

Estrategia y Plan de Acción de Alertas Tempranas sobre pérdidas de Biodiversidad

**PROGRAMA EVALUACIÓN Y MONITOREO DEL ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD
RESULTADOS PLAN OPERATIVO ANUAL
RESOLUCIÓN 0081 DE 2016**

LÍNEA 1: INDICADORES Y ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD

META 1.1. BATERÍA DE INDICADORES PARA EVALUAR EL ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD DEFINIDOS. AL MENOS 5 INDICADORES CALCULADOS Y PUBLICADOS A TRAVÉS DEL “TABLERO DE CONTROL” BIOREPORTES. CAPACIDAD CREADA EN EL INSTITUTO PARA APLICAR CRITERIOS DE LA UICN PARA LISTA ROJA DE ECOSISTEMAS COMO ALERTAS TEMPRANAS A LA PÉRDIDA DE LA BIODIVERSIDAD.

PRODUCTO: DISEÑO Y PRIMERA FASE DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA PARA ALERTAS TEMPRANAS A LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD CON BASE EN LA APLICACIÓN DE CRITERIOS DE LA UICN PARA LISTA ROJA DE ECOSISTEMAS.

Lina M. Estupiñán-Suarez <https://orcid.org/0000-0002-2359-9496>

Londoño, María Cecilia

**Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Bogotá, D.C., 2017**



Contenido

1. Introducción	3
2. Marco de referencia.....	4
2.1. ¿Qué es una alerta temprana?	4
2.2. ¿Qué es temprano?.....	4
2.3. ¿Qué es un sistema de alertas tempranas?	5
2.4. Riesgo, vulnerabilidad y amenaza	10
2.5. La lista roja de ecosistemas de la UICN	12
3. Sistemas de alertas en Colombia y la biodiversidad.....	13
3.1. Sistema de Alertas Tempranas en Colombia.....	13
3.2. Biodiversidad	15
3.3. Observaciones y monitoreo de la biodiversidad	18
4. Sistemas de alertas de pérdidas de biodiversidad.....	20
4.1. Análisis DOFA	20
4.2. Plan de acción	21
4.3. Componentes 1 y 2 del sistema de pérdida de biodiversidad	23
4.4. Socios estratégicos	25
5. Anexo: Plataformas y datos disponibles para los análisis de alertas tempranas	26
5.1. Biósfera/atmósfera	26
5.2. Sensores para la biodiversidad	26
5.3. Monitoreo y seguimiento en parcelas permanentes	29
5.4. Ciencia participativa (citizen science)	29
5.5. Delitos ambientales	32
6. Bibliografía.....	33



1. Introducción

Este documento presenta una propuesta de Estrategia y Plan de Acción para establecer un sistema de Alertas Tempranas sobre pérdida de Biodiversidad. El documento inicia con una revisión de los principios y componentes de un sistema de alertas tempranas y las implicaciones en relación con los temas de biodiversidad. La revisión se estructura en tres secciones. La primera sección es el marco de referencia, explica los componentes de un sistema de alertas tempranas convencional, es decir el desarrollo conceptual que ha tenido y su enfoque original el cual está tiene como eje central a las personas y el riesgo de las poblaciones frente a ciertos eventos. La segunda sección muestras los antecedentes y las experiencias de los sistemas de alertas tempranas en Colombia. También explica las implicaciones de un sistema de alertas de pérdidas de biodiversidad enfatizando en la multidimensionalidad de la diversidad biológica y el estado actual de amenazas y pérdidas. La tercera sección es una revisión de la información disponible y aproximaciones organizadas por escalas para el sistema de alertas de biodiversidad, los retos y limitaciones.

Seguido de esta revisión se plantean unos objetivos para un Sistema de Alertas Tempranas sobre pérdida de Biodiversidad que reflejan la respuesta a la siguiente pregunta: ¿Qué queremos obtener de un Sistema de Alertas Tempranas sobre pérdida de Biodiversidad?

Posteriormente se realiza un análisis DOFA, con base en la revisión presentada en la primera sección, para alcanzar los objetivos propuestos. Con base en este análisis se plantea un Plan de Acción donde se identifican unas metas en un periodo de tiempo, socios estratégicos para lograr las metas, recursos financieros necesarios para realizarlas y unos indicadores propuestos para evaluar el cumplimiento de las metas.



2. Marco de referencia

2.1. ¿Qué es una alerta temprana?

El concepto de Alertas Tempranas fue construido y ha sido desarrollado desde una perspectiva antropocéntrica, es decir, se tiene en cuenta situaciones o eventos que pueden afectar de manera directa la vida humana o actividades asociadas a ella. Este concepto ha sido usado en numerosos campos para la acción de proveer información en emergencias o situaciones peligrosas donde la información hace posible adelantar acciones que reduzcan el riesgo. Las alertas tempranas en general han tenido una orientación hacia la reducción de amenazas que ponen en riesgo vidas humanas causados por extremos hidrometeorológicos como viento, lluvia, temperatura (Basher. 2006). Sin embargo, hay casos donde no es posible anticipar eventos de riesgo como por ejemplo los terremotos ya que son detectados casi en el mismo momento en el que ocurren. En este caso no se generan alertas tempranas y la reducción del riesgo depende de la preparación previa teniendo en cuenta a priori la posibilidad de que ocurra.

En este contexto, la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (ISDR) definió las alertas tempranas como “la provisión de información eficaz en contenido y tiempo, a través de instituciones clave, que permitan a los individuos expuestos tomar acciones para evitar o reducir el riesgo y prepararse para una respuesta eficiente” (ISDR 2004).

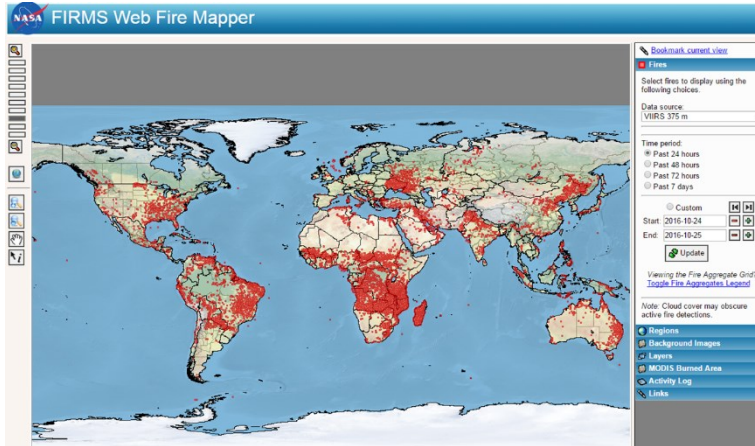
No obstante deben ser las personas las que son conscientes de ese riesgo y las encargadas de dar una respuesta eficiente para evitar su pérdida. Cabe mencionar que la pérdida de biodiversidad intrínsecamente implica pérdida de servicios ecosistémicos los cuales afectan a la población teniendo en cuenta su valor instrumental (Martín-López et al 2012). Por lo tanto la pérdida de los servicios de regulación de los ecosistemas afecta y podría incrementar la frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos, introducidos previamente, poniendo en riesgo a la población. Es así como un sistema de alertas tempranas de pérdida de biodiversidad es esencial para que la comunidad sea consciente del papel de la biodiversidad en su bienestar y cotidianidad, conozca las implicaciones y el riesgo de sus alteraciones y este mejor preparado.

2.2. ¿Qué es temprano?

El concepto de temprano en un sistema de alertas está enfocado a la inmediatez de la detección y en la prontitud para tomar acciones que permitan disminuir el riesgo. En este sentido se debe contar con datos en tiempo real que sean procesados de manera eficiente y con rutinas que permitan detectar cambios significativos teniendo una línea base como referencia. El sistema, debe estar en capacidad de reaccionar frente a la alerta y tomar acciones que eviten o disminuyan los riesgos.



Un ejemplo de una detección en tiempo casi real es la detección global de incendios de la NASA, de libre acceso y disponible en <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/firemap/>. Hasta este punto se genera una alerta a través de sensores remotos, sin embargo si la señal o el mensaje no es recibido y procesado por autoridades nacionales que tengan la capacidad de coordinar esfuerzos para controlar o mitigar los daños no se puede establecer un sistema de alertas tempranas.



Es importante resaltar que este tipo de sistemas debe contar con un continuo flujo de datos para responder con los tiempos esperados, es por esto que se requiere trabajar con insumos de fácil acceso y libres o de bajo costo, para garantizar la funcionalidad y viabilidad del sistema. Para el caso de Colombia, se considera que con la información disponible se pueden generar alertas por pérdidas de la biodiversidad y

avanzar en la generación de una línea base que permita identificar tendencias. No obstante, el concepto de Temprano exige instalar capacidades técnicas y contar con un grupo enfocado en la detección de cambios, sistematización e interpretación de información y validación de resultados el cual debe ser consolidado en próximas etapas. Con la línea base se pueden evaluar tendencias de las pérdidas y las implicaciones mediante escenarios en periodos de tiempo. En este contexto el concepto de temprano estaría condicionado a periodos de por ejemplo 5 años acompañado de escenarios a 10 y 15 años, y así brindar herramientas para la toma de decisiones de acuerdo a estos escenarios.

2.3. ¿Qué es un sistema de alertas tempranas?

Un Sistema de Alertas Tempranas debe garantizar una detección oportuna para ser comunicada en el tiempo adecuado reduciéndose así los riesgos y afectaciones. El ISDR y la Plataforma para la Promoción de los Sistemas de Alertas Tempranas (PPEW) definieron cuatro elementos interrelacionados que permiten el desarrollo y buen funcionamiento del sistema (ISDR-PPEW 2005). Estos elementos y sus preguntas orientadoras, fueron ajustadas para la construcción conceptual del sistema de alertas tempranas de biodiversidad. La Figura 1 muestra los componentes y sus respectivas preguntas orientadoras, los cuales están interrelacionados y deben cumplirse en totalidad para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.



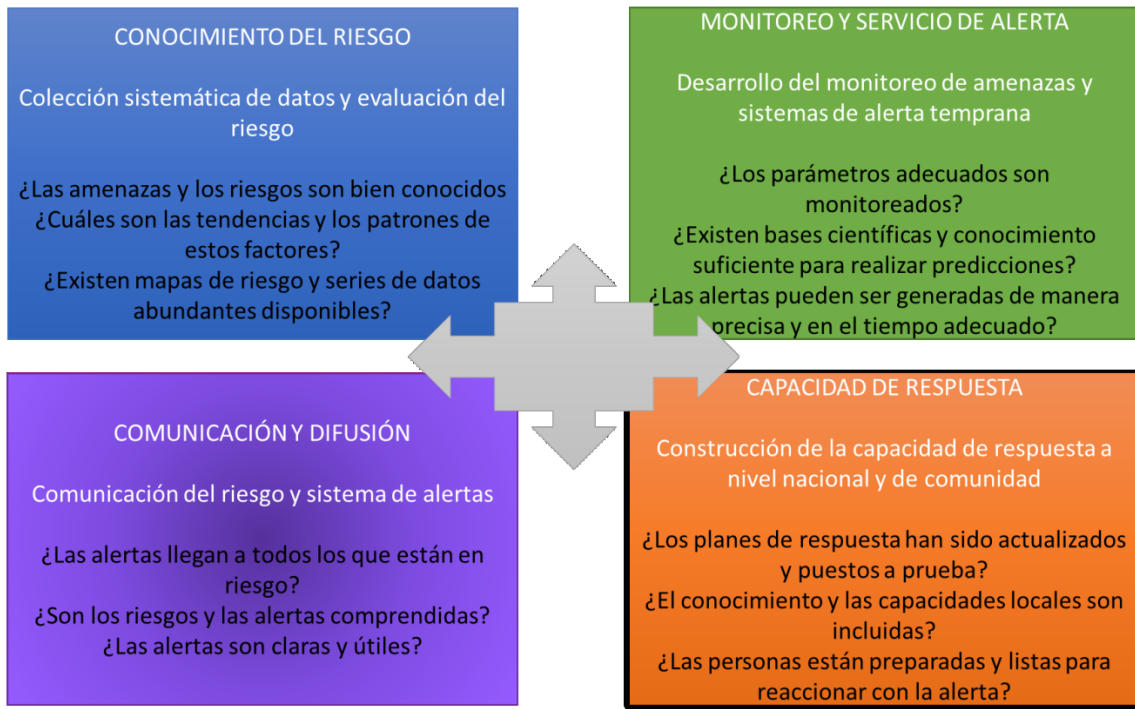


Figura 1: Elementos del sistema de alertas tempranas. Tomado de Basher (2006).

El primer componente CONOCIMIENTO DEL RIESGO; es la línea base del sistema de alertas tempranas, en este contexto se refiere al conocimiento de los impulsores de pérdidas de biodiversidad (*drivers of biodiversity loss*) y a la vulnerabilidad de la biodiversidad. A nivel de ecosistemas es esencial determinar los tipos de disturbios a los cuales está expuesto. Primero, se deben identificar los disturbios naturales que ocurren con cierta periodicidad y hacen parte de la dinámica del ecosistema (fuego, sequía, inundación, etc.), estos no generan impactos irreversibles porque los organismos están adaptados. No obstante si la frecuencia y la intensidad de los disturbios aumenta, el ecosistema puede sobrepasar el umbral de resiliencia y no recuperarse (Hobbs y Sunding 2009). Segundo, los disturbios antrópicos son los que presentan una mayor amenaza de la biodiversidad, usualmente se establece un nuevo ecosistema como resultado del aumento de la frontera agrícola, infraestructura, deforestación, entre otros. Otros factores de amenaza son erosión, desertificación, especies invasoras y el cambio climático.

En este componente también se revisan las series de datos y mapas disponibles; su abundancia y calidad. De acuerdo a la pertinencia de esta información se construye una línea base para determinar tendencias y patrones. Algunos de estos insumos son mapas de impulsores (*drivers*) individuales como deforestación, agricultura y mapas de distribución de especies que muestran donde ocurren las especies. De esta manera se pueden analizar las coincidencias espaciales entre actividades antrópicas y el hábitat de las especies. A nivel de especie, fuentes de información son las categorías de UICN de especies amenazadas, los libros rojos que brindan información de su riesgo, datos de parcelas permanentes que permitan generar tendencias y evaluar cambios, registros de tráfico ilegal de fauna obtenidos por las entidades encargadas, entre otros. El objetivo final de este componente es determinar los datos disponibles y su colección sistemática.



El segundo componente MONITOREO Y SERVICIO DE ALERTA se basa en la selección adecuada de los parámetros (indicadores) que deben ser medidos. En este sentido, indicadores de diferentes niveles de biodiversidad deben ser usados para tener conocimiento de todos sus niveles, aunque se reconoce que los alcances pueden llegar a ser diferentes. De esta manera, a una escala de paisaje y ecosistemas la mayoría de los datos son colectados por plataformas satelitales, este punto se desarrollará posteriormente ya que es fundamental determinar qué se puede medir desde sensores remotos y cuál es su relación con biodiversidad. Adicionalmente a esta escala, los modelos de distribución de especies son otra fuente importante de datos que dan lineamientos acerca de centros de biodiversidad y sus riesgos.

A nivel de poblaciones/especies la información se relaciona principalmente con inventarios, datos de colecciones, estudios de parcelas, entre otros. Actividades como el monitoreo comunitario son nuevas fuentes de datos, específicamente cuando están enlazados a aplicaciones con registros de coordenadas en plataformas que permiten registros precisos y de rápido acceso, como ocurre con el monitoreo de algunas especies invasoras. De la misma manera, contar con información de delitos ambientales como tráfico de especies permite incorporar datos in situ de amenazas directas y en algunos casos determinar su intensidad.

El tercer componente, COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN, busca garantizar una comunicación efectiva de la alerta temprana. Las preguntas orientadoras ¿a quiénes van dirigidas las alertas? ¿ellos las reciben? Facilitan la identificación de actores y ayudan a definir el objetivo y el alcance del sistema. En nuestro país la cabeza del sistema nacional ambiental (SINA) es el Ministerio de Ambiente, luego este sería uno de los usuarios principales junto con las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR). Entidades como Parques Nacionales Naturales (PNN), los institutos de investigación IIAP, SINCHI, INVEMAR e IDEAM de acuerdo a su misión institucional también estarían en capacidad de integrar las alertas de biodiversidad generadas por el sistema. Otro usuario potencial es la Agencia Nacional de Licencias Ambientales ANLA. Datos acerca de los lugares con mayores afectaciones de la biodiversidad al igual que análisis de amenazas y vulnerabilidad permitiría tomar decisiones más acertadas acerca del impacto de las actividades y sus posibles repercusiones al momento de otorgar las licencias ambientales para la ejecución de actividades económicas.

Organizaciones No Gubernamentales (ONG) del ámbito internacional y nacional interesadas en conservación de especies y ecosistemas contarían con información para el desarrollo de sus actividades. A nivel local, las alcaldías, sus secretarías de ambiente y en algunas ciudades los jardines botánicos son actores claves para recibir el mensaje ya que su presencia y poder de acción puede ser más rápido y oportuno que el de entidades nacionales.

Las alertas deben ser transmitidas en un lenguaje asertivo, es decir que las personas y entidades encargadas estén en capacidad de entender el mensaje y no requieran de especialistas para interpretarlo, o si ese es el caso asegurarse que cuentan con dichos profesionales. La comprensión de las alertas, y las consecuencias de pérdidas de biodiversidad puede incrementarse si se generan escenarios de acuerdo a las tendencias identificadas, al igual que las implicaciones en servicios ecosistémicos, esto es fundamental con base en los tiempos ecológicos necesarios para identificar cambios y que sean reversibles. Asimismo, se deben establecer canales o medios de comunicación para asegurarse que la alerta es clara y útil.

El último componente, CAPACIDAD DE RESPUESTA, tiene múltiples niveles que van desde instituciones estatales, regionales, locales y llegan a las comunidades y a la población civil. Cada una de estas debe construir y establecer capacidades para reaccionar de una manera eficaz a las alertas. En este sentido se deben identificar y asignar responsabilidades a las entidades usuarias y receptoras del sistema. Estas deben contar con planes de respuesta actualizados y puestos a prueba que sirvan como plan de acción frente a la alerta generada. Asimismo estas estrategias deben ser



incorporadas en los planes de manejo, planes de ordenamiento territorial y planes de acción. Además se debe involucrar el conocimiento y las capacidades locales, las personas son actores claves para detectar el cambio y actuar, son grandes observadores y conocedores de su medio, estrategia de ciencia ciudadana como se explicará más adelante son herramientas para involucrar activamente a la población.

Se puede pensar que la estructura del sistema de alertas tempranas es lineal, donde cada uno de los pasos es esencial para el siguiente como se muestra en la Tabla 1. No obstante los componentes y el sistema son dinámicos, lo que genera relaciones en doble vía y retroalimentación en los procesos, lo anterior fue expuesto por Ocharan (2007) para los sistemas “centrados en la gente”, de esta manera al combinarse las cuatro fases del sistema con los numerosos fenómenos ambientales se encuentra una diversidad de acciones que deben ser coordinadas y complementadas. Adicionalmente, en el contexto de la biodiversidad se añade otro grado de complejidad ya que las amenazas tienen los dos orígenes; el natural y el antrópico.

PASOS EN LA CADENA	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL	FACTORES INVOLUCRADOS	NECESIDADES Y DESAFÍOS
Evaluación	Línea base, riesgos		Confiabilidad de los datos, precisión en los registros de las especies y su identificación. Periodicidad en los estudios. Costo de obtención de los datos Observaciones multiescalares
Monitoreo	Estado inicial	La biodiversidad en un contexto multiescalar Relación entre la información generada a diferentes escalas	En las diferentes escalas de biodiversidad en las que se está haciendo monitoreo es en las parcelas permanentes. El monitoreo de biodiversidad a escalas de paisaje está en construcción.
Modelos del sistema	Evolución en el tiempo		Los ecosistemas son dinámicos y están adaptados a ciertos disturbios naturales, los cuales pueden ser confundidos con disturbios que afecten su estado de conservación. La detección de tala selectiva y degradación de ecosistemas es muy limitada, y ocurre a escalas locales
Pronóstico	Probabilidad	Obtención rápida de los datos y análisis eficiente para generar las alertas	Debido a la alta diversidad de Colombia es difícil contar con información suficiente para evaluar tendencias y detectar cambios. Con la información existente se pueden mostrar cuales son los patrones.
Impacto	Complejidad	Determinar especies y zonas con mayor afectación e importancia para conservación y manejo	Extinción de especies, pérdida de recursos genéticos, servicios ecosistémicos, transformación del paisaje
Respuesta	Complejidad	Comunicación asertiva, recepción y apropiación del	Desarrollo de planes de acción, estrategias dirigidas a la reducción del riesgo



		mensaje de las comunidades o entidades respectivas para tomar acciones	
--	--	--	--

Tabla 1: Características del modelo lineal y limitaciones para un sistema de alertas de pérdida de biodiversidad en Colombia (Modificado de Basher 2006)

La Figura 2, muestra en la parte inferior el modelo lineal del sistema de alertas tempranas el cual parte de una línea base seguido de acciones de monitoreo que en segunda medida permiten establecer tendencias en el tiempo y el desarrollo de modelos, con base en estos últimos se generan predicciones probabilísticas. Complementariamente, esta figura también muestra otros componentes implícitos en el sistema que pueden retroalimentarlo o relaciones en doble vía además de actores clave como las comunidades, las instituciones y el componente de investigación. Estas relaciones y flujos son difíciles de cuantificar pero reconocer su existencia es fundamental para el funcionamiento del sistema.

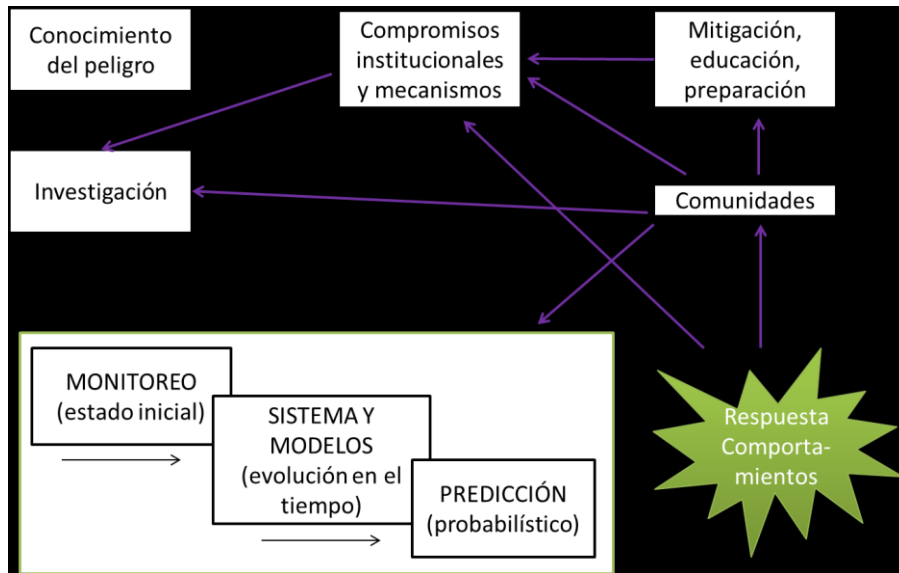


Figura 2: Modelo integrado de un sistema de alertas tempranas. En la parte inferior se observa el modelo lineal y en rojo el sistema de retroalimentación. (Tomada de Basher 2006).

Este documento desarrolla los componentes 1 y 2 para un sistema de alertas de biodiversidad. Como se indica en la Figura 3 se revisa el estado del arte, los datos existentes y potenciales y los parámetros a medir o indicadores.

No obstante se resalta la importancia de los componentes 3 y 4 para una implementación satisfactoria, los cuales deben ser ampliamente trabajados en etapas posteriores de la construcción del sistema tanto con las instituciones que generan insumos como con las usuarias y receptoras de la alerta.



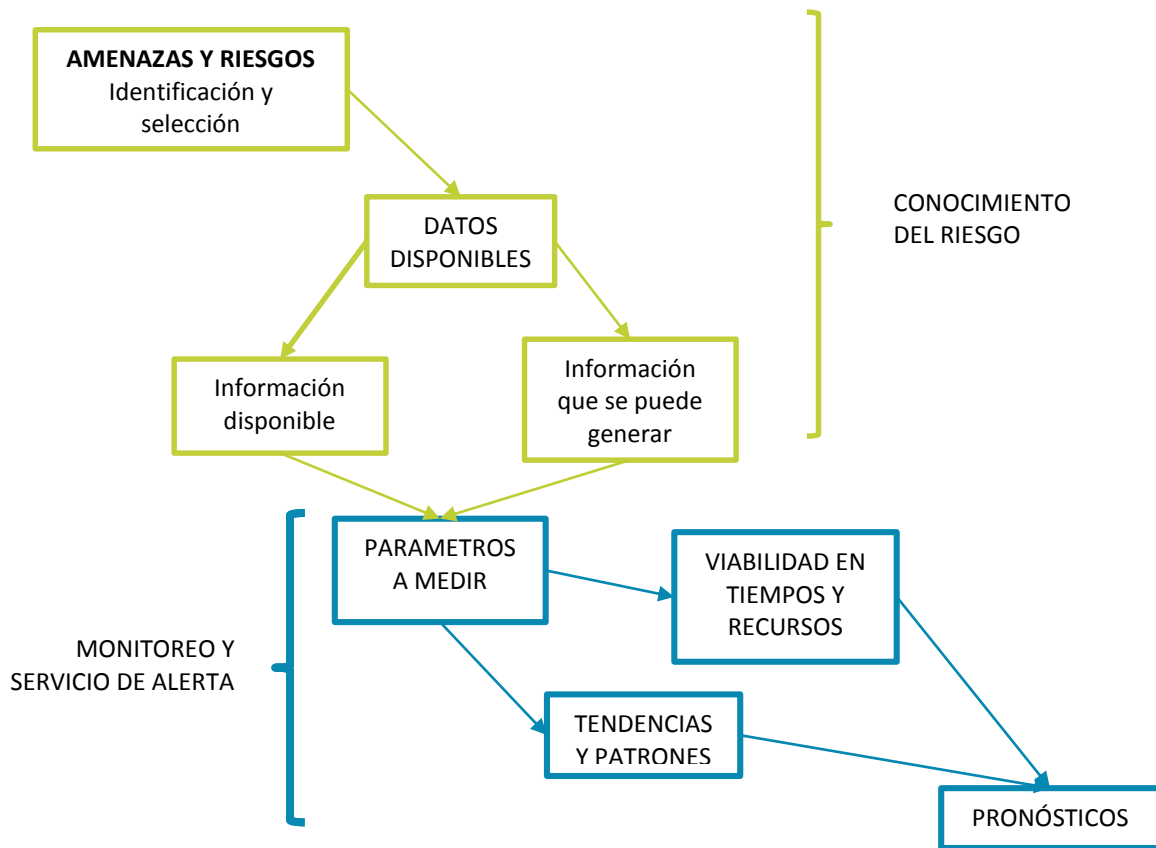


Figura 3. Elementos y flujo de los componentes 1 y 2 del sistema de alertas tempranas.

2.4. Riesgo, vulnerabilidad y amenaza

Tradicionalmente se ve el RIESGO como un factor de la AMENAZA y la VULNERABILIDAD

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Donde Amenaza es la probabilidad de que un evento ocurra y Vulnerabilidad es el grado de destrucción en función de la magnitud del evento y el tipo de elementos bajo riesgo

En el contexto de un sistema de alertas de biodiversidad los temas de riesgo, vulnerabilidad y amenaza ayudarían a entender y predecir de una manera más acertada las tendencias y los efectos que se generan en las diferentes escalas.



Algunos de estos temas han sido trabajados por diferentes entidades desde diferentes enfoques. La UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), por ejemplo, está construyendo una lista roja de ecosistemas, donde se evalúa el estado de vulnerabilidad del ecosistema, como se ha hecho con la lista roja de especies, desde una etapa final de degradación irreversible pasando por el nivel de amenaza en peligro crítico, en peligro o vulnerable o un riesgo significativo (preocupación menor), su objetivo es tener información confiable del estado de los ecosistemas para “aumentar la conciencia sobre las amenazas de los ecosistemas y los impactos resultantes en el ser humano”, mejorar la gestión, reducir riesgos, aumentar la resistencia y promover la adaptación¹. De manera similar el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) ha generado un mapa de Identificación de diversidad biológica y de los ecosistemas vulnerables donde se reconocen los manglares, bosques tropicales, turberas, humedales en áreas secas y pastizales, arrecifes de coral, entre otros, como ecosistemas vulnerables basados en que el cambio climático no solo afecta las especies sino que igualmente “modifica características físicas y funciones ecosistémicas que mantienen la biota”².

Iniciativas similares son la Evaluación de Riesgo Ecológico desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) que define los procesos para medir el impacto ambiental de factores como cambios de la tierra, químicos, enfermedades, especies invasoras y cambio climático³. Otra iniciativa es el Índice de Vulnerabilidad de Cambio Climático para Hábitats y Ecosistemas de NatureServe, que ha construido un marco de referencia para evaluar la vulnerabilidad de una comunidad o hábitat frente al cambio climático centrados en conocimiento de experto del posible impacto del clima, la “sensibilidad”/vulnerabilidad del ecosistema y su capacidad de adaptación⁴.

En Colombia uno de los proyectos que se formuló debido a la política de Gestión del Riesgo del gobierno generada a partir del fenómeno de La Niña de 2012, que dejó grandes pérdidas humanas y económicas para la nación, fue el proyecto Fondo Adaptación: Ecosistemas Estratégicos Páramos y Humedales. Este fue liderado por el I. Humboldt y dentro de sus objetivos estaba el identificar estos ecosistemas reconocidos por los servicios de abastecimiento y regulación del agua en época de lluvia y sequía previniendo o disminuyendo las inundaciones o actuando como reservorios en épocas secas. El ver estos ecosistemas de una manera sistémica, teniendo en cuenta conceptos de la cuenca y conectividad, son esenciales para establecer la importancia de la biodiversidad en el bienestar humano y los riesgos que se pueden generar por su pérdida (Chávez et al 2016).

En cuanto a las amenazas, la identificación de motores de cambio y su representación cartográfica junto con mapas de vulnerabilidad permitiría identificar los hotspots de Riesgo de pérdida de biodiversidad. Como se explicará más adelante, este Riesgo debe ser relacionado implícitamente con sus efectos en la población siguiendo los principios esenciales de los sistemas de alerta tempranas, una manera de hacerlo es a través del análisis de servicios de los ecosistemas y una visión sistémica que permita entender que los daños ambientales además de los efectos locales generan efectos a nivel regional, nacional e incluso global.

¹ <http://iucnrle.org/about-rle/rle/>

² <https://adaptation.cbd.int/vulnerabilities.shtml>

³ <https://www.epa.gov/risk/ecological-risk-assessment>

⁴ <http://www.natureserve.org/conservation-tools/climate-change-vulnerability-index-ecosystems-and-habitats>



2.5. La lista roja de ecosistemas de la UICN

Actualmente la UICN se encuentra desarrollando estrategias, marcos metodológicos y herramientas que brinden lineamientos para evaluar el riesgo de la biodiversidad que amenace los ecosistemas y su funcionamiento. El objetivo es brindar estándares que permitan la evaluación sistemática de diferentes ecosistemas y que permitan establecer su estado y posible riesgo de colapso a nivel global. Se identifican dos líneas de trabajo, las categorías que permiten conocer el estado del ecosistema a nivel regional, nacional o subnacional, y los criterios que permiten análisis estandarizados en el tiempo y comparables (Rodríguez et al. 2015).

El riesgo del colapso de los ecosistemas es uno de los aspectos a tener en cuenta en la conservación de la biodiversidad y debe ser complementado con información de otros niveles como especies para lograr acciones de conservación y manejo más efectivas. La UICN definió que el colapso del ecosistema ocurre cuando la mayoría de los componentes bióticos nativos se han perdido o cuando los componentes funcionales (biota con roles esenciales) se han reducido significativamente y no pueden reestablecerse (Bland et al 2016). El modelo de riesgo de los ecosistemas se basa en un punto final de colapso del mismo y se evalúa a través de 5 criterios mediante procedimientos estandarizados. El primer criterio es disminución de la distribución, distribución restringida, degradación del ambiente abiótico, alteración de las actividades bióticas y estimación cuantitativa del riesgo del ecosistema a colapsar (Rodríguez et al. 2015).

Teniendo en cuenta el propósito fundamental de los sistemas de alertas tempranas, el cual directamente involucra el riesgo de la población, y el principio de la lista roja de ecosistemas acerca del colapso de los mismos. El segundo se puede ver como un componente del primero más no como un eje articulador o integrador. Por tal motivo, las herramientas y aproximaciones relacionadas con este tema serán evaluadas para el nivel de ecosistemas en el sistema de alertas de pérdidas de biodiversidad.

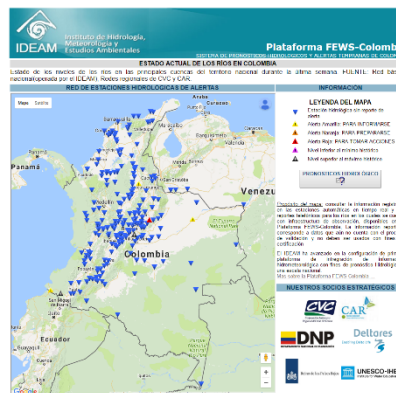


3. Sistemas de alertas en Colombia y la biodiversidad

3.1. Sistema de Alertas Tempranas en Colombia

En Colombia los sistemas de alertas pertenecen a entidades gubernamentales, la mayoría tienen un enfoque antropocéntrico, y pueden estar o no relacionados con fenómenos ambientales como es el caso del sistema de alertas tempranas (SAT) de la defensoría del pueblo⁵, que busca proteger a la población civil y mitigar los daños ocasionados por el conflicto armado mediante información técnica relacionada con situaciones de vulnerabilidad y riesgo. Los sistemas relacionados con factores ambientales se pueden separar en sistemas meteorológicos, sistemas agrícolas o de ecosistemas y biodiversidad.

La entidad nacional encargada de estudios ambientales, meteorológicos e hidrológicos IDEAM cuenta con varios sistemas de alertas los cuales se actualizan diariamente en su página web⁶. Algunos de ellos son alertas por probabilidad de deslizamientos, pronósticos hidrológicos y amenazas de inundación. Por ejemplo, la Subdirección de Meteorología monitorea los principales ríos del país de manera continua y cuenta con herramientas de pronóstico como *Flood Early Warning System* (FEWS). Al igual, la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres⁷ cuenta con un sistema de alertas tempranas autónomo que busca dar aviso sobre los niveles hídricos y advertir a la comunidad de zonas con alto riesgo torrencial en determinados ríos y quebradas donde se han instalado sensores para tal fin.



A nivel regional se encuentran programas como el SIATA⁸, Sistema de Alertas Tempranas de Medellín y el Valle de Aburrá, el cual monitorea en tiempo real variables meteorológicas e hidrológicas gracias a una red de sensores ubicados en la región para tal fin. Adicionalmente se cuenta con participación ciudadana a través de la distribución de 100 sensores a personas seleccionadas de la comunidad. También se generan modelos de pronósticos y se garantiza una comunicación efectiva con la comunidad, una de sus estrategias es el uso de aplicaciones móviles y su página web. Gracias al SIATA la alcaldía de Medellín ha podido tomar decisiones y medidas cuando los niveles de calidad del aire sobrepasan los límites permitidos, restringiendo por ejemplo la circulación de vehículos particulares. De esta manera se puede ver el funcionamiento de todos los componentes del sistema de alertas tempranas. Otro ejemplo a nivel regional es el sistema de alertas tempranas para la Guajira, que se estableció en convenio entre La Cruz Roja y la Corporación Autónoma Regional de la Guajira y el cual tiene como objetivo monitorear regionalmente condiciones hidrometeorológicas y mantener alertada a la comunidad⁹.



⁵ <http://www.defensoria.gov.co/es/public/atencionciudadanoa/1469/Sistema-de-alertas-tempranas---SAT.htm>
⁶ <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/alertas>
⁷ <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/SAT.aspx>
⁸ http://siata.gov.co/sitio_web/index.php/home
⁹ <http://www.cruzrojacolombiana.org/donde-estamos/sistema-de-alerta-temprana-sat>



A nivel de ecosistemas, se encuentra el sistema de alertas tempranas por deforestación, coordinado por el IDEAM, este genera reportes trimestrales desde 2016 e identifica núcleos de deforestación con base en el análisis de imágenes MODIS (250 m pixel). En un segundo nivel se realiza el análisis de imágenes Landsat (30 m pixel) para calcular con mayor exactitud el área total de bosque natural y la superficie deforestada¹⁰. El IDEAM genera pronósticos y alertas tempranas sobre la ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal¹¹ a través de un modelo que incorpora la amenaza por aspectos climáticos, biológicos o antrópicos denominado SIGPI.



En el sector agrícola también se cuenta con iniciativas similares. El ICA tiene un Sistema de Alerta Fitosanitaria (SAF)¹² el cual proporciona información sobre plagas (exóticas o endémicas) en dos sentidos. La primera, notificaciones oficiales de plagas que comunican peligros inmediatos y potenciales para la protección de plantas y aplicaciones de medidas fitosanitarias en el comercio internacional. La segunda, son alertas generadas a partir de información secundaria y de libre acceso, que no es corroborada y por tal razón debe ser usadas con precaución, estas son transmitidas a los productores, gremios y exportadores como alertas tempranas.

Otro ejemplo, es el sistema piloto de alertas agroclimáticas tempranas de Corpoica en la Sabana de Bogotá (CORPOICA 2011) que tenía como objetivo la toma de decisiones de alternativas tecnológicas para el manejo de cultivos según los eventos climáticos adversos. Actualmente, Corpoica cuenta con MAPA¹³ (Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática) que tiene un enfoque de agricultura climáticamente inteligente a partir de la caracterización climática de las regiones y la definición de la vulnerabilidad de los sistemas de cultivo. Esta información se incorpora a un sistema de expertos y al final se buscan opciones para mejorar la capacidad adaptativa. Dentro del primer componente de MAPA, elaboración de herramientas para tomar decisiones adecuadas para el manejo del riesgo agroclimático, se cuenta con un sistema de alerta agroclimática temprana (SAAT) que le permite al usuario visualizar opciones técnicas de manejo en función de los fenómenos climáticos para un determinado sistema de producción, a través de una plataforma web y compatible desde computadores personales y dispositivos móviles para tomar decisiones de una manera informada que busquen disminuir los riesgos.



En cuanto a sistemas de alertas tempranas de biodiversidad, Colombia cuenta con Tremarctos¹⁴, programa liderado por Conservación Internacional y que es una herramienta para la “la toma de decisiones sobre la posible afectación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos” generadas por obras de infraestructura. Se basa en el análisis espacial de datos dentro de figuras de protección como parques naturales, reservas forestales o ecosistemas estratégicos como páramos que serían afectados por proyectos como oleoductos, carreteras, entre otros. Estas capas están disponibles en el geovisor y mediante la generación de líneas o polígonos de la obra se realiza el análisis. El resultado es el tamaño de las áreas afectadas dentro del conjunto de capas seleccionadas discriminadas por tipo de coberturas/ecosistemas, y el cálculo del área a compensar. Como se muestra Tremarctos se orienta a generar reportes de vulnerabilidad y susceptibilidad de acuerdo a proyectos de infraestructura o actividades económicas y escenarios de cambio climático en áreas con cierta protección. Sin



generación de líneas o polígonos de la obra se realiza el análisis. El resultado es el tamaño de las áreas afectadas dentro del conjunto de capas seleccionadas discriminadas por tipo de coberturas/ecosistemas, y el cálculo del área a compensar. Como se muestra Tremarctos se orienta a generar reportes de vulnerabilidad y susceptibilidad de acuerdo a proyectos de infraestructura o actividades económicas y escenarios de cambio climático en áreas con cierta protección. Sin

¹⁰ <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/deforestacion-colombia>
¹¹ <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/informe-diario-de-incendios>
¹² <http://www.ica.gov.co/Alertas-Fitosanitarias.aspx>
¹³ <http://www.corpoica.org.co/site-mapa/mapa/>
¹⁴ <http://www.tremarctoscolombia.org/>



embargo, por fuera de estas áreas existen grandes patrimonios de biodiversidad que deben ser conservados y gestionados de manera sostenible y con información.

3.2. Biodiversidad

Colombia es considerado como el país con mayor diversidad biológica por kilómetro cuadrado en el mundo, primero en aves y tercero en réptiles. Estas cifras solo tiene en cuenta el número de especies, uno de los componentes de la biodiversidad. Sin embargo, es necesario, entender la biodiversidad desde una perspectiva de múltiples niveles y sistemas de organización que sobrepasa la visión tradicional de diversidad de especies. Es así como en 1987 se describieron tres niveles fundamentales; diversidad de ecosistemas, especies y genética (OTA 1987). Aunque esta definición no incluye procesos como interacciones interespecíficas, regímenes de disturbio, ciclos de nutrientes, entre otros procesos ecológicos fundamentales para reconocer su rol e importancia en la conservación de la diversidad biológica (Noss 1990).

En 1981 Franklin et al definió tres atributos de los ecosistemas; composición, estructura y función que Noss (1990) posteriormente adoptó a los niveles de biodiversidad. La composición se refiere a los elementos presentes y su variabilidad, se puede ver como el inventario de especies, su diversidad genética, etc. La estructura son los patrones de la organización física, un ejemplo es la complejidad del hábitat, presencia de parches, mosaicos de vegetación, etc. Mientras que la función involucra procesos ecológicos y evolutivos como flujo de genes, disturbios, nutrientes, etc. Esta propuesta jerárquica (Figura 4) brinda lineamientos para el estudio de la biodiversidad en sus diferentes niveles, de tal manera que se formulen estrategias desde una perspectiva multiescalar en los diferentes niveles de organización. Además, se debe reconocer que los ecosistemas tienen una estructura vertical que interactúa con otras esferas como es el caso de la biosfera con la atmósfera (Figura 5).

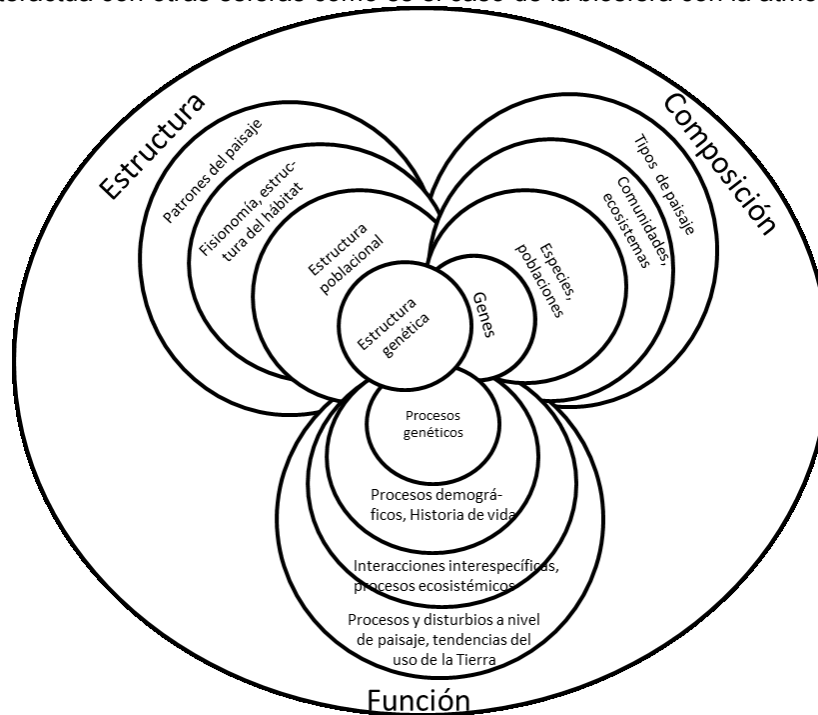


Figura 4: Múltiples niveles de organización de la biodiversidad. Tomada de Noss (1990).



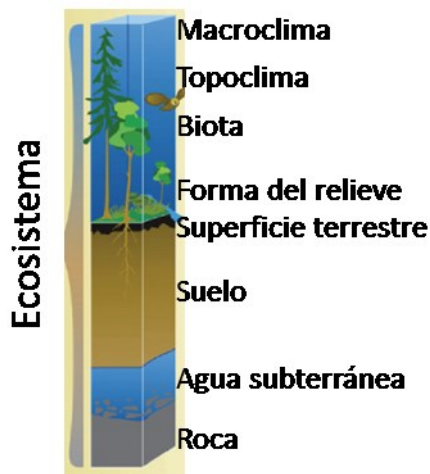


Figura 5: Estructura vertical de los ecosistemas. Tomado de Bailey (1996)

Se han propuesto indicadores para el inventario, monitoreo y evaluación de la biodiversidad terrestre usando los tres componentes en cuatro niveles de organización de la biodiversidad: regional/paisaje, comunidad/ecosistemas, población/especies, y genética (Noss 1990). Este marco conceptual es una referencia para la estructura del sistema de alertas de biodiversidad ya que orienta los diferentes niveles que deben ser medidos y brinda una guía jerárquica del tipo de características a evaluar.

A su vez, se cuenta con el marco de referencia de variables para el estudio de la biodiversidad denominado variables esenciales de la biodiversidad (VEB) propuesto por el grupo de observaciones de biodiversidad de la Tierra (GEOBON). Estas variables incluyen los múltiples niveles y se muestran en la

POBLACIONES, ESPECIES	RASGOS DE LAS ESPECIES	CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURA DE LOS ECOSISTEMAS	CARACTERÍSTICAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS
- Presencia de especies	-Rangos de las plantas (tales como área específica de la hoja y contenido de nitrógeno)	-Distribución de ecosistemas -Fragmentación y heterogeneidad -Coberturas de la Tierra -Altura de la vegetación	-Presencia de fuego -Fenología (variación) -Productividad primaria e índice de área foliar -Inundación

Tabla 6.

CLASE VEB	VEB CANDIDATA
Composición genética	Coancestría
	Diversidad alélica
	Diferencia genética de las poblaciones
	Diversidad de razas y variedades
Especies y poblaciones	Distribución de especies
	Abundancia de poblaciones
	Estructura de las poblaciones por clase de tamaño y edad



Rasgos funcionales	Fenología
	Masa corporal
	Distancia de la dispersión natal
	Comportamiento migratorio
	Rasgos demográficos
	Rasgos fisiológicos
Composición de comunidades	Diversidad taxonómica
	Interacciones entre las especies
Función ecosistemas	Productividad primaria neta
	Productividad secundaria
	Retención de nutrientes
	Régimenes de disturbio
Estructura ecosistemas	Estructura del hábitat
	Extensión del ecosistema y fragmentación
	Composición del ecosistema por tipo funcional

Tabla 2: Variables esenciales de la biodiversidad (VEB) propuestas por GEOBON (Tomado de <http://geobon.org/essential-biodiversity-variables/ebv-classes-2/>).

En relación a la conservación de la biodiversidad, globalmente se ha dado por dos corrientes opuestas; una por su valor intrínseco, es decir el derecho a existir de todos los individuos, o dos por sus valores instrumentales. Este último se refiere a la utilidad de biodiversidad, a la satisfacción y bienestar que la sociedad obtenga de ellos. En este último caso se destaca la capacidad de la biodiversidad de suministrar servicios de manera directa o indirecta. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) clasificó a los servicios en tres; de (1) abastecimiento, (2) regulación y (3) culturales. Teniendo en cuenta que la biodiversidad influye directamente en el suministro de servicios ecosistémicos y que los servicios de regulación además de mantener los servicios de abastecimiento y culturales (Martín-López et al 2012) se relacionan directamente con reducción del riesgo debido a sus funciones de regulación climática, hídrica, control de erosión, control biológico, purificación del aire y el agua, entre otras, el sistema de alertas tempranas deberá establecer la conexión entre la pérdida de biodiversidad y el riesgo de la población por pérdida de estos servicios. Una de las limitaciones en el estudio de la biodiversidad es la escala que es un factor determinante en lo que se puede ver, medir y decir. Estudios a escala de paisaje y ecosistema permiten estudiar propiedades como conectividad, dinámica de parches, mientras que estudios relacionados con el suelo o el agua, relaciones intraespecíficas deben contar con unidad de estudio y de observaciones más detalladas (Jongman et al 2016).

La medición de variables de ecosistemas puede darse en tres niveles:

- Red de sensores biogeoquímicos para medir flujos de elementos relevantes en los ecosistemas como carbono, agua, fósforo, etc.
- Mapas in situ de los ecosistemas; los cuáles pueden variar entre países o entidades debido al uso de diferentes definiciones y que exige visitas periódicas para la detección de tendencias.



- Sensores remotos que permite estimar la extensión y distribución de los ecosistemas y características como fenología, conectividad y fragmentación (ver Anexo).

Unidades de estudios más detalladas son las comunidades, poblaciones, especies y genes. En este sentido también se requiere información más detallada, diseño de muestreo y un monitoreo permanente.

Mayor generalización	Biosfera/atmósfera Coberturas y superficies de la Tierra Parcelas
Mayor detalle	Comunidades Poblaciones Especies Genes

El establecer la relación entre observaciones generales, como las obtenidas a través de sensores remotos, y un sistema de observaciones de biodiversidad *in situ* tiene varias implicaciones entre esas el “Scale gap” o vacío entre escalas. Por ejemplo, uno de los insumos más usados para evaluar cambios en biodiversidad es el cambio de cobertura el cual afecta la calidad del hábitat, la fauna y flora, pero también tiene consecuencias en procesos, funciones y servicios que generalmente no son contemplados. Lo anterior implica grandes desafíos ya que los datos normalmente son tomados a escalas diferentes y existe poca experiencia en su integración.

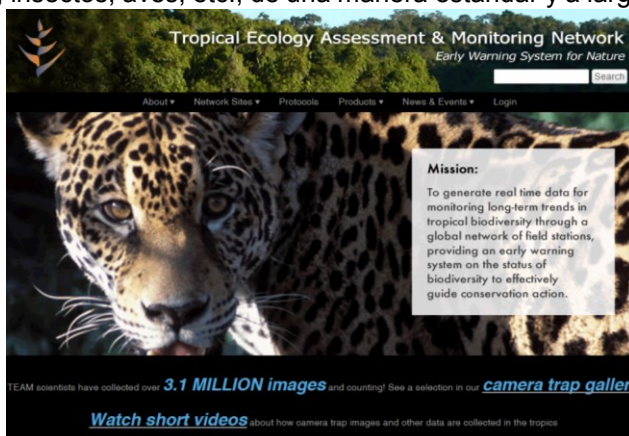
3.3. Observaciones y monitoreo de la biodiversidad

El acelerado cambio de uso de la tierra, el aumento de especies invasoras, la alta variabilidad climática, entre otras variables, han generado que los cambios ambientales sucedan más rápido que el reequilibrio del rango de las especies. De esta manera cada vez se tiene menos registros de distribución de especies que reflejen con certeza su nicho, estas observaciones se necesitan con urgencia para entender de manera robusta las relaciones entre las propiedades bióticas y el ambiente, las relaciones entre el clima y la vegetación y las consecuencias del denominado antropoceno en la biodiversidad (Schimel et al 2013). La totalidad de estas observaciones no son viables de ser medidas en campo además se encuentran en una resolución diferente a otros datos ambientales generándose el vacío de escala o “Scale Gap” (Jetz et al 2011) como se introdujo previamente.



Asimismo, el uso de sensores remotos se ha incrementado, cada vez se generan más datos o productos derivados de fácil y libre descarga para grandes extensiones. Dentro los alcances de los sensores se pueden establecer componentes de la realidad, y pasar del monitoreo de coberturas de la Tierra a mapas de diversidad funcional y habitat (Schimel et al 2013). Es importante recalcar que la información generada a partir de sensores remotos debe ser complementada con datos de campo, y debe ser vista de una manera integral teniendo en cuenta los procesos que ocurren a diferentes escalas.

A escalas locales se encuentran la experiencia de monitoreo de la biodiversidad de *The Tropical Ecology Assessment & Monitoring (TEAM) Network An Early Warning System for Biodiversity (EWSB)*¹⁵ el cual cuenta con programas a escala local que evalúan cambios de la biodiversidad de especies *in situ*. Su objetivo es medir plantas, insectos, aves, etc., de una manera estándar y a largo plazo para hacerlos comparables y así evaluar cambios en diferentes ambientes o áreas expuestas a presiones antrópicas. De manera complementaria TEAM también ha evidenciado la necesidad de ampliar el objeto de estudio -“to scale up”- para contar con información suficiente que de herramientas para enfrentar la pérdida de biodiversidad causada por amenazas ambientales, antrópicas, y el cambio climático (Kelsey 2011).



Los sistemas a escalas regionales o nacionales se deben enfocar en conjuntos de datos que puedan ser generados de manera eficiente en tiempo y que tengan una cobertura suficiente para detectar cambios a nivel de paisaje o ecosistemas. Estas características pueden ser suplidas a través del análisis de imágenes satelitales, aunque están supeditados a la resolución (espacial, temporal, radiométrica) y a las características de las imágenes (activos o pasivas). Adicionalmente se deben establecer las relaciones entre la información capturada por la imagen, datos espectrales cuando se trabaja con imágenes ópticas, y variables explicativas de la biodiversidad. Skidmore et al. (2015) propusieron 10 variables para el seguimiento de la biodiversidad mediante el uso de imágenes satelitales teniendo como premisas que la biodiversidad es difícil de cuantificar, la diferencia de escalas y el alcance de los sensores remotos.

¹⁵ <http://www.teamnetwork.org/>



Los mapas más usados actualmente son los de coberturas. Sin embargo, como el objeto de este estudio es la biodiversidad se busca hacer una mayor caracterización de las áreas evaluadas que conduzca a la detección de hábitats y diversidad funcional para así evaluar el estado actual, cambios y tendencias de los ecosistemas y generar una línea base para el sistema de alertas tempranas que conlleve a análisis de tendencias y posteriormente de pronósticos. Es importante diferenciar los mapas de cobertura de la Tierra y los mapas de vegetación. El primero enfatiza en la estructura de la vegetación (bosque, pastos, arbustos, desiertos, etc.), el segundo hacer referencia tanto a la estructura como a la composición. En este caso los mapas de vegetación resultan de la integración de información generada con sensores y con datos de campo (Corner et al 2003). Asimismo también se pueden hablar de dos tipos de aproximaciones ecológicas, una que se relaciona más a variables biológicas y otra a características físicas o geoeosistemas (Rowe y Barnes et al 2003).

TRACKING BIODIVERSITY

Ten variables

Proposed variables for satellite monitoring of progress towards the Aichi Biodiversity Targets.

Species populations

- Species occurrence

Species traits

- Plant traits (such as specific leaf area and leaf nitrogen content)

Ecosystem structure

- Ecosystem distribution
- Fragmentation and heterogeneity
- Land cover
- Vegetation height

Ecosystem function

- Fire occurrence
- Vegetation phenology (variability)
- Primary productivity and leaf area index
- Inundation

De esta manera las variables propuestas por Skidmore et al. (2015) permiten mejorar la dinámica y el conocimiento de estos hábitats como se explicará más adelante. Otro de los retos es establecer la relación entre la información generada a partir de las imágenes, grupos dominantes de vegetación, y la información de especies la cual es tomada *in situ* y registrada en inventarios. Esta diferencia de escalas entre los datos de las especies y la resolución satelital se conoce como "Scale gap". Algunas estrategias que han permitido estudiar estas relaciones son las parcelas permanentes. La combinación de esta información permite relacionar los datos observados desde el satélite y los datos de campo. Sin embargo al trabajar a escalas regionales o nacionales esta información debe ser extrapolada o debe usar otras fuentes. Lo anterior implica grandes retos teniendo en cuenta el enfoque multiescalar de un sistema de alertas tempranas de pérdidas de biodiversidad.



4. Sistemas de alertas de pérdidas de biodiversidad

Se ha decidido comenzar con un sistema de alertas de pérdidas de biodiversidad con la información e infraestructura existente. La aplicación del concepto “temprano” como ya se mencionó demanda una alta articulación interinstitucional, un flujo constante de recursos y planes de estrategia que deben ser construidos con los receptores de la alerta. En este momento se cuenta con datos generados a nivel nacional e internacional que no han sido analizados y brindarían lineamientos para estudiar los procesos que están ocurriendo en el contexto de la biodiversidad.

En la segunda y tercera fase el sistema de alertas de pérdida de biodiversidad puede evolucionar hacia un sistema de alertas tempranas por pérdida de biodiversidad en donde el análisis de riesgo para la población humana se lleve a cabo y se disponga de la adecuada articulación institucional.

4.1. Análisis DOFA

Este análisis DOFA inicial muestra tanto las fortalezas y debilidades internas como las oportunidades y amenazas externas. Este cuadro (Tabla 3) deberá ser completado en mesas de trabajo con otros investigadores e instituciones claves en el proyecto.

<p>FORTALEZAS (internas)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Mirada multiescalar de la biodiversidad -Estudios previos para un programa de monitoreo -Se elaboró la revisión conceptual y la propuesta metodológica de los sistemas de alertas tempranas -Experiencia en estudios de biodiversidad y servicios -El Instituto Humboldt es el punto focal de GEOBON en Colombia y se cuenta con el marco de referencia de VEB -Existen datos de estudios como deforestación, ecosistemas, humedales y páramos, a nivel nacional, que son fuentes de información 	<p>OPORTUNIDADES (externas)</p> <ul style="list-style-type: none"> -La conservación de biodiversidad es un tema prioritario en la agenda internacional, existen oportunidades de colaboración y financiación -Cumplimiento de compromisos internacionales como CDB, COP, metas Aichi, entre otros. -Injerencia en planes de desarrollo y política. -Convenios internacionales con centros de investigación, universidades y agencias que provean datos o plataformas de análisis. -Innovación y desarrollo de nuevas metodologías -Articulación instituciones SINA -Aumento en fuentes de observación y datos de libre acceso
<p>DEBILIDADES (internas)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Infraestructura insuficiente para el procesamiento y análisis eficiente que requieren las alertas tempranas -Ausencia de una línea base 	<p>AMENAZAS (externas)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Garantizar la continuidad en los recursos para el programa -Falta de registros históricos



<ul style="list-style-type: none"> - Acceso a los datos e incertidumbre de los mismos - Información dispersa, falta de centralización - No se ha establecido el estado de vulnerabilidad del ecosistema, los servicios que presta y los riesgos que representa a nivel nacional 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja predictibilidad de variables como las variables climáticas - Incertidumbre en la captura efectiva de datos, frecuencias efectivas de observación, controles de calidad, etc. - Recepción y acción efectiva de las alertas tempranas por parte de los actores involucrados
--	--

Tabla 3: Análisis DOFA para el Sistema de Alertas Tempranas de pérdidas de Biodiversidad

4.2. Plan de acción

Los objetivos del sistema de alertas por pérdida de biodiversidad son:

OBJETIVOS

- Provisión eficaz en contenido y tiempo para disminuir y evitar las pérdidas de biodiversidad y así reducir o evitar el riesgo al que quedarían expuestos las personas por su pérdida
- Comunicar a las instituciones clave los riesgos por pérdidas de biodiversidad para que tomen acciones concretas que promuevan y garanticen la preservación de la biodiversidad

Para cumplir estos objetivos, y dado el contexto anteriormente mencionado, se presenta el siguiente plan de acción:

Se ha decidido que el sistema se desarrolla en tres fases. Una primera fase en la cual se generan alertas de pérdidas de biodiversidad con la información disponible en todas las escalas. La segunda fase contempla el establecimiento del sistema en el cual se cuentan generen estrategias de articulación interinstitucional para el desarrollo de todos los componentes, recursos técnicos y profesionales para generar una línea de base robusta que permite en la tercera fase análisis pronto de datos, en tiempos muy cortos para la generación de alertas tempranas, su comunicación asertiva y finalmente los escenarios probabilísticos y pronósticos.

En la primera fase, se pueden analizar las tasas de deforestación con base en los mapas de bosque seco, bosques inundables, y una selección inicial de modelos de distribución de especies de interés. Desarrollar metodologías para la construcción de mapas de vulnerabilidad, amenaza y/o riesgo de biodiversidad. Generar canales de comunicación con las entidades que generan registros por pérdida de biodiversidad como tráfico de fauna, cambio de uso del suelo, desertificación, especies invasoras entre otras y centralizar la información. De la misma manera debe revisarse la información que está disponible por agencias como la NASA, ESA, JAXA, que ha venido incrementándose y hacer uso eficiente de los datos para generar información y conocimiento de características de las escalas más generales de la diversidad como paisajes y ecosistemas. Al igual, explorar plataformas



como ESDC o los sistemas de alertas de incendios de NASA en función de mapas generados por el Instituto Humboldt y otras instituciones del SINA.

La creación de un sistema de alertas tempranas de la biodiversidad exige generar una línea base (fase 2) y establecer un sistema de monitoreo el cual permita evaluar tendencias para detectar cambios y generar pronósticos (fase 3). Estas fases, dos y tres, deben ser trabajadas en conjunto con las entidades receptoras y usuarias de la alerta, para así contar con planes de acción efectivos que eviten la pérdida de biodiversidad, y sus servicios.

Finalmente, el Sistema de Alertas Tempranas de Pérdidas de la Biodiversidad debe analizar las tendencias de cambios de la biodiversidad en múltiples niveles, y poder generar escenarios con base a esas tendencias. Las primeras alertas deben centrarse en la información que existe actualmente y evolucionar hacia las siguientes etapas de información teniendo en cuenta herramientas en desarrollo como aplicaciones móviles, nuevos satélites, cámaras trampa, bioacústica, entre otros. También debe establecer la relación entre el riesgo que la población puede enfrentar por la pérdida de la biodiversidad y sus servicios, inicialmente los de regulación desde una mirada integral y sistémica donde se reconocen que acciones locales o puntuales en ciertos ecosistemas tienen efectos a nivel nacional y global.

La generación de escenarios se proyecta a 5 y 10 años para evaluar las tendencias y sus impactos. La longitud de estos periodos permitirá conocer los cambios en periodos de tiempos ecológicos más acorde con la información actual y pueden ajustarse de acuerdo a los resultados de la primera fase. Las metas expuestas a continuación resumen las fases del sistema y los objetivos específicos de cada una de ellas (Tabla 4).

FASES	METAS
1° fase (primeras alertas con datos existentes)	Evaluación de datos disponibles a nivel nacional y global Selección y análisis de datos existentes Análisis temporales para la identificación de tendencias (primeras alertas) Evaluación de aplicaciones móviles o web Comunicación y/o contacto con socios estratégicos, e instituciones encargadas de la respuesta frente a la alerta Definición de indicadores o métricas a diferentes escalas Propuestas y desarrollo de posibles escenarios Comunicación de resultados
2° fase (línea base: dinámica y tendencias de la biodiversidad)	Calibración del modelo Prototipo de aplicaciones web Alertas tempranas con base en los escenarios Desarrollo e implementación de los escenarios Comunicación de resultados
3° fase (pronósticos)	Evaluación de los modelos Actualización de las tendencias Relación: riesgo de la población con pérdida de la biodiversidad Establecimiento y funcionamiento del sistema de alertas Propuesta para la continuidad y sostenibilidad del sistema Comunicación de resultados

Tabla 4: Metas para los tres primeros años del sistema de alertas tempranas.



4.3. Componentes 1 y 2 del sistema de pérdida de biodiversidad

Con base a la información presentada en este documento y teniendo en cuenta los componentes expuestos por Basher (2006) para un sistema de alertas tempranas (Figura 6) se construyeron las Figura 7 y

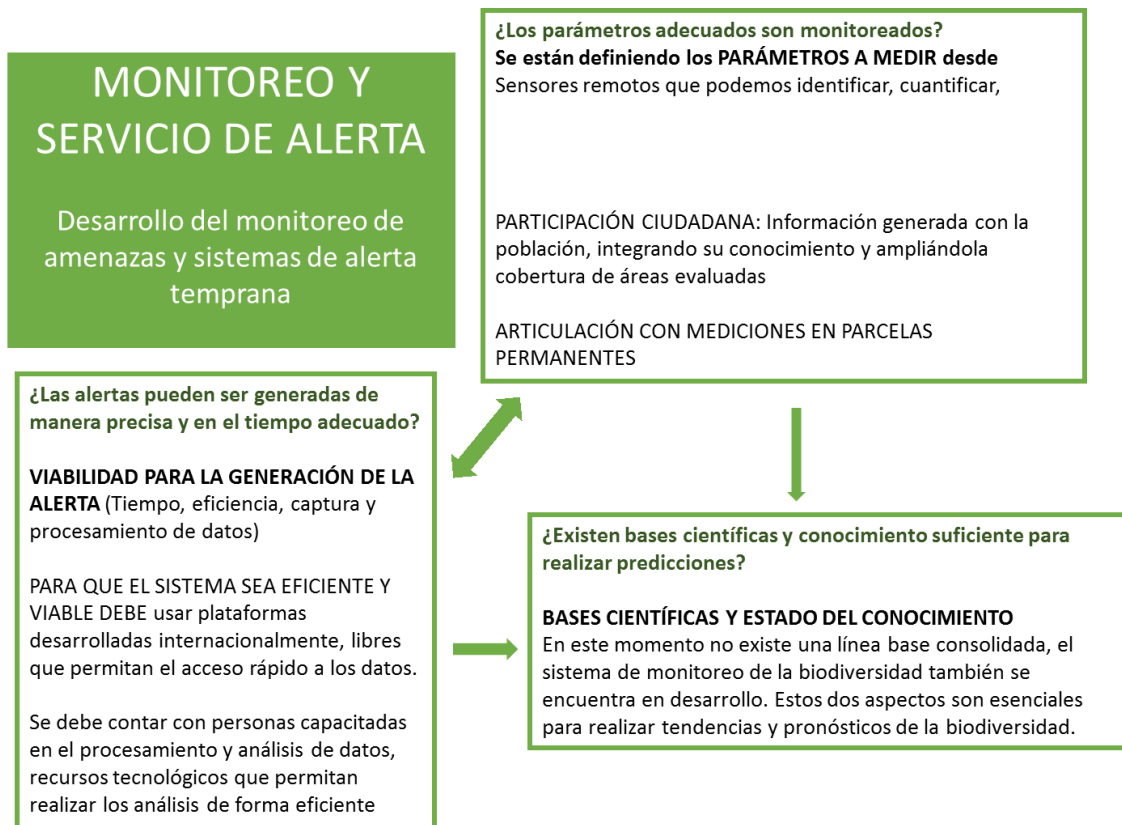


Figura 8 donde se resumen los principales insumos, vacíos y relaciones del conocimiento del riesgo (componente 1) y del monitoreo y servicio de alerta (componente 2). Como se mencionó previamente estos componentes debe ser articulados a las estrategias de Comunicación y Difusión (Componente 3) y a programas y acciones con Capacidad de Respuesta (Componente 4) para que el sistema funcione en su totalidad.





Figura 6: Componentes del sistema de alertas tempranas (Tomado de Basher 2006).

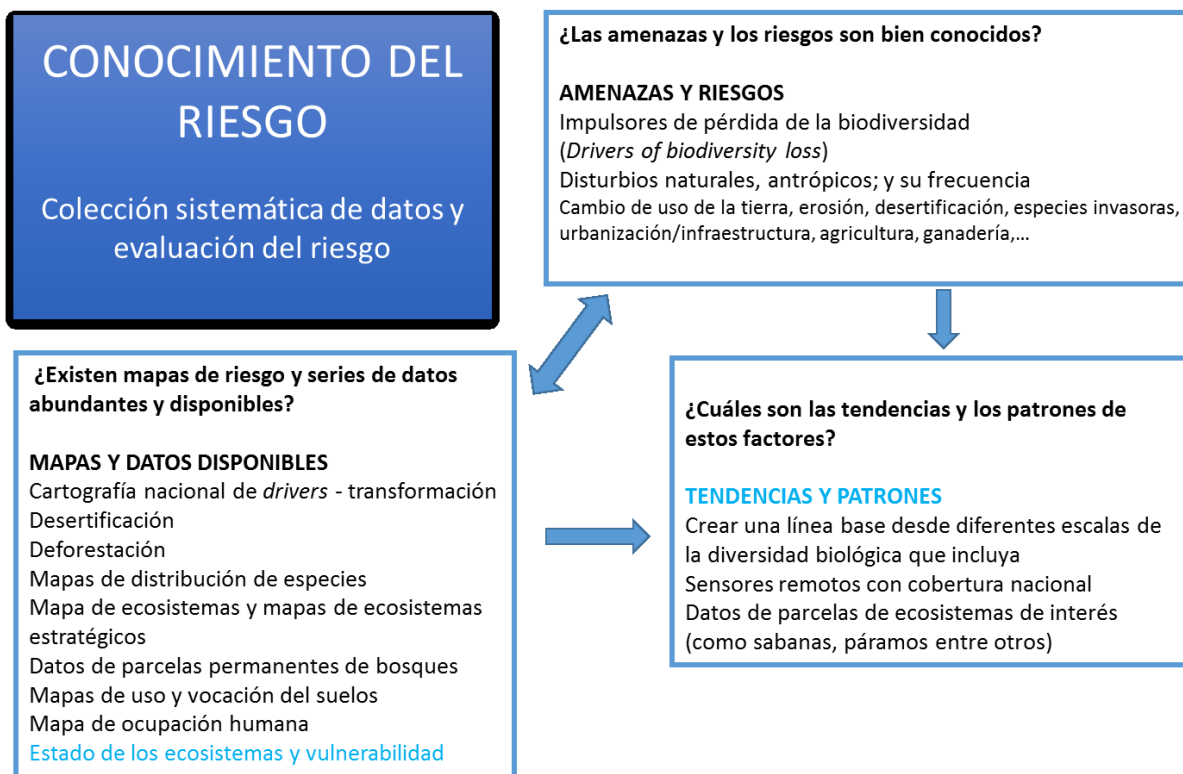


Figura 7: Componente 1 del sistema de alertas de biodiversidad. Modificado de Basher 2006.



Los componentes 1 y 2 del sistema corresponden al desarrollo de la fase 2 y 3 del sistema.

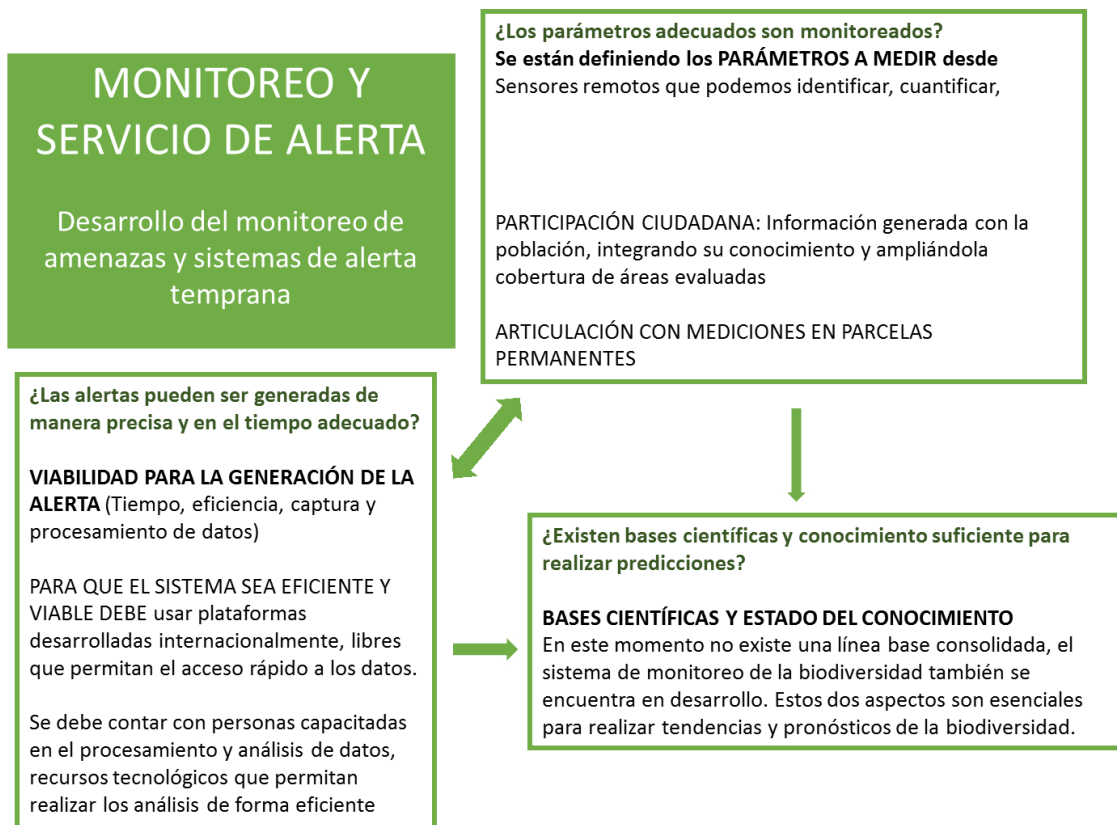


Figura 8: Componente 2 del sistema de alertas de pérdidas de biodiversidad. Modificado de Basher 2006.

4.4. Socios estratégicos

De acuerdo a los componentes del sistema de alertas tempranas se presentan los socios estratégicos.

CONOCIMIENTO DEL RIESGO (obtención de datos)	MONITOREO Y SERVICIO DE ALERTA (análisis y generación de la alerta)	COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN, CAPACIDAD DE RESPUESTA (respuesta y ejecución)
SINA Comunidades locales (ciencia participativa) Agencias espaciales Red de parcelas Universidades	Universidades Institutos de investigación nacionales e internacionales Redes internacionales de estudios de biodiversidad Redes de comunicación	MADS Autoridades locales; alcaldías, gobernación Comunidad local, ONG locales, fundaciones, etc. CAR



		DNP ANLA
--	--	-------------

Tabla 5: Socios estratégicos en diferentes componentes del sistema de alertas tempranas.

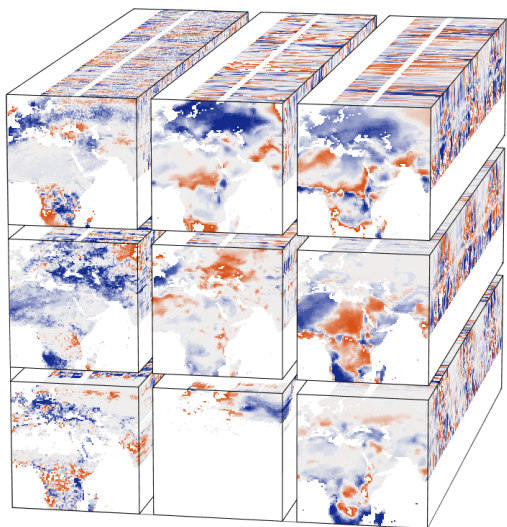


5. Anexo: Plataformas y datos disponibles para los análisis de alertas tempranas

A continuación se introduce brevemente diferentes metodologías y estrategias teniendo en cuenta los diferentes niveles de un sistema de alertas de pérdida de biodiversidad.

5.1. Biósfera/atmósfera

La relación entre la biósfera y la atmósfera, sus componentes, propiedades, y flujos corresponden a las escalas más generales en el estudio de la biodiversidad. Diferentes mediciones están siendo realizadas con sensores remotos las cuales van en aumento con los satélites



programados y que serán en gran medida de libre acceso. La continuidad de estos datos permite establecer el monitoreo de ciertas variables que pueden informar acerca de la funcionalidad del ecosistema. Actualmente, se está desarrollando una plataforma internacional llamada Earth System Data Cube (ESDC) apoyada por la Agencia Espacial Europea (ESA) y que busca facilitar el acceso a variables con importancia ecológica derivadas de sensores remotos de libre acceso. Su objetivo es ensamblar variables de condiciones atmosféricas, clima, biosfera terrestre, hidrosfera terrestre, flujos superficie-atmósfera y otras que permitan la detección de cambios con origen antrópico¹⁶.

Variables que han sido consideradas dentro del ESDC y el Laboratorio Virtual Biósfera-Atmósfera son Albedo, áreas quemadas, humedad de suelo, emisiones de carbono y materia seca, evapotranspiración, focos de incendios, productividad primaria neta, temperatura de la superficie terrestre, calor latente, calor sensible, deshielo, ozono, vapor, radiación, población, emisión de luz en la noche, inundación, entre muchas otras. Estos datos permiten observar los sistemas de una manera dinámica y complementar los mapas de coberturas de la Tierra desde una perspectiva más funcional. Además gracias a su sistematización se permite la detección de eventos extremos los cuales pueden estar relacionados con fuertes periodos de sequía, lluvia, inundaciones, cambios de uso de la Tierra.

5.2. Sensores para la biodiversidad

Las observaciones generadas a partir de sensores remotos, imágenes, brindan una perspectiva diferente de la Tierra, los ecosistemas y la biodiversidad. Según las características de los diferentes sensores se pueden generar algunos atributos de la biodiversidad como estructura, composición y funcionamiento dentro de parámetros determinados por la resolución temporal, espacial, radiométrica y espectral, este último para sensores ópticos. Es importante definir el tipo de

¹⁶ <http://earthsystemdatacube.net/idea/>



información que se puede generar con sensores en el contexto de la biodiversidad, la escala, cobertura y periodicidad de los datos para así definir su alcance.

Por ejemplo, sensores remotos de plataformas satelitales pueden generar información diaria global a escalas espaciales pequeñas (MODIS, SPOT 4, Terra, Sentinel 3), su acceso usualmente es libre mediante plataformas web. Otros como Landsat tienen una periodicidad de 16 días mientras que la revisita de Sentinel 2 varía de acuerdo a la zona, los dos son sensores ópticos, con un tamaño de pixel de 30 m y 20 m respectivamente. Los sensores de radar también se están haciendo disponibles sin costo como es el caso de Sentinel 1 (banda-C) o las imágenes de ALOS PALSAR 1 (banda-L) liberadas en 2016, también productos derivados como el mapa de presencia humana a partir de imágenes TerraSAR-X y TanDEM-X.

Por otro lado imágenes con alta resolución espacial están asociadas a altos niveles de detalle y costos. Un ejemplo son las imágenes satelitales de Rapideye, Quickbird, Worldview, IKONOS, entre otras. Esta información genera una buena separación de objetos y delineación de los mismos. El radar permite la detección de láminas de agua incluso debajo del dosel con la banda-L gracias a su capacidad de penetrar ciertos objetos, mientras que con la banda C se puede evaluar degradación y tala selectiva ya que la onda queda en este estrato. Las imágenes generadas en sobrevuelos como LiDAR permiten determinar características estructurales como altura del dosel, y en algunos casos de bosques homogéneos en zonas templadas el conteo de individuos. Las imágenes hiperespectrales brindan información acerca de procesos fisiológicos (contenido de agua, nitrógeno, carbono, enfermedades) brindando características funcionales del hábitat y en algunos casos haciendo posible la diferenciación entre especies.

Internacionalmente se cuentan con iniciativas para desarrollar satélites hiperespectrales que tengan como objetivo el estudio biodiversidad como EnMap (Misión de espectrometría espacial alemana), HISUI de JAXA¹⁷ y HypSIRI de NASA (Jetz et al. 2016). Procesos ecosistémicos se asocian con la biodiversidad funcional de las plantas, es decir con su química, fisiología y estructura que a su vez se relacionan con la captura y ubicación de recursos. Otros procesos relacionados con la función de los ecosistemas es el intercambio entre la biosfera y la atmósfera, los flujos de materia y energía y ciclos biogeoquímicos.

Lo anterior demuestra el aumento en las observaciones que se están generando y el fácil acceso a las mismas, no obstante estos datos deben ser analizados y se les debe dar un significado de biodiversidad. Geller y colaboradores (2016) explica como los sensores son un proxy de los procesos y la composición de la superficie, y como algunas “situaciones relevantes” para la biodiversidad pueden ser medidas y “correlacionarse con lo que se puede observar”. Adicionalmente se evalúa como complementar la información de campo con las observaciones derivadas de los sensores. El construir esta relación requiere una aproximación multiescalar, donde un componente genera información a escala temporal espacial de procesos ecológicos que pueden ser evaluados a escalas más generales o detalladas o pueden asociarse a otros procesos.

En este estudio también se resalta el uso de series de tiempo generados a partir de sensores remotos para el monitoreo, desde escalas globales y locales, detección de cambios y tendencias que brindan

PUBLISHED: 2 MARCH 2016 | ARTICLE NUMBER: 16024 | DOI: 10.1002/nplants.2016.24
[comment](#)

Monitoring plant functional diversity from space

The world's ecosystems are losing biodiversity fast. A satellite mission designed to track changes in plant functional diversity around the globe could deepen our understanding of the pace and consequences of this change, and how to manage it.

Walter Jetz, Jeannine Cavender-Bares, Ryan Pavlick, David Schimel, Frank W. Davis, Gregory P. Asner, Robert Guralnick, Jens Kattge, Andrew M. Latimer, Paul Moorcroft, Michael E. Schaepman, Mark P. Schildhauer, Fabian D. Schneider, Franziska Schrodt, Ulrike Stahl and Susan L. Ustin

¹⁷ Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial



herramientas para realizar modelos y proyecciones, y la generación de alertas tempranas de cambio para actuar en el tiempo adecuado, no solamente cuando ocurren cambios drásticos (ej. Cambios de cobertura) sino tasas de cambio detectadas gracias a la frecuencia y continuidad de los datos. En 2015, Skidmore y colaboradores publicaron una propuesta de 10 variables de biodiversidad que se pueden medir con sensores, algunas tienen cobertura global y pueden ser capturadas en largos periodos de tiempo. Se agrupan en cuatro clases como se muestra en la

POBLACIONES, ESPECIES	RASGOS DE LAS ESPECIES	CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURA DE LOS ECOSISTEMAS	CARACTERÍSTICAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS
- Presencia de especies	-Rangos de las plantas (tales como área específica de la hoja y contenido de nitrógeno)	-Distribución de ecosistemas -Fragmentación y heterogeneidad -Coberturas de la Tierra -Altura de la vegetación	-Presencia de fuego -Fenología (variación) -Productividad primaria e índice de área foliar -Inundación

Tabla 6.

POBLACIONES, ESPECIES	RASGOS DE LAS ESPECIES	CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURA DE LOS ECOSISTEMAS	CARACTERÍSTICAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS
- Presencia de especies	-Rangos de las plantas (tales como área específica de la hoja y contenido de nitrógeno)	-Distribución de ecosistemas -Fragmentación y heterogeneidad -Coberturas de la Tierra -Altura de la vegetación	-Presencia de fuego -Fenología (variación) -Productividad primaria e índice de área foliar -Inundación

Tabla 6: Variables de biodiversidad que se pueden medir desde sensores remotos (Tomado de Skidmore et al. 2015)

En este sentido, nacional y globalmente se tiene información que brinda lineamientos para una primera aproximación o puede ser tomada como línea base. A continuación se muestran algunas de las fuentes que pueden ser usadas en este contexto. En el primer caso, presencia de especies, el programa de Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad ha desarrollado durante varios años BioModelos¹⁸, una aplicación de consulta y validación de modelos de distribución de especies en Colombia. En este momento se cuenta con un total de 5.786 especies modeladas siendo en su mayoría plantas, el próximo año se contará con la versión 2.0. Biomodelos permite la comunicación entre expertos para identificar ocurrencias de sobre o subpredicción y reportar inconsistencia en los datos para así ajustar los modelos de distribución con el fin de aumentar su precisión.

En el segundo grupo están los rasgos de las especies, información de este tipo ha comenzado a generarse hace poco, su principio es que el ambiente filtra los rasgos de las especies, tiene su origen en la ecología de comunidades (McGill et al. 2016), es un campo en desarrollo que está permeando diferentes escalas de estudio. Es así como, Yang y colaboradores (2015) propone introducir rasgos funcionales de plantas (FP) en remplazo de los tipos funcionales de plantas (PFT) como variable o insumo en los modelos globales de dinámica de vegetación resaltando que los rasgos funcionales (ej. Forma de crecimiento, tipo de vida, altura de la planta, área foliar específica, contenido de materia seca, concentración de N y P, entre otros) permiten tener una mejor comprensión del funcionamiento de los ecosistemas, su respuesta al clima, concentraciones de CO2 y disturbios. Estos estudios se realizan normalmente a escala local y buscan establecer la relación entre ciertos rasgos de las especies con características del ecosistema, actualmente se están investigando metodologías que permitan una generalización a escalas menos detalladas.

¹⁸ <http://biomodelos.humboldt.org.co/>



El grupo de estructura del ecosistema cuentan con el mayor número de información. En relación a la distribución de ecosistemas, Colombia en cabeza del IDEAM generó el mapa de ecosistemas a escala 1:100.000 en 2015 y a nivel global se cuenta con el mapa de unidades ecológicas de la Tierra (Sayre et al 2014). Igualmente, se cuenta con un mapa Nacional de coberturas de la Tierra que sigue la metodología Corine Land Cover con una leyenda adaptada para Colombia, la última versión es 2011 aunque para la amazonia colombiana se cuentan con mapas para 2012, 2014 y próximamente 2016 a cargo del SINCHI. La estimación de la altura de la vegetación a través de sensores remotos generalmente se deriva de datos LiDAR, de radar o drones. Simard y colaboradores (2011) elaboraron un mapa global de la altura del dosel de los árboles a través del modelamiento de los datos de GLAS y su alta correlación con otros mapas de mayor cobertura global como tipo de bosque, cobertura, elevación y clima.

Finalmente, las variables de funcionamiento y ecosistemas cuentan con varios productos internacionales. NASA cuenta con una plataforma de detección de incendios gracias al análisis de imágenes MODIS llamada FIRMS¹⁹ y que proporciona información de las 24, 48, 72 horas anteriores además cuentan con opciones de búsqueda en periodos específicos de tiempo. IDEAM también ha desarrollado un sistema de detección de incendios teniendo en cuenta diferentes variables como se mencionó previamente. Los estudios de fenología se han centrado en gran medida en el análisis de índices de vegetación como NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) o EVI (Enhanced Vegetation Index) que pueden ser calculados por imágenes de libre acceso como SPOT VEGETATION, MODIS o Landsat. Mediciones de la productividad primaria neta (PNN) también se pueden obtener de los productos MODIS, a 1km de pixel, al igual que datos del índice del área foliar. Información de inundación a nivel nacional continental se produjo con imágenes ALOS PALSAR I (2007-2001) a 50 m y 100 m pixel, este mapa muestra inundación abierta y bajo dosel, y su frecuencia.

5.3. Monitoreo y seguimiento en parcelas permanentes

Varios esfuerzos de monitoreo se han enfocado en el monitoreo de parcelas permanentes para evaluar cambios de composición, estructura, función, de los ecosistemas y en la especies desde el nivel de poblaciones, individuos y genes. En Colombia, estas parcelas están principalmente ubicadas en bosques (seco, o húmedo tropical), su tamaño y densidad varía siendo dominantes en los Andes. La mayoría son trabajadas de manera colaborativa entre institutos de investigación nacionales e internacionales y la academia.

No obstante el acceso a los datos no es abierto, tiene restricciones de uso, o presenta demoras debido al tiempo que tardan en ser analizados y publicados los datos. La información de parcelas permanentes actualmente no permite generar alertas tempranas, pero prospectivamente se deben generar estrategias para incluir este tipo de información.

5.4. Ciencia participativa (citizen science)

Como se ha mencionado la información disponible de biodiversidad es limitada, muchas veces heterogénea y dispersa. A escala local uno de los componentes más prometedores y en desarrollo es "Citizen science" o "Ciencia participativa" para involucrar a las comunidades en estudios de biodiversidad y ecosistemas así como en procesos de la Tierra, mediante actividades de inventario, monitoreo, entre otras. Lo anterior también fortalece la articulación entre estrategias de conservación y uso de los habitantes con los ecosistemas. Una de las líneas de la ciencia participativa busca que los ciudadanos (habitante rurales o urbanos) puedan tomar datos de una forma sistemática,

¹⁹ <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/firemap/>



estandarizada, y comparable, complementaria a los investigadores y profesionales logrando un mayor volumen de observaciones y cobertura a nivel global, es decir a escalas espaciales y temporales más detalladas (Chandler et al. 2016).

En un sistema de alertas tempranas de biodiversidad el desarrollo de una estrategia de “ciencia participativa” permitiría tener información en tiempo casi real y generar alertas de eventos bióticos o abióticos que puedan amenazar especies o ecosistemas. Un ejemplo de variables abióticas es el monitoreo de variables hidrológicas relacionadas con calidad del agua, flujos y niveles. En este sentido se cuentan con programas como WeSenseIt (<http://wesenseit.eu/>) del Instituto de Agua de la UNESCO (www.unesco-ihe.org). Este programa tiene como objetivo involucrar la participación de ciudadanos a través de aplicaciones disponibles para dispositivos móviles como celulares o tabletas, y equipos o sensores de variables físicas compatibles con los equipos móviles que tienen la capacidad de registrar coordenadas. Adicionalmente la interacción con los ciudadanos se hace a través de redes sociales.

Este programa permite complementar la información de redes de monitoreo tradicionales. Ha sido probado en tres cuencas con diferentes condiciones biofísicas y sociales de Europa y está siendo implementado en cuatro áreas de África. Además busca tener implicaciones entre la relación del hombre con el ambiente, eventos de inundación y sequía, todos factores determinantes en el estudio de regímenes de disturbio, naturales o antrópicos, con implicaciones en procesos ecológicos. Hace parte del programa *New H2020 citizen science Project ‘Ground Truth 2.0’*²⁰, observaciones sostenibles para un manejo inteligente de los recursos en áreas urbanas y rurales con un enfoque en fauna flora, disponibilidad y calidad del agua.

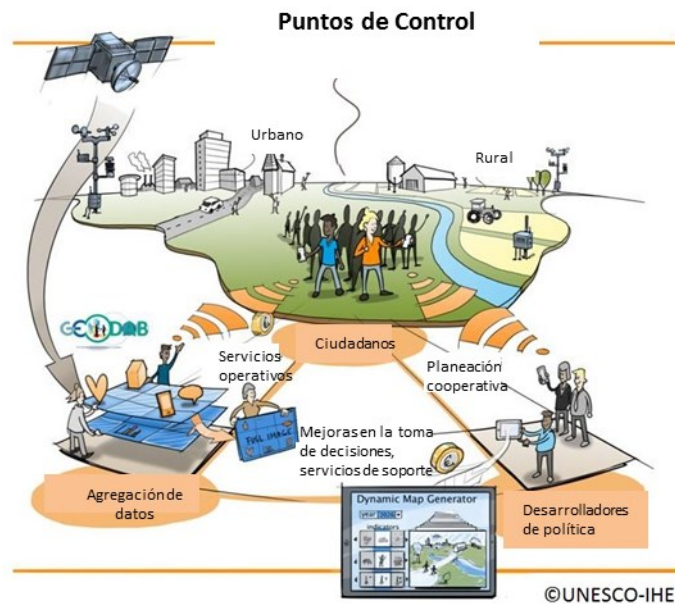


Figura 9: Ejemplo de los componentes de un sistema de participación ciudadana. Tomado de UNESCO-IHE²¹.

²⁰<https://www.unesco-ihe.org/news/new-h2020-citizen-science-project-%E2%80%99ground-truth-20%E2%80%99>

²¹<https://www.unesco-ihe.org/news/new-h2020-citizen-science-project-%E2%80%99ground-truth-20%E2%80%99>



La mayoría de programas de Ciencia Participativa de biodiversidad están orientados a capturar registros de ubicación y especies a través del tiempo con el fin de monitorear tendencias poblacionales y la dinámica de rangos geográficos. Chandler et al (2016) presenta una revisión de estas iniciativas en el marco de las variables esenciales de la biodiversidad organizada por clases de composición genética, especies y poblaciones, y rasgos de las especies, como ejemplo se muestran los proyectos de la clase especies y poblaciones y de la variable distribución de especies en la

EBV CLASS	CANIDATE EBV	DESCRIPCIÓN	PROYECTO/ NOMBRE BASE DE DATOS	PÁGINA WEB	PAÍS
Especies y poblaciones	Distribución de especies	Estudios de presencia de especies fáciles de monitorear, sobre una gran extensión de lugares representativos geográficamente. Rol potencial para datos procedentes de cualquier ubicación	iNaturalist	http://www.inaturalist.org/	World
			iSpot	http://www.ispot.org.uk/	World
			Observado	http://www.observado.org/	World
			eBird	http://ebird.org/	World
			eMammal	http://eMammal.org	World
			The Great SunFlower Project	http://www.greatsunflower.org/	US
			Breeding Bird Survey	http://bto.org/bbs/index.htm/	UK
			French Common Bat Monitoring	http://mnhn.fr/vigie-nature/	France
			Pan European Common Bird Monitoring	http://ebcc.info/pecbm.html/	Europe
			FrogWatch USA	http://www.nwf.org/frogwatchUSA/	USA
			Ontario Turtle Tally	http://torontozoo.com/adopttpond/	Canada
			German Butterfly Monitoring	http://science4you.org	Germany
			Spiders Web Watch	http://spiderwebwatch.org/	Canada, US
			Anglers Monitoring Initiative	http://riverflies.org/	UK
			Great Lake Worm Watch /	http://nrri.umn.edu/worms	US
			Plant Watch	http://www.naturewatch.ca/	Canada
BioDiversity4All	http://www.biodiversity4all.org/	Portugal			
Coral Watch	http://www.coralwatch.org/	World			

Tabla 7. Este estudio también resalta la importancia de tener un balance entre el grupo de personas que toma los datos y los usuarios de los datos al momento de desarrollar las estrategias. Estas iniciativas trabajan en red con otras instituciones como museos, organizaciones comunitarias, administraciones municipales, y en algunos casos se promueve como actividad de recreo (hobby) ampliando el público al que va dirigido.

EBV CLASS	CANIDATE EBV	DESCRIPCIÓN	PROYECTO/ NOMBRE BASE DE DATOS	PÁGINA WEB	PAÍS
			iNaturalist	http://www.inaturalist.org/	World



Especies y poblaciones	Distribución de especies	Estudios de presencia de especies fáciles de monitorear, sobre una gran extensión de lugares representativos geográficamente. Rol potencial para datos procedentes de cualquier ubicación	iSpot	http://www.ispot.org.uk/	World
			Observado	http://www.observado.org/	World
			eBird	http://ebird.org/	World
			eMammal	http://eMammal.org	World
			The Great SunFlower Project	http://www.greatsunflower.org/	US
			Breeding Bird Survey	http://bto.org/bbs/index.htm/	UK
			French Common Bat Monitoring	http://mnhn.fr/vigie-nature/	France
			Pan European Common Bird Monitoring	http://ebcc.info/pecbm.html/	Europe
			FrogWatch USA	http://www.nwf.org/frogwatchUSA/	USA
			Ontario Turtle Tally	http://torontozoo.com/adoptpond/	Canada
			German Butterfly Monitoring	http://science4you.org	Germany
			Spiders Web Watch	http://spiderwebwatch.org/	Canada, US
			Anglers Monitoring Initiative	http://riverflies.org/	UK
			Great Lake Worm Watch /	http://nrri.umn.edu/worms	US
			Plant Watch	http://www.naturewatch.ca/	Canada
			BioDiversity4All	http://www.biodiversity4all.org/	Portugal
Coral Watch	http://www.coralwatch.org/	World			

Tabla 7: Contribución potencial de proyectos de Ciencia participativa a variables (candidatas) esenciales de biodiversidad. Tomada de Chandler et al. (2016).

Una de las mayores amenazas de biodiversidad son las especies invasoras o especies exóticas. Una pronta detección de su distribución y expansión servirá para tomar acciones para su control. En este sentido se han desarrollado plataformas o aplicaciones que involucren a la comunidad y permitan una pronta identificación y distribución de dichas especies. Algunos ejemplos son RINSE²² por sus siglas en inglés Reducing the Impact of Non-Native Species in Europe y EDDMapS²³ o Early Detection and Distribution Mapping System de Estados Unidos.

RINSE desarrolló la aplicación “That’s Invasive” que permite identificar, fotografiar y registrar 35 especies no nativas en Europa. Las fotografías son georreferenciadas por el observador desde su celular y posteriormente son verificadas por expertos. Se busca una mayor audiencia y participación con el ánimo de incrementar el número de registros, identificar o prevenir nuevas áreas de expansión e implementar programas de control a escalas regionales.

Asimismo, EDDMapS ofrece una plataforma web para verificar en tiempo real la presencia de especies invasoras, mapas de distribución a nivel nacional o regional, herramientas de detección pero lo más importante es que permite documentar y registrar la presencia de dichas especies. Es decir que combina observaciones de voluntarios con otras bases de datos, los resultados son

²² <http://www.rinse-europe.eu/smartphone-apps>

²³ <https://www.eddmaps.org/>



compartidos con educadores, gestores ambientales, conservacionistas entre otros, logrando una mejor comprensión de la presencia y distribución de estas especies.

5.5. Delitos ambientales

La centralización de información de delitos ambientales relacionados con el tráfico de especies y su referenciación geográfica, serviría para alertar cuales son los focos detectados por entidades de regulación e identificar especies y ecosistemas potenciales que puedan estar en riesgo. Uno de los delitos ambientales con mayor incidencia es el tráfico ilegal de especies, el cual ocupa el tercer puesto a nivel internacional después del tráfico de armas y en el narcotráfico respectivamente.

En escenarios de postconflicto, la lucha contra los delitos ambientales puede convertirse en un tema prioritario para las entidades encargadas. Brindar análisis de la información puede dar lineamientos y apoyar la toma de decisiones para priorizar y proteger áreas de interés. Colombia cuenta con una plataforma virtual llamada Conserva²⁴ a través de la cual personas e instituciones crean una red para proteger la fauna y flora silvestre, los recursos hídricos, el aire o suelo. Primero, los usuarios deben crear una cuenta y así estarán habilitados para generar reportes y denunciar daños contra el ambiente, acompañados de fotografías y otros datos como la ubicación. Estos reportes son transmitidos a las entidades ambientales o autoridades encargadas con el fin de que puedan reaccionar de una manera más rápida.

²⁴ <http://www.conserva.co/>



6. Bibliografía

Bailey R.G .1996. Ecosystem Geography. Springer-Verlag, New York, NY. 251p.

Basher, R. 2006. Global early warnings systems for natural hazards: systematic and people-centred. Phil. Trans. R. Soc. A (2006) 364, 2167–2182.

Bland, L.M., Keith, D.A., Miller, R.M., Murray, N.J. and Rodríguez, J.P. (eds.) (2016). Guidelines for the application of IUCN Red List of Ecosystems Categories and Criteria, Version 1.0. Gland, Switzerland: IUCN. ix + 94pp.

Chandler M., L. See, C.D. Buesching, J. A. Cousins, C. Gillies, R. W. Kays, C. Newman, H. M. Pereira y Patricia Tiago. Involving Citizen Scientists in Biodiversity Observation. Capítulo 9. En: Walters M. y R.J. Scholes (edt.). 2016. The GEO handbook on Biodiversity Observation Networks. GEOBON. Spinger Open.

Cháves M. E, M. Santamaría, E. Sánchez y C. Sarmiento. 2016. Páramos y humedales. Construcción de insumos técnicos para la gestión integral del territorio y la adaptación al cambio climático en ecosistemas estratégico. Editado por C. E. Sarmiento Pinzón. Bogotá. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2016.

Comer, P., R. Evans, S. Gawler, C. Josse, G. Kittel, S. Menard, M. Pyne, M. Reid, K. Schulz, K. Snow, and J. Teague. 2003. Ecological systems of the United State. En Sayre et al 2013. A Working Classification of U.S. Terrestrial Systems: Arlington, Va., NatureServe, 75 p.

CORPOICA. 2011. Sistema piloto de alertas agroclimáticas tempranas (SAT), para el apoyo a la toma de decisiones de alternativas tecnológicas de manejo para disminuir los efectos de eventos climáticos adversos en la Sabana de Bogotá, Colombia. Taller de integración de los sistemas de alertas tempranas. Bogotá D.C.

Franklin, J. F., K. Cromack, W. Denison, et al. 1981. Ecological characteristics of old-growth Douglas-fir forests. USDA Forest Service General Technical Report PNW- 1 18. Pacific Northwest. Forest and Range Experiment Station, Portland, Oregon.

ISDR. 2004. Terminology: basic terms of disaster risk reduction. International Strategy for Disaster Reduction secretariat, Geneva.

ISDR-PPEW. 2005. Basic of early warning. What's early warning. Platform for the promotion of early warning. <http://www.unisdr.org/2006/ppew/whats-ew/basics-ew.htm>. Consultada en 2016.

Kelsey, N. 2011. Tropical ecology assessment & monitoring network: an early warning system for biodiversity. TEAM Network Conservation International. <http://www.teamnetwork.org/files/news/brochure.pdf>

Geller G.N., P.N. Halpin, B. Helmuth, E.L. Hestir, A. Skidmore, M. J. Abrams, N. Aguirre, M. Blair, E. Botha, M. Colloff, T. Dawson, J. Franklin, N. Horning, C. James, W. Magnusson, M. J. Santos, Steven R. Schill and Kristen Williams. Remote Sensing for Biodiversity. . Capítulo 8. En: Walters M. y R.J.



Scholes (edt.). 2016. The GEO handbook on Biodiversity Observation Networks. GEOBON. Springer Open.

Hobbs, R.J. y K. N. Suding (edt). 2009. New Models for Ecosystem Dynamics and Restoration. Island Press, Washington D.C. 366pp ISBN: 978-1-5972-6185-2

Jetz W., J. MacPherson, and R.P. Guralnick RP 2011. Integrating biodiversity distribution knowledge: toward a global map of life. *Trends Ecol Evol* 27: 151–59.

Jetz, W., J. Cavender-Bars, R. Pavlick, D. Schimel, F. W. Davis, G.P. Asner, R. Guralnick, J. Kattge, A.M. Latimer, P.Moorcroft, M.E. Schaepman, M.P. Schildhauer, F.D. Schneider, F. Schrodte, U. Stahl and S.L. Ustin. 2016. Monitoring plant functional diversity from space. *Nature plants*. Vol. 2. March 2016. p. 1-50. DOI: 10.1038/NPLANTS.2016.24

Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*. Vol.4 . No. 4:355-364

MA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis. World Resources Institute. Washington, D.C.

Martín-López B., González J.A. y S. Vilardy. 2012. Ciencias de la Sostenibilidad. Guía docente. Universidad de Magdalena, Instituto Humboldt y Universidad Autónoma de Madrid.

McGill B.J., B.J. Enquist, E. Weiher et al. 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology & Evolution* 21: 178–185.

Ocharan, J. (2007). Sistemas de Alerta Temprana. Fotografía actual y retos futuros. *Cuadernos Internacionales de Tecnología para el desarrollo humano*.

OTA (Office of Technology Assessment). 1987. Technologies To Maintain Biological Diversity, OTA-F-330 U.S. Congress. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, March.

Rowe, J., y B. Barnes. 1994. Geo-ecosystems and bio-ecosystems. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 75(1)40-41

Rodríguez J.P., D.A. Keith, K.M. Rodríguez-Clark, N.J. Murray, E. Nicholson, Tracey J. Regan, R.M. Miller, E.G. Barrow, L.M. Bland, K. Boe, T.M. Brooks, M.A. Oliveira-Miranda, M. Spalding y P. Wit. 2015. A practical guide to the application of the IUCN Red List of Ecosystems criteria. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 20140003. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0003>

Sayre, R., J. Dangermond, C. Frye, R. Vaughan, P. Aniello, S. Breyer, D. Cribbs, D. Hopkins, R. Nauman, W. Derrenbacher, D. Wright, C. Brown, C. Convis, J. Smith, L. Benson, D. Paco VanSistine, H. Warner, J. Cress, J. Danielson, S. Hamann, T. Cecere, A. Reddy, D. Burton, A. Grosse, D. True, M. Metzger, J. Hartmann, N. Moosdorf, H. Dürr, M. Paganini, P. DeFourmy, O. Arino, S. Maynard, M. Anderson, and P. Comer. 2014. A New Map of Global Ecological Land Units — An Ecophysiological Stratification Approach. Washington,DC: Association of American Geographers. 46p.



Schimel, D.S., G.P. Asner, y P. Moorcroft. 2013. Observing changing ecological biodiversity in the Anthropocene. *Front Ecol Environ* 2013; 11(3): 129–137, doi: 10.1890/120111.

Simard M., N. Pinto, J.B. Fisher y A. Baccini. 2011. Mapping forest canopy height globally with spaceborne lidar. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 116. 12p.

Skidmore A., N. Pettorelli, N.C. Coops, G.N. Geller, M. Hansen, R. Lucas, C.A. Múcher, B. O'connor, M. Paganini, H.M. Pereira, M. E. Schaepman, W. Turner, T. Wang y M. Wegmann. 2015. Agree on biodiversity metrics to track from spaceNature, vol 523 403-405.

Yang, Y., Y. Zhu, C. Peng, H. Wnag, y H. Chen. 2015. From plant functional types to plant functional traits: A new paradigm in modelling global vegetation dynamics. *Progress in Physical Geography*. Vol. 39(4) 514–535.

