

CAPÍTULO 5. DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MONITOREO A NIVEL DE ECOSISTEMA EN MURO FRONTERIZO MÉXICO-ESTADOS UNIDOS

*Adrián Quijada-Mascareñas, Charles van Riper III,
Daniel L. James, Laura Lopez-Hoffman, Chris Sharp,
Randy Gimblett, Michael L. Scott, Laura M. Norman,
Rodrigo Medellín, James B. Callegary, Rurik List,
Cynthia S.A. Wallace, Peter Holm, Edward Glenn,
James Leenhouts, Todd Esque, Melanie Culver, Robert
Webb, Robert J. Steidl, Miguel L. Villarreal, Pamela
Nagler, Wayne Lackner, Mark Sturm, Reyna Castillo-
Gamez y Gerardo Ceballos*

INTRODUCCIÓN

A principios de la década de los noventa la patrulla fronteriza de Estados Unidos incorporó actividades para reforzar las zonas urbanas aledañas a la frontera con México. Como resultado de esto, el tráfico de indocumentados y narcotráfico se desplazó hacia lugares más remotos de la frontera internacional. Gran parte de esta actividad se trasladó hacia tierras públicas de Estados Unidos destinadas a la protección de la diversidad biológica, incluyendo especies de flora y fauna raras y amenazadas. Los daños ecológicos que afectaron a estos sitios, conformados por parques, refugios y reservas indígenas, provocaron que el Departamento de Seguridad Nacional (DHS) de Estados Unidos ampliara la infraestructura fronteriza

mediante la construcción de nuevos y reforzados muros, caminos, barreras vehiculares en caminos rurales, iluminación, así como un mayor número de helicópteros patrulla.

Una ley emitida por el Congreso estadounidense en 2005 estipuló proyectos para la construcción de un nuevo muro e infraestructura, y otorgó exenciones al Secretario de Seguridad Territorial para pasar por alto las leyes existentes en materia ambiental, cultural, salud pública y seguridad. Tanto el diseño como la construcción inadecuada de la infraestructura fronteriza han llevado, en algunos casos, a alterar el flujo de los arroyos, inundaciones, creación de veredas, daños a la propiedad, erosión de la pendiente y de los cauces y destrucción de sitios culturales. Menos obvios y conocidos en gran medida son los efectos del tránsito no autorizado, la infraestructura fronteriza y las actividades de vigilancia y control sobre las especies silvestres que históricamente usaban áreas que se extienden más allá de la frontera. La preocupación generalizada sobre estos temas ha detonado el desarrollo de estrategias para integrar mejor las necesidades de seguridad en la frontera con la protección de los recursos naturales y culturales. Por lo anterior, en 2008 el DHS y el Departamento del Interior (DOI) iniciaron discusiones para el desarrollo de una estrategia de monitoreo ambiental en la frontera.

En 2009, el DOI solicitó a su rama científica, la *U. S. Geological Survey* (USGS) que asumiera el liderazgo para el desarrollo de una estrategia de monitoreo ambiental que evaluara los efectos de las actividades de seguridad en la frontera. El 2 de diciembre de 2009, el Good Neighbor Environmental Board (GNEB), que es un consejo consultor independiente del Poder Ejecutivo y del Congreso en asuntos relacionados a la frontera entre Estados Unidos y México, emitió una carta con 12 recomendaciones, incluyendo las recomendaciones 4, 6 y 8, que identifican proyectos que pueden obstruir el flujo normal de los ríos así como la importancia de mantener el desplazamiento de la fauna silvestre a través de corredores migratorios. Además, el informe de la GNEB sugiere establecer un presupuesto anual para el monitoreo, investigación y mitigación del impacto ambiental en la frontera. En Diciembre de 2009, la Congresista Gabrielle Giffords, (D-AZ), promovió una audiencia para el Proyecto de Monitoreo y Mitigación del Muro Fronterizo, con el objetivo de conocer puntos de vista y recibir recomendaciones de parte de especialistas en temas de administración de tierras y organizaciones ambientales. Posterior a la Conferencia, la USGS organizó un taller para:

- 1) Definir temas y preocupaciones específicos sobre la administración de la tierra, y
- 2) Con base a las observaciones de los actores y administradores de la tierra, desarrollar/proponer un estudio piloto como parte de una estrategia de monitoreo necesaria para una evaluación con sustento científico de los efectos y consecuencias de las actividades de seguridad fronteriza entre Estados Unidos y México con respecto a los ecosistemas representativos.

El objetivo de este capítulo es describir los elementos necesarios para desarrollar un programa de monitoreo en la región fronteriza entre Estados Unidos y México, utilizando un enfoque multidisciplinario a nivel-ecosistema que considere los efectos de diferentes escalas y factores ecológicos asociados al muro y actividades asociadas al mismo. Un programa de monitoreo enfocado al ecosistema permitiría tener un mayor conocimiento del tipo de esfuerzos de investigación requeridos en el futuro para evaluar adecuadamente las consecuencias de la infraestructura del muro fronterizo

FACTORES Y E INDICADORES A MONITOREAR A LO LARGO DE LA FRONTERA

Existe un número considerable de recursos en la región fronteriza entre los Estados Unidos y México que potencialmente podrán ser afectados por las actividades de infraestructura que se están desarrollando en la frontera. Durante una reunión llevada a cabo en diciembre de 2009, actores involucrados y administradores del DOI identificaron diversos factores críticos que deberán ser incluidos en un programa de monitoreo (Tabla 1). Los administradores identificaron una serie de factores adicionales: una evaluación del daño general a la vegetación y al hábitat; el grado de fragmentación del hábitat, corredores para la fauna silvestre y permeabilidad del hábitat; la vulnerabilidad a la introducción y dispersión de especies invasoras; los contaminantes del aire y el agua; la mortalidad y desplazamiento de fauna silvestre; las modificaciones en el comportamiento de la fauna, en especial para las especies amenazadas y en peligro de extinción y, casos que requieren atención especial como el impacto de la iluminación y el fotoperiodo en el comportamiento de algunos animales; las dificultades en la restauración de áreas dañadas y la mejora en la protección del hábitat. Siguiendo la pauta del National Park Service Ecological Integrity Framework (Unnasch *et al.*, 2009), reconocemos

que para una determinada área de recursos, el número de recursos de sus indicadores se acotará a un conjunto manejable.

MODELOS ECOLÓGICOS CONCEPTUALES

El primer paso en la creación de una estrategia de monitoreo es el desarrollo del modelo conceptual. Los modelos conceptuales se usan para representar sistemas complejos, incluyendo sus componentes, interacciones y procesos. El modelo conceptual debe sustentarse en el conocimiento del recurso, el escenario, las especies relacionadas, las comunidades naturales y otros aspectos del sistema ecológico. El modelo resultante representa un conjunto de suposiciones acerca de cómo “funcionan” los recursos ecológicos focales, las características que los definen y la interrelación entre ellas, las condiciones ambientales críticas y los factores ecológicos. Estas suposiciones sirven como base para las hipótesis que guiarán tanto la administración como el monitoreo, y para identificar los vacíos de conocimiento que requieran investigación adicional (Unnasch *et al.*, 2009).

Tabla 1. Recomendaciones de elementos esenciales para un programa de monitoreo en la región fronteriza entre México y Estados Unidos.

<p>1. Cambios en uso del paisaje (el monitoreo comprende efectos directos e indirectos) a. Examinar cambios en la frontera y muchos kilómetros hacia el norte (hasta 1060 km)</p> <p>b. Incluye fauna silvestre, uso humano, rutas y caminos</p> <p>2. Aspectos de conectividad y fragmentación</p> <p>a. Caminos</p> <p>b. Tipos de barreras</p> <p>c. Uso de caminos secundarios</p> <p>d. Rutas de vuelo de aves</p> <p>e. Iluminación artificial</p> <p>3. Hidrología: cambios en flujo terrestre, movimiento de sedimentos, flujo de agua, geomorfología y erosión en el muro o a consecuencia del muro</p> <p>4. Impacto derivado de actividades ilegales sobre la misión y administración del DOI (acciones de respuesta que afectan presupuesto o tiempo)</p> <p>5. Caminos, incluyendo impactos a causa su construcción, tráfico (legal e ilegal) y veredas</p> <p>a. Número de caminos y veredas</p> <p>b. Niveles de actividad en caminos</p> <p>c. Calidad del agua</p> <p>d. Desplazamiento de especies</p> <p>6. Sistemas ribereños: Actividad humana y efectos-daños a la infraestructura, contaminación, basura, ganado y otros efectos biológicos</p> <p>7. Perturbaciones: Actividad humana, ruido, colisiones con vehículos, iluminación artificial</p> <p>8. Diseñar el proyecto de monitoreo para distinguir entre los diferentes factores de estrés</p> <p>a. Actividades de la patrulla fronteriza y su relación con las condiciones de los recursos</p> <p>b. Diseminación de especies invasoras y su relación con impactos fronterizos y no fronterizos</p> <p>d. Distinción entre efectos directos e indirectos</p> <p>e. Poder estadístico (contundencia)</p> <p>9. Impacto del control de actividades ilegales</p> <p>10. Impactos de elementos móviles del ecosistema (v.g., fauna silvestre)</p> <p>11. Especies invasoras</p> <p>Además, representantes del DHS solicitaron que un enfoque de ecosistema fuera el centro en el desarrollo de la estrategia de monitoreo.</p>

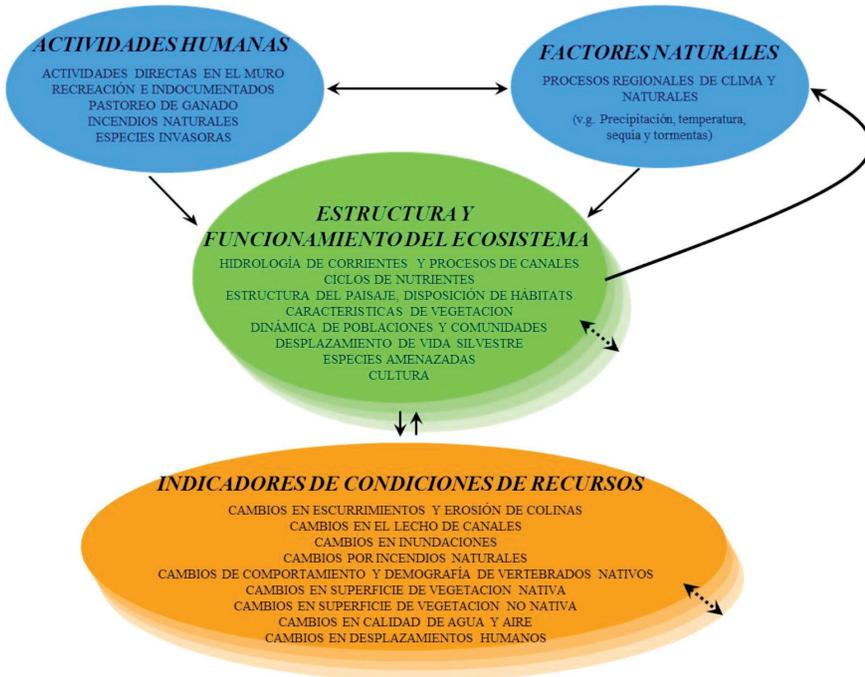
Fuente: Elaboración propia.

En el desarrollo de una estrategia para considerar los numerosos factores fronterizos y no fronterizos por parte de los funcionarios, es necesario utilizar un enfoque de ecosistema en el cual se identifiquen atributos clave que se relacionen con el manejo de los temas, y dar una perspectiva del comportamiento general del sistema en estudio. Este enfoque de ecosistema es holístico y tal vez sea más económico que un enfoque de estudio tema por tema. Adicionalmente, permite el desarrollo de criterios integrados que dan como resultado un mejor entendimiento de los ecosistemas a lo largo del muro fronterizo y de la tan mencionada “salud” de dichos sistemas.

El siguiente modelo conceptual resume la interacción entre los factores naturales y humanos con los elementos estructurales y funcionales de los ecosistemas que abarcan la región fronteriza (Figura 1). El modelo conceptual se enfoca en activos de recursos naturales que preocupan a los administradores y a la ciudadanía, así como en la interacción que tienen las actividades ilegales, la infraestructura y el control y vigilancia fronterizos con los procesos de perturbación natural que influyen en los ecosistemas de la frontera. El modelo vincula también atributos estructurales y funcionales seleccionados con mediciones físicas y biológicas específicas, las cuales se pueden usar para monitorear el cambio en las condiciones de los recursos a través del tiempo.

Dentro de este modelo, un ecosistema se considera una unidad del planeta espacialmente definida, que incluye todos los organismos y componentes del medio ambiente físico dentro del cual se encuentra delimitado (Christensen *et al.*, 1996). La estructura del ecosistema incluye los tipos, cantidad y disposición espacial de componentes físicos y biológicos de un ecosistema. El funcionamiento del ecosistema se refiere a los flujos de energía y materiales a través de los componentes biológicos y físicos dentro de éste. Los procesos funcionales incluyen el flujo de arroyos y procesos de cambio relacionados con los cauces, escurrimientos y erosión de las pendientes de colinas, los ciclos de nutrientes y, la producción retención y descomposición de materia orgánica (Díaz y Cabido, 2001). En el Anexo 3 se presenta una lista completa de elementos estructurales y funcionales. Dentro del modelo, un factor es cualquier elemento natural o inducido por el hombre que directa o indirectamente provoca un cambio en un ecosistema (Carpenter *et al.*, 2006). Entre los factores físicos y biológicos importantes está el clima, eventos de perturbación natural como incendios e inundaciones, conversión del uso de suelo, enfermedades e invasiones de especies no nativas. Los ecosistemas y las condiciones de los recursos cambian con el paso del tiempo,

Figura 1. Modelo conceptual ecológico que representa los ecosistemas en la frontera entre México y Estados Unidos, y las mediciones físicas y biológicas relacionadas (elipse naranja).

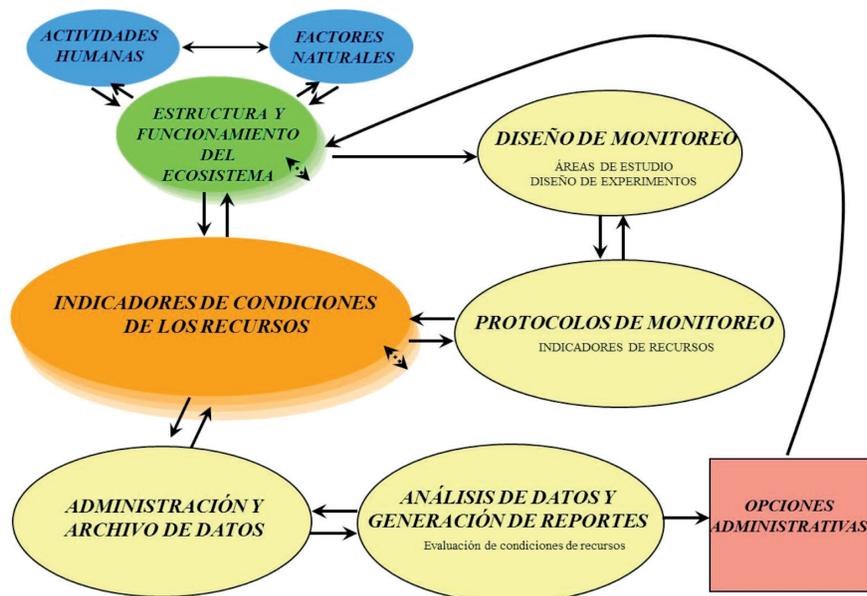


Fuente: Elaboración propia

y su respuesta varía frente a cambios en factores naturales como el clima. Esta variación en el rango natural, está representada, en la Figura 1, por las flechas asociadas con elementos del ecosistema así como a la medición de la condición de los recursos. Cualquier esfuerzo de monitoreo ecológico de largo plazo debe emprenderse con una comprensión del rango natural de variación de los recursos que comprende un ecosistema.

Este modelo refleja aquellos parámetros que pueden usarse para monitorear cambios en las condiciones de los recursos en la región del muro fronterizo a través del tiempo. Los elementos estructurales y funcionales del ecosistema (elipse verde) interactúan dinámicamente con los factores naturales y humanos (elipses azules) de cambios en el ecosistema. Los elementos de los ecosistemas y los indicadores de las condiciones pueden variar con el tiempo como respuesta a cambios en los factores naturales (flechas punteadas).

Figura 2. Relación entre el diseño de monitoreo, implementación, administración de datos y generación de reportes para ecosistemas fronterizos y los indicadores de recursos seleccionadas que es necesario monitorear.



Fuente: Elaboración propia

Cualquier programa de monitoreo a ecosistemas se fundamenta en ecosistemas clave y sus elementos para identificar áreas de estudio y en base a ello definir un diseño explícito de muestreo. La Figura 2 nos muestra el modelo ecológico conceptual en el contexto de diseño e implementación de proyectos. Los protocolos específicos de monitoreo a desarrollar tomando en cuenta las recomendaciones del administrador, serán desarrollados para medir eficientemente los cambios en recursos específicos. La implementación genera datos cuantitativos de la condición de los recursos y otros indicadores, y considerará el ecosistema a lo largo de toda la frontera, así como las diferencias entre las tres estructuras principales de muro o cerca (barreras peatonales, barreras vehiculares, torres de vigilancia remota). Este diseño de muestreo debe incluir las condiciones de referencia y/o control apropiadas. La información acumulada durante la fase de monitoreo debe ser debidamente administrada y archivada de modo que pueda analizarse y usarse para informar respecto a la dirección y magnitud del

cambio en las condiciones de los recursos al paso del tiempo. Las evaluaciones de las condiciones de los recursos pueden emplearse para detonar acciones administrativas orientadas a revertir tendencias indeseables en la estructura y funcionamiento del ecosistema. Por ende, el proceso de diseño del proyecto es consistente en un marco administrativo que se ajuste a los cambios, en donde el monitoreo se utiliza para evaluar y refinar la efectividad de las acciones de la administración con respecto a las condiciones de los recursos (Murray y Marmorek, 2003).

ACTIVIDADES HUMANAS

Las actividades humanas, influyen tanto positiva como negativamente en la estructura y funcionamiento del ecosistema (Figura 1). Las actividades humanas que tienen influencia sobre los elementos de monitoreo del ecosistema incluyen la seguridad de la frontera y la construcción y mantenimiento del muro, paso de migrantes, uso recreativo, pastoreo de ganado, incendios provocados por humanos y presencia de especies invasoras. Las actividades relacionadas con los vehículos pueden impactar directamente a los suelos, a la vegetación y a la hidrología local (Brooks y Lair, 2009). El uso recurrente de campamentos establecidos o informales por parte de excursionistas o migrantes ilegales puede producir impactos como la compactación del suelo, la generación de basura y la sobreexplotación de leña en los alrededores. El tránsito pesado, pedestre y vehicular, puede tener un impacto en la vegetación y el pasto (las especies de dunas podrían ser en especial vulnerables), y pueden afectar caminos del desierto y cortezas criptogámicas, ocasionando daños estéticos y biológicos (Kuss y Morgan, 1986). El valor de las tierras ganaderas se relaciona con frecuencia a su capacidad para sustentar ganado; de ahí que en la evaluación de los efectos fronterizos sea importante una valoración del estado de las tierras de pastoreo. El potencial del pastoreo (determinado por la productividad primaria neta de las especies más demandadas) ha sido impactado en forma negativa por la migración ilegal y las actividades fronterizas de prohibición. En contraste, las condiciones para desarrollo de la ganadería pueden mejorar en áreas en donde el muro fronterizo restringe el tránsito pedestre y el paso de ganado desde México.

Los ecosistemas a lo largo de la frontera entre Estados Unidos y México se han fragmentado cada vez más en las últimas décadas a causa de la construcción de nuevos caminos y veredas interrumpen la continuidad de materiales combustibles que de manera histórica provocaban incendios

naturales. Mientras que la fragmentación de las actividades y desarrollo fronterizo reduce la conectividad de materiales combustibles, se cree que los incendios provocados por el hombre se han incrementado en áreas donde hay gran presencia de tráfico ilegal, afectando tanto las características del fuego como su comportamiento. Si no se atienden correctamente las especies herbáceas invasoras, no nativas, éstas pueden alterar de manera importante los pastizales y la estructura del ecosistema del desierto Sonorense, ya que compiten por recursos con la vegetación nativa, se reduce la diversidad de las especies y se incrementa la propagación de incendios naturales. Los árboles y pastos ribereños no nativos pueden alterar la hidrología y geomorfología de las corrientes, y competir con las plantas nativas por recursos valiosos. Por lo regular, las especies invasoras se propagan a lo largo de corredores de migración humana.

El objetivo de este monitoreo sería evaluar y medir asertivamente los efectos positivos y negativos de la conducta humana a través del tiempo (incluyendo pastoreo de ganado, incendios naturales, calidad del aire y del agua) a lo largo de la frontera. Entre las actividades a considerar están los cambios en el patrón de uso de tierra por parte de los humanos, incluyendo la presión sobre los pastizales, provocación de incendios, fragmentación, desarrollo y utilización de caminos y veredas, uso humano en general y para el desarrollo y evaluación de actividades de infraestructura y mantenimiento con respecto a la mitigación ambiental en la frontera entre Estados Unidos y México. Siempre que sea posible, los protocolos de monitoreo deben hacer énfasis en el uso de métodos no invasivos de percepción remota, junto con la calibración en campo. Los indicadores variarán con respecto al elemento monitoreado, pero podrían incluir: cambios en la productividad primaria neta, cambios en la distribución espacial y temporal de incendios naturales, y distribución espacial de plantas invasoras. Los métodos variarán de acuerdo al elemento monitoreado pero deben ser cuantitativos y espacialmente explícitos. Los resultados comprenden: el desarrollo de protocolos para pastoreo, incendios naturales, especies invasoras, monitoreo de la calidad del agua y del aire, modelos dinámicos espaciales dispersos, recolección de datos, Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) y archivo, análisis y generación de informes. Los productos deben ser de naturaleza cuantitativa, y deben incluir valores apropiados para su síntesis por modelos relacionados con el desplazamiento humano, la dinámica de la vegetación, dispersión, y desplazamiento de suelos. Estos productos deben estar sujetos a revisión de otros especialistas y ser utilizados por la administración fronteriza en sus esfuerzos de adaptación futura.

Otras metas de este esfuerzo de monitoreo serán medir, evaluar, caracterizar y modelar los difusos y cambiantes patrones de desplazamiento y los impactos asociados al paisaje por el tránsito humano a lo largo de la frontera (Billington *et al.*, 2010; Sharp y Gimblett, 2009).

Para entender las acciones en la frontera que provocan el comportamiento humano disperso también hay que evaluar el efecto que tienen las percepciones del público local y visitante con respecto a las experiencias y oportunidades recreativas cambiantes. Se deben enfatizar los indicadores de cambios en vegetación, cambios que provocan la construcción y ensanchamiento de caminos, erosión así como una variedad y tipos de usos dispersos, patrones de movimientos generales, experiencias recreativas y restricciones a oportunidades (Itami *et al.*, 2003; Lawson *et al.*, 2006; Wolfe *et al.*, 2008). Los protocolos deberán enfatizar el uso de métodos no invasivos de percepción remota y conteo de paso, utilizando cámaras y otros dispositivos mecánicos de conteo, que estén calibrados con medidas sólidas del lado estadounidense de la frontera, además de técnicas de análisis e impacto de campo y técnicas de evaluación.

Los métodos deben ser de naturaleza cuantitativa incorporando modelos espaciales-temporales que documenten y predigan patrones de uso e impactos asociados con las actividades del tránsito fronterizo, barreras en la frontera y los esfuerzos de prohibición e interacciones con el uso del suelo y cambios climáticos. Estos modelos deben también incorporar la habilidad de examinar los cambios en las experiencias y oportunidades recreativas por medio de respuestas de percepción y reglas de comportamiento derivadas de usuarios legales (Gimblett *et al.*, 2002). Los factores de preocupación son los patrones cambiantes del uso humano y sus impactos asociados (pérdida de la capa de vegetación, pisoteo, perturbación y compactación de suelos) a lo largo del paisaje, percepciones y respuestas ante experiencias y oportunidades de recreación cambiantes.

FACTORES NATURALES

El clima y otros procesos naturales juegan un papel central en los sistemas naturales (Figura 1), por lo que el monitoreo de estos procesos es fundamental para la comprensión de cambios en el corto y largo plazo en otros parámetros de los ecosistemas. La sequía sostenida es en particular un factor relevante en los ecosistemas a lo largo de la frontera entre Estados Unidos y México, y las inundaciones pueden alterar la estructura y composición de

los ecosistemas ribereños. Aunque las actividades fronterizas no tienen una influencia directa en el clima de la región, la obtención de datos climáticos es necesaria en todas las localidades para comprender los cambios en otros parámetros que serán monitoreados. Las categorías generales de la estructura de los ecosistemas y su función se resumen aquí como los elementos principales de integración de ecosistemas más susceptibles a reaccionar ante las actividades fronterizas (Figura 1).

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DEL ECOSISTEMA

SUELOS

Los suelos son la base de ecosistemas áridos y semiáridos y controlan la hidrología superficial y del subsuelo (McAuliffe, 1999). Por lo tanto, los factores que causan cambios en los recursos del suelo también afectan la hidrología, fertilidad del suelo y, en última instancia, la salud del ecosistema. La erosión de caminos puede ligarse a diversas variables que incluyen el clima (estacionalidad e intensidad de las precipitaciones), tipo de vegetación, sustrato y pendiente. A los usuarios de tierras del DOI se les exhorta a usar, y se espera que usen, caminos y derechos de vía establecidos para que estos puedan ser “manejados” eficientemente e incluso se les orienta a usar rutas alternas en caso de que una ruta establecida en particular presente daños y requiera de mantenimiento o cierre. En contraste, las incursiones del tránsito fronterizo han generado la creación de toda una red de caminos y veredas no autorizadas a lo largo de toda la región fronteriza entre Estados Unidos y México. La administración efectiva de los recursos del suelo requiere que los administradores cuenten con información cuantitativa sobre los efectos adversos de las veredas sobre distintos tipos de suelo y superficie terrestre, y si estas actividades de tránsito fronterizo tienen algún efecto negativo en los suelos, o si hay un patrón espacial identificable de degradación relacionado con la posición de la frontera internacional y señalar las fuentes de las actividades relacionadas con la frontera. El objetivo de esta sección sería monitorear los cambios netos en los recursos de suelo tierra adentro y áreas ribereñas.

Los factores en las condiciones de los suelos incluyen las perturbaciones en una amplia escala que va desde el pisoteo hasta la presencia de caminos y veredas relacionados con la construcción y mantenimiento de la infraestructura fronteriza, y actividades de prohibición como las persecuciones rurales y las veredas de acceso a áreas remotas. Los efectos de estos factores deben

ser monitoreados en el contexto de actividades recreativas y de agricultura y otros usos del suelo que requieren del acceso humano. Los indicadores potenciales incluyen compactación de suelos, ensanchamiento de cavidades resultante en pérdida de estructura superficial, aumento de erosión y formación de cárcavas por acción del viento y del agua, así como la posible pérdida del banco de semillas nativas.

El desarrollo de protocolos de monitoreo requiere de la identificación, cuantificación y evaluación de las condiciones del suelo con relación a los factores clave en el transcurso del tiempo y como respuesta a cualquier actividad administrativa dirigida a la protección de los recursos de suelo. Los métodos deben ser cuantitativos, desde mediciones de captación remota hasta específicas de un sitio del alcance de la apertura de veredas en áreas con y sin perturbaciones; localidades xeroribereñas y tierras altas y con respecto al tipo de superficie del suelo. Los efectos de caminos y veredas sobre las propiedades del suelo deben ser medidos, incluyendo la densidad bruta y resistencia del suelo para poder evaluar la compactación, la rugosidad de la superficie y la fisonomía de las veredas para estimar los daños en la superficie, pendiente, erosión en los sedimentos de los arroyos, transporte y procesos de deposición. Un monitoreo exitoso requiere de métodos para cuantificar los puntos de partida de las redes caminos y veredas, así como dimensionar las tendencias en la distribución y densidad de los mismos. Se requieren indicadores para la cuantificación de la compactación/erosión. Se deben desarrollar modelos para predecir el nivel de erosión/compactación de los suelos en las cuencas. Los métodos desarrollados deben ser útiles para su uso en modelos de cambios en la vegetación, hidrología y plantas invasoras. Los entregables incluyen protocolos para la recolección de datos, aseguramiento y control de calidad, análisis de datos, archivo y síntesis.

AGUA

A los administradores responsables del uso sustentable de las zonas federales les preocupa que los efectos combinados de la construcción del muro y de caminos, migrantes indocumentados, traficantes de drogas y los efectos de control y vigilancia estén afectando el paisaje al nivel de cuenca. Con respecto a la hidrología en las áreas fronterizas, el resultado neto del impacto a nivel de cuenca es la preocupación por el aumento de la erosión y la generación de sedimentos, así como de la magnitud de los flujos de inundaciones, mientras que la calidad del agua ha disminuido llevando a una acelerada degradación

de recursos. Los objetivos de la parte de la cuenca deben ser para caracterizar y cuantificar los impactos en el flujo de los arroyos y la calidad del agua atribuible a perturbaciones humanas como la migración, tránsito pedestre, tránsito vehicular, patrullaje, construcción de muros y cercas y, colocación de barreras a lo largo de los cauces. Los niveles de interés van desde el arroyo hasta la cuenca y deben incluir el impacto resultante de perturbaciones difusas. Los indicadores de cambio en la cuenca incluyen los cambios en las tasas de erosión, en el transporte de sedimentos, en el flujo de desechos, cambios en la intensidad de las corrientes, en la frecuencia de inundaciones, cambios en las características hidrológicas por el diseño de barreras, y cambios en la calidad del agua. Los métodos de monitoreo y análisis deben identificar, cuantificar y documentar alteraciones en los patrones del flujo de los arroyos, incluyendo patrones de desgaste, de erosión, de transporte de sedimentos y de transporte de desechos. En la medida de lo posible, se deben utilizar modelos estándar y métodos de campo, aunque podría requerirse el desarrollo de nuevas técnicas nuevas para cumplir las metas del proyecto.

Los protocolos deben incluir la recolección directa de datos, como los relacionados con medidas de flujo y calidad del agua, datos reunidos de forma indirecta, como conjuntos de datos de suelos a nivel regional, y podrían incluso incluir la recolección remota de datos. Sin embargo, los datos indirectos y recopilados de forma remota deben ser calibrados /corroborados en campo, con datos obtenidos directamente. Los factores de preocupación en la caracterización de cambios a sistemas hidrológicos en las áreas fronterizas podrían incluir, pero sin limitarse a: perturbaciones en suelos, compactación de suelos, construcción de caminos, construcción de barreras, patrullaje, patrones de pastoreo, introducción de plantas invasoras y contaminación e incendios provocados por el hombre. Reconocemos que los eventos de precipitación son un factor natural considerable, por lo tanto, también deben contemplarse las interacciones entre los factores naturales y los factores relativos a la frontera. Los productos deben ser de naturaleza cuantitativa, y deben incluir datos apropiados para su síntesis con modelos relacionados con la vida silvestre, hidrología, vegetación y suelos, desde las pendientes de las colinas hasta el nivel de la cuenca. Los datos y modelos desarrollados como parte del proyecto deben archivar de manera adecuada. Estos productos deben ser directamente útiles para los esfuerzos de adaptación de la administración de áreas fronterizas y, en última instancia, tener la calidad suficiente para una adecuada revisión por parte de colegas

VEGETACIÓN

Los objetivos del monitoreo para caracterizar el estado actual de las comunidades de vegetación junto a las áreas fronterizas identificadas deben ser desarrollar otros métodos de monitoreo que puedan aplicarse en el futuro y, desarrollar un cronograma de cambios en la vegetación en el pasado, utilizando imágenes de archivo y otras fuentes de información. Los indicadores de los cambios en la vegetación deben incluir fragmentación, cobertura, productividad y, demografía, composición y riqueza de las especies. Los protocolos deben hacer énfasis en el uso de métodos de percepción remota no invasivos, calibrados con mediciones sólidas en ambos lados de la frontera. Los métodos deben ser de naturaleza cuantitativa, de manera que los resultados puedan usarse para documentar patrones de vegetación y su afectación por actividades de cruce ilegal de la frontera, esfuerzos de prohibición, barreras fronterizas y su mantenimiento, e interacciones con el uso del suelo y cambios climáticos. Los factores a considerar para la vegetación son: pisoteo, construcción de caminos, perturbación y compactación de suelos, patrones de pastoreo, invasiones de plantas, calidad del aire y la presencia de fuego. Los entregables deben incluir: desarrollo de protocolos para el monitoreo de la vegetación, recolección de datos, aseguramiento/control de calidad y, archivo, análisis, desarrollo de modelos y generación de informes de los cambios en la vegetación. Los productos deben ser cuantitativos en su naturaleza, y deben incluir valores apropiados para su síntesis por modelos relacionados con la fauna silvestre, hidrología, cuencas y suelos. Estos indicadores de la vegetación serán útiles para la realización de estudios para la detección de cambios, que a su vez pueden usarse para informar a las agencias de administración de recursos. Estos productos deben poder usarse para una administración adaptable del manejo de ecosistemas fronterizos de Estados Unidos y México y adecuados para publicaciones profesionales.

FAUNA SILVESTRE

El objetivo para el elemento de fauna silvestre debe ser el de evaluar los efectos de las actividades fronterizas e infraestructura asociada con las poblaciones de fauna silvestre, comunidades, hábitat y la dinámica entre ellos, y proporcionar un marco para el monitoreo en el tiempo de estas medidas. Es imperativo ofrecer un marco cuantitativo para evaluar cambios en estas respuestas relacionadas con la fauna silvestre a corto y largo

plazo, y dar información para sustentar las decisiones administrativas. Los indicadores de los efectos de las actividades fronterizas en la vida silvestre reflejarán el nivel de utilización del territorio por parte de las especies silvestres. Los indicadores para grupos específicos (ej. aves, mamíferos, reptiles) incluirán aspectos relevantes de su demografía y comportamiento, incluyendo desplazamientos y flujo genéticos, estructura y composición de las comunidades (Flesch *et al.*, 2010). Los protocolos considerarán una logística factible de implementar, sensibles al estatus de las especies, y mínimamente invasoras hacia los individuos que se monitorean.

Las metodologías y resultados deberán aportar una evaluación cuantitativa del impacto de las barreras fronterizas y actividades humanas en la vida silvestre al corto plazo, y aportar las bases para el monitoreo a largo plazo de las respuestas de la vida silvestre ante las transformaciones fronterizas. Los factores especialmente relevantes a las respuestas de la fauna silvestre son la permeabilidad del muro, impacto de caminos, degradación del hábitat y actividades humanas relacionadas con la migración ilegal y asociadas con el control y vigilancia de la frontera. Los entregables deben incluir protocolos de corto y largo plazo, todos los datos recopilados, aseguramiento y control de calidad y análisis de archivos, desarrollo de modelos y generación de informes. Los productos serán cuantitativos e incluirán justificaciones rigurosas para diseño del muestreo, incluyendo tamaños de muestra, potencial de integración con otros elementos de monitoreo y relevancia para quienes toman las decisiones y administradores para establecer las medidas de mitigación.

RECURSOS SOCIOCULTURALES

El objetivo de esta sección del trabajo es el poder medir, evaluar y caracterizar como las acciones fronterizas han cambiado las percepciones de la experiencia sociocultural y las oportunidades de recreación para el público local y visitante. Los indicadores de las actitudes de cambio hacia los impactos ecológicos, incremento en la actividad ilegal, experiencias socio-culturales y las restricciones en oportunidades deben ser enfatizados. Los protocolos deberán enfocarse en la experiencia social, actitudes con respecto a las limitantes de oportunidades y el efecto del cambio ecológico y social en las oportunidades de tener experiencias (Poe *et al.*, 2010). Los métodos deben ser de naturaleza cuantitativa incorporando información espacial, métodos de encuesta y sesiones de grupos de enfoque con actores locales para reunir

información sobre los patrones de uso actuales, información espacial-temporal sobre la percepción de cambios en las condiciones ecológicas y sociales y sesiones centradas en soluciones efectivas (Itami, 2008). Los factores de preocupación son los patrones cambiantes de uso humano legal, sus impactos asociados (pérdida de superficie en vegetación, pisoteo, perturbación y compactación de suelos) derivados del uso ilegal, desplazamiento de áreas utilizadas normalmente como recreativas a causa de acciones a lo largo de la frontera y actitudes de cambio con respecto a la disponibilidad de los recursos para actividades recreativas (Gimblett y Skov-Petersen, 2008).

Los entregables deberán incluir un documento que resalte los impactos percibidos y de cómo afectan a los usuarios locales y visitantes a estas áreas, restricciones de oportunidades de recreación y un rango de soluciones potenciales aportadas por usuarios para informar a los administradores de tierras, procuración de justicia y seguridad fronteriza la forma de aportar y mantener experiencias recreativas de alta calidad manteniendo su presencia a lo largo de la frontera. Estas soluciones deberán estar cuidadosamente vinculadas a los factores de cambio tanto social como biológico. Los productos deben ser espaciales y cuantitativos en su naturaleza, y deben incluir valores apropiados para su síntesis por modelos relacionados con el desplazamiento humano, dinámica de la vegetación, dispersión y desplazamiento de suelos. Estos productos deben ser adecuados para su revisión por parte de otros colegas y para ser utilizados por la administración fronteriza del DHS en sus esfuerzos de adaptación. Adicionalmente, el DHS contrató previamente la realización de inventarios sobre recursos culturales en locaciones a lo largo del muro fronterizo, en ubicaciones a las que harán referencia estos estudios propuestos. Gran parte de la información recopilada por el DHS sobre el tipos de recursos y ubicaciones es sensible, pero siempre que sea posible debe ser integrada al diseño de estudio general de todos los proyectos de monitoreo propuestos.

PRODUCTOS DE DATOS

ADMINISTRACIÓN DE DATOS Y ARCHIVO

Todos los datos deben ser recopilados de tal manera que se apeguen a los estándares federales de metadatos (FGDC-STD-001-1998). Las técnicas de análisis variarán dependiendo de las medidas específicas y los métodos de recopilación requeridos para cada protocolo. El sistema de archivo de datos

será modelado por el sistema GIS entre la frontera de los Estados Unidos y México, tal y como fue desarrollado por la Border Environmental Health Initiative (BEHI). El sistema BEHI fue establecido y creado para atender asuntos ambientales fronterizos (Norman *et al.*, 2010). Para facilitar el análisis de los temas ambientales bilaterales relacionados con salud pública, se han realizados esfuerzos mayores para integrar los conjuntos de información geoespacial de Estados Unidos y México sobre temas comunes (USGS, 2010).

ANÁLISIS Y CREACIÓN DE MODELOS

Una vez que estén disponibles todos los elementos de monitoreo, éstos pueden utilizarse para crear meta-modelos que soporten acciones administrativas. En esta parte integral del proyecto, los investigadores deberán proponer maneras de sintetizar estos elementos en productos útiles para facilitar la administración efectiva de recursos en la frontera entre Estados Unidos y México. La creación de modelos debe ser conducida por y en respuesta a “Factores importantes identificados por administradores como monitoreables” tal como se muestra en el resumen de la Tabla 1. Un objetivo es distinguir entre los efectos causados por factores naturales y aquellos causados por el hombre (antropogénicos). Los modelos podrían informar, por ejemplo, una mejor forma de controlar especies invasoras, optimizar actividades de mitigación, restaurar hábitats y conectividad, y desarrollar sistemas para apoyar la toma de decisiones. Los protocolos para el desarrollo de modelos deben también incluir la participación de grupos de enfoque de actores, dependiendo de la aplicación.

CONCLUSIÓN

Los esfuerzos anteriores realizados para evaluar el efecto del tráfico de indocumentados y las actividades de seguridad fronteriza entre los Estados Unidos y México se han centrado en uno o pocos elementos, utilizando enfoques indirectos y reduccionistas. Por ejemplo, la fauna silvestre ha sido el objetivo principal de preocupación ignorando a menudo otros elementos físicos y funcionales, incluyendo la dimensión del ser humano. Un enfoque más integrador como el que se menciona en este capítulo proporcionará una evaluación detallada y mecanística de las consecuencias de todas las actividades dentro del ecosistema en la frontera entre Estados Unidos y México. Al integrar toda la información empírica espacial-temporal, se aportarán los

elementos para predecir con exactitud los futuros escenarios de consecuencias y la potencial mitigación de cambios dentro de la región fronteriza entre Estados Unidos y México.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Congresista Gabrielle Giffords por su apoyo entusiasta y a Ron Barber por iniciar una “Sesión de escucha” sobre la necesidad de monitorear actividades en la frontera entre Estados Unidos y México. Esta sesión motivó a administradores y organizaciones ambientales a discutir preocupaciones en torno a las influencias ambientales de las actividades realizadas a lo largo de la frontera entre Estados Unidos y México. Agradecemos también a las siguientes personas quienes apoyaron con sus ideas durante nuestro taller de administradores de tierras que siguió a dicha sesión: Helen Raichle, Michael Hawk, Mary Hunnicutt, Markian Rekshtynsky, Kathy Pedrick, Lee Baiza, Tim Tibbitts, Tom Dabbs, Ray Schweinsburg, Thomas Harvey, Andy Hubbard, Larry Norris, Kym Hall, Michele Girard, y Brian Powell. El Departamento de Seguridad territorial (DHS), mediante un contrato con el U. S. Geological Survey, apoyó financieramente el desarrollo del plan de monitoreo presentado en este capítulo y patrocinaron las visitas de campo a la frontera. Cualquier uso de nombres comerciales, productos o empresas se realiza únicamente con fines descriptivos y no implica el respaldo por parte del Gobierno de los Estados Unidos.

REFERENCIAS

- Billington, Craig, Randy Gimblett y Paul Krausman, 2010, “Implications of Illegal Border Crossing and Drug Trafficking on the Management of Public Lands”, en William Halvorson, Cecil Schwalbe & Charles van Riper III, eds, *Sonoran Desert Resources*, University of Arizona Press, pp. 109-122.
- Brooks, Matthew y Bridget Lair, 2009, “Ecological effects of vehicular routes in a desert ecosystem”, en Robert Webb, Lynn Fenstermaker, Jill Heaton, Debra Hughson, Erick McDonald, y David Miller, eds., *The Mojave Desert Ecosystem Processes and Sustainability*, University of Nevada Press, pp. 168-195.
- Carpenter, Stephen, Elena Bennett y Garry Peterson, 2006, “Scenarios for ecosystem services: an overview”, *E&S Home*, Ecology and Society, Madison, Winsconsin, vol. 11, issues 1, p 29, en <<http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art29/>>, consultado el 26 de diciembre, 2009.

- Christensen, Norman, Ann Bartuska, James Brown, Stephen Carpenter, Carla D'Antonio, Rober Francis, Jerry Franklin, James MacMahon, Reed Noss, David Parsons, Charles Peterson, Monica Turner y Robert Woodmansee, 1996, "The report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management", *Ecological Applications*, New York, ESA publications, vol. 6, issues 3, pp. 665-691.
- Díaz, Sandra y Marcelo Cabido, 2001, "Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes", *Trends in Ecology & Evolution*, without imprint, Elsevier, vol. 16, issue 11, November, pp. 646-655.
- Flesch, Aaron, Clinton Epps, James Cain, Matt Clark, Paul Krausman y John Morgart, 2010, "Potential effects of the United States-Mexico border fence on wildlife", *Conservation Biology*, without imprint, vol. 24, issue 1, pp. 171-181.
- Gimblett, Randy, Robert Itami y Merton Richards, 2002, "Simulating Wildland Recreation Use and Conflicting Spatial Interactions using Rule-Driven Intelligent Agents", en Randy Gimblett, editor, *Integrating GIS and Agent based modeling techniques for Understanding Social and Ecological Processes*, New York, Oxford University Press, pp. 211-231.
- Gimblett, Randy y Hans Skov-Petersen [libro electrónico], 2008, *Monitoring, Simulation and Management of Visitor Landscapes*, Arizona, University of Arizona Press, en <http://www.uapress.arizona.edu/onlinebks/Monitoring_Visitor_Landscapes.pdf>, consultado el 26 de diciembre, 2009.
- GNEB (Good Neighbor Environmental Group), 2009, "Letter to Obama", *Revistas/ Periódicos*, Scribd, 2 de diciembre, en <<http://www.scribd.com/doc/23854715/Good-Neighbor-Environmental-Group-Letter-to-Obama-Dec-2009>>, consultado el 26 de diciembre, 2009.
- Itami, Robert, Rob Raulings, Glen MacLaren, Kathleen Hirst, Randy Gimblett, Dino Zanon y Peter Chladek, 2003, "RBSim 2: Simulating the complex interactions between human movement and the outdoor recreation environment", *Journal of Nature Conservation*, without imprint, Urban & Fischer vol. 11, issue 4, pp 278-286.
- Itami, Robert, 2008, "Level of Sustainable Activity: Moving Visitor Simulation from Description to Management for an Urban Waterway in Australia", en Randy Gimblett & Hans Skov-Petersen, eds., *Monitoring, Simulation and Management of Visitor Landscapes*, Arizona, University of Arizona Press.
- Kuss, Fred y John Morgan III, 1986, "A first alternative for estimating the physical carrying capacities of natural areas for recreation", *Environmental Management*, New York, Springer, vol. 10, issue 2, pp. 255-262.
- Lawson, Steven, Robert Itami, Randy Gimblett y Robert Manning, 2006, "Benefits and Challenges of Computer Simulation Modeling of Backcountry Recreation Use in the Desolation Lake Area of the John Muir Wilderness", *Journal of Leisure Research*, Ashburn, Virginia, National Recreation and Park Association, vol. 38, issue 2, pp.187-207.

- McAuliffe, Joseph, 1999, "The Sonoran Desert: Landscape complexity and ecological diversity", en Robert Robichaux, *Ecology of Sonoran Desert Plants and Plant Communities*, Tucson, University of Arizona Press, pp. 69-114.
- Murray, Carol y David Marmorek, 2003, "Adaptive Management and Ecological Restoration", en Frederici, Peter, ed., *Ecological Restoration of Southwestern Ponderosa Pine Forests*, Washington D. C., Island Press, pp. 417-428.
- Norman, Laura, James Callegary, Charles van Riper y Floyd Gray, 2010, "The Border Environmental Health Initiative; investigating the transboundary Santa Cruz watershed", *Pubs Warehouse*, USGS Science for a Changing World, Washington, D. C., 13 de octubre, en <<http://pubs.usgs.gov/fs/2010/3097/>>, consultado el 12 de septiembre, 2011.
- Poe, Aaron, Randy Gimblett y Robert Itami, 2010, "Evaluating the Recreation Service Recovery: Evaluation of Prince William Sound User Experience", *Exxon Valdez*, Alaska, Oil Spill Restoration Project Final Report, USDA Forest Service, Chugach National Forest, Anchorage, without imprint.
- Sharp, Christopher y Randy Gimblett, 2009, "Assessing Border-Related Human Impacts at Organ Pipe Cactus National Monument", en Laura Lopez-Hoffman, Emily McGovern, Robert Vardy and Karla Flessa, eds., *Conservation of Shared Environments: Learning from the United States and Mexico*, Arizona, University of Arizona Press, pp. 226-240.
- Unnasch, Robert, David Braun, Patrick Comer y Gregory Eckert, 2009, "The Ecological Integrity Assessment Framework: A Framework for Assessing the Ecological Integrity of Biological and Ecological Resources of the National Park System", *Publications*, Nature Serve, Fort Collins, Colorado, January, en <http://www.natureserve.org/publications/NPS_EcologicalIntegrityFramework_January09.pdf>, consultado el 12 de septiembre, 2011.
- USGS (U. S. Geological Survey), 2010, "U. S.-Mexico Border Environmental Health Initiative (BEHI)", *BEHI Home*, USGS Science for a changing World, Washington, D. C., 3 de enero, en <<http://borderhealth.cr.usgs.gov/>>, consultado el 30 de mayo, 2010.
- Wolfe, Phillip, Randy Gimblett, Robert Itami y Brian Garber, 2008, "Yonts Monitoring and Simulating Recreation Use in Prince William Sound, Alaska", en Randy Gimblett and Hans Skov-Petersen, eds., *Monitoring, Simulation and Management of Visitor Landscapes*, Arizona, University of Arizona Press, pp. 349-369.