (TNC, Bioasesores, Biocenosis, Kaxil Kiwik, Tumben Kinam, Grupo de Teatro Chan Tzunu, PPY y Culturas populares).

AATR de Chiapas y AATR de Oaxaca. Se llevaron a cabo entrevistas y visitas para solicitar información con diversas instituciones y actores que operan en ambas AATR, cerca de 20 instituciones entre ellas ECOSUR, UNICACH, FONCET, CONANP, CONAFOR, Secretaria Ecología Oaxaca, Universidad Juárez

Oaxaca, AMBIENTARE, Fundación Comunitaria Oaxaqueña, PRODER de Oaxaca, Rain Forest Alliance Oaxaca, AMBIO, CI, TNC, Directores de áreas protegidas de la Sierra Madre de Chiapas, así como investigadores como Lenin Corrales, anterior investigador de TNC Costa Rica quien coordinó el proceso de Planeación Ecoregional para Mesoamérica (Chiapas-Darién) y Guillermo Velasco, representante MREDD en Chiapas, quien proporcionó información sobre el AATR de la Sierra Madre de Chiapas. Se sostuvo además dos talleres para retroalimentar la propuesta de atributos e indicadores a utilizarse en cada AATR.

AATR Cutzamala. Se llevó a cabo el taller de priorización de indicadores para estimar la integridad ecológica en el Área de Acción Temprana REDD+ (AATR) Subcuencas Orientales del Sistema Cutzamala, el día 13 de marzo del 2014 en la ciudad de Toluca de Lerdo, Estado de México, México. El objetivo de dicho taller fue priorizar indicadores de integridad ecológica involucrando a diversos expertos y tomadores de decisiones locales. En esta reunión asistieron representantes de 12 instituciones. Seis del sector académico (Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM; Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM), 8 de organizaciones de la sociedad civil (Centro Mexicano de Derecho Ambiental; Espacio Autónomo, A. C.; Alianza MREDD-The Nature Conservancy; Fondo Pro-Cuenca Valle de Bravo, A. C.; Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, A. C. y Pronatura México, A. C.) y 6 del sector gobierno (Comisión de Cuenca de Valle de Bravo; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca y Secretaría de Desarrollo Rural).

AATR Ayuquila. Se realizaron dos talleres en donde participaron instituciones como la DRBSM, JIRA, JICOSUR e investigadores del Departamento de Ecología y Recursos Naturales de la Universidad de Guadalajara (DERN). Se mantuvo un acercamiento con los investigadores del Sistema Nacional de Investigadores del CONACyT y profesores del DERN como el Dr. Peter Gerritsen, el Dr. Arturo Moreno, la M. C. Claudia Ortiz, y el Dr. Luis Manuel Martínez, quienes presentaron las diferentes formas de abordar los estudios de conservación biológica y restauración a través del monitoreo de indicadores de la Cuenca del Río Ayuquila desde diferentes perspectivas (sociales, económicas, políticas, culturales y ecológicas). En otro taller, organizado por el asesor nacional de PNUD y profesor-

investigador de la Universidad de Guadalajara M. C. Enrique Jardel Peláez se presentó la propuesta sobre una Guía de Campo que busca contribuir a la mejora de las prácticas de manejo forestal e integrar objetivos de conservación de biodiversidad. En este foro se discutieron temas sobre la producción forestal, restauración, desarrollo de capacidades locales, investigación y monitoreo.

AATR Rarámuri. Se llevó a cabo un taller el 18 de octubre 2013 en las instalaciones de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en la Cd. de Chihuahua. El objetivo fue presentar el proyecto ante los actores y dependencias locales, estatales y federales involucrados en actividades de la iniciativa MREDD+. Se expuso una primer propuesta de los atributos ecológicos clave que en base a la literatura revisada, se escogieron como los que mejor definían a la Sierra Rarámuri, así como algunos indicadores para evaluar la integridad ecológica e incluso metodologías para llevarlo a cabo. En el taller participaron instituciones como WWF, RainForest Alliance, PNUD – CONAFOR, Conagua, CONANP, UACH, Asesores Técnicos, Ejidatarios, Umafores, entre otros, con un total de 26 asistentes.

Esta etapa del proceso resultó de gran relevancia pues las opiniones, sugerencias y retroalimentación que se obtuvo de actores clave como manejadores, investigadores y operadores de proyectos y de acciones locales en cada AATR contribuyeron de manera importante en la selección de atributos e indicadores de integridad ecológica.

Por último, el grupo de trabajo sostuvo dos talleres internos presenciales para la definición de atributos e indicadores de integridad ecológica y el desarrollo de las diferentes etapas del estudio. La Universidad de Guadalajara organizó el “Primer Taller sobre Diseño de Protocolos de Monitoreo para Estimar Integridad Ecológica en Selvas y Bosques de Sitios Prioritarios de la Alianza México REDD+” llevado a cabo del 26 al 29 de Noviembre de 2013 en el Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara en Autlán de Navarro, Jalisco. En este taller participaron los integrantes del grupo de trabajo, así como y estudiantes y profesores de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Agropecuarios y de la Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales del DERN.

El “Segundo Taller sobre Diseño de Protocolos de Monitoreo para Estimar Integridad Ecológica en Selvas y Bosques de Sitios Prioritarios de la Alianza México REDD+” fue organizado por Pronatura Sur del 25 al 29 de marzo de 2014, en el Centro de Capacitación Moxviquil en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, con la participación del grupo de trabajo del proyecto.

3. Definición y análisis de elementos de estudio, atributos e indicadores de integridad ecológica

3.1. Identificación de elementos de estudio

Para la identificación de los elementos de estudio a evaluar en cada AATR y la terminología a utilizar para nombrar dichos ecosistemas, primeramente se realizó una caracterización del AATR describiendo sus principales condiciones físicas, biológicas y socioeconómicas. Dicha caracterización se presenta en el Anexo 3.

Posteriormente se analizaron las diferentes propuestas de clasificación de ecosistemas utilizadas por los integrantes del grupo de trabajo. Se reconoció la importancia ecológica de la clasificación generada por Rzedowski en 1990 a nivel nacional y se comparó con la clasificación que utiliza INEGI y CONAFOR a través del Inventario Nacional Forestal. Al verificar las equivalencias entre las diferentes clasificaciones se optó por utilizar la clasificación de INEGI por ser de uso común a nivel nacional y para dar mayor claridad a los implementadores del análisis de integridad ecológica.

Finalmente, con base al criterio de anidamiento y escalamiento que los indicadores de integridad ecológica deben tener, de manera que sean aplicables desde las diferentes AATR hacia el nivel nacional, se optó por agrupar de manera general a los ecosistemas de acuerdo a la estructura de la vegetación, condiciones climáticas y altitudinales, haciendo las siguientes subdivisiones:

Selvas:

- Selva baja
- Selva mediana
- Selva alta

Bosques:

- Bosque mesófilo de montaña
- Bosque de coníferas
- Coníferas con encinos
- Oyamel
- Bosque de latifoliadas

Matorrales

Pastizales

Se dejó a consideración de los expertos de cada AATR (operadores del estudio así como opinión de actores clave), la selección de qué ecosistemas o elementos de estudio se debían evaluar en la respectiva AATR. Se tomaron como criterios principales la representatividad que dichos ecosistemas tienen a nivel regional y nacional, así como considerar solamente aquellos que fueran los predominantes dentro del AATR y descartar los que ocupen menos del 5% de la superficie de dicha AATR, con excepción de los bosques mesófilos, dada la importancia y escasa cobertura de este ecosistema en el país.

En relación al análisis de integridad ecológica, estos ecosistemas o elementos además deben cumplir con los siguientes requisitos: representar toda la biodiversidad del área de estudio, reflejar las amenazas al área, reflejar la escala a la que se está trabajando y ser útiles para dicha escala.

3.2. Identificación de atributos e indicadores ecológicos clave

En el proceso de identificación de atributos ecológicos clave y sus respectivos indicadores, inicialmente se generó una lista larga de atributos y en consecuencia de indicadores para cada ecosistema de cada AATR. El grupo de trabajo analizó las propuestas por AATR y realizó un ejercicio de revisión para agrupar y simplificar el número tanto atributos como indicadores, con base en los criterios que deben reunir estos conceptos, así como a los procesos en marcha que la Alianza

MREDD+ tiene en el país. Por ejemplo, no se incluyeron mediciones de parámetros climáticos o mediciones en suelo como Carbono o análisis de degradación, dado que son temas que se están trabajando de forma muy fina y específica, como componentes centrales de REDD+.

Se identificaron atributos e indicadores por ecosistema y en el proceso de comparar entre AATR, se llegó a la conclusión de que los atributos e indicadores seleccionados responden y reflejan bien los componentes y procesos esenciales de todos los ecosistemas a evaluar, sin importar si se trata de selvas, bosques u otro tipo, ya que el enfoque base es el nivel de organización de comunidad o ecosistema.

De esta forma, se generó un grupo de atributos ecológicos clave y sus correspondientes indicadores que son de aplicación generalizada para todos los ecosistemas a evaluar, en todas las AATR del país.

Los resultados se muestran en el cuadro 5, el cual describe ocho atributos ecológicos clave y quince indicadores clave para todos los polígonos de las AATR. Es importante considerar que los indicadores pueden ajustarse o mejorarse conforme se avance en la generación de información sobre los atributos ecológicos clave identificados en este primer esfuerzo de evaluar la integridad ecológica y sentar una línea base para la misma.

Cuadro 5. Atributos ecológicos clave y sus respectivos indicadores para medición de integridad ecológica en las áreas de acción temprana de la Alianza México REDD+.

Atributo ecológico clave	Indicador ecológico clave
Estructura del paisaje	Fragmentación
Estructura de la vegetación	Estructura vertical de la vegetación
	Estructura horizontal de la vegetación
Composición florística	Riqueza de especies

Grupos de especies indicadoras de fauna	Gremios alimenticios de aves
	Especies de fauna indicadoras de conservación
	Especies de fauna indicadoras de perturbación
Grupos de especies indicadores de flora	Grupos funcionales de flora
	Especies de flora indicadoras de conservación
	Especies de flora indicadoras de perturbación
Manejo del ecosistema	Producción
	Restauración
	Conservación
Perturbaciones ambientales	Cambios en los regímenes históricos de la perturbación
Sistema hidrológico	Alteración del régimen hidrológico

3.3. Niveles de medición de indicadores ecológicos clave

Una vez seleccionados los indicadores clave para cada atributo a evaluar, se procedió a definir las metodologías más apropiadas que cumplan con los criterios establecidos en la definición de indicadores. Se buscó aportar propuestas metodológicas para los tres niveles de medición: nivel 1. Cualitativo, Nivel 2. Semi-cuantitativo y Nivel 3. Cuantitativo. Para algunos indicadores, cabe señalar, alguno de estos tres niveles no fue factible dada la naturaleza del indicador o del parámetro a medir.

La información de atributos, indicadores, parámetros a estimar y las propuestas metodológicas para medir cada uno de éstos en los tres niveles propuestos, se integró en una matriz elaborada en el programa Excel, misma que se presenta en el Anexo 4 y se esquematiza en el cuadro 1. En esta matriz

se incluyeron también las principales referencias bibliográficas que ejemplifican o sustentan los parámetros y propuestas metodológicas.

4. Determinación del índice de integridad ecológica

Con base en la propuesta general de sistema de calificación para indicadores de integridad ecológica de ecosistemas de las AATR (misma que fue descrita en la sección de proceso metodológico), se elaboró un sistema de calificación específico para cada atributo y sus respectivos indicadores.

En el Anexo 5 se presenta el sistema de calificación propuesto para cada atributo. Cada uno de estos cuadros representa la guía a seguir para calificar el índice de integridad ecológica de los ecosistemas de interés.

La matriz de atributos, indicadores y niveles de medición, así como los sistemas de calificación para cada atributo representan una propuesta metodológica muy sencilla para la evaluación de integridad de las AATR del país. Con la aplicación inicial de esta propuesta se logrará generar una línea base que permita monitorear en el mediano y largo plazo el estado de dicha integridad. El protocolo puede aplicarse por igual a cualquier ecosistema presente en las AATR, permite comparación entre ellos, y es escalable para evaluar la integridad del AATR en su conjunto e igualmente compararlo entre AATR del país. De esta manera, quien los aplique, utilizará los mismos criterios a nivel local, subnacional o nacional.

En este trabajo no se llevó a cabo propiamente el análisis de integridad ecológica para cada AATR, únicamente se establecen las bases y guías metodológicas y se muestra su aplicación a través de casos de estudio, en los cuales se ejemplifica el desarrollo de los protocolos de medición de atributos e indicadores, tomando como ejemplo algún componente de ecosistema, un ecosistema o conjunto de ecosistemas de un AATR específica.

5. Elaboración y validación de protocolos para medición de atributos e indicadores

Los protocolos que se elaboraron para describir las metodologías propuestas para medición de los parámetros seleccionados de cada indicador, se presentan en el Anexo 6.

Los casos de estudio específicos desarrollados con el fin de validar y ejemplificar la aplicación de dichos protocolos, se presentan en el Anexo 7.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La presente propuesta de atributos e indicadores para medir la integridad ecológica de las AATR del país incluye metodologías rápidas, confiables, versátiles y de bajo costo que se adaptan a los avances o vacíos de información existentes en las AATR, buscando progresar en su conocimiento, monitoreo y diseño de estrategias apropiadas para mantener la integridad de sus ecosistemas y servicios ambientales.
- El análisis de integridad ecológica es un instrumento muy útil para evaluar e interpretar el estado histórico, actual y futuro de los ecosistemas por audiencias diversas que tendrán la posibilidad de interpretar y usar la información de manera práctica, desde los políticos y tomadores de decisión hasta los usuarios y habitantes locales de las AATR.

- El enfoque central de esta propuesta es el monitoreo basado en los ecosistemas, considerando los componentes de estructura, composición y función ya que éstos son indicadores directos de los cambios a los que están sujetos dichos ecosistemas.
- La propuesta considera evaluar no solamente a bosques prístinos o en buen estado de conservación sino a todos aquellos que están bajo manejo, puesto que todas las AATR del país presentan esta condición.
- Es posible realizar una evaluación rápida de la integridad ecológica de un AATR de manera confiable y con costos relativamente bajos utilizando la metodología propuesta a Nivel 1.
- El análisis de la integridad ecológica a Nivel 2 y 3 permitirá obtener resultados más precisos; sin embargo, requerirá más tiempo y los costos serán más elevados.
- La propuesta para medir integridad ecológica es escalable y permite un análisis desde sitio, ecosistemas, AATR y/o conjunto de AATR del país.

Recomendaciones

- Para llevar a cabo la evaluación de la integridad ecológica de un AATR es necesario evaluar todos los atributos ecológicos clave de los ecosistemas predominantes en el área, utilizando el nivel de medición que sea pertinente al AATR.
- Para analizar la integridad ecológica se necesita contar con una línea base o valor de referencia del ecosistema de interés, en algunos casos esta información ya ha sido generada, de lo contrario, las primeras evaluaciones utilizando esta propuesta metodológica permitirá generar dicha línea base a partir de la cual se haría el monitoreo de mediano y largo plazo.
- No existe una metodología perfecta para evaluar la integridad ecológica de un área. Los sistemas socio-ambientales son dinámicos y por lo tanto es necesario adaptarse a los cambios. En este sentido, la metodología aquí propuesta puede ser revisada y mejorada periódicamente tomando en cuenta los cambios ambientales, políticos y económicos que demanden un análisis más profundo de determinado atributo ecológico clave.

- Es recomendable articular el análisis de integridad ecológica a las iniciativas y propuestas metodológicas paralelas que la Alianza México REDD+ está generando en el país, lo que permitirá incluir otros elementos que contribuyen o se relacionan a la integridad ecológica, tales como el análisis de degradación de suelos y el monitoreo comunitario.

VI. LITERATURA DE REFERENCIA

- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coords.). Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. (2000).
- Ayanu, Y. Z., Conrad, C., Nauss, T., Wegmann, M., & Koellner, T. Quantifying and mapping ecosystem services supplies and demands: a review of remote sensing applications. *Environmental Science & Technology*, 46(16), 8529–41. doi:10.1021/es300157u. (2012)
- Bala G., Caldeira K, Wickett M, Phillips T. J., Lobell D. B., Delire C., Mirin A., “Combined climate and carbon-cycle effects of large-scale deforestation”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 6550–6555 (2007).
- Belton, V. A comparison of the Analytic Hierarchy Process and a simple multi-attribute value function. *European Journal of Operational Research* 26:7-21 (1986).
- Carignan, V., & Villard, M.-A. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 78(1), 45–61. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12197640>. (2002).
- Carpenter, S. R., Mooney, H. A., Agard, J., Capistrano, D., Defries, R. S., Díaz, S., Whyte, A. Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(5), 1305–12. doi:10.1073/pnas.0808772106. (2009).
- Ciarleglio, M. *Modular Abstract Self-Learning Tabu Search (MASTS): Metaheuristic Search Theory and Practice* Dissertation. University of Texas at Austin, Texas, E. U. A. (2008).
- Ciarleglio, M., J. W. Barnes, and S. Sarkar, S. ConsNet: new software for the selection of conservation area networks with spatial and multi-criteria analyses. *Ecography*, 32(2):205-209. (2009).
- Conabio, Conanp, TNC, Pronatura y FCF-UANL. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas,

The Nature Conservancy Programa México, Pronatura, A.C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. (2007a).

Conabio, Conanp, TNC, Pronatura y FCF-UANL. Vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy Programa México, Pronatura, A.C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. (2007b).

Conabio. Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en www.biodiversidad.gob.mx/pais/capitalNatMex.html. (2008a).

Conabio. Capital natural de México, vol. III: Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en www.biodiversidad.gob.mx/pais/capital-NatMex.html. (2008b).

Conabio. Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en www.biodiversidad.gob.mx/pais/capital-NatMex.html. (2009a).

Cowling, R. M. A conservation plan for a global biodiversity hotspot—the Cape Floristic Region, South Africa. *Biological Conservation*, 112(1-2), 191–216. doi:10.1016/S0006-3207(02)00425-1. (2003).

Díaz, S., Lavorel, S., de Bello, F., Quétier, F., Grigulis, K., & Robson, T. M. Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(52), 20684–9. doi:10.1073/pnas.0704716104. (2007).

Dyer, J. Remarks on the Analytic Hierarchy Process. *Management Science* 36:249-258. (1990).

Ellis, E. C., K. Goldewijk, K. Siebert, S. Lightman, D. Ramankutty, N. Goldewijk, “Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000”, *Global Ecology and Biogeography*, 589-606. (2010).

- Faber-Langendoen, D., C. Hedge, M. Kost, S. Thomas, L. Smart, R. Smyth, J. Drake, and S. Menard. Assessment of wetland ecosystem condition across landscape regions: a multi-metric approach. NatureServe, Arlington, VA. + Appendices. (2011).
- Faber-Langendoen, D., G. Kudray, C. Nordman, L. Sneddon, L. Vance, E. Byers, J. Rocchio, S. Gawler, G. Kittel, S. Menard, P. Comer, E. Muldavin, M. Schafale, T. Foti, C. Josse, and J. Christy. Ecological Performance Standards for Wetland Mitigation based on Ecological Integrity Assessments. NatureServe, Arlington, VA. + Appendices. (2008).
- Faber-Langendoen, D., J. Rocchio, M. Schafale, C. Nordman, M. Pyne, J. Teague, T. Foti, and P. Comer. Ecological Integrity Assessment and Performance Measures for Wetland Mitigation. Final Report to US Environmental Protection Agency - Office of Wetlands, Oceans and Watersheds, NatureServe, Arlington, VA. (2006).
- FAO (Food and Agriculture Organization), Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks: 1990-2011. FAO Statistics Division, Working paper Series ESS/14-02, (2014a).
- FAO (Food and Agriculture Organization), El estado de los bosques del mundo: potenciar los beneficios socioeconómicos de los bosques, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, ISSN 1020-5721, (2014b).
- Fuller, T., Sanchez Cordero, V., Illoldi Rangel, P., Linaje, M., and Sarkar, S. "The cost of postponing biodiversity conservation in Mexico". *Biological Conservation*, 134(4), 593–600. (2007).
- Gardner, T. A., Burgess, N. D., Aguilar-Amuchastegui, N., Barlow, J., Berenguer, E., Clements, T., Danielsen, F., "A framework for integrating biodiversity concerns into national REDD+ programmes", *Biological Conservation*, 154, 61–71. (2012).
- Granizo, T. et al. Manual de Planificación para la Conservación de Áreas, PCA. Quito: TNC y USAID. (2006).
- Harrison, M. E., Boonman, A., Cheyne, S. M., Husson, S. J., Marchant, N. C., & Matthew, J. Biodiversity monitoring protocols for REDD + : can a one-size-fits-all approach really work ?, 5(1), 1–11. (2012).

- Harvey, C. A., Dickson, B., and Kormos, C. "Opportunities for achieving biodiversity conservation through REDD". *Conservation Letters*, 3(1), 53–61. (2010).
- Haughland, D. L., J-M. Hero, J. Schieck, J. G. Castley, S. Boutin, P. Sólymos, B. E. Lawson, G. Holloway and W. E. Magnusson. "Planning forwards: biodiversity research and monitoring systems for better management". *Trends in Ecology and Evolution* 25(4). (2009).
- Hooke, R., and J. Martín-Duque, "Land transformation by humans: A review", *GSA Today*, (12), 4–10. (2012).
- Jones-Walters, L., & Mulder, I. Valuing nature: The economics of biodiversity. *Journal for Nature Conservation*, 17(4), 245–247. doi:10.1016/j.jnc.2009.06.001. (2009).
- Kandziora, M., Burkhard, B., & Müller, F. Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators—A theoretical matrix exercise. *Ecological Indicators*, 28, 54–78. doi:10.1016/j.ecolind.2012.09.006. (2013).
- Koleff, P. y T. Urquiza-Haas. Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad—Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México. (2011).
- Krebs, C. J. *The Ecological World View*. CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria, Australia. University of California Press, ISBN 978 0 52025 479 4, 574 pp. (2008).
- Lindenmayer D. B. and G. E. Likens. "Adaptative monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring", *Trends in Ecology and Evolution*, 24(9): 482-486. (2009).
- Lindenmayer, D.B., and J.F.Franklin. *Conserving forest biodiversity: A comprehensive multiscaled approach*. Island Press, Washington, DC. 351 pp. (2002).
- Lovett G. M., D. A Burns, C. T. Driscoll, J. C. Jenkins, M. J. Mitchell, L. Rustad, J. B. Shanley, G. E. Likens and R. Haeuber, "Who needs environmental monitoring?", *Front Ecol Environ* 2007; 5(5): 253–260. (2007).
- March, I.J. M.A. Carvajal, R.M. Vidal, J.E. San Román, G. Ruiz et al. Planificación y desarrollo de estrategias para la conservación de la biodiversidad, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 545-573. (2009).

- Margules, C. y S. Sarkar. *Planeación Sistemática de la Conservación*. (Trad. V. Sánchez-Cordero y F. Figueroa). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 304 pp. (Original en inglés, 2007) (2009).
- Müller, F. Y B. Burkhard. The indicator side of ecosystem services. *Ecosystem services* 1:26-30. (2012).
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca y J. Kent. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858. (2000).
- Nature Serve. Evaluación de la Integridad Ecológica de Ecosistemas – Marco Conceptual y Metodología. Documento no publicado. Washington, U.S. (2012).
- Noss, R. F. Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology*, 4(4), 355–364. doi:10.1111/j.1523-1739.1990.tb00309.x. (1990).
- Panfil, S. N. and Harvey, C. A., A review of the biodiversity goals and proposed monitoring methods in national REDD+ programs. USAID-supported Forest Carbon, Markets and Communities (FCMC) Program, Washington, D.C., USA. (2014).
- Parrish, J.D., D. P. Braun, and R.S. Unnasch. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *BioScience* 53: 851-860. (2003).
- Phillips S.J. and M. Dudík. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161-175. (2008).
- PROARCA/APM. Manual para la Evaluación y monitoreo de la integridad ecológica en áreas protegidas de Centro América. Bernal, H. y L. Corrales (eds.). Documento de trabajo. Costa Rica. Pp. 24. (2004).
- Salcido, R. P. G., Quiroz, I. A., & Ramírez, R. R. Understanding investment in biodiversity conservation in Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 18(5), 1421–1434. doi:10.1007/s10531-008-9538-6. (2008).
- Sánchez-Azofeifa, G. A., Pfaff, A. S. P., Robalino, J. A., & Boomhower, J. P. Costa Rica’s payment for environmental services program: intention, implementation, and impact. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology*, 21(5), 1165–73. doi:10.1111/j.1523-1739.2007.00751.x. (2007).

- Simberloff, D. Flagships, umbrellas, and keystones: Is single-species management passé in the landscape era? *Biological Conservation*, 83(3), 247–257. doi:10.1016/S0006-3207(97)00081-5. (1998).
- Swan, S., & McNally, R. High-Biodiversity REDD +: Operationalising Safeguards and Delivering Environmental Co-benefits, (November). (2011).
- Tierney, G.L., D. Faber-Langendoen, B.R. Mitchell, W.G. Shriver y J.P. Gibbs. *Frontier Ecology Environment* 7(6):308-316. (2009).
- UN (United Nations), Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session, Cancun November 29 to December 10, 2010, México, 31 pp. (2011).
- UNREDD (United Nations REDD Program), Sistemas Nacionales de Monitoreo de los Bosques: monitoreo y medición, reporte y verificación (M y MRV) en el contexto de las actividades de REDD+ PROGRAMA UN-REDD. Novena Reunión de la Junta De Políticas 26-27 de octubre 2012 Brazzaville, República del Congo. (2012).
- Van Jaarsveld, A.S., S. Freitag, S.L.Chown, C. Muller, S. Koch, et al. Biodiversity assessment and conservation strategies. *Science* 279:2106-2108. (1998).
- Van Oudenhoven, A. P. E., Petz, K., Alkemade, R., Hein, L., & de Groot, R. S. Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecological Indicators*, 21, 110–122. doi:10.1016/j.ecolind.2012.01.012. (2012).
- Young, T.F. and S. Sanzone (editors). A framework for assessing and reporting on ecological condition. Prepared by the Ecological Reporting Panel, Ecological Processes and Effects Committee. EPA Science Advisory Board. Washington, DC. 142 p. (2002).

VII. ANEXOS

ANEXO 1. GLOSARIO DE TÉRMINOS

ANEXO 2. BASE DE DATOS LITERATURA

ANEXO 3. CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS DE ACCIÓN TEMPRANA REDD+

ANEXO 4. MATRIZ DE ATRIBUTOS, INDICADORES Y METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA

ANEXO 5. SISTEMAS DE CALIFICACIÓN PARA ATRIBUTOS E INDICADORES DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA

ANEXO 6. PROTOCOLOS PARA MEDICIÓN DE ATRIBUTOS E INDICADORES

ANEXO 7. CASOS DE ESTUDIO QUE EJEMPLIFICAN LA ESTIMACION DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA EN AATR



www.alianza-mredd.org

ALIANZA MÉXICO PARA LA REDUCCIÓN DE
EMISIONES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN