

Incidencia del Cambio Climático en la Gestión de Áreas Protegidas de Bolivia

Meave Acuña, Mariana¹ & Lugo-Morín, Diosey Ramón¹

Resumen

Existió una significativa variación de temperaturas en el planeta desde 1950. América Latina experimentó ese incremento en las últimas décadas. Bolivia presentó una inusual modificación del clima, especialmente en los valles. El cambio climático se transformó en un riesgo para el desarrollo sostenible. Recientemente, una sensibilización sobre sus efectos en países en desarrollo fue realizada. Este fenómeno tiene causas antropogénicas, como el uso de combustibles fósiles, el manejo de suelos, la disposición de residuos sólidos, etc. Entre las causas principales se tiene la deforestación, las actividades industriales y agrícolas. Estas producen gases de efecto invernadero (GEI) que influyen directamente en el aumento de la temperatura global. Se elaboraron estudios previos sobre la tendencia de la evolución meteorológica en Bolivia. Más, se ha observado que aún no se han aplicado modelos regionales de cambio climático en áreas protegidas. Este tema presenta un gran interés nacional y local debido a la cantidad de ecosistemas, recursos naturales y población involucrados. El presente estudio permite identificar los factores que influyen en el cambio climático, los modelos aplicables a estas ecorregiones, los indicadores de evaluación, etc. Un uso apropiado de estas herramientas perfeccionará la gestión de áreas protegidas a escala nacional e internacional.

Palabras clave: Cambio climático, áreas protegidas, gases de efecto invernadero, temperatura, modelo, indicador

¹ Universidad Europea en Energía y Medio Ambiente (UEMA), Programa Doctoral en Sostenibilidad España. Calle Severo Ochoa N° 24 – 1° A, 47195 – Arroyo de la Encomienda. Valladolid. Castilla y León. España. Unión Europea.

*Autor para correspondencia

Abstract

There was an important variation of temperatures worldwide since 1950. Latin America experienced that increase in the past decades. Bolivia presented an unusual climate modification, especially in valleys. The climate change has become a threat to sustainable development. Recently, a sensitization about its effects in developing countries was carried out. This phenomenon has anthropogenic sources, such as usage of fossil fuels, land management, solid waste disposal, etc. Deforestation, industrial and agricultural activities are among the principal causes. These produce greenhouse gases (GHG) that directly influence in the augment of global temperature. Previous studies about the meteorological evolution pattern in Bolivia were elaborated. However, it was noticeable that regional climate change models (RCCM) have not yet been applied in protected areas. The matter has great national and local interest because of the large number of ecosystems, natural resources and population involved. The present study permits identifying the features that influence climate change, the models applicable to these regions, the evaluation indicators, etc. A proper use of these tools will improve protected areas management in national and international scale.

Keywords: Climate change, protected areas, greenhouse gases, temperature, model, indicator

1. Introducción

Las áreas protegidas son un medio importante para la preservación de los ecosistemas y la biodiversidad. Poseen varios hábitats que pueden ser definidos como una sucesión de especies y de procesos estables, coherentes y acoplados (Spiels, 2010). La riqueza de biodiversidad es representada por diferentes variedades de organismos vivos (Camacho & Ariosa, 2000). Aproximadamente el 13% de la superficie del planeta está cubierta por algún tipo de área protegida. Se estima que los efectos del establecimiento de sitios protegidos son bastantes importantes debido al alto grado de superposición entre las zonas de biodiversidad y la pobreza. Sin embargo, existe poca evidencia sobre los impactos ambientales o socioeconómicos de las mismas (Canavire & Hanauer, 2012).

El cambio climático es uno de los problemas más importantes a nivel mundial, el cual es atribuible directa o indirectamente a la actividad humana que tiene una gran incidencia en la variabilidad meteorológica. Este fenómeno se expresa fundamentalmente en el aumento paulatino de la temperatura promedio de la tierra, modificaciones en los patrones de precipitaciones, los cambios en la frecuencia de los eventos climáticos extremos, la reducción lenta de la criósfera (glaciares) y subida del nivel del mar (IPCC, 2007).

La información histórica comprueba que la temperatura media mundial es la más alta en los últimos quinientos años. La temperatura en los últimos cincuenta años es inusual en comparación a la de últimos mil trescientos años. Además, once de los doce años más cálidos desde 1859 se registraron entre 1995 y 2006. Sin embargo, los datos climáticos son limitados y muy escasos para algunos países en desarrollo como Bolivia (Proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento, Información y difusión sobre el cambio climático en Bolivia, 2013a).

Por otra parte, en Bolivia se encuentran 66 de los 112 ecosistemas existentes en el mundo. Razón por la cual se posiciona entre los diecisiete países que presentan mayor biodiversidad en el planeta. Esos hábitats naturales son esenciales para el mantenimiento de la diversidad genética y biológica (De Groot, Wilson & Boumans, 2002). Se estima que el 68% de plantas nativas y el 80 % de las especies de vertebrados registrados en Bolivia están ubicados en áreas protegidas (Andersen, 2009).

El propósito principal de esta publicación es describir la situación presente respecto al cambio climático a nivel mundial, en América Latina, la cuenca del Amazonas y Bolivia a fin de seleccionar un modelo fiable de evaluación del cambio climático. Así como presentar la terminología del sector y estructurar una tipología de métodos adecuados para medir el impacto de la variación de la temperatura en el medio ambiente. Especialmente, la "Huella Ecológica" que permite determinar la superficie de bosque necesaria para mantener el equilibrio meteorológico en las reservas naturales.

Finalmente, el modelo original de la "Huella Ecológica" fue aplicado al total de la superficie de áreas protegidas nacionales en Bolivia. Esta técnica permite cuantificar si una región específica tiene suficiente capacidad para asimilar las emisiones de efecto invernadero existentes. Finalmente, es posible usar la información recopilada para posicionar a Bolivia en lo que se refiere a la gestión de áreas protegidas y la elaboración de una estrategia de mejora y fortalecimiento de su funcionamiento.

2. Marco Analítico

A fin de identificar y cuantificar los efectos del cambio climático en un territorio determinado es necesario emplear modelos de cambio climático simples o complejos, los cuales describen como influyen los diferentes elementos de la atmósfera en este fenómeno (DEFRA, 2001). En este acápite se analiza la situación actual del cambio climático a nivel global, en Bolivia y sus áreas protegidas. También, se describen los modelos y las herramientas que permiten realizar la evaluación de este fenómeno.

2.1 Gestión Ambiental de Áreas Protegidas en Bolivia

En lo que se refiere a las áreas naturales de Bolivia, aquellas corresponden a espacios territoriales que presentan límites geográficos definidos, una base legal específica y un tipo de manejo determinado. Estas áreas fueron creadas para viabilizar la protección y preservación del patrimonio natural y cultural del estado. Es posible clasificarlas de acuerdo al grado de actividades humanas permitidas en ese territorio y el objetivo de su manejo (Camacho & Ariosa, 2000; Proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento, Información y Difusión sobre el Cambio Climático en Bolivia, 2013). Se puede identificar cuatro categorías importantes de áreas protegidas, las cuales se describen como sigue.

Área Natural de Manejo Integrado (ANMI): Tiene como objetivo compatibilizar la preservación de la diversidad biológica y el desarrollo sostenible de la población local. Corresponde a ecorregiones, provincias biogeográficas, comunidades naturales, e incluso especies de flora y fauna de singular importancia, zonas tradicionales en el uso de la tierra y aquellas de utilización múltiple de los recursos naturales, así como zonas de núcleo, es decir, aquellas de protección estricta.

Parque Nacional (PN): Tipo de área protegida que alberga una inmensa y singular riqueza natural, requiere de protección estricta y permanente de los recursos naturales, ecosistemas y provincia biogeográficas que existen en él a fin de garantizar su uso sostenible. Está prohibido el uso extractivo de los recursos renovables y no renovables, al igual que obras de infraestructura, excepto para investigación científica, ecoturismo, educación ambiental y subsistencia de los pueblos originarios.

Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado (PN y ANMI): Tiene la particularidad de presentar dos usos al mismo tiempo. Es decir que una parte del territorio corresponde a zonas de protección estricta y la otra parte puede ser usada para el desarrollo sostenible de la población.

Reserva Natural (RN): Área en estado natural y sin población humana, de importancia nacional, regional o internacional, destinada principalmente a actividades de protección, investigación científica, monitoreo ambiental de sus elementos físico-geográficos, especies, comunidades o ecosistemas de flora y fauna de valor único o en peligro de extinción que por presentar estas características precisan de protección estricta.

Así como creció la cantidad de tierras protegidas también las incertidumbres respecto a la forma de protección y gestión. Para responder a esto, “el enfoque de gestión de ecosistemas” fue creado; como un llamado a la integración de los requerimientos sociales, económicos y ecológicos. La colaboración de múltiples partes interesadas, la coordinación y comunicación de autoridades locales en el proceso de gestión. Ecológicamente, el nuevo enfoque intenta promover el atractivo así como la productividad, y diversidad biológica de los ecosistemas, sus funciones y valores. Tener en cuenta los ecosistemas es complejo, dinámico, heterogéneo en el tiempo y el espacio, y en cambio permanente (Spiels, 2010).

2.2 Origen del Fenómeno del Cambio Climático

La evidencia científica disponible permite asociar el fenómeno del cambio climático al incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, producto de las actividades humanas, fundamentalmente aquellas que se originan por actividades agrícolas, industriales, etc. (Proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento, Información y Difusión sobre el Cambio Climático en Bolivia, 2013a; IPCC, 2007a).

Variación de la temperatura global: De acuerdo a las mediciones y prospecciones realizadas por el World Resources Institute de Estados Unidos (WRI, 2012), existió un incremento de la temperatura global de $-1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $8.36\text{E-}02\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre los años 2000 al 2013.

Otros estudios sugieren que existió un incremento de la temperatura media mundial a partir de 1950 de $0,76 \pm 0,19$ °C. En América Latina se ha presentado un incremento de la temperatura de $0,5$ °C a $0,8$ °C en las últimas décadas del siglo XX.

Impacto del cambio climático en Bolivia: Analizando la información presentada anteriormente, es apropiado afirmar que el cambio climático es un problema integral en Bolivia. Igualmente, el incremento de las temperaturas en el altiplano, la región norte y en los valles es superior a la media mundial. A pesar de que Bolivia tiene un nivel de emisiones de gases de efecto invernadero muy reducido en comparación a la media global ($0,027$ % en el sector energético y $0,37$ % en el sector del uso del suelo), está entre los países más vulnerables al cambio climático. Los impactos de este fenómeno varían entre macrorregiones y a nivel local por su gran diversidad de situaciones geográficas; así como otros factores socioeconómicos. Los efectos de la variación del clima esperados en las diferentes regiones en el territorio boliviano, se describen como sigue.

Región del Altiplano: Los escenarios de cambio climático en esta región son: i) mayor concentración de la precipitación; ii) mayor frecuencia de tormentas y menor número de días de lluvia; iii) mayor frecuencia de granizo y iv) reducciones en los caudales de los ríos.

Los impactos del cambio climático de la región del altiplano son variados, van desde la presencia de heladas hasta la competencia para el uso de agua.

Región de Valles Interandinos: Los escenarios de cambio climático en esta región son: i) mayor concentración de la precipitación; ii) mayor frecuencia de tormentas y menor número de días de lluvia y iii) mayor frecuencia de granizo.

Entre los impactos del cambio climático de la región de los valles interandinos se identifican: competencia por el agua, pérdida de la biodiversidad, riesgos por deslizamientos, problemas de generación de energía, erosión y desertificación de suelos.

Región del Chaco: Los escenarios de cambio climático en esta región son: i) reducción del número de días de lluvia; ii) incremento de periodos sin lluvia durante la época de cultivo; iii) sequías recurrentes e intensas y iv) bajos caudales en los ríos.

Los impactos del cambio climático de la región del Chaco son: competencia por el agua, pérdida de la biodiversidad, eventos de olas de calor durante el verano, erosión y desertificación de suelos, y mayor contaminación de las fuentes de agua.

Región de Llanos y Amazonía: Los escenarios de cambio climático en esta región son: i) incremento en la cantidad de lluvia recibida por evento; ii) mayor tasa de nubosidad y iii) elevada humedad atmosférica en verano y fuertes sequías en invierno.

Los impactos del cambio climático de la región de los Llanos y Amazonia van desde inundaciones, reducción de la biodiversidad hasta los brotes de enfermedades infecciosas relacionadas con el agua.

A nivel global, la deforestación y la quema de bosques representa entre 10 a 25 % de las emisiones anuales de gases de efecto invernadero (GEI), en una cantidad aproximada de 5,5 G-toneladas de CO₂, se producen en países en desarrollo. El 25% de las emisiones de CO₂, el gas de efecto invernadero más importante, proviene del aprovechamiento de los recursos naturales, principalmente del sector forestal y agrícola. La deforestación destruye los ecosistemas que secuestran dióxido de carbono, aportando a su acumulación en la atmósfera, lo cual influye en la variación de los patrones de clima a escala regional y local.

América Latina es responsable tan solo de 4,3 % de todas las emisiones globales de los gases de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, los países en desarrollo de esta región, como Bolivia soportarán entre el 75 % y el 80 % de los daños producidos por la variación del clima debido a su vulnerabilidad ante los efectos que este fenómeno produce (Proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento, Información y Difusión sobre el Cambio Climático en Bolivia, 2013).

De acuerdo a datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) de Bolivia se establece que en la llanura existe una variación de la temperatura media actual de -0,4 °C a 0,8 °C; en la región norte la temperatura muestra un incremento de entre 0,2 y 1 °C; en la región de tierras bajas el incremento de la temperatura media es de 0,1 °C a 0,3 °C. En la región de los valles la temperatura media oscila entre -2,3 °C y 2 °C.

Mientras que el altiplano presenta temperaturas de entre 1,1 °C y 1,7 °C (Proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento, Información y Difusión sobre el Cambio Climático en Bolivia, 2013; Proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento, Información y Difusión sobre el Cambio Climático en Bolivia, 2013a). La gran vulnerabilidad de Bolivia ante el cambio climático puede explicarse por factores como la extrema pobreza de la población rural, la presencia de una gran biodiversidad, ecosistemas vulnerables, la existencia de un clima inestable, la presencia de un gran número de glaciares en retroceso, etc.

2.3 La importancia del Cambio Climático en las Áreas Protegidas Nacionales de Bolivia

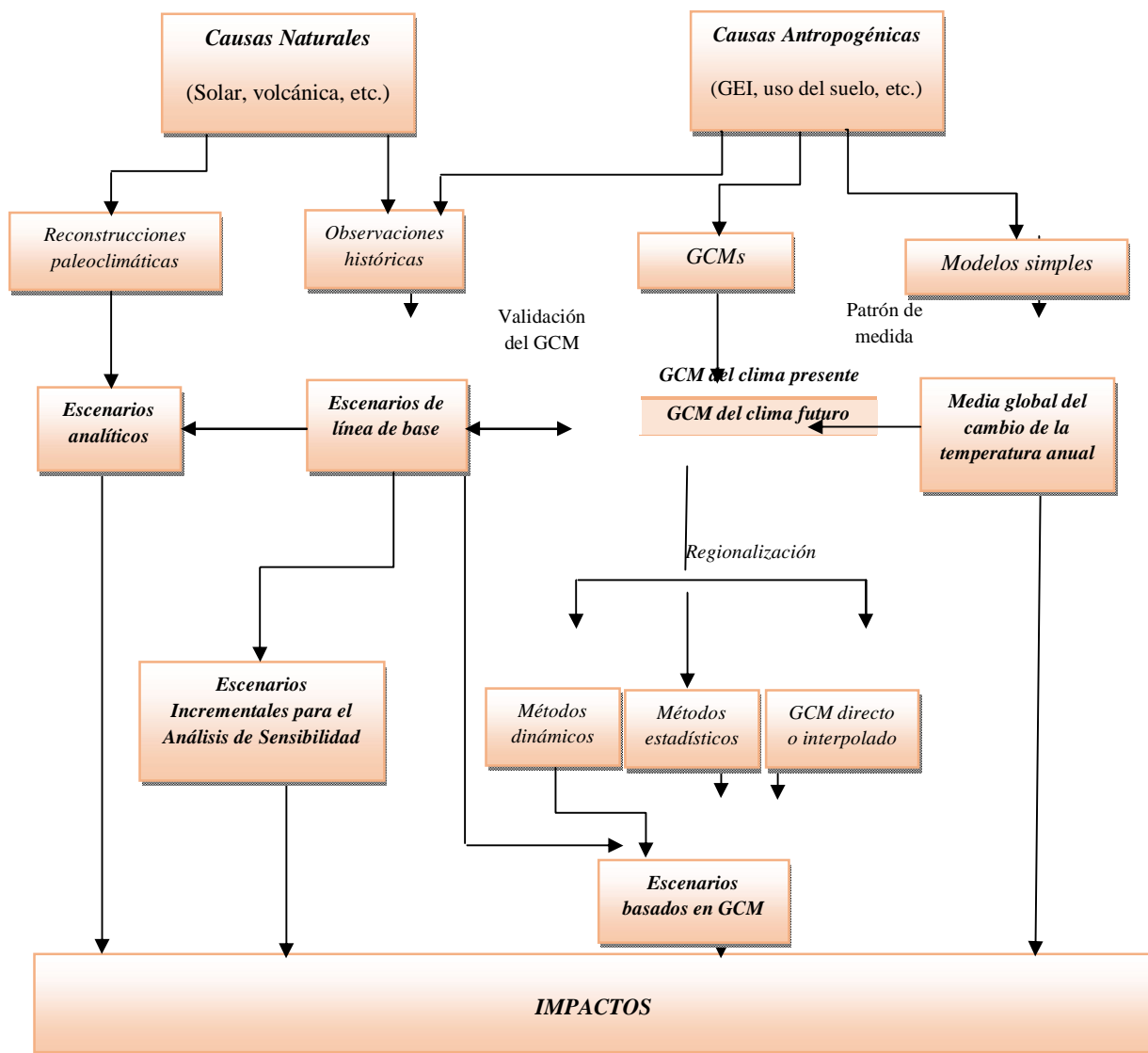
Las áreas protegidas a nivel nacional, regional y municipal juegan un rol importante en las estrategias de gestión de riesgo y adaptación a los impactos del cambio climático, ya que la biodiversidad, los recursos hídricos y forestales del estado, mantienen la resiliencia de los ecosistemas y la provisión de servicios ambientales (Oller, 2009). Por tanto, es importante aplicar modelos, escenarios de cambio climático y de posicionamiento estratégico en áreas protegidas que permitan identificar zonas de mayor impacto y riesgos de cambio climático (Delgado, 2004; Gondran & Boutaud, 2011). En base al análisis de esta información, es posible elaborar estrategias para la gestión del cambio climático en sitios protegidos (Porter, 1998). De esta manera se facilitará la toma de decisiones para su gestión en el marco del desarrollo sostenible.

3. Material y Métodos

La presente investigación es de tipo analítica y descriptiva por lo que en este apartado se presentará la información acerca de los métodos y modelos que se emplearon para el análisis del impacto del cambio climático a nivel regional. En particular, los que son aplicables al caso de las áreas protegidas.

A fin de que una nación pueda evaluar los impactos del cambio climático, se requiere generar escenarios futuros de cambio climático. Aquellos permiten predecir los impactos en el clima debido a causas naturales y antropogénicas. A pesar de que es posible efectuar análisis socioeconómicos, la base para la evaluación del cambio climático regional son los Modelos Globales del Clima (GCM) como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Procedimiento De Generación De Escenarios Para La Evaluación De Impactos Del Cambio Climático



Adaptado de: Jones et al, (2004).

Los datos necesarios para llevar a cabo este tipo de análisis corresponden a las emisiones de gases de efecto invernadero y otros compuestos (Jones et al, 2004).

Las fases principales para generar escenarios de cambio climático son las siguientes:

- 1) Escenarios de la emisión de gases de efecto invernadero por parte de la población, energía, modelos socioeconómicos.
- 2) Análisis del ciclo del carbono y modelos biofísicoquímicos que permitan establecer los límites permisibles de emisiones de CO₂, CH₄, sulfatos, etc.
- 3) Aplicación de modelos climáticos globales combinados que integren parámetros de entrada como la temperatura, precipitaciones, nivel del mar, etc.
- 4) Desarrollo de modelos regionales de cambio climático que tengan en cuenta variaciones del clima, retroceso de glaciares, etc.
- 5) La evaluación de los impactos del cambio climático como las sequías, inundaciones, seguridad alimentaria, etc.

A fin de definir los escenarios de cambio climático en las ecorregiones correspondientes a las áreas protegidas de interés nacional en Bolivia se requiere información sobre las emisiones a la atmósfera, datos biofísicoquímicos, entre otros. Entre los cuales se pueden citar, los siguientes: i) uso energético de infraestructuras: Esencialmente la energía eléctrica y térmica destinada a las instalaciones objeto de estudio que en este caso corresponde a la superficie cubierta por sitios protegidos de interés nacional en el territorio boliviano; ii) uso de energía fósil para el transporte: El consumo de combustibles fósiles destinado a desplazamientos en el perímetro del área estudiada y iii) provisión de bienes y servicios: Entre los cuales se encuentran el material de oficina, fotocopiadoras, ordenadores, etc.

Es necesario aplicar mecanismos de monitoreo a fin de cuantificar los aspectos citados precedentemente (Hoffmann & Tarquino, 2011; Gondran & Boutaud, 2011). Los materiales y medios de medición aplicables se describen como sigue: i) monitoreo de emisiones a la atmósfera en el perímetro del área estudiada, ii) modelos de balance de carbono para verificar que las emisiones se encuentran dentro de los límites permisibles; iii) monitoreo de retroceso de glaciares y de nivel de cuerpos de agua, iv) relevamientos de campo y observaciones en el sitio, v) cuantificación de la superficie perdida de glaciares, de tierras destinadas a la preservación de la biodiversidad, vi) empleo de equipos de medición de utilización de energía en oficinas y para iluminación y vii) cuantificación de distancias recorridas por razones de transporte, el tipo de combustible empleado y la cantidad del mismo.

Los instrumentos y procedimientos citados anteriormente fueron efectuados de manera parcial o total en las áreas protegidas de Bolivia entre las gestiones 2004 a 2008 que corresponden al alcance temporal del presente estudio.

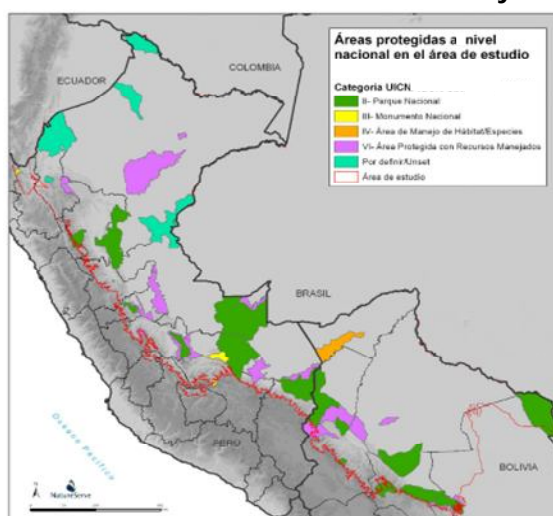
3.1 Área de Estudio

En principio, se sitúa el área de estudio en América Latina, de manera más precisa en la cuenca del Amazonas de Perú y Bolivia, la cual se muestra en la figura 2. Estos ecosistemas juntos cubren varios bioclimas tropicales y se presentan en las más diversas geomorfologías y geologías.

El mapa cubre los ecosistemas de tierras altas y humedales a lo largo de la mayor parte de la línea divisoria entre Perú y Bolivia, la cual corresponde a un área de 1,25 millones de kilómetros cuadrados. Un total de 84 ecosistemas fueron identificados en esta sección. El estudio de esta área incluye tres grandes unidades amazónicas o provincias biogeográficas: La amazonia occidental, sud occidental y sud central. Además, la zona correspondiente a áreas protegidas fue resaltada por el mapeo. El amazonas boliviano se ubica en el extremo sur de la región (Josse et al, 2007).

El caso específico de estudio corresponde a los ecosistemas principales del estado boliviano que se encuentran repartidos en 22 parques nacionales, los cuales ocupan una superficie de 182716,99 Km² aproximadamente, que corresponden al 16,63 % del territorio nacional. Si a aquellas se agregan las áreas protegidas a nivel departamental y municipal se alcanza un 22% de la superficie del territorio nacional (SERNAP, 2007; Andersen, 2009).

Figura 2. Cuenca Del Amazonas de Perú y Bolivia



Extraída de: Josse et al, (2007).

La mayoría de las áreas protegidas del país están habitadas principalmente por pueblos indígenas y comunidades campesinas originarias. Tan sólo en las 22 áreas de carácter nacional viven alrededor de 200.000 habitantes de un total de 10.389.913 habitantes de Bolivia según datos del censo poblacional efectuado el año 2012 (INE, 2013), de los cuales 78% son pueblos indígena originario campesinos. Aquellos interactúan de diferentes maneras con alrededor de cien municipios.

Existen 66 superposiciones territoriales directas correspondientes al entorno inmediato o a zonas de amortiguación que tienen aproximadamente 2 millones de habitantes, dejando de lado la población de las grandes urbes cercanas a las áreas protegidas como La Paz, Santa Cruz y Tarija. Esos sitios tienen coincidencias espaciales con 14 territorios indígenas o Tierras Comunitarias de Origen (TCOs); dos de ellas han adquirido doble estatus debido a su grado de superposición. Las cuales son: las áreas protegidas del Parque Nacional y Territorio Indígena Isiboro Sécore y la Reserva de la Biosfera y Territorio Indígena Pilon Lajas (SERNAP, 2009; PNCC, 2010).

3.2 Modelos Regionales e Indicadores de Cambio Climático

Los modelos regionales de cambio climático permiten simular varios escenarios posibles de la variación del clima en base a representaciones matemáticas de sus propiedades físicas. Es importante señalar que existen muchas alternativas y están clasificadas de acuerdo a su complejidad, dimensiones y resolución espacial (Villers & Trejo, 1998; DEFRA, 2001; UNAM, 2008; Gondran & Boutaud, 2009; Wilson et al 2010; González, García & Colina, 2011; WRI, 2012).

Los modelos citados anteriormente pueden ser clasificados de acuerdo a la aplicación que se les asigne, algunos de los cuales se presentan en la Tabla 1. En la práctica, las metodologías presentadas son usadas como herramientas para analizar y elaborar políticas públicas referentes a la prevención de los impactos del cambio climático en la escala local, regional, nacional o internacional (Houghton et al, 1997).

Tabla 1. Modelos e Indicadores de Evaluación de Impacto Climático

Nombre del modelo	Descripción	Aplicación
<i>Providing Regional Climates for Impact Studies (PRECIS)</i>	Modelo desarrollado para la evaluación de diferentes escenarios regionales de cambio climático.	Se emplea en la predicción a gran escala de cambio climático en áreas de topografía compleja y otro tipo de fenómenos climáticos como los ciclones.
<i>The Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)</i>	Herramienta que provee inventarios de gases de efecto invernadero y otros indicadores relevantes de cambio climático.	Se usa para el análisis de varios tipos de datos relacionados al cambio climático y para el apoyo a la toma de decisiones respecto a políticas de cambio climático.
<i>Model for the Assessment of Greenhouse – gas Induced Climate Change (MAGICC)</i>	Modelo simple de clima capaz de emular una gran variedad de escenarios de cambio climático.	Permite elaborar escenarios de cambio climático para temperatura media, precipitación y presión. Adicionalmente, se usa para generar bases de datos observados.
<i>Scenario Generator (SCENGEN)</i>	Modelo que usa las salidas de MAGICC para generar mapas que tienen detalles regionales del clima futuro.	Se emplea para seleccionar escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, el factor de sensibilidad climática, entre otros parámetros.
<i>Huella Ecológica (HE)</i>	Se expresa como el total de superficie ecológicamente productiva necesaria para producir los recursos solicitados por un ciudadano medio de una comunidad determinada, así como la requerida para absorber los residuos que genera.	Se aplica para superficies productivas correspondientes a cultivos, pastos, bosques, mar productivo, extensiones artificializadas y áreas de absorción de CO ₂ .

Fuente: Elaboración propia en base a Houghton et al, (1997).

3.3.1 Método de la Huella Ecológica

El modelo original de “Cálculo de la Huella Ecológica” fue desarrollado por Wackernagel y Rees en la Universidad de Columbia Británica. Este método propone la cuantificación de la necesidad de tierra para el consumo de energía fósil obtenida del área boscosa que es necesaria para absorber las emisiones de dióxido de carbono generadas al usar combustibles fósiles (Stöglöhner, 2003). A fin de obtener resultados, es necesario aplicar los factores de equivalencia que están clasificados por categoría de superficie productiva (González, García & Colina, 2011). Entre los cuales se pueden citar: i) factor de equivalencia de cultivos: 2.39; ii) factor de equivalencia de pastos: 0.51; factor de equivalencia de bosques: 1.24 y factor de equivalencia de espacio de mar productivo: 0.41.

La razón de seleccionar el “Modelo de la Huella Ecológica” para el estudio radica en que se puede emplear como una herramienta para evaluar la situación actual y proponer medidas para optimizar el uso de energía en áreas prioritarias como las reservas naturales. En base a la sustitución de la energía fósil por medios de transferencia de energía renovable. Tiene bastante utilidad en calidad de herramienta de apoyo en la toma de decisiones que se apuntala en posturas que conduzcan al mayor uso de fuentes de energía sostenible (Stöglehner, 2003).

Esta técnica tiene los siguientes límites: **Solamente** los bosques jóvenes pueden reducir la presencia del CO₂ en la atmósfera. Una vez que la secuencia de evolución termina los bosques decaen y el CO₂ será liberado otra vez. Pueden existir otras maneras de absorber los gases de efecto invernadero. Más, la mayor restricción es la demanda de plantación de bosques, que también son vectores de energía renovable que pueden substituir el uso de combustibles fósiles. En este caso la huella ecológica de la producción y consumo de energía fósil no es calculada, sino más bien la habilidad de los bosques de absorber CO₂ (Stöglehner, 2003).

Existe un número creciente de autoridades locales que llevaron a cabo estudios de huella ecológica y están aplicando los resultados. El valor de esta métrica de sostenibilidad depende no solo de la integridad científica del método de cuantificación sino también de su aplicación fiable (Venetoulis & Talbert, 2008). Estudios previos han demostrado la validez y pertinencia de este tipo de mediciones en áreas protegidas de Europa.

Es el caso de Francia para la cual se cuantificó una huella ecológica de un parque nacional, que tenía el valor de 2,25 [[tCO₂e] • [Hag] / [hab]]. La cual fue reducida a 2,11 [[tCO₂e] • [Hag] / [hab]] durante la gestión 2008 y finalmente hasta 2,02 [[tCO₂e] • [Hag] / [hab]] durante la gestión 2009; a través de la adopción de medidas de mejora del desempeño ambiental, tales como la disminución del uso de energía eléctrica, energía térmica, el consumo de combustible y el uso racional del material de oficina (Gondran & Boutaud, 2011).

4. Aplicación de la metodología de la Huella Ecológica en Áreas Protegidas de Interés Nacional en Bolivia

Como se mencionó en el acápite anterior para poder hacer frente al fenómeno del cambio climático es necesario realizar mediciones que permitan determinar su comportamiento y su evolución en el tiempo.

Si bien existe una mayor disponibilidad de datos a nivel nacional es preferible que la aplicación de modelos sea hecha a nivel municipal lo que permitiría tener en cuenta la heterogeneidad geográfica de Bolivia. El "Calculo de la Huella Ecológica" elaborado para áreas protegidas nacionales se basa en el modelo original desarrollado por Wackernagel y Rees en la Universidad de Columbia Británica.

Sin embargo, no existen registros detallados de las variaciones del clima en las áreas protegidas del territorio nacional debido a su gran extensión y la inaccesibilidad de muchas de estas áreas. Por lo tanto, es necesario hacer uso de información de inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global; así como modelos simples que permitan representar las propiedades físicas de los sistemas afectados por el cambio climático a nivel nacional, entre los cuales se encuentran las áreas protegidas. En base a estas mediciones y su análisis será posible formular estrategias de gestión de cambio climático en sitios protegidos del territorio boliviano.

Medición de emisiones de gases de efecto invernadero: El World Resources Institute (WRI) ha producido un inventario de emisiones de gases efecto invernadero por nación a nivel mundial. Esta información se refiere a las emisiones expresadas en millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO₂ e) entre los años 1990 a 2005 en Bolivia.

De acuerdo a los datos analizados, existió un incremento de 49,23 % de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) entre los años 1990 y 2005 en el territorio boliviano. Se determinó el porcentaje de variación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Bolivia durante ese periodo de tiempo empleando la ecuación 1.

Ecuación 1. Variación de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

$$\text{Variación de Emisiones de GEI} = \frac{\text{Emisiones GEI}_{2005} - \text{Emisiones GEI}_{1990}}{\text{Emisiones GEI}_{2005}} \cdot 100 \quad (a)$$

$$\text{Variaciones de Emisiones de GEI} = \frac{60.8 - 30.9 \text{ [MtCO}_2\text{]}}{60.8 \text{ [MtCO}_2\text{]}} \cdot 100 \quad (b)$$

$$\text{Variaciones de Emisiones de GEI} = 49.23 \% \quad (c)$$

Medición de emisiones de CO₂: Como se mencionó en el marco analítico el CO₂ es el gas de efecto invernadero más importante, razón por la cual, el World Resources Institute (WRI) también tiene un inventario de emisiones de CO₂ a nivel mundial. Esta información se refiere a las emisiones de CO₂ expresadas en millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO₂ e) entre los años 1990 a 2005 en Bolivia. De acuerdo a los datos analizados, existió un incremento de 14,15 % de emisiones de CO₂ entre los años 1990 y 2005. Se determinó esta variación empleando la ecuación 2.

Ecuación 2. Variación de las Emisiones de CO₂

$$\text{Variación de emisiones de CO}_2 = \frac{\text{Emisiones CO}_2(2005) - \text{Emisiones CO}_2(1990)}{\text{Emisiones CO}_2(2005)} \cdot 100 \quad (a)$$

$$\text{Variación de emisiones de CO}_2 = \frac{10.82 - 9.29 \text{ [MtCO}_2\text{e]}}{10.82 \text{ [MtCO}_2\text{e]}} \cdot 100 \quad (b)$$

$$\text{Variación de emisiones de CO}_2 = 14.15 \% \quad (c)$$

4.1 Elaboración e Interpretación de un Indicador de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en Áreas Protegidas

En base a los datos disponibles respecto a las áreas protegidas de Bolivia y emisiones de CO₂ en el territorio nacional es posible dimensionar el indicador de la huella ecológica de las áreas protegidas del estado. Teniendo en cuenta las siguientes hipótesis y parámetros de entrada:

- Las regiones estudiadas son homogéneas en sus características geográficas y sus propiedades físicas.
- El total de la superficie estudiada corresponde a un área de absorción de CO₂.
- Como dato de entrada se tomará la emisión anual de CO₂ durante el año 2008 determinada por el World Resources Institute (WRI) que corresponde a 14 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO₂ e).
- A pesar de que las emisiones de gases de efecto invernadero tienen impacto global, es significativo tener datos de su comportamiento en un territorio puntual.
- La superficie total cubierta por las áreas protegidas nacionales del territorio boliviano es de 182716,99 Km² que corresponde a 18271699 [Ha].
- La superficie estudiada tiene una población de 200000 habitantes aproximadamente.

- El factor de equivalencia de un área de absorción de CO₂ es de 1.24 hectáreas globales [Hag].

De esta manera es posible calcular la huella ecológica de las áreas protegidas nacionales, aplicando la ecuación 3.

Ecuación 3. Medición de la Huella Ecológica de las Áreas Protegidas Nacionales de Bolivia

$$\text{Huella Ecológica (HE) de habitantes de áreas protegidas} = \frac{C}{P} \bullet (\text{Eq. F}) \quad (a)$$

C: Emisiones anuales de CO₂ por persona

P: Superficie de áreas protegidas

Eq. F: Factor de equivalencia

$$\text{Huella Ecológica(HE) de habitantes de áreas protegidas} = \frac{14000000[\text{toneladasde CO}_2]}{10389913[\text{hab}]} \bullet \frac{1827699[\text{Ha}]}{1827699[\text{Ha}]} \bullet (1.24) \quad (b)$$

$$\text{Huella Ecológica(HE) de habitantes de áreas protegidas} = 9.14^{+07} \left[\frac{[\text{toneladasde CO}_2e] \bullet [\text{Hag}]}{[\text{hab}]} \right] \quad (c)$$

En base al resultado de la medición de la huella ecológica anual por habitante de las áreas protegidas es posible evidenciar una evolución positiva del año 1972 al año 2008. También, se puede dimensionar la biocapacidad del territorio nacional en base a las emisiones de CO₂ como se presenta en la ecuación 4.

Ecuación 4. Medición de la Biocapacidad de Bolivia

$$\text{Biocapacidad} = \frac{\text{Superficie nacional} \bullet \text{Emisiones anuales de CO}_2 \text{ per capita}}{\text{Población de Bolivia}} \bullet \text{Eq.F.} \quad (a)$$

Eq.F.: Factor de equivalencia

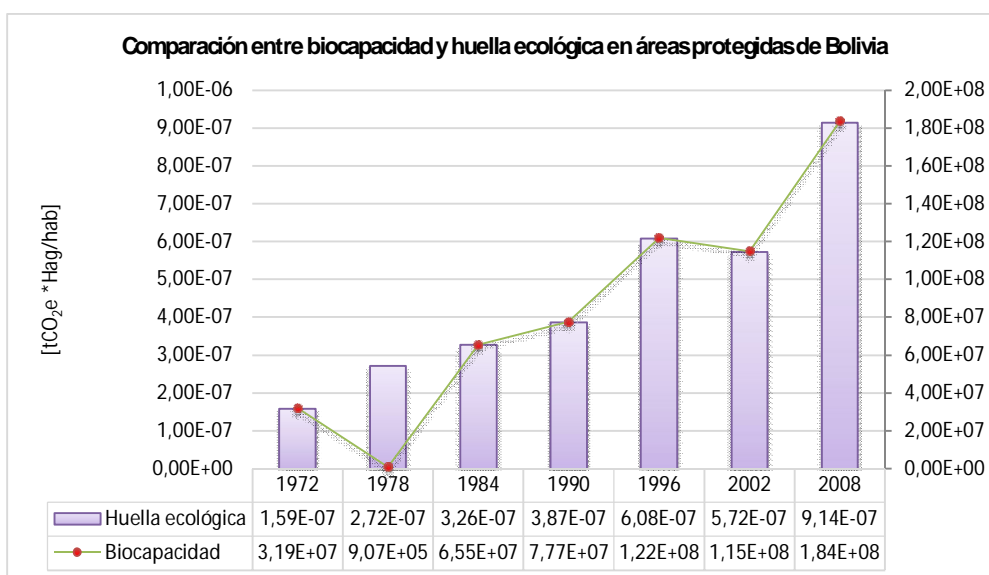
$$\text{Biocapacidad} = \frac{109858100 [\text{Ha}] \bullet 14000000 [\text{tCO}_2e]}{10000 [\text{hab}]} \bullet 1.24 \quad (b)$$

$$\text{Biocapacidad} = 1.84^{+08} \left[\frac{[\text{tCO}_2e] \bullet [\text{Hag}]}{[\text{hab}]} \right] \quad (c)$$

Generalmente, el valor de la huella ecológica no debe superar el valor de la biocapacidad. En este caso existe un superavit de asimilación de las emisiones generadas.

Durante la gestión 2008 se registró una biocapacidad de $1,846E+08$ [tCO_2e][Hag]/hab]. En la figura 3 se presenta la evolución de la diferencia entre la biocapacidad y la huella ecológica de las áreas protegidas de Bolivia.

Figura 3. Déficit entre Biocapacidad y Huella Ecológica del Año 1972 a 2008



Adaptada de: Gondran y Boutaud, (2011).

4.2 Posicionamiento de la Gestión de Cambio Climático de Áreas Protegidas en Bolivia

Es importante realizar una comparación de la gestión de áreas protegidas de Bolivia a la de otros países para lo cual se emplea la matriz de posicionamiento presentada en la tabla 2. La evaluación fue efectuada tomando en cuenta dos países de Europa y un país de América Latina que realizan una gestión responsable de las áreas protegidas de su territorio.

Es posible observar que el estado boliviano está bien posicionado en lo que se refiere a la difusión de información, la calificación de su personal y el mantenimiento de sus sitios protegidos. Sin embargo existe una superioridad de los otros países respecto al marco legal, la participación de partes interesadas, el monitoreo ambiental, las tecnologías de preservación y la evaluación ambiental.

Tabla 2. Posicionamiento de Bolivia en Gestión de Áreas Protegidas

<i>Crterios de evaluación</i>	<i>Estados evaluados</i>				<i>Ciclo de vida de las medidas aplicadas</i>			
	<i>Francia</i>	<i>España</i>	<i>México</i>	<i>Bolivia</i>	<i>Emergente</i>	<i>Crecimiento</i>	<i>Madurez</i>	<i>Declive</i>
<i>Marco legal</i>	>	>		Bueno			*	
<i>Personal calificado</i>	>	>	>	Muy bueno		*		
<i>Partes interesadas</i>		>		Bueno		*		
<i>Difusión de información</i>	>			Muy bueno			*	
<i>Monitoreo ambiental</i>	>	>		Regular	*			
<i>Tecnologías de preservación</i>				Bueno				*
<i>Mantenimiento</i>				Bueno		*		
<i>Evaluación ambiental</i>	>		>	Bueno	*			

Fuente: Elaboración propia en base a Delgado, (2004).

4.5 Formulación de Estrategias de Gestión de Cambio Climático en Áreas Protegidas

A fin de identificar las estrategias aplicables a la gestión de cambio climático para las áreas protegidas del territorio boliviano, se elaboró un listado de las principales Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO).

Fortalezas:

- ✓ Difusión de información.
- ✓ Calificación de personal.
- ✓ Buenas de capacidades mantenimiento.

Debilidades:

- ✓ Instrumentos de monitoreo ambiental de emisiones de GEI.
- ✓ Necesidad de actualización de marco legal.
- ✓ Disponibilidad de herramientas de evaluación ambiental.

Oportunidades:

- ✓ Inclusión de partes interesadas en la toma de decisiones.
- ✓ Mejora de tecnologías de preservación.
- ✓ Procesos de intercambio de información.

Amenazas:

- ✓ Actividades extractivas en el territorio de las áreas protegidas.
- ✓ Efectos negativos del cambio climático.
- ✓ Procesos de deforestación y cambio de uso de suelo.

A partir de la información existente en la lista se puede construir la matriz de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO) de la tabla 3. La cual a su vez permite formular distintas alternativas de estrategias para la gestión de áreas protegidas de Bolivia.

En función a la matriz planteada, se puede adoptar cuatro estrategias que poseen orientaciones distintas de aprovechamiento de capacidades internas, factores del entorno y/o una combinación de ambos. Las cuales corresponden a la maximización de oportunidades y fortalezas, a la minimización de debilidades y amenazas, a la maximización de fortalezas y minimización de amenazas, y a la maximización de fortalezas y minimización de debilidades.

La estrategia más pertinente respecto a la evaluación del cambio climático en áreas protegidas nacionales de Bolivia es la de maximización de fortalezas y minimización de amenazas que persigue fortalecer las competencias de su personal y sensibilizar a sus pobladores a fin de reducir las actividades que lo originan y los efectos negativos del mismo. Particularmente, se propone la mejora de la gestión de riesgos de este tipo en sitios protegidos.

Tabla 3. Matriz DAFO de las Áreas Protegidas de Bolivia

MATRIZ DAFO	Oportunidades	Amenazas
Fortalezas	Desarrollo de las capacidades de mantenimiento y de difusión de información de las actividades de las áreas protegidas empleando las competencias de su personal calificado.	Racionalización de las actividades extractivas, de la deforestación y el uso de suelos en base a la difusión de información. Así como fortalecimiento de la gestión de riesgo de los efectos negativos del cambio climático fortaleciendo las capacidades del personal de las áreas protegidas.
Debilidades	Aprovechamiento de la posibilidad de mejora de tecnologías de preservación y de los procesos de intercambio de información para facilitar el acceso a instrumentos de monitoreo ambiental y herramientas de gestión ambiental.	Mejora de acceso a herramientas de monitoreo y evaluación ambiental que permitan la reducción de actividades extractivas, procesos y efectos negativos del cambio climático. Así como la actualización del marco legal de las áreas protegidas.

Fuente: Elaboración propia en base a Porter, (1998).

5. Resultados y Discusión

Todo modelo regional de cambio climático debe ser construido a partir de datos que pueden ser extraídos de la literatura o medidos en los emplazamientos que sean objeto de estudio. En el caso de las áreas protegidas de Bolivia, se empleó datos bibliográficos.

El procesamiento de los datos existentes sobre la generación de gases de efecto invernadero, los cuales tienen una incidencia directa en el fenómeno del cambio climático, permitió corroborar que existió un incremento en su emisión de 49,23 % entre los años 1990 y 2005.

Por otra parte, fue posible dimensionar la huella ecológica de las 22 áreas protegidas de interés nacional de Bolivia en función a la emisión anual de CO₂ por habitante durante el año 2008. El valor de la huella ecológica es de 9,14 E-07 [[tCO₂e]*[Hag] / [hab]] durante la gestión 2008.

También, se cuantificó la biocapacidad del territorio boliviano, la cual corresponde a 1,84E+08 [[tCO₂e]*[Hag]/hab] durante la misma gestión. Existiendo un superavit al compararla a la huella ecológica.

La información presentada permite evidenciar que existe una generación menor de CO₂ que la asimilable por los recursos existentes en estas áreas. Sin embargo, esta operación se hizo en base al supuesto de que las regiones de Bolivia son homogéneas. Este hecho comprueba la necesidad de realizar un monitoreo específico en las áreas protegidas que permita validar esta información.

En lo que se refiere a la parte analítica, fue posible realizar el posicionamiento de la gestión de áreas protegidas de Bolivia respecto a otros países. Se efectuó la evaluación teniendo en cuenta espacios protegidos de Francia, España y México. Identificando que en Bolivia existe un muy buen desempeño en general. Entre las medidas emergentes, se encuentra el monitoreo ambiental y las tecnologías de preservación que están en la fase de declive de su ciclo de vida.

A partir del análisis estratégico elaborado para las áreas protegidas de interés nacional, se puede señalar que se tiene como fortalezas la difusión de información, la calificación de su personal y el mantenimiento de estos sitios protegidos. Las áreas de mejora identificadas son la actualización del marco legal, la participación de partes interesadas, el monitoreo ambiental, las tecnologías de preservación y la evaluación ambiental.

Finalmente, fue posible identificar varias alternativas de estrategias para la gestión de áreas protegidas. La estrategia seleccionada es la de maximización de fortalezas y minimización de amenazas, la cual plantea efectuar la racionalización de las actividades extractivas, de la deforestación y el uso de suelos en base a la difusión de información. Así como, el fortalecimiento de la gestión de riesgo de los efectos negativos del cambio climático reforzando las capacidades del personal de las áreas protegidas. La aplicación de modelos e indicadores de cambio climático permiten establecer la situación actual de las áreas protegidas de Bolivia respecto a la gestión del cambio climático, constatando que existe un acceso limitado a la información sobre emisiones de gases de efecto invernadero y de la variación de temperatura a nivel nacional y regional.

Aunque existen modelos que han sido aplicados para la determinación de la biodiversidad y la variación de la temperatura, aún no se han desarrollado modelos regionales de cambio climático para las áreas protegidas de interés nacional.

A pesar de que existe un superavit entre la biocapacidad y la huella ecológica (HE) de las áreas protegidas de interés nacional de Bolivia, de un valor de $1,84 \text{ E}+08$ $[[\text{tCO}_2\text{e}] \cdot [\text{Hag}] / [\text{hab}]]$ durante la gestión 2008. Esta cifra es mayor a la registrada en parques nacionales de Europa, es el caso de Francia, donde se alcanzó un valor de $2,11$ $[[\text{tCO}_2\text{e}] \cdot [\text{Hag}] / [\text{hab}]]$ durante la misma gestión. Estos resultados permiten verificar la aseveración de que a pesar de que América Latina es responsable de tan solo de 4,3 % de todas las emisiones globales de los gases de efecto invernadero (GEI); los países en desarrollo de esta región, como Bolivia soportaran entre el 75 % y el 80 % de los daños producidos por la variación del clima.

En lo que se refiere a la biocapacidad de las áreas protegidas nacionales, es necesario tener en cuenta que el 25% de las emisiones de CO_2 , el gas de efecto invernadero más importante, proviene del aprovechamiento de los recursos naturales, principalmente del sector forestal y agrícola. La deforestación tiene un impacto adverso en los ecosistemas de estas zonas. Razón por la cual, es necesario apoyarse en el personal cualificado de cada sitio protegido para capacitar e informar a los habitantes de estos sitios sobre el manejo apropiado de los suelos y de los recursos agroforestales existentes en estas zonas.

Es **importante admitir** las limitaciones del enfoque de la Huella Ecológica, en lo que se refiere a la mayor capacidad de los bosques jóvenes de reducir la presencia del CO_2 en la atmósfera. Por tanto, la reforestación y la repoblación de bosques también deberían tenerse en cuenta para la cuantificación de este indicador del impacto del cambio climático en áreas protegidas. De esta manera se optimizaría la hipótesis inicial de investigación de que las regiones estudiadas son homogéneas en sus características geográficas y sus propiedades físicas. Puesto que, el factor de reforestación y de repoblación de bosques varía en función de la ubicación geográfica de cada área protegida.

6. Conclusiones

Puesto que las áreas protegidas cubren aproximadamente un cuarto de la superficie total de Bolivia, es importante caracterizar de manera minuciosa las propiedades físicas de estos sectores del territorio nacional; así como sus respectivas zonas de amortiguación. Uno de los factores que tiene una particular incidencia en el cambio climático es la emisión de gases de efecto invernadero por su aporte al incremento de la temperatura media global. Por tanto, son parámetros de entrada esenciales para la elaboración de modelos de cambio climático.

Existen datos de emisiones de gases de efecto invernadero en Bolivia, los cuales son recolectados por laboratorios de investigación extranjeros y algunos puntos de monitoreo a nivel nacional. Más, es probable que esa información varíe de acuerdo a la ubicación geográfica de las zonas estudiadas como las áreas protegidas. De acuerdo a los datos de emisiones de gases de efecto invernadero existió un incremento de 49,23 % entre los años 1990 y 2005. Lo que justifica el acrecentamiento de la temperatura media de Bolivia en ese periodo de tiempo. Esta tendencia es coherente respecto al aumento de la temperatura de 0,5 °C a 0,8 °C en las últimas décadas.

A fin de fortalecer la gestión de áreas naturales protegidas, se debería mantener registros específicos de emisiones de gases de efecto invernadero en el perímetro de estos sitios protegidos, facilitando así la aplicación de modelos regionales de cambio climático para la mejora de la evaluación de su impacto en los mismos.

Es posible elaborar indicadores de cambio climático a partir de datos tomados a nivel global sobre Bolivia en base a la hipótesis de que el comportamiento climático del territorio nacional es homogéneo. No obstante, es preferible elaborar esos indicadores utilizando mediciones específicas para cada región puesto que sus características son heterogéneas.

7. Bibliografía

- Andersen, L. (2009). Cambio Climático en Bolivia: Impactos sobre bosque y biodiversidad. (Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo, Ed.) Serie de Documentos de Trabajo sobre Desarrollo (11), 1- 46.
- Camacho Barreiro, A., & Ariosa Roche, L. (2000). Dictionary of environmental terms. Cuba: Felix Varela Center.
- Canavire Bacarreza, G., & Hanauer, M. (2012). Areas protegidas y pobreza en Bolivia. (2).
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans Roelof, M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystems functions, goods and services. *Ecological Economics* (41), 393 - 408.
- DEFRA, D. f. (2001). The Hadley Centre regional climate modelling System. United Kingdom.
- Delgado, M. (2004). Gestión de la innovación tecnológica. La Habana, Cuba: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
- Gondran, N., & Boutaud, A. (2009). Empreinte écologique: Comparer la demande et l'offre de ressources régénératives de la biosphère. France. Obtenido en : <http://www.encyclopedie-dd.org/encyclopedie/droits->

- Gondran, N., & Boutaud, A. (2011). «L'empreinte écologique du Parc National de la Vanoise: du constat à l'action». France: Ecole de Mines de Saint - Etienne (Institut Henri Fayol).
- González Álvarez, J., García de La Fuente, L., & Colina Vuelta, A. (2011). Análisis de la huella ecológica en el principado de Asturias. España: Oficina para la Sostenibilidad, el Cambio Climático y la Participación (OSCCP).
- Hoffmann, D., & Tarquino, R. (2011). Monitoreo participativo de glaciares y lagunas del Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) Apolobamba. (W. C. Society, Ed.) Servicio Nacional de Areas Protegidas (SERNAP).
- Houghton, J., Meira Filho, G., Griggs, D., & Maskell, K. (1997). Introduction to climate change simple models used in the IPCC's evaluation second report. Brasil: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- INE, Instituto Nacional de Estadística. (2013). Resultados preliminares del censo poblacional 2012. Bolivia.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change . (2007 (a)). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (R. Pachauri, & A. Reisinger, Edits.)
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of working group I to the Fourth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Presse.
- Josse, C., Navarro, G., Encarnación, F., Tovar, A., Comer, P., Ferreira, W., Maco, J, (2007). Ecological Systems of the Amazon Basin of Peru and Bolivia: Clasification and Mapping. NatureServe.
- Jones, R., Noguer, M., Hassell, D., Hudson, D., Wilson, S., Jenkins, G., & John, M. (2004). Generating High Resolution Climate Change Scenarios Using PRECIS. United Kingdom: Met Office Hadley Centre.
- Oller M., C. (2009). Áreas protegidas municipales: Una realidad en Bolivia. Liga de Defensa del Medio Ambiente (LIDEMA).
- PNCC, Programa Nacional de Cambios Climáticos de Bolivia. (2010). Estrategia Nacional de Bosque y Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
- Porter, M. (1998). 'La ventaja competitiva'. México: Editorial CECSA.
- Proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento, Información y Difusión sobre el Cambio Climático en Bolivia. (2013). El impacto del cambio climático en la biodiversidad. Bolivia: Programa de naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento, I. y. (2013 (a)). Cambio climático y el desafío de la salud en Bolivia. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- SERNAP, Servicio Nacional de Áreas Protegidas . (2007). Informe sobre el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia. II Congreso Latinoamericano de Parques Nacionales y Otras Áreas Protegidas. Bolivia.
- SERNAP, Servicio Nacional de Áreas Protegidas. (2009). Plan Estratégico Institucional del Servicio Nacional de Áreas Protegidas 2009 – 2013. Bolivia: Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

- Spiels, D. (2010). Protected Land: Disturbance, Stress and American Ecosystem Management. United States: Springer Series on Environmental Management.
- Stöglehner, G. (2003). Ecological footprint: a tool for assessing sustainable energy supplies. *Journal of Cleaner Production*, 267-277.
- UNAM, Universidad Autónoma de México. (2008). Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional. México: Centro de Ciencias de la Atmósfera.
- Venetoulis, J., & Talbert, J. (2008). Refining the ecological footprint. Springer. *Environment Sustainable Development*.
- Villers Ruiz, L., & Trejo Vasquez, I. (Jan. – Feb. de 1998). Impacto del cambio climático en los bosques y áreas protegidas de México. *Interciencia*, 23(1).
- Wilson, S., & y, o. (2010). Installing and using the Hadley Centre regional climate modelling system, PRECIS. United Kingdom.
- WRI, World Resource Institute. (2012). Climate Analyses Indicators Tool. United States. Obtenido de Available at: <http://www.wri.org/tools/cait/>.