



WORLD
RESOURCES
INSTITUTE

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDAD PARA LA RESTAURACIÓN DE PAISAJES

*Una herramienta para el monitoreo de los impactos biofísicos
y socioeconómicos de la restauración del paisaje*

RENÉ ZAMORA CRISTALES, DORIBEL HERRADOR, NELSON CUÉLLAR, OSCAR DÍAZ, SUSAN KANDEL, JORGE QUEZADA, SILVIA DE LARIOS, GIOVANNI MOLINA, MADELYN RIVERA, WILFREDO MORÁN-RAMÍREZ, ABNER JIMÉNEZ, EMMA FLORES, MARÍA FRANCO CHUAIRE, LUCIANA GALLARDO LOMELI, WALTER VERGARA

En colaboración con:

PRISMA
Programa Regional de Investigación
sobre Desarrollo y Medio Ambiente



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE

REDD+ Landscape

Implementado por:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

WRI.ORG

AUTORES

René Zamora Cristales, Doribel Herrador,
Nelson Cuéllar, Oscar Díaz, Susan Kandel,
Jorge Quezada, Silvia de Larios, Giovanni
Molina, Madelyn Rivera, Wilfredo Morán
Ramírez, Abner Jiménez, Emma Flores, María
Franco Chuaire, Luciana Gallardo Lomeli y

Walter Vergara

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación fue desarrollada gracias al apoyo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de la República Federal de Alemania a través del proyecto 17_III_82 "Monitoring of forest and landscape restoration at the national and local levels".

Agradecemos también a los revisores del manuscrito, quienes nos brindaron invaluable comentarios y recomendaciones que ayudaron a mejorar y fortalecer los componentes del documento. Entre ellos, Jean Pierre Morales Aymerich de Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE); Marcela Quintero del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Carla Ramírez, de la Organización Mundial para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Gabriela Fuentes del Centro de Estudios Ambientales de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), Rodrigo Mujica del Instituto Forestal de Chile (INFOR) y Felipe Carazo. Por parte de WRI agradecemos la revisión de Carlos Muñoz Piña, Javier Warman de WRI Mexico, Ruth Noguérón, Sabin Ray y Alejandro Schwedhelm.

Este esfuerzo también se desarrolló gracias a la asesoría del equipo de monitoreo dentro de la Iniciativa Global de Restauración en el Departamento de Bosques de WRI, en particular Katie Reyntar, Fred Stolle, Aaron Minnick, Tesfay Woldemariam, Kathleen Buckingham y Sean DeWitt.

Este esfuerzo no hubiera sido posible sin el apoyo del equipo de comunicaciones en WRI, en especial Jaime Reyes de WRI Mexico, quien lideró el diseño, la edición y la impresión, Nadia Peimbert y Will Anderson, por sus valiosos aportes en la preparación del prefacio y en el desarrollo del plan de disseminación del documento.

También nos gustaría agradecer la participación de especialistas de la Agencia de Cooperación Internacional Alemana (GIZ) en El Salvador, Cecilia Vides y Rolando Alberto, el Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador (FIAES), la organización Catholic Relief Services (CRS), el proyecto del Global Environmental Facility (GEF/PNUD-Humedales) y el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud de la Universidad de El Salvador (CENSALUD-UES), quienes formaron parte del grupo de apoyo a la elaboración del ISP.

Agradecemos especialmente el apoyo de Danny Medrano y Rodrigo Barraza, que forman parte del equipo de trabajo del Informe sobre Desarrollo Humano de El Salvador del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) por sus comentarios y aportes a este trabajo. Igualmente agradecemos a Jaime Tobar, por sus comentarios en el tema de suelos; a José Roberto Duarte y a Hernán Romero Chavarría, por sus aportes en el tema del agua.

Con el apoyo de:

Diseño editorial:
Nancy Rojas Corichi
nrojascorichi@gmail.com

Corrección de estilo:
Javier Toscano
tosgue@yahoo.com



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
y Seguridad Nuclear

de la República Federal de Alemania



CCAD

COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO



CONTENIDO

1 Prefacio

3 Resumen ejecutivo

13 Introducción

- 15 Enfoque de monitoreo del paisaje
- 16 El Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes de El Salvador y el Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes

19 Metodología del Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes (ISP)

- 21 Identificación de paisajes prioritarios
- 22 Identificación de actores involucrados en la gestión y monitoreo del paisaje
- 24 Identificación de impactos y definición de metas y línea base
- 24 Identificación de los componentes del índice y proceso de construcción con actores
- 26 Normalización, agregación y ponderación
- 26 Reporte y verificación
- 27 Alcances y limitaciones

29 Método de cálculo de los componentes

- 30 Índice de Calidad del Agua (ICA)
- 30 Índice de Caudales (IQ)
- 31 Índice de Biodiversidad del Paisaje (IBP)
- 34 Índice de Carbono Equivalente (ICO_{2e})
- 35 Índice de Calidad de Suelos (ICS)
- 36 Índice de Jornales Adicionales (ITA)
- 37 Índice de Reducción de Vulnerabilidad (IRV)
- 38 Índice de Gobernanza de Paisajes (IGP)

41 Resultados de la aplicación del ISP a un paisaje de interés en El Salvador: El Imposible-Barra de Santiago- Apaneca-Illamatepe

- 42 Resultados Índice de Calidad del Agua (ICA)
- 42 Índice de Biodiversidad del Paisaje (IBP)
- 42 IBP para el año 2011
- 43 IBP para el año 2017
- 44 Índice de Carbono Equivalente (ICO_{2e})
- 47 Índice de Jornales Adicionales (ITA)
- 48 Índice de Reducción de Vulnerabilidad (IRV)
- 49 Índice de Gobernanza del Paisaje (IGP)
- 50 Agregación del ISP

53 Implicaciones del ISP

- 54 Restauración, impactos e interrelaciones en el paisaje
- 55 Priorización y localización de acciones de restauración
- 56 Restauración, capital social y gobernanza del paisaje

58 Referencias

58 Bibliografía

60 Abreviaturas



PREFACIO

La restauración de tierras degradadas nunca ha sido más urgente e importante, en especial por la creciente evidencia de los impactos del cambio climático tales como incendios, sequías, inundaciones y otros. Los beneficios de la restauración de tierras son muchos y abarcan desde el mejoramiento de la seguridad alimentaria y la protección de fuentes de agua, hasta la provisión de ingreso para las personas y la captura de carbono en suelos y bosques con el fin de disminuir el calentamiento a futuro.

Hay buenas noticias: la restauración de tierras está cobrando impulso a lo largo de América Latina, y 17 países se han comprometido a restaurar 53 millones de hectáreas a través de la Iniciativa 20x20, una plataforma liderada por los países de la región. Varios de ellos han preparado estrategias nacionales de restauración y ya hay recursos públicos y privados que han comenzado a llegar a proyectos específicos.

¿Cómo se puede acelerar este progreso? La medición de los factores importantes para el desarrollo sostenible es clave para permitir que los involucrados puedan gestionar eficazmente la restauración de paisajes. Este reporte muestra cómo lograrlo.

La restauración es más compleja que el simple hecho de plantar árboles. Requiere que los agricultores, los silvicultores, las comunidades rurales, las empresas y las agencias gubernamentales, todos los cuales tienen intereses diferentes, se unan con una visión compartida acerca de cómo restaurar el paisaje. El establecimiento de metas comunes y la medición de los avances facilita la colaboración entre ellos. Esto a su vez puede mejorar las estrategias de planificación e implementación y facilitar inversiones directas en actividades que maximizan los resultados.

El Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes que se presenta en este reporte es una herramienta aplicada en campo para la medición de los impactos de los esfuerzos de restauración. La herramienta ofrece una métrica visual para desplegar indicadores biofísicos y socioeconómicos con el fin de medir la salud de un paisaje. El reporte describe cómo estas métricas se han utilizado para establecer diálogos

entre los diferentes actores, quienes deben colaborar activamente para restaurar tierras degradadas.

Para aplicar la herramienta, el World Resources Institute trabajó directamente con el gobierno de El Salvador, el Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente y la Corporación Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ) para crear el Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes y aplicarlo a un paisaje de 1200 kilómetros cuadrados. El área es el hogar de aproximadamente 300,000 personas e incluye bosques subtropicales en el Parque Nacional El Imposible, áreas de manglares en Barra de Santiago y áreas naturales y paisajes agrícolas en el volcán Illamatepec y sus alrededores.

Este reporte describe cómo el desarrollo de un Índice permitió el diálogo para crear una visión compartida sobre el monitoreo de la restauración, con base en prioridades y valores, así como los planes para utilizar el Índice como medida para asegurar que los diversos actores alcancen sus compromisos.

Comparto la esperanza de los autores de que el Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes pueda actuar como una hoja de ruta para tomadores de decisiones en América Latina y el resto del mundo, conforme diseñan sistemas para medir sus avances. También esperamos que, al mostrar los beneficios de la herramienta en El Salvador, esto pueda inspirar a otros gobiernos, empresas y comunidades a aplicar la guía para impulsar las acciones locales con el fin de restaurar tierras a la velocidad necesaria para intentar frenar el cambio climático y descarbonizar las economías.



Andrew Steer
President
World Resources Institute



RESUMEN EJECUTIVO

Esta publicación presenta un marco metodológico a través de la construcción de un Índice para el monitoreo de los impactos de la restauración a escala de paisaje. El Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes (ISP) es una medida de los impactos biofísicos y socioeconómicos de las acciones de restauración. El Índice reporta una calificación (de 0 a 1) para cada paisaje, la cual depende del grado de cumplimiento de las metas establecidas en planes o estrategias de restauración con respecto a una línea base, y su cálculo puede desglosarse en diferentes componentes biofísicos y socioeconómicos. El Índice fue aplicado en un paisaje prioritario en El Salvador, El Imposible-Barra de Santiago y Apaneca-Illamatepec, y fue implementado a través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Los resultados aquí expuestos representan una oportunidad para la evaluación estratégica de las acciones de restauración.

IDEAS FUNDAMENTALES

- La restauración de paisajes constituye una oportunidad para revertir la degradación de ecosistemas y promover el desarrollo. Sin embargo, es necesario el establecimiento de sistemas de monitoreo, reporte y verificación que permitan evaluar cambios y establecer correlaciones con las acciones implementadas.
- El monitoreo de los impactos de la restauración es clave para facilitar y mejorar la planificación y promover el manejo adaptativo de paisajes ante el cambio climático en América Latina.
- Los impactos potenciales de la restauración –tales como el incremento en los acervos de carbono, el aumento en la conectividad de bosques, la mejora en la calidad y cantidad de agua y los medios de vida, entre otros– necesitan ser monitoreados de manera costo-efectiva por los gobiernos.
- Este reporte ofrece una metodología para diseñar un Índice de sustentabilidad de paisajes para el monitoreo de los avances de la restauración y muestra un caso específico de aplicación en El Salvador.
- El Índice también constituye una guía para tomadores de decisiones que permite evaluar los avances de la implementación de instrumentos de política en los paisajes.

Los desafíos en el monitoreo del paisaje

La restauración del paisaje involucra la implementación de actividades con diversos impactos sociales, ambientales y económicos que necesitan medirse. A través de la Iniciativa 20x20, 17 países de América Latina han manifestado su ambición de restaurar alrededor de 53 millones de hectáreas en tierras degradadas con el fin de generar impactos positivos en la sustentabilidad de los paisajes. Los gobiernos de la región necesitan monitorear estos impactos con el fin de establecer la correlación entre las actividades implementadas y sus efectos en el paisaje y plantear acciones correctivas en caso de que se necesiten. Dada la complejidad de factores sociales, ambientales y económicos dentro de los paisajes, es necesario el diseño de sistemas que permitan, de manera simple, evaluar y calificar los factores en su conjunto y, a su vez, logren proveer información individual para cada factor.

Esta publicación presenta un marco metodológico a través de la construcción de un Índice para el monitoreo de los impactos de la restauración de paisaje. El Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes (ISP) es una medida de los impactos biofísicos y socioeconómicos de las acciones de restauración. El Índice reporta una calificación (de 0 a 1) para cada paisaje, la cual depende del grado de cumplimiento de las metas establecidas en planes o estrategias de restauración con respecto a una línea base. Dentro del ISP, la calificación 0 (cero), indica la ausencia de progreso mientras que 1 se refiere al logro de las metas propuestas. La calificación es el punto de entrada para determinar el estado en función de las metas, y su cálculo puede desglosarse en diferentes componentes biofísicos y socioeconómicos. El Índice fue aplicado en un paisaje prioritario en El Salvador, El Imposible-Barra de Santiago y Apaneca-Ilamatepec, y fue implementado a través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Los resultados aquí expuestos representan una oportunidad para la evaluación estratégica de las acciones de restauración.



¿Cómo se compone el Índice?

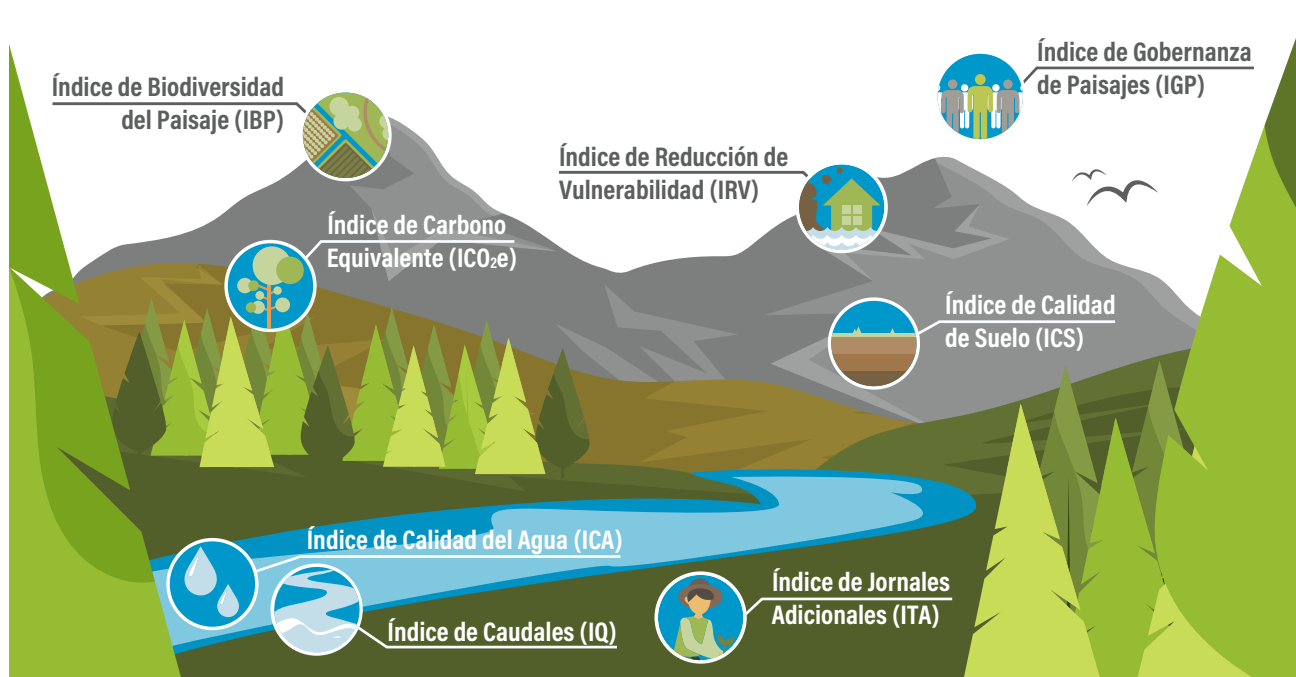
El ISP está compuesto por ocho Índices que permiten monitorear los impactos de la restauración en distintas dimensiones de la mitigación y adaptación al cambio climático:

el Índice de Calidad del Agua (ICA), el Índice de Caudales (IQ), el Índice de Calidad de Suelos (ICS), el Índice de Biodiversidad del Paisaje (IBP), el Índice de Carbono Equivalente (ICO_{2e}), la mejora en los medios de vida de las comunidades rurales medida a través del Índice de Jornales Adicionales (ITA), la reducción de la vulnerabilidad ante el riesgo ambiental medida por el Índice de Reducción de Vulnerabilidad (IRV) y la gobernanza para la gestión de los paisajes que se mide a través del Índice de Gobernanza de Paisajes (IGP). Los componentes aquí presentados pueden variar de acuerdo con las condiciones y la información disponible en cada país. Lo importante es resaltar que la información a utilizar debe recogerse periódicamente, debe hacerse disponible y debe tener una fuente confiable validada por las agencias

de gobierno. Para el caso de El Salvador, se incluyeron los Índices de Caudales y Calidad de Suelos pero aún no se encontraba la información disponible para calcularlos.

El ISP se compone de índices temáticos, que pueden agregarse o no de forma modular, de acuerdo con la información de la que se disponga. En algunos casos, la información disponible está directamente relacionada con las acciones de restauración. Por ejemplo, para el caso de El Salvador, los Índices de Carbono Equivalente y de Jornales Adicionales dan información más directa del impacto de las acciones de restauración realizadas mientras que, para el resto de los Índices (Calidad del Agua, Caudales, Biodiversidad, Suelos, Vulnerabilidad y Gobernanza), la información disponible con respecto a impactos incluye también el efecto de factores externos adicionales a las acciones de restauración. Más adelante se verá que el Índice de Biodiversidad incluye el impacto de las acciones de restauración, pero también el de la regeneración natural que ha ocurrido durante el período de análisis.

Figura ES 1 | Componentes del Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes



Fuente: WRI y PRISMA, 2019.



¿Qué resultados provee?

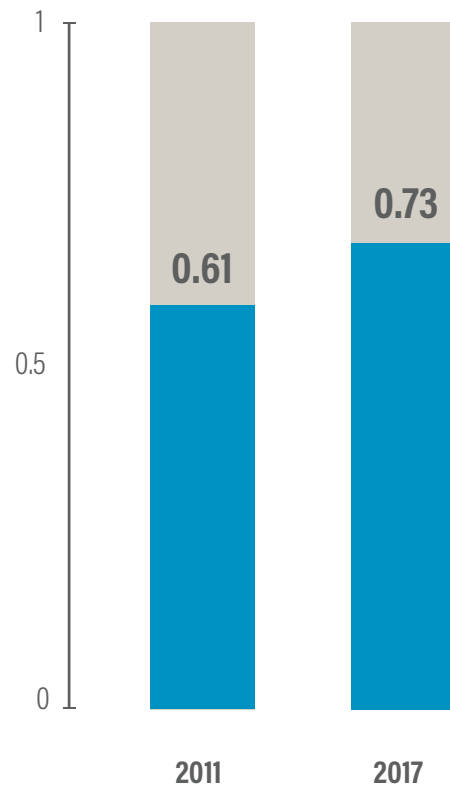
Índice de Calidad del Agua (ICA)

El Índice de Calidad del Agua provee información sobre el grado de contaminación del agua y su capacidad para sostener una alta diversidad de vida acuática en ríos. En el paisaje objetivo de El Salvador, la información se recolectó en estaciones de medición establecidas por el MARN. Los resultados normalizados muestran una calificación de 0.73 (en escala de 0 a 1) para el ICA, en comparación con 0.61 en el 2011 (Figura ES 2).

Figura ES 2 | Resultados del Índice de Calidad del Agua 2011 y 2017



Índice de Calidad del Agua (ICA)



Fuente: WRI y PRISMA, 2019

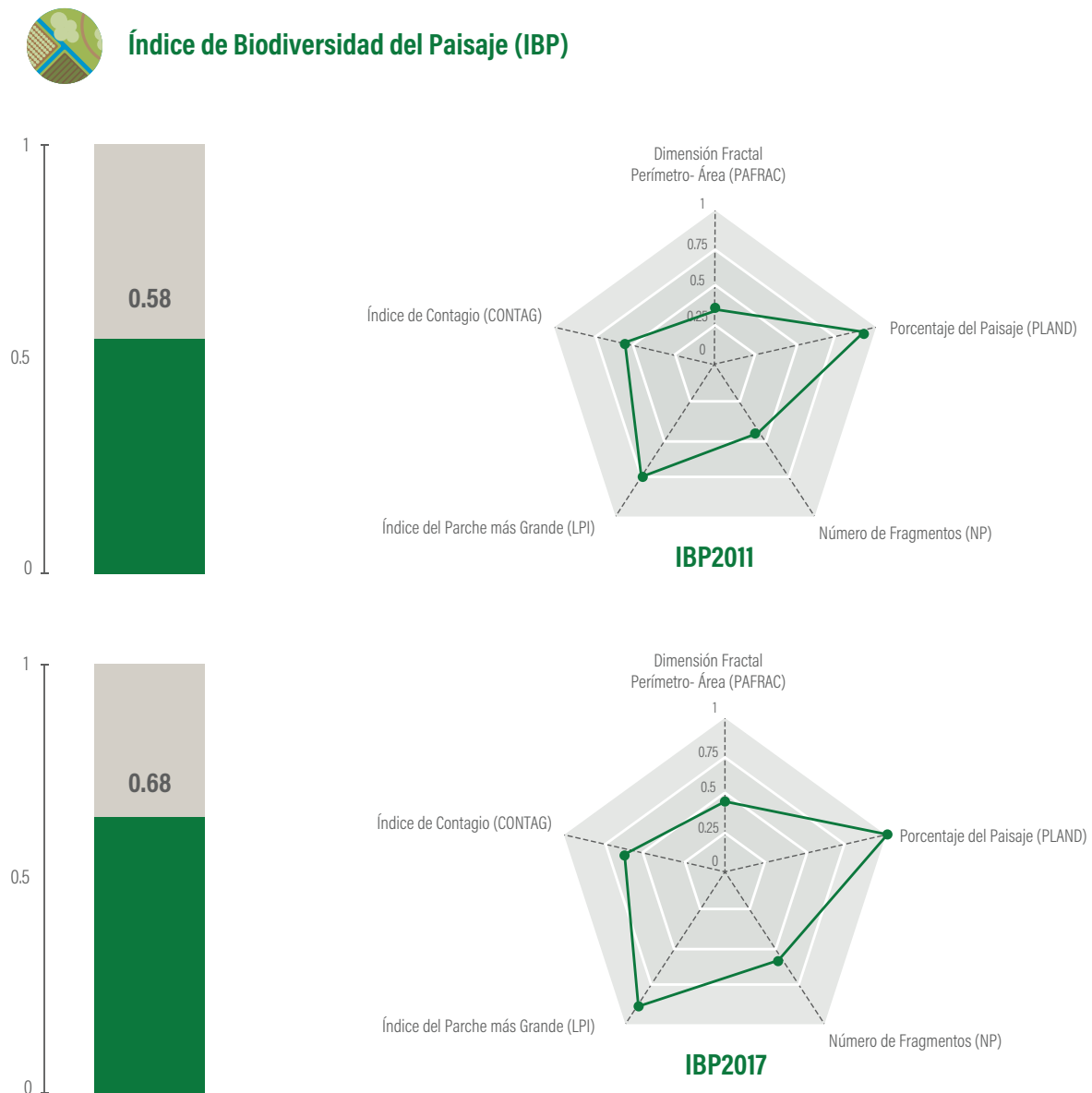


Índice de Biodiversidad del Paisaje (IBP)

El Índice de Biodiversidad del Paisaje mide el grado de conectividad y fragmentación del paisaje. El Índice se compone por cinco parámetros que, en su conjunto, proveen información sobre el número de parches boscosos existentes,

la manera en que están conectados y su nivel de fragmentación. Un IBP máximo de 1 indica que el paisaje posee atributos suficientes para proteger la biodiversidad que alberga y disminuye conforme incrementa el grado de degradación del paisaje. En el paisaje de El Salvador, el IBP pasó de 0.58 en el 2011 a 0.68 en el 2017 (Figura ES 3).

Figura ES 3 | Índice de Biodiversidad del Paisaje



Fuente: WRI y PRISMA, 2019

Índice de Carbono Equivalente (ICO_{2e})

El Índice de Carbono Equivalente (ICO_{2e}) mide el carbono adicional capturado por medio de las acciones de restauración dentro del paisaje. El Índice se obtiene mediante la suma de las áreas por tipo de restauración durante el período de estudio. En El Salvador, para cada tipo de restauración se determinó su contribución anual en carbono y su contribución total hasta el año 2030. Con base en la información disponible, se estimó una ganancia de carbono desde el 2016 de 221,623 t de CO_{2e} que contrastan con el potencial máximo de 2,707,195 t de CO_{2e} que se espera obtener si se implementan todas las actividades de restauración estimadas en el Plan de Acción de Restauración de Ecosistemas y Paisajes de El Salvador en 2030. Este componente mostro un valor de 0.08. (Figura ES 4).

Figura ES 4 | Resultados del Índice de Carbono Equivalente



Índice de Carbono Equivalente (ICO_{2e})



Fuente: WRI y PRISMA, 2019

Índice de Jornales Adicionales (ITA)

El Índice de Jornales Adicionales es una medida que estima los jornales adicionales generados en actividades de restauración, tanto en establecimiento como en mantenimiento. Un jornal equivale a un día de trabajo efectivo. Para el paisaje bajo estudio se determinó que se han generado un total de 2.6 millones de jornales adicionales en el período 2016-2018. El máximo potencial de jornales constituye aquel número que permita el cumplimiento de todas las actividades de restauración expuestas en el Plan de Acción de Restauración de Ecosistemas y Paisajes de El Salvador al año 2030. El Índice reportó un valor de 0.05 (Figura ES 5).

Figura ES 5 | Resultados del Índice de Jornales Adicionales



Índice de Jornales Adicionales (ITA)



Fuente: WRI y PRISMA, 2019

Índice de Reducción de Vulnerabilidad (IRV)

El IRV es una métrica indirecta para estimar la reducción de vulnerabilidad a factores naturales. Éste se calcula a partir de los datos de un Índice más complejo: el Índice de Gestión de Riesgo (INFORM), que se calcula en el MARN y responde a una iniciativa colaborativa global de la Inter-Agency Standing Committee (IASC) y la Comisión Europea. Para el cálculo del IRV se tomó en cuenta únicamente el componente de peligro y exposición en la categoría de riesgos naturales, de donde se toman los valores correspondientes a los indicadores de inundaciones, deslizamientos y sequías, ya que son los factores que potencialmente sufrirían impactos a causa de las acciones de restauración que se realizan. El valor del Índice para este paisaje es 0.36 (Figura ES 6).



Figura ES 6 | Resultados del Índice de Reducción de Vulnerabilidad



Índice de Reducción de Vulnerabilidad (IRV)



Fuente: WRI y PRISMA, 2019



Índice de Gobernanza de Paisajes (IGP)

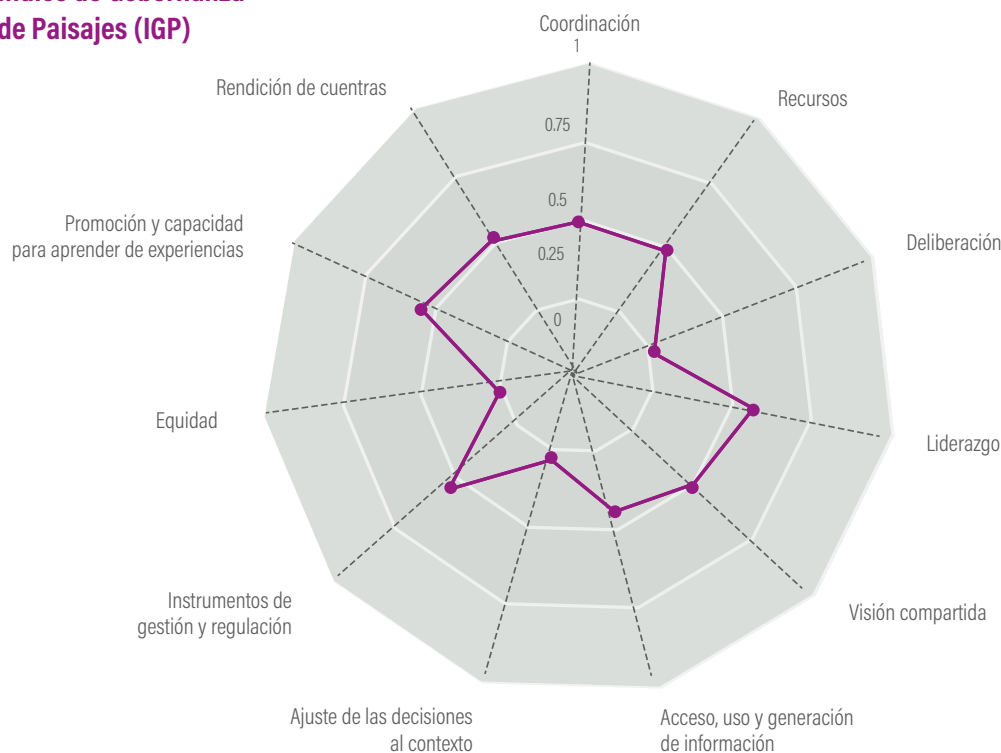
El IGP mide la situación de gobernanza para la gestión de un paisaje determinado. Este índice mide diferentes aspectos de la gobernanza tales como la equidad, el liderazgo, la visión com-

partida, entre otros. El Índice fue calculado mediante encuestas con grupos focales en el paisaje de interés. Mediante la aplicación de la metodología descrita en este reporte se obtuvo un IGP de 0.44 (Figura ES 7).

Figura ES 7 | Resultados del Índice de Gobernanza de Paisajes



Índice de Gobernanza de Paisajes (IGP)



Fuente: WRI y PRISMA, 2019

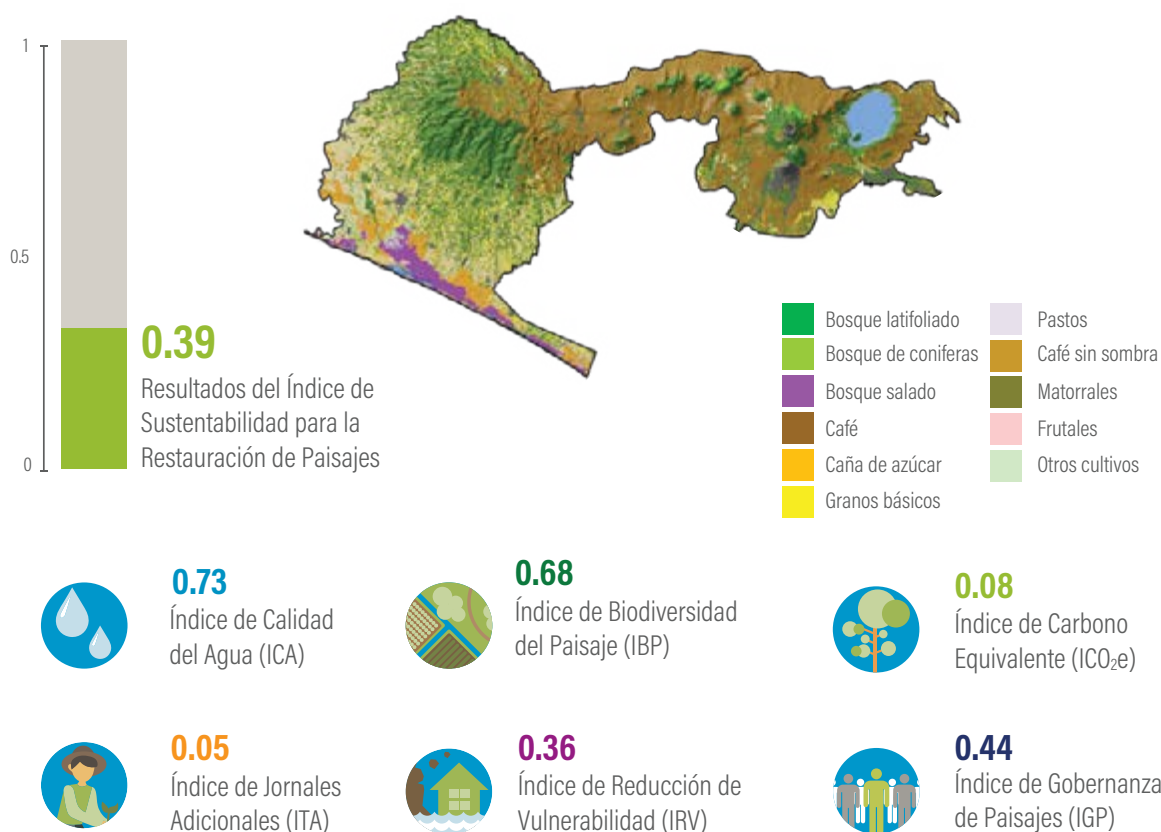
Índice de Sustentabilidad para la Restauración de El Imposible-Barra de Santiago y Apaneca-Ilamatepec

El ISP para el paisaje El Imposible-Barra de Santiago y Apaneca-Ilamatepec en El Salvador reportó un valor de 0.39 para el año 2018 (Figura ES 8). El IBP y el ICA presentan las mejores calificaciones. En el caso del IBP, el resultado está relacionado con la presencia de tres masas forestales importantes como lo son el área natural protegida más importante del país, el área más grande de café bajo sombra y una importante zona de manglar. Por su parte, el ICA reporta mejoras en

casi todos los ríos del país, de los cuales 27% han incrementado su calidad.

El ICO_{2e} y el ITA reflejan más claramente el impacto de las acciones de restauración debido a que los valores incluidos en su cálculo provienen directamente del listado de las acciones de restauración que reporta el MARN. Debido a que dichas acciones se iniciaron recientemente, estos Índices reportan los valores mínimos. El ISP constituye un sistema más amplio de monitoreo, reporte y verificación que informa de los avances del país en términos de mitigación basada en adaptación a escala local y nacional.

Figura ES 8 | Resultados de Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes



Fuente: WRI y PRISMA, 2019

Implicaciones a nivel regional

El ISP tiene el potencial de contribuir a fortalecer los esfuerzos de restauración y la gestión de ecosistemas y paisajes de América Latina. Constituye una herramienta útil para orientar la delimitación de las acciones de restauración a partir de criterios más apropiados para las características y dinámicas socioambientales de los paisajes, a la vez que se promueven esfuerzos que fortalecen el capital social y la gobernanza del paisaje.

El Índice puede aplicarse de manera sencilla y puede integrarse a sistemas más amplios de monitoreo a nivel nacional. Su aplicación ayudará a mejorar los criterios de selección y localización de las acciones de restauración a partir de los cuales se definan convocatorias de propuestas de proyectos y las prioridades para direccionar recursos de cooperación internacional, además de promover procesos de reconversión productiva con inversiones privadas.



INTRODUCCIÓN

La restauración de paisajes es una prioridad en muchos países de América Latina, tanto para revertir la degradación de los recursos naturales en las últimas décadas como para mejorar la calidad de vida de las personas en sus territorios. Muchos países de la región han manifestado su interés en restaurar tierras a través del Desafío de Bonn¹ y la Iniciativa 20x20². Este interés se refleja en una meta de restauración por parte de 17 países de la región de alrededor de 53 millones de hectáreas en paisajes degradados. En dichas metas nacionales, los objetivos e impactos esperados de la restauración van más allá de aspectos biofísicos como la recuperación de la cobertura forestal, la mejora en calidad y cantidad de agua, de los suelos o el aumento de las reservas de carbono. Las metas se enfocan también en el mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones rurales que dependen de la tierra, en la producción agrícola, en el empleo o en la conservación de la biodiversidad, entre otros.

En ese sentido, los países han identificado un conjunto de intervenciones en restauración tales como la agroforestería, los sistemas silvopastoriles, la agroecología, la reforestación y otras actividades que tienen el potencial de recuperar la sustentabilidad (salud) del paisaje como sistema.

Dentro del marco de este estudio se considera el paisaje como un espacio geográfico formado por diversos usos de la tierra (parches o fragmentos de bosque, agricultura y pastos, zonas urbanas, etc.), que se interrelacionan y proveen distintos servicios ecosistémicos, y en los que también conviven diversos grupos, empresas, organizaciones o redes que tienen distintos intereses, capacidades y poder para la toma de decisiones en dicho espacio. Para fines prácticos y explicativos, un ejemplo de sistema lo constituye el cuerpo humano. Y al igual que el cuerpo humano, un paisaje puede mostrar una señal de degradación (enfermedad) que puede afectar la producción o calidad de un recurso o servicio ecosistémico como el agua o el suelo. Con el fin de rehabilitar esa función (sanación) es necesario entender cuáles son los componentes prioritarios del paisaje (órganos del cuerpo) responsables de proveer los servicios que han sido afectados por la degradación y dónde se encuentran distribuidos.

Finalmente, la restauración (como una rehabilitación de la enfermedad) debe ser implementada en las áreas prioritarias en las que se espera tener un efecto en la salud del paisaje en su conjunto. Partiendo de la definición de paisaje como sistema, y a medida que la restauración empieza a ser implementada, es necesario establecer sistemas de monitoreo que permitan a los tomadores de decisiones en el sector público y privado medir cambios positivos o negativos con el fin de poder ubicar correlaciones entre las actividades de restauración y los impactos alcanzados en el paisaje de interés. Para que el sistema de monitoreo sea efectivo, se debe establecer una línea base que permita comparar el paisaje a partir de un escenario inicial. Además, se debe tener como insumo información que sea disponible y costo-efectiva, con el fin de permitir un monitoreo periódico, funcional y trazable, que perdure en el tiempo. El monitoreo debe facilitar el reporte de los impactos para así permitir la transferencia de información desde el sistema a los tomadores de decisiones y a las personas que

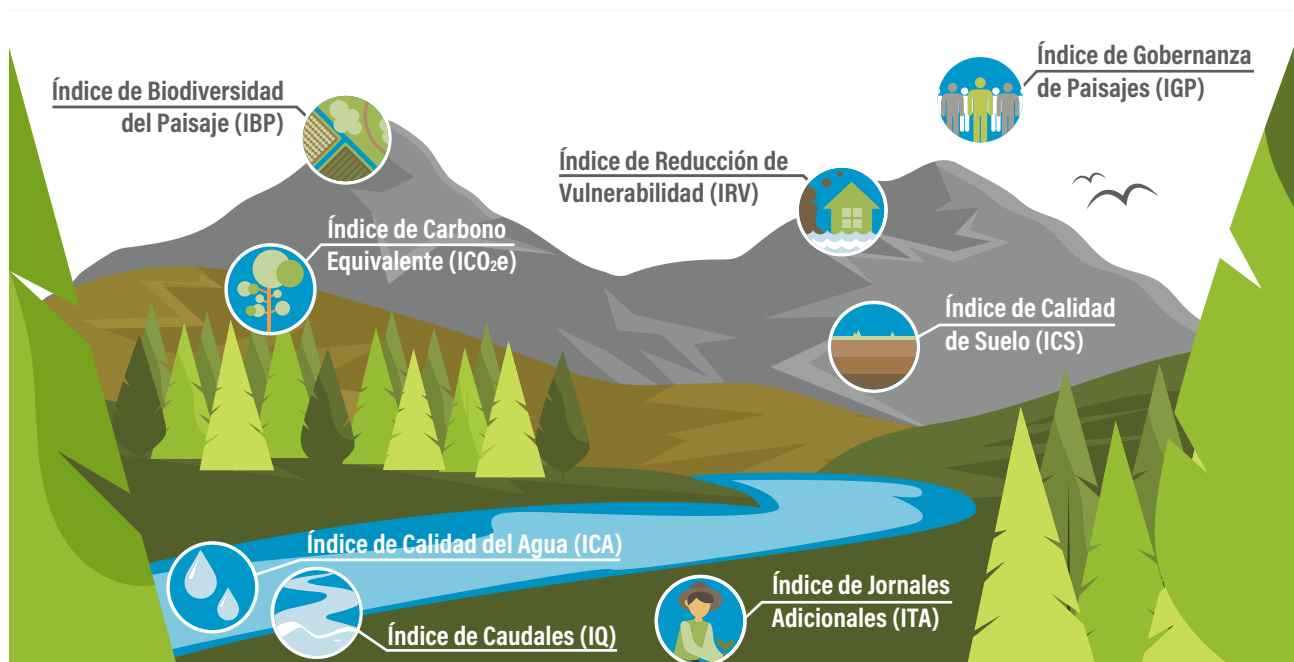
están llevando a cabo la restauración. Por último, el proceso de monitoreo debe considerar la validación de la información y de sus parámetros.

En este reporte se presenta el Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes (ISP), el cual fue diseñado en El Salvador, con el objetivo de que pueda replicarse en otros países de la región. El ISP tiene el potencial de servir como una herramienta de toma de decisiones para gobiernos y organizaciones que están llevando a cabo acciones de restauración, incluyendo las agencias de cooperación y el sector privado, de tal manera que estas acciones puedan ser reorientadas oportunamente para cumplir los objetivos planteados. Este Índice se aplica a un paisaje piloto del país, comprendido por dos áreas de conservación: el Imposible-Barra de Santiago y Apaneca-Ilamatepec. Esta aplicación piloto del Índice sirve como un punto de entrada para determinar la salud del paisaje en su conjunto y monitorear la relación entre las acciones de restauración y los impactos deseados.

El ISP constituye un aporte a la transparencia de los procesos de restauración y a la consolidación de sistemas de monitoreo de impactos a nivel estratégico. El Índice se compone de una matriz de diferentes indicadores que proveen información específica acerca de los impactos clave establecidos en los planes de desarrollo local de los paisajes piloto y en el Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP). Está integrado por ocho componentes: (1) Índice de Calidad del Agua (ICA), (2) Índice de Caudales (IQ), (3) Índice de Biodiversidad del Paisaje (IBP), (4) Índice de Carbono Equivalente (ICO_{2e}), (5) Índice de Calidad de Suelos (ICS), (6) Índice de Jornales Adicionales (ITA), (7) Índice de Reducción de Vulnerabilidad (IRV) y (8) Índice de Gobernanza de Paisajes (IGP). La metodología para la construcción del Índice puede ser implementada en diversos países dentro y fuera de la región latinoamericana y tiene la flexibilidad para monitorear y evaluar otros componentes de interés (Figura 1).

Los componentes del ISP pueden agregarse o no de forma modular, de acuerdo con la información de que se disponga. En algunos casos, la información disponible está directamente relacionada con las acciones de restauración. Por ejemplo, para el caso

Figura 1 | Componentes del Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes



Fuente: WRI y PRISMA, 2019.

de El Salvador, los Índices de Carbono Adicional y de Jornales Adicionales dan información más directa del impacto de las acciones de restauración realizadas, mientras que, para el resto de los Índices –Calidad del Agua, Caudales, Biodiversidad, Suelos, Vulnerabilidad y Gobernanza– la información disponible con respecto a impactos incluye también el efecto de factores externos a las acciones de restauración. Más adelante se verá que el índice de biodiversidad incluye el impacto de las acciones de restauración, pero también el de la regeneración natural que ha tenido lugar durante el período de análisis.

Enfoque de monitoreo del paisaje

Como se mencionó, un paisaje es un sistema de diferentes usos de la tierra que provee múltiples servicios que afectan (positiva o negativamente) el bienestar humano. En ecología de los paisajes, existen cuatro leyes o reglas desarrolladas por Comoner (1971) y que ejemplifican claramente la naturaleza de los paisajes. La primera ley se refiere a que **“todo está conectado con todo”**, lo cual tiene una connotación importante para aquellos paisajes

cuya intervención puede afectar zonas aledañas o no aledañas. El ejemplo más claro sucede a nivel de cuenca, pues ahí las intervenciones en la parte alta –tal como la remoción de la cobertura forestal– pueden tener un efecto en la parte baja, a veces porque aumente el escurrimiento o porque se generen inundaciones. La segunda ley se relaciona con el hecho de que **“todo va a alguna parte”**, lo cual implica que cualquier intervención dentro del paisaje implica el traslado dentro del sistema de un elemento, ya sean nutrientes, agua, suelo, etc. Este traslado puede afectar la disponibilidad de ese elemento en un lugar y saturar su presencia en otras áreas. Tal es el caso de la erosión y la pérdida de nutrientes, que pueden afectar la calidad de agua en ríos aledaños y la fertilidad de los suelos. La tercera ley tiene que ver con el impacto humano en los paisajes e indica que **“la naturaleza lo hace mejor, pero la gente decide”**. Esta ley se basa en que la naturaleza tiene una alta capacidad de resiliencia y adaptación al cambio. Sin embargo, cuando existe intervención humana, la capacidad de la regulación de diferentes ciclos biológicos y químicos puede verse afectada. Por último, está la ley que establece que **“nada viene de la nada”**.

Esta ley indica que cualquier evento que ocurra en el paisaje tiene una causa subyacente. Algunos ejemplos son los incendios o las inundaciones, que pueden ser causados a su vez por la pérdida de cobertura, la degradación de las tierras o los efectos del cambio climático.

Por lo general, se busca llevar a cabo la restauración en áreas prioritarias dentro del paisaje, con el fin de mejorar su estado como un todo. La mejora puede definirse en función de los impactos que se busquen alcanzar en cada paisaje. En el caso de la restauración de paisajes pueden existir muchos impactos deseados, incluyendo el incremento de las reservas de carbono, la calidad de agua, el suelo, el mejoramiento de la biodiversidad y de las condiciones de vida para poblaciones rurales, entre otros. El monitoreo de estos impactos a una escala de paisaje resulta clave para determinar si existen avances hacia las metas establecidas y si existe correlación con las acciones que se están implementando. De lo anterior surge la necesidad de establecer criterios que permitan medir los cambios en el sistema y poder establecer a nivel estratégico la correlación de los cambios con las acciones implementadas. Esto puede derivar en la identificación espacial de las áreas que requieran un monitoreo táctico u operativo para determinar causalidad de acciones específicas dentro del paisaje.

El monitoreo a escala de paisaje se realiza de manera estratégica, de tal forma que permita evaluar cambios en los paisajes prioritarios para la restauración. Esta necesidad de monitoreo puede surgir de los gobiernos, los cuales tienen interés en estimar cambios y orientar políticas que faciliten la implementación de la restauración en los paisajes y que permitan el reporte transparente de los cambios e impactos alcanzados en distintas etapas del proceso de restauración. El monitoreo también puede permitir a las personas o a las comunidades presentes tener una estimación veraz y transparente sobre los cambios en su paisaje, para después ubicar las actividades de restauración que han sido más exitosas y compararlas con los objetivos establecidos inicialmente. Además, el monitoreo a esta escala ofrece un marco de referencia para priorizar acciones de monitoreo a escalas menores

(por ejemplo, finca/fundo y parcela) que permita realizar un manejo adaptativo de las intervenciones en el paisaje.

El Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes de El Salvador y el Índice de Sustentabilidad para la Restauración

Los impactos asociados con la variabilidad y el cambio climático se han acentuado en la región de Centroamérica y el Caribe y constituyen una barrera más para los procesos de desarrollo de los países (ECLAC 2015). Según el último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), los escenarios futuros son preocupantes para la región centroamericana, pues se señalan eventos de sequía, canículas más intensas y ondas de calor sin precedentes históricos. Así mismo, existe una alta probabilidad de que el fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) intensifique las precipitaciones, aumentando la probabilidad de inundaciones y deslizamientos (IPCC 2013, citado en MARN 2017).

La región ha sido reconocida por su alta vulnerabilidad a la variabilidad y cambio climático en los espacios globales de negociación (PRISMA 2013). Enfrentados con esta realidad, los países están impulsando estrategias y programas encaminados a reducir la vulnerabilidad y a fortalecer las capacidades de adaptación.

Como ejemplo, El Salvador formuló en 2012 la Política Nacional de Medio Ambiente (GOES 2012). Uno de los componentes de esta política es el de la restauración y conservación de ecosistemas para reducir riesgos, sostener actividades productivas y avanzar en la adaptación al cambio climático (MARN 2013). El Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP) se crea en este marco para establecer sinergias con los otros componentes de la política: biodiversidad, saneamiento ambiental, recursos hídricos y el Plan Nacional de Cambio Climático (PRISMA 2015).

El PREP fue diseñado bajo un enfoque novedoso y ajustado al contexto de cambio climático que el país enfrenta: el enfoque de Mitigación basada en

Adaptación (MbA) que intenta aprovechar los co-beneficios para la mitigación que puedan generarse a través de acciones de adaptación (GOES 2013; PRISMA 2013). Específicamente, el enfoque implica que los objetivos de adaptación y mitigación deben hacerse explícitos en la planificación de las diferentes acciones de restauración para garantizar el fortalecimiento de los medios de vida de las poblaciones involucradas en ellas, además de aumentar la captura y el almacenamiento de carbono en la vegetación y el suelo (Kongsager y Corbera 2015). El PREP también es el marco bajo el cual El Salvador asumió en 2012 el compromiso de restaurar un millón de hectáreas para el año 2030, como respuesta de país al Desafío de Bonn y la Iniciativa 20x20.

A través del PREP, se espera transformar las prácticas más vulnerables frente a la variabilidad y el cambio climático. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN), con el apoyo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), ha generado herramientas e instrumentos para ayudar a priorizar y cubrir las acciones del PREP. De este esfuerzo se especificó un conjunto de 49 medidas que incluyen prácticas agroforestales y silvopastoriles, cambio de prácticas en algunos cultivos y acciones de restauración a través de la reforestación de bosques nativos y la restauración ecológica de manglares (REM). Además,

se priorizaron áreas degradadas que requieren una intervención urgente dentro del PREP, lo que está consolidado en el Plan de Acción de Restauración de Ecosistemas y Paisajes de El Salvador (MARN 2017).

Un elemento importante del PREP es el monitoreo de las acciones de restauración que se den y de los impactos de dichas acciones. Actualmente, muchas iniciativas de monitoreo de restauración se enfocan en la mitigación, lo cual deja en un segundo plano a la adaptación. Sin embargo, en el Salvador el monitoreo y la evaluación tienen que responder al enfoque de MbA para la restauración y por ello deben enmarcarse tanto en la medición de los avances en mitigación como en el de la adaptación (Ndamani y Watanabe 2017). Ante la necesidad de este enfoque se plantea la generación de un Índice (ISP) que describa cuantitativa y cualitativamente el impacto de las acciones de restauración en varios aspectos relacionados con la mitigación y la adaptación al cambio climático.

Tal como ya se ha mencionado, el ISP es una medida de los impactos biofísicos y socioeconómicos de las acciones de restauración del paisaje y está compuesto por ocho Índices. Con estos componentes se captura la relevancia de las distintas dimensiones de la mitigación y adaptación al cambio climático (Tabla 1).

Tabla 1 | Resumen de componentes del Índice y metas

ÍNDICE	META
Índice de Calidad del Agua (ICA) e Índice de Caudales (IQ)	Mejorar la regulación hídrica y la calidad del agua
Índice de Biodiversidad del Paisaje (IBP)	Proteger la biodiversidad
Índice de Calidad de Suelos (ICS)	Reducir la erosión y mejorar la calidad de los suelos
Índice de Reducción de Vulnerabilidad (IRV)	Reducir la vulnerabilidad ante el riesgo ambiental
Índice de Jornales Adicionales (ITA); Índice de Gobernanza de Paisajes (IGP)	Mejorar los medios de vida de las comunidades y la gobernanza de la gestión de los paisajes
Índice de Carbono Equivalente (ICO _{2e})	Incrementar las reservas de carbono (mitigación)

Fuente: Elaboración propia



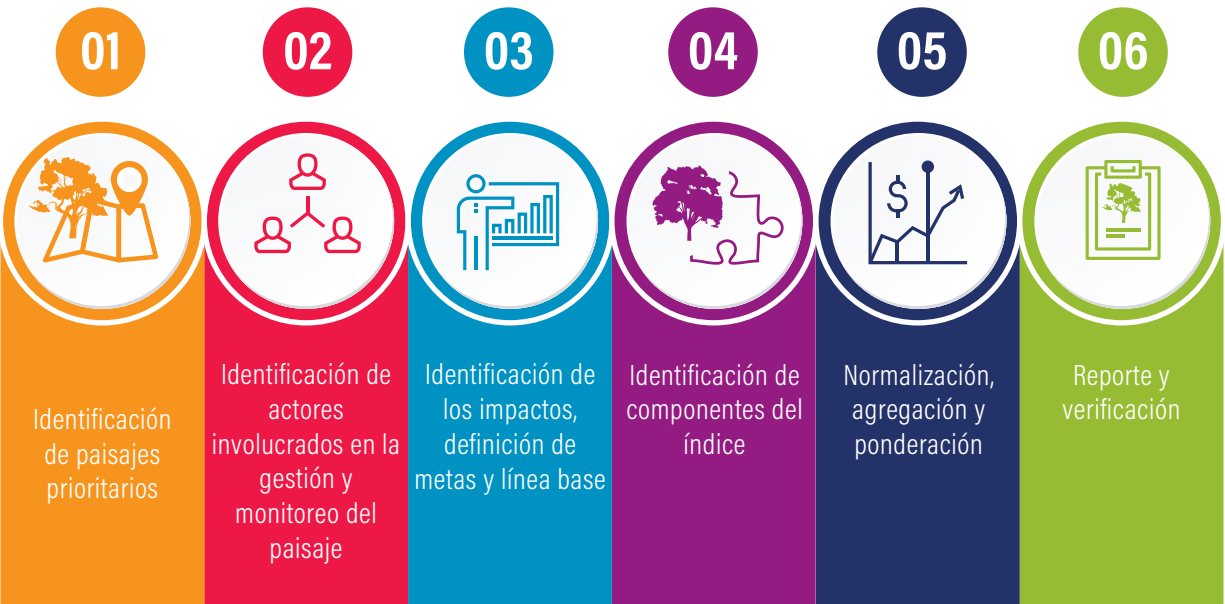
METODOLOGÍA DEL ÍNDICE DE SUSTENTABILIDAD PARA LA RESTAURACIÓN DE PAISAJES

El ISP surge de la necesidad de establecer una medida que pueda estimar cambios en el paisaje en relación con los impactos de las acciones de restauración llevadas a cabo.

Para la elaboración del Índice se realizaron los siguientes pasos: (1) identificación de paisajes prioritarios; (2) identificación de actores involucrados en la gestión y monitoreo del paisaje; (3) identificación

de los impactos y definición de metas y línea base; (4) identificación de componentes del Índice; (5) normalización, agregación y ponderación, y (6) reporte y verificación (Figura 2).

Figura 2 | Pasos para la generación del ISP



Fuente: WRI y PRISMA, 2019.



Identificación de paisajes prioritarios

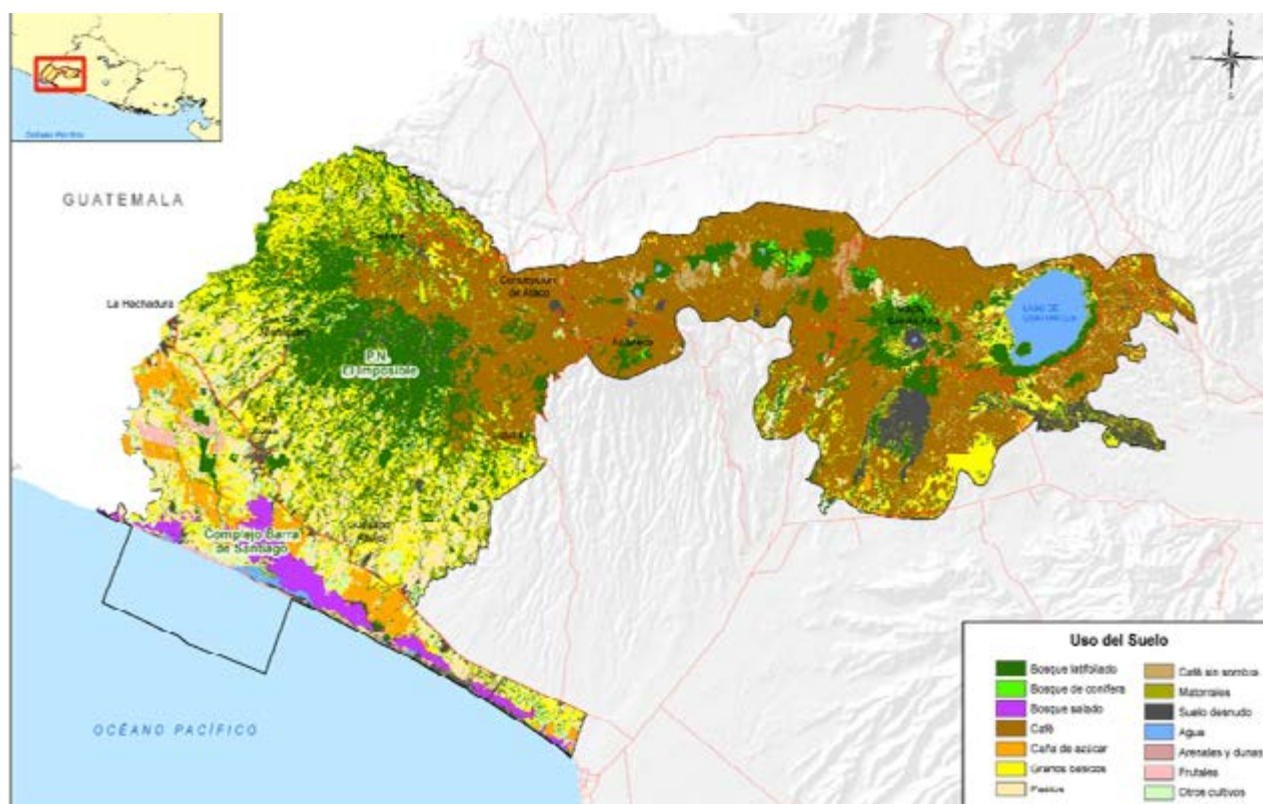
Uno de los primeros pasos en el proceso de monitoreo del paisaje es definir los paisajes prioritarios en los cuales se espera monitorear los impactos de la restauración. Estas áreas deben ser priorizadas en función de los objetivos para revertir la degradación en una región determinada.

En el caso de El Salvador, el Índice se aplicó en un paisaje piloto, conformado por dos áreas de conservación: El Imposible-Barra de Santiago y Apaneca-Ilamatepec. El paisaje alcanza 120,000 hectáreas

aproximadamente y está ubicado en la zona suroccidental del país, en la que ya se han iniciado acciones de restauración en varias áreas.

Este paisaje contiene al área protegida más grande del país (Parque Nacional El Imposible) un sitio RAMSAR (Barra de Santiago) y una reserva de la biósfera (Apaneca-Ilamatepec). Además, dentro de esta área se encuentran las plantaciones de café con sombra más importantes del país y un mosaico productivo dentro de los cuales se encuentran caña de azúcar, granos básicos y ganadería, entre otros, con lo que se genera uno de los paisajes más diversos de El Salvador (Figura 3).

Figura 3 | Paisaje El Imposible - Barra de Santiago – Apaneca-Ilamatepec



Fuente: WRI y PRISMA, 2019.



Identificación de actores involucrados en la gestión y monitoreo del paisaje

Un aspecto importante en la construcción del Índice es la identificación de actores clave que estén gestionando el paisaje, tales como las comunidades locales que se verán beneficiadas por las acciones de restauración y los actores que realizan acciones de monitoreo a diferentes niveles y que se encuentren en capacidad de producir información relevante para el sistema de monitoreo. Este proceso permite recoger la información más apta para el monitoreo e identificar sinergias entre los actores relevantes. También es importante la identificación de los usuarios de la información que se está generando y la que se desea producir con el monitoreo a escala de paisaje, tales como los gobiernos locales y nacionales que van reportando el avance en sus metas de restauración.

En el caso de El Salvador, se identificó que el tema de monitoreo es de gran interés para varias organizaciones y proyectos vinculados a la restauración, así como también para organismos de cooperación en El Salvador (PRISMA 2017). Para la identificación de actores, se implementó la metodología de paisajes sociales desarrollada por Buckingham et al. (2018), la cual permite mapear a actores clave, los vínculos entre ellos y sus niveles de influencia.

El grupo de organizaciones y proyectos que están abordando el tema de monitoreo en el país se inte-

resa por distintos aspectos de la restauración y utiliza metodologías diferentes, en su mayoría enfocadas a monitorear temas de interés tales como la cobertura arbórea y los acervos de carbono, pero también la biodiversidad en áreas naturales protegidas. El suelo es otro de los temas de interés, al igual que el monitoreo hidrológico. Este enfoque de las organizaciones y los proyectos resulta favorable al país ya que representa una demanda de información necesaria para la adecuada formulación de políticas y planes. Esta demanda contribuye a que la información sea cada vez más accesible, y abre además oportunidades para el establecimiento de convenios y acuerdos entre instituciones, tanto públicas como privadas, para compartir información.

Es muy importante que, dado el número de actores enfocados en el monitoreo de la restauración, exista buena comunicación entre ellos, para establecer sinergias y evitar duplicidad de esfuerzos. A favor de esto, el MARN convocó a diversas reuniones y talleres, de forma que todos los actores pudieran conocer los demás esfuerzos. Este tipo de dinámicas en las que los actores se dan a conocer e intercambian esfuerzos es clave para lograr sinergias e incrementar el conocimiento sobre las técnicas y funciones del monitoreo.

Como resultado de este esfuerzo, se conformó un grupo de apoyo a la formulación del ISP. Este grupo incluye a la mayoría de los actores que trabajan

el tema de monitoreo. Durante cuatro meses, se reunió periódicamente para discutir y validar las metodologías para cada uno de los indicadores que conformarían el ISP. La Tabla 2 muestra, por temas,

a los actores vinculados al monitoreo en el país, las metodologías empleadas y la información que se está generando actualmente, así como la escala del monitoreo.

Tabla 2 | El monitoreo de la restauración en El Salvador: temas de interés y actores involucrados

TEMAS CUBIERTOS EN EL MONITOREO	ORGANIZACIÓN RESPONSABLE	INFORMACIÓN GENERADA	METODOLOGÍA EMPLEADA	ESCALA
Bosques: cobertura, biomasa, captura de carbono	- MARN, GIZ, Museo de Historia Natural - REDD+ MbA, CATIE, UICN	Inventario forestal, estado fitosanitario Cobertura forestal y co-beneficios, mapa de bosque y no bosque, mapa de uso de suelo Barómetro de la restauración	Teledetección, establecimiento de parcelas en campo	Nacional
Suelo: carbono capturado en suelo, calidad de suelos	- Facultad de Ciencias Agronómicas-UES - CRS, CENTA, CENTA-CAFÉ - MARN La Montañona	Acervos de carbono en suelo Bases de datos sobre propiedades físicoquímicas Mapeo digital de suelo Análisis de fertilidad	Parcelas de experimentación Muestreo de parcelas, análisis de laboratorio Muestreo de parcelas y análisis en laboratorio	Nacional Local: La Montañona
Biodiversidad	- GIZ - GEF-Humedales - MARN La Montañona	Índices de fragmentación y conectividad en paisajes Índices e indicadores de biodiversidad Macro-fauna del suelo	Análisis de matrices de parches o fragmentos Transectos, puntos de conteo, tests de laboratorio, modelaciones Land Degradation Surveillance Framework (LDSF)	Local: Barra de Santiago, El Imposible Local: Jaltepeque, Jiquilisco y laguna El Jocotal Local: La Montañona
Acciones de restauración	- Dirección de Ecosistemas y Vida Silvestre (MARN) - FIAES	Transición uso de suelo (técnicas), número de hectáreas, número de árboles Sistemas agro-productivos, manglares, empleo verde, tortugas marinas, bosques	Ingreso de información en formularios oficiales Elaboración de indicadores con base en información primaria	Nacional Municipal

Fuente: Elaboración propia

Identificación de impactos y definición de metas y línea base

Una vez conformado un grupo de actores que informan y apoyan el proceso de monitoreo de restauración, debe consensuarse el enfoque en los impactos que serán monitoreados. Los procesos de degradación son el resultado de distintos tipos de presiones y, por lo mismo, los procesos de remediación distan en sus objetivos de acuerdo con el nuevo potencial del paisaje y la presencia de factores de presión. Además, es probable que cada proceso de restauración parta de una situación diferente. Por estos motivos, es importante definir los impactos de interés, la situación inicial a partir de la cual se revisarán los cambios y las metas perseguidas en un periodo determinado por las actividades de remediación.

En el caso de El Salvador, funcionarios del MARN, el Ministerio de Agricultura y el Gabinete de Sustentabilidad Ambiental y Vulnerabilidad identificaron impactos positivos que es necesario promover en el paisaje objetivo. Para cada impacto establecido dentro del Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes se definieron metas a alcanzar dentro de ciertos plazos. También se consideraron las prioridades de los actores locales, expresadas en los Planes de Desarrollo Local (Cobar 2016). Se tomó como base, para el caso de algunos indicadores, el escenario ideal de intervenciones de restauración resultado de la aplicación de la Metodología de Oportunidades de Restauración (ROAM) (UICN y WRI 2014). Estas metas se enmarcan en los siguientes objetivos:

- a) Alcanzar un Índice de Calidad del Agua en ríos principales dentro del paisaje con un nivel excelente, capaz de sostener una diversidad de vida acuática y contar con un ambiente conveniente para todas las formas de vida en contacto con ella.
- b) Mantener el caudal de agua en ríos principales del paisaje en época seca.
- c) Incrementar la conectividad actual de bosques dentro del paisaje.

- d) Incrementar las reservas de carbono mediante la implementación de las actividades de restauración expresadas en el Plan de Acción de Restauración de Ecosistemas y Paisajes de El Salvador.
- e) Elevar el porcentaje de materia orgánica en el suelo a nivel de paisaje.
- f) Incrementar el número de jornales directos utilizados en la implementación de actividades de restauración expresadas en el Plan de Acción de Restauración de Ecosistemas y Paisajes de El Salvador.
- g) Reducir la vulnerabilidad de las poblaciones dentro del paisaje ante sequías, inundaciones y deslizamientos.
- h) Mejorar la gobernanza en el paisaje hasta alcanzar un nivel que permita la coordinación, la equidad y el desarrollo de liderazgos positivos que contribuyan a la restauración de paisajes.

Se requiere una línea base como referencia con el fin de poder comparar los cambios ocurridos durante el tiempo en que se realizan las acciones de restauración. En el caso de El Salvador, se definió el 2011 como año base, que corresponde al año de lanzamiento del Desafío de Bonn. Sin embargo, para ese año mucha de la información necesaria para establecer la línea base no se encontró. Por este motivo, se seleccionaron diferentes líneas base en función de la información disponible. A fin de visibilizar los impactos vinculados con la realización de prácticas de restauración, se estableció una periodicidad mínima de tres años para el cálculo del Índice.

Identificación de los componentes del Índice y proceso de construcción con actores

El Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes (ISP) es una medida diseñada para reportar los impactos de la restauración en varios aspectos relacionados con la mitigación y la adaptación al cambio climático y las acciones de restauración. El Índice permite estimar la correlación entre todos ellos.

Sus componentes dan una métrica sobre la sustentabilidad del paisaje. Cada uno de ellos ha sido calculado con diferentes metodologías y sus resultados han sido normalizados para formar parte del Índice.

Los criterios para la selección de cada uno de los componentes del Índice fueron tres: la correlación con las acciones de restauración, la factibilidad de obtener la información requerida para su cálculo y la aplicabilidad, es decir, que la metodología para la obtención fuera sencilla y de fácil aplicación. El ISP se obtiene entonces mediante el promedio de los índices que lo componen.

La información para el cálculo del ISP proviene en su mayoría de distintas dependencias del MARN, incluyendo la Dirección de Ecosistemas y Vida Silvestre, la Gerencia de Información Geoambiental y el Observatorio Ambiental. También se solicitó información del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) en cuanto al tema de suelos.

El país ha avanzado en la conformación de un Sistema Nacional de Monitoreo Integrado sobre REDD+ y MbA –un sistema de gestión de información que permitirá en el corto plazo conectar las diferentes plataformas informáticas que generan datos medioambientales– para realizar consultas y un análisis integrado, y así dar respuestas a los diferentes requerimientos de información a nivel nacional e internacional. El ISP será una de las salidas que proporcione este sistema. Sin embargo, se considera que es necesario que otra unidad, directamente vinculada al tema de la restauración, se encargue del análisis de la información requerida para el cálculo del Índice y el posterior análisis de sus resultados.

Para el caso salvadoreño, el MARN se encargará de calcular el Índice a través de la Gerencia de Información Geoambiental, que es parte del Observatorio Ambiental del MARN.

$$ISP = \frac{(ICA+IQ+IBP+ICO_2e+ICS+ITA+IRV+IGP)}{8}$$

Donde:

ISP - Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes

ICA - Índice de Calidad del Agua

IQ - Índice de Caudales

IBP - Índice de Biodiversidad del Paisaje

ICO_{2e} - Índice de Carbono Adicional

ICS - Índice de Calidad de Suelos

ITA - Índice de Jornales Adicionales

IRV - Índice de Reducción de Vulnerabilidad

IGP - Índice de Gobernanza de Paisajes



Normalización, agregación y ponderación

La normalización tiene como fin brindar un valor dentro de una escala común a la calificación de cada componente del Índice. El equipo de coordinación técnico del Índice definió una escala de 0 (cero) a 1, donde cero representa un estado degradado y 1 es el valor máximo una vez que se han alcanzado las metas, con lo que se indica un paisaje sustentable. Se espera que los valores del Índice irán incrementando en la medida en la que el paisaje se vaya restaurando. Con un valor de 1, todos los Índices que conforman el ISP se encontrarían en su valor máximo y se habrían logrado los avances deseados en mitigación basada en adaptación.

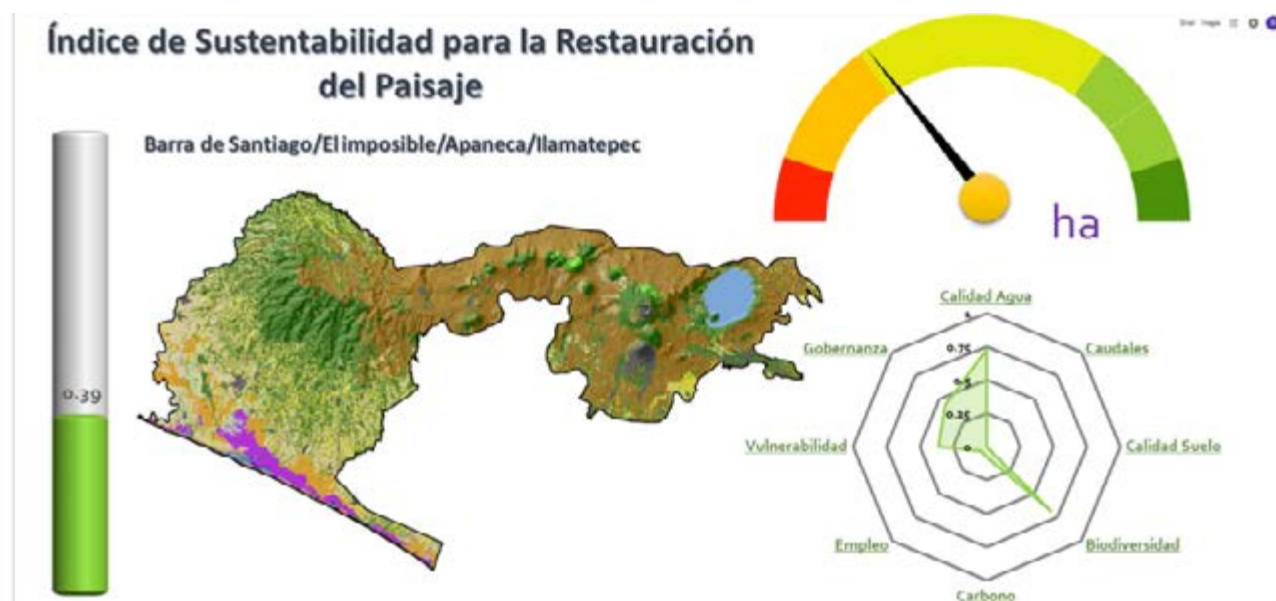
La ponderación es una opción en caso de que se quiera dar mayor importancia a ciertos componentes con relación a otros. Es importante mencionar que en El Salvador se decidió no asignar ponderaciones para cada uno de los componentes del ISP, ya que de esta forma se reconoce igualdad de importancia a cada uno de ellos. Esto debido a que el enfoque que guía

el PREP, de Mitigación basada en Adaptación, busca cumplir metas de mitigación a través de acciones de restauración que estén enfocadas en la adaptación. Esto resulta en un binomio “mitigación-adaptación” en el que ambos tienen el mismo grado de importancia. No obstante, el diseño del Índice permite hacer cambios en la ponderación de los componentes, o incluso eliminar o agregar nuevos, de acuerdo con el contexto en el que se aplique.

Reporte y verificación

Como ya se ha mencionado, el ISP se produce con el fin de brindar información en apoyo a la toma de decisiones, en especial si las metas no se estuvieran alcanzando a la velocidad necesaria o si existiera un retroceso con respecto a la línea base. La Figura 4 muestra un sistema de reporte y verificación en línea, en el que puede observarse el valor del Índice y sus componentes y un mapa del paisaje con los diferentes usos del suelo. A nivel estratégico, el índice representa el punto de entrada bajo el cual será necesario un posterior análisis táctico y operativo para derivar en acciones concretas. El reporte debe incluir, como

Figura 4 | Visión de un sistema en línea de reporte y verificación



Fuente: WRI y PRISMA, 2019.

mínimo, el número de hectáreas sobre las que se interviene para restaurar el paisaje, el índice que agrega la sustentabilidad en función de las metas y cada uno de los componentes

Alcances y limitaciones

El ISP fue desarrollado con un enfoque en una escala de paisaje en la cual se miden los impactos de interés y su correlación con las actividades de restauración. El índice constituye una herramienta de apoyo de decisiones a nivel estratégico para determinar diferentes relaciones entre las intervenciones y los impactos reales en el paisaje. Este enfoque puede ayudar a determinar también el efecto espacial de las acciones para aquellos índices espacialmente explícitos y permitir un mejor entendimiento de los factores socioeconómicos, tales como la gobernanza. Es importante resaltar que el índice pretende estimar la correlación y no la causalidad entre las acciones de restauración y los impactos asociados. Para determinar causalidad es necesario bajar el nivel del monitoreo a una escala menor (por ejemplo, proyecto, finca o fundo), tener evidencia de cómo los diferentes componentes del paisaje y sus usos están conecta-

dos y se afectan mutuamente, e identificar variables mediadoras o de confusión que, al no tomarse en cuenta, pueden resultar en una correlación falsa entre intervenciones e impactos.

Actualmente, los países presentan como métrica de restauración el número de hectáreas en proyectos que han sido implementados en el territorio. Si regresamos al ejemplo del cuerpo humano que se presentó en la introducción de este reporte, el índice nos permite, como punto de entrada, saber si el paciente se encuentra enfermo o sano. Sin embargo, para determinar la causa de su estado de salud, es necesario hacer evaluaciones más exhaustivas que requieren un volumen mayor de recursos que pueden ser destinados a apoyar actores locales o propietarios privados (comunitarios e individuales) para realizar estas mediciones.

Aparte de la discusión sobre correlación y causalidad, cada índice calculado tiene un margen de error asociado a su cálculo y a la información base utilizada para el mismo. En los anexos se muestran las limitaciones de cada componente.





MÉTODO DE CÁLCULO DE LOS COMPONENTES

Para cada componente del Índice de Sustentabilidad se definieron los elementos necesarios para la recolección de la información, su cálculo y el análisis de los resultados que brinda. Los métodos propuestos se seleccionaron con base en los objetivos de restauración, la información disponible, la costo-efectividad en su colecta y procesamiento y la frecuencia de recolección, entre otros aspectos. Para cada componente se contempla un rango de valores y algunas claves para su interpretación, además de una normalización para el cálculo del valor total del ISP para el paisaje de interés.

Índice de Calidad del Agua (ICA)

El Índice de Calidad del Agua (ICA) es una medida que muestra la calidad del agua presente en los cuerpos de agua superficiales del país, de acuerdo con los parámetros y valores guías utilizados por el MARN, que realiza el monitoreo permanente de la calidad del agua desde el año 2006 con una red de monitoreo que cubre 55 ríos del país a través de 115 estaciones (MARN 2017).

El ICA clasifica la calidad de agua de los ríos analizados con relación a su condición general para permitir el desarrollo de vida acuática y su aptitud para diversos usos. El índice adopta el valor máximo de 100 para condiciones óptimas y va disminuyendo con el aumento de contaminación, hasta llegar al valor mínimo de 0, como se muestra en el Anexo 1.

El MARN calcula el ICA cada año tomando en cuenta nueve parámetros, con base en la fórmula del Índice de Brown (Brown et al. 1971) tal como se muestra a continuación:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

Para determinar el valor del ICA es necesario sustituir los datos en la ecuación anterior obteniendo los sub-indicadores (Sub_i) de gráficas predeterminadas (ver Anexo 1). Los valores resultantes se multiplican por sus respectivos w_i, que son valores constantes y equivalentes a la ponderación asignada a cada uno de los parámetros (ver Tabla 3).

Los resultados que se obtienen estarán en el rango de 0 a 100, por lo que deberán normalizarse para ubicarse en un rango entre 0 y 1 dentro del ISP.

Índice de Caudales

El caudal es la cantidad de agua por unidad de tiempo en los ríos. El MARN realiza monitoreo de

Tabla 3 | Parámetros y ponderación de los elementos del ICA

i	Sub _i	w _i
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO5	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Cambio de temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos totales	0.08
9	Saturación de oxígeno disuelto	0.17

Fuente: Elaboración propia

caudal de los principales ríos a través de 28 estaciones, sin embargo, esta información no es adecuada para medir los impactos esperados de las prácticas de restauración. Los cambios en el caudal relacionados con la restauración no se percibirían fácilmente en los principales ríos del país ya que presentan mayores caudales y provienen de múltiples sitios. Esto descarta la posibilidad de usar la información de dicho monitoreo.

Sin embargo, la importancia de la provisión de agua hace necesaria la inclusión de un indicador de caudal en el ISP, por lo que se propone la implementación de un sistema de monitoreo de caudales a escala de microcuenca. Bajo este esquema, se puede establecer un valor ideal de caudal (determinado en función de la demanda de la región y de los límites biofísicos) y realizar la calificación de 0 a 1, en donde 1 representa el caudal ideal. En este sistema de monitoreo local, la Red de Observadores Locales Ambientales (ROLAS) jugaría un papel protagónico. Por ello se les entrenaría para el adecuado monitoreo de caudales, ya sea con limnómetros o en la utilización de otros

métodos más rudimentarios, como el del flotador. De esta forma se contaría con una serie de información valiosa de fluctuación de los caudales en pequeños ríos que puede compararse con la dinámica de lluvias en meses anteriores para después correlacionarse con las prácticas de restauración realizadas. La información recolectada a través de las ROLAS puede transferirse al Observatorio Ambiental para su procesamiento por el MARN.

Índice de Biodiversidad del Paisaje (IBP)

El Índice de Biodiversidad del Paisaje (IBP) es un índice compuesto por cinco índices de paisaje, los cuales son medidas numéricas utilizadas en ecología de paisaje para informar sobre la composición y configuración de los paisajes, la proporción de cada cubierta del suelo, la morfología de los elementos del paisaje, la fragmentación del mismo y la conectividad que existe entre sus componentes (Vila 2006). Estos índices permiten la comparación entre distintos paisajes o los cambios en un mismo paisaje a lo largo del tiempo. También tienen el potencial de establecer escenarios futuros en un paisaje determinado (Salazar et al. 2016). El análisis se puede realizar en tres niveles: nivel de fragmentos o parches, nivel de clases (tipos de uso de suelo) y el nivel del paisaje en general. A mayor conectividad se espera que mejore el hábitat para ciertas especies y la capacidad de desplazamiento de especies de fauna.

Para conformar el IBP se seleccionaron cinco índices de paisaje. En primer lugar, el Índice de Relación Perímetro-Área (PAFRAC) explica la complejidad en la forma de cada uno de los parches de un mismo tipo de uso de suelo (clase), las cuales pueden ir desde muy simples –como cuadrados o rectángulos (en el caso de cultivos)– hasta formas más complejas, típicas de un bosque. En segundo lugar, el Porcentaje de Paisaje (PLAND) muestra el porcentaje del área que ocupa cada clase en el paisaje. Como tercer punto, el Número de Fragmentos o Parches (NP), expresa la fragmentación de una determinada clase o del paisaje en general. Como cuarto agregado, el Índice del Parche más Grande (LPI) es un indicador de dominancia que muestra el área del fragmento más grande para cada una de las clases. Finalmente, el Índice de Contagio (CONTAG) indica el potencial



de conectividad en el paisaje. Como punto de entrada para su cálculo es necesario un mapa de uso de suelo. En caso de que no se tenga uno actualizado se puede recurrir a técnicas de mapeo de acceso abierto como Collect Earth (Bey et al. 2016) para actualizarse con base en información actual.

Para calcular los índices de paisaje existen varios programas tales como Grass, Patch Analyst, V-late y Fragstats, entre otros. Para el caso de El Salvador, se ha usado Fragstats versión 4.2³, por tener el respaldo científico de la Oregon State University en cuanto a la diversidad y capacidad para desarrollar cálculos métricos.

Es importante tener en cuenta que el análisis de resultados de estos índices de paisaje debe realizarse conjuntamente, ya que éstos se complementan entre sí y se calculan a partir de un promedio entre todos. La Tabla 4 contiene las claves para la interpretación de los cinco índices. Cada uno se analiza con rangos diferentes, por lo que ha sido necesario normalizarlos para que puedan ingresarse primero al IBP y posteriormente al ISP.

Tabla 4 | Interpretación, clasificación y normalización de los índices que conforman el Índice de Biodiversidad del Paisaje

Índice de Relación Perímetro-Área (PAFRAC por sus siglas en inglés, Perimeter-Area Fractal Dimension)⁴

Rango: $1 \leq \text{PAFRAC} \leq 2$

Un PAFRAC mayor que 1 para un mosaico de paisaje bidimensional indica un aumento en la complejidad de la forma del parche. PAFRAC se aproxima a 1 para formas con perímetros muy simples –como cuadrados que implican áreas de cultivo, por ejemplo– y se aproxima a 2 para formas con perímetros de llenado de planos altamente complicados.

Clasificación	1.0 a 1.2	1.21 a 1.4	1.41 a 1.6	1.61 a 1.8	1.81 a 2
Calificación	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
Normalización para IBP	0 a 0.2	0.21 a 0.4	0.41 a 0.6	0.61 a 0.8	0.81 a 1.0

Área total de clase (CA)⁵

$CA \geq 0$, sin límites

CA se acerca a 0 (cero) a medida que el tipo de parche se vuelve cada vez más raro en el paisaje. CA= TA (área total del paisaje) cuando todo el paisaje consiste en un solo tipo de parche, es decir, cuando toda la imagen se compone de un solo parche.

Porcentaje de Paisaje (PLAND)⁶

$0 \leq \text{PLAND} \leq 100$

El porcentaje de paisaje cuantifica la abundancia proporcional de cada tipo de fragmento del paisaje. Es una medida de la composición del paisaje, importante en muchas aplicaciones ecológicas.

PLAND se aproxima a 0 (cero) cuando el correspondiente tipo de parche (clase) en el paisaje se convierte progresivamente en raro en el paisaje. PLAND=100 cuando el paisaje está compuesto por completo por un solo tipo de fragmento, esto quiere decir, cuando toda la imagen en el mapa está representada por un solo tipo o clase de uso de suelo.

Clasificación	0 a 15	16 a 25	26 a 35	36 a 45	46 a 70
Calificación	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
Normalización para IBP	0 a 0.2	0.21 a 0.4	0.41 a 0.6	0.61 a 0.8	0.81 a 1.0

Número de Fragmentos (NP)

$NP \geq 1$, sin límite

NP = 1 cuando el paisaje contiene sólo un parche del parche correspondiente tipo, es decir, cuando la clase consiste en un solo parche

Clasificación para IBP

0 a 0.2 Deficiente	0.21 a 0.4 Regular	0.41 a 0.6 Bueno	0.61 a 0.8 Muy bueno	0.81 a 1.0 Excelente
Las clases correspondientes a bosque y café están atomizadas (con gran cantidad de parches), y no ocupan el 25% del paisaje.	Las clases correspondientes a bosque y café están atomizadas (con gran cantidad de parches), pero alcanzan entre un 26 a un 45% del paisaje.	Las clases correspondientes a bosque y café no están tan fraccionadas pero alcanzan sólo entre un 26 y un 45% del paisaje.	Las clases correspondientes a bosque y café no están tan fraccionadas y alcanzan a cubrir más del 46% del paisaje.	Las clases correspondientes a bosque y café presentan muy poca fragmentación y alcanzan a cubrir más del 45% del paisaje.

Índice del Parche más Grande (LPI)

LPI es igual al área (m²) del parche más grande en el paisaje dividido por total área de paisaje (m²), multiplicada por 100 (para convertir a un porcentaje). En otras palabras, LPI es igual al porcentaje del paisaje que comprende el parche más grande.

$$0 \leq \text{LPI} \leq 100$$

LPI se acerca a 0 (cero) cuando el parche más grande en el paisaje es cada vez más pequeño. LPI = 100 cuando todo el paisaje consiste en un solo parche, es decir, cuando el parche más grande comprende el 100% del paisaje.

El Índice de Parche más Grande cuantifica el porcentaje del área total del paisaje comprendida por el parche más grande.

Clasificación para IBP

0 a 0.2 Deficiente	0.21 a 0.4 Regular	0.41 a 0.6 Bueno	0.61 a 0.8 Muy bueno	0.81 a 1.0 Excelente
Todos los valores más altos de LPI corresponden a granos básicos, pastos y otros usos del suelo.	Los valores más altos de LPI están repartidos entre granos básicos y pasto, bosques y café bajo sombra.	Los valores más altos de LPI de bosques y café con sombra son ligeramente mayores que los valores para granos básicos y pastos.	La mayoría de los valores de LPI corresponden a bosques y café bajo sombra.	Todos los valores más altos de LPI corresponden a bosques y café bajo sombra.

Índice de Contagio (CONTAG)

El contagio explica la medida en que los tipos de parches se agregan o agrupan (es decir, la dispersión). Los valores más altos de contagio pueden resultar de paisajes con algunos parches grandes y contiguos, mientras que los valores más bajos generalmente caracterizan paisajes con muchos parches pequeños y dispersos.

$$0 \leq \text{CONTAG} \leq 100$$

CONTAG se acerca a 0 (cero) cuando los tipos de parches están desagregados al máximo y entremezclados.

CONTAG = 100 cuando todos los tipos de parche se agregan al máximo.

Clasificación	0 a 20	21 a 35	36 a 55	56 a 75	71 a 100
Calificación	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
Normalización para IBP	0 a 0.2	0.21 a 0.35	0.36 a 0.55	0.56 a 0.70	0.71 a 1.0

Fuente: Elaboración propia

Una vez calculados y normalizados los cinco índices, puede calcularse el IBP mediante el promedio de los cinco valores:

lance de carbono equivalente⁸ que busca la fijación de carbono adicional al acervo existente. El ICO_2e está dado por:

$$\text{IBP} = \frac{(\text{PAFRAC} + \text{PLAND} + \text{NP} + \text{LPI} + \text{CONTAG})}{5}$$

$$\text{ICO}_2\text{e} = \frac{(\text{Ganancia actual de CO}_2\text{e} - \text{Valor mínimo})}{(\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo})}$$

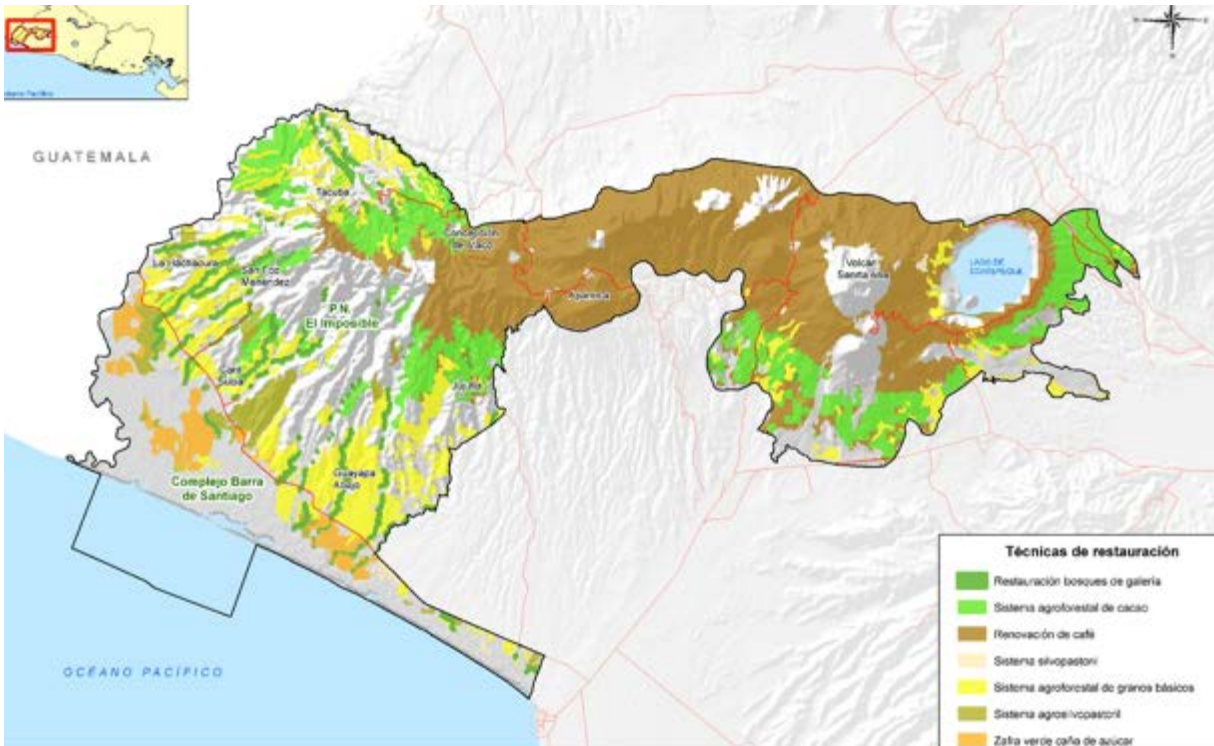
El IBP toma valores entre 0 y 1. Cuando el valor es igual a 1, se indica que el paisaje posee atributos suficientes para proteger la biodiversidad que alberga. El índice disminuye conforme incrementa el grado de degradación del paisaje.

Índice de Carbono Equivalente⁷ (ICO_{2e})

El Índice de Carbono Equivalente (ICO₂e) se refiere a la mitigación del cambio climático. Es decir, al impacto de las acciones de restauración en el ba-

Este cálculo requiere determinar valores mínimos y máximos. El valor máximo es la máxima cantidad de carbono equivalente que se lograría almacenar si se restaurara toda el área propuesta en el Plan de Acción de Restauración de Ecosistemas y Paisajes de El Salvador (MARN 2017a). Esto, a escala nacional, representa el carbono adicional almacenado cuando se alcance la meta de un millón de hectáreas restauradas. Para calcular este valor máximo esperado en el paisaje en estudio, se utilizó el Mapa de Prioridades

Figura 5 | Técnicas de restauración propuestas en el mapa de prioridades de restauración



Fuente: Elaboración propia



de Restauración y Oportunidades de Transición a la Restauración, tomando la sección correspondiente al paisaje en estudio del mapa a escala nacional contenido en dicho Plan de Acción (ver Figura 5). A partir de él, se calculó la cantidad de hectáreas potenciales de restauración por cada una de las prácticas propuestas en el Plan.

De acuerdo con Raes et al. (2017), al multiplicar estas hectáreas por los valores del balance de carbono equivalente por hectárea, puede obtenerse la cantidad de carbono equivalente almacenada para cada una de las prácticas propuestas en el paisaje. La suma de los valores obtenidos sería el máximo valor esperado de carbono equivalente almacenado al implementar todas las prácticas.

El valor mínimo representa la cantidad de carbono equivalente que se almacenaría en el caso de que no se realizaran las acciones de restauración. Esto daría teóricamente un valor de 0 (cero), ya que el carbono que pudiera almacenarse no sería resultado de prácticas de restauración. Lo anterior implica que el ICO_{2e} oscilará entre 0 y 1. El valor del índice se acercará más a 1 conforme se acerque a la meta esperada de máximo carbono equivalente almacenado como resultado de la restauración.

La ganancia actual de carbono equivalente se obtiene sumando el balance de carbono atribuido a cada una de las prácticas reportadas por el MARN en el período de estudio y sus áreas correspondientes. La Tabla 5 presenta la clasificación de los valores para este índice.

Tabla 5 | Calificación de los valores del ICO_{2e}

Rango de valores	Clasificación
0 a 0.1	Deficiente
0.11 a 0.25	Regular
0.26 a 0.5	Buena
0.51 a 0.75	Muy buena
0.76 a 1.0	Excelente

Fuente: Elaboración propia

Índice de Calidad de Suelos (ICS)

El Índice de Calidad de Suelos (ICS) es una medida de la salud o calidad del suelo, la cual puede mejorar por prácticas de restauración. Para calcular el ICS se ha realizado una adaptación de la metodología descrita por Cantú et. al. (2007)⁹. Para el Índice de Sustentabilidad, el ICS se calculará a partir de información ya existente en el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), que es el punto focal de la Alianza Mundial de Suelos en el país. En el marco de la agenda de la Alianza, se realiza un monitoreo de calidad de suelos en varias zonas del país y se provee así información para el cálculo del ICS.

Se consideran tres componentes para el índice: Materia Orgánica (MO), pH y Densidad Aparente¹⁰. Para cada uno de los indicadores seleccionados se establecieron valores máximos y mínimos a partir de criterios teóricos, tal como se expone a continuación.

Para el contenido de MO, los valores máximos esperados y mínimos se determinaron a partir del supuesto de que el porcentaje de materia orgánica de los suelos, en general, oscila entre 1% y 6% del horizonte superficial y decrece al aumentar la profundidad (Thompson y Troeh 1988, Ghisolfi 2011). Por tanto, se toma como valor máximo 6% y como valor mínimo 1%.

El valor mínimo de pH se establece tomando como referencia el punto de toxicidad promedio para el desarrollo de los diferentes cultivos presentes en el área de análisis, sin llegar a ser este mismo valor (Hans y Bornemisza 1987, Cantú et al. 2007). El valor máximo corresponde al promedio de pH máximo para el desarrollo óptimo de cada cultivo presente en el área de estudio. Estos valores pueden encontrarse en las Guías Técnicas de CENTA para cada cultivo (CENTA 2015). Se entiende que cualquier valor fuera de estos rangos representará un nivel de toxicidad para cada cultivo.

En el caso de la Densidad Aparente, los valores máximos y mínimos se establecieron de acuerdo con la clasificación hecha para los suelos del trópico por Cairo (1995), citado por Duarte et al. (2011). Según estos autores, el valor máximo es de 1.6 g/cm3 y el mínimo de 1.0 g/cm3.

Según Cantú et al. (2007), una vez obtenidos estos valores puede realizarse una normalización de los indicadores para que cada uno de ellos oscile en un rango de 0 a 1 utilizando la siguiente fórmula:

$$Vn= \frac{Im-Imin}{Imax-Imin}$$

donde Vn es el valor normalizado del indicador, ya sea de MO, pH o densidad aparente; Im es el valor del indicador, obtenido a través del análisis de las muestras de suelo; Imax representa el máximo valor del indicador, y finalmente Imin es el mínimo valor del indicador. El procedimiento se repite para cada uno de los tres indicadores.

Una vez normalizados los tres indicadores, se puede calcular el ICS mediante su promedio. Para su interpretación se utiliza la escala de transformación en cinco clases de calidad de suelo (ver Tabla 6), tal como sugieren Cantú et al. (2007).

Tabla 6 | Calificación de los valores para el ICS

Rango de valores de ICS	Clasificación
0.80-1.00	Excelente
0.60-0.79	Muy bueno
0.40-0.59	Bueno
0.20-0.39	Regular
0.00-0.19	Deficiente

Fuente: Elaboración propia

Índice de Jornales Adicionales (ITA)

El Índice de Jornales Adicionales (ITA) es un proxy de la mejora en los medios de vida de las poblaciones involucradas en las acciones de restauración y mide los jornales adicionales generados por las diferentes acciones de restauración. Está dado por:

$$ITA= \frac{(Jornales\ adicionales\ actuales - Valor\ mínimo)}{(Valor\ máximo - Valor\ mínimo)}$$

Para calcular los límites de este índice, entenderemos como valor máximo la cantidad de jornales que se generarían si se restaurara toda el área propuesta en el Plan de Acción de Restauración de Ecosistemas y Paisajes de El Salvador.

El máximo número de jornales se obtuvo a partir del Mapa de Prioridades de Restauración y Oportunidades de Transición a la Restauración en el paisaje en estudio. El mapa reporta la cantidad de hectáreas potenciales de restauración por cada una de las prácticas propuestas en el Plan de Acción. Al multiplicar estas hectáreas por el número de jornales que generaría cada actividad de restauración, de acuerdo con los cálculos realizados por Raes et al. (2017), se obtiene la cantidad de jornales para cada una de las prácticas propuestas en el paisaje durante el establecimiento y el mantenimiento de las mismas. La suma de los valores obtenidos sería el máximo número de jornales que se obtendría al implementar todas las prácticas en el paisaje.

El valor mínimo representa la cantidad de jornales generados si no se realizan las acciones de restauración, que teóricamente es 0 (cero). Es importante tomar en cuenta que el valor máximo corresponde al máximo esperado en el año 2022, último año del Plan de Acción (Raes et al. 2017). Sin embargo, la meta esperada de hectáreas restauradas es para el año 2030, por lo que, para este año, el máximo valor de jornales sería mayor que para el 2022.

La Dirección de Ecosistemas y Vida Silvestre del MARN ha generado una ficha de registro de acciones de restauración, la cual detalla el tipo de acción, las hectáreas intervenidas, la ubicación georreferenciada y la organización a cargo de dicha acción. A partir de las fichas, esta Dirección alimenta una base de datos desde la cual pueden calcularse las hectáreas restauradas de acuerdo con el tipo de práctica realizada. De esta forma, con la ayuda de la información de los requerimientos de jornales por hectárea y por práctica (Raes et al. 2017), se obtiene el número de jornales generados por las prácticas de restauración en un período determinado.

El ITA oscila en un rango entre 0 y 1. El valor se acercará a 1 a medida que se hayan realizado todas las prácticas de restauración, y se generarán más jornales hasta llegar al nivel máximo esperado.



Índice de Reducción de Vulnerabilidad (IRV)

El Índice de Reducción de Vulnerabilidad (IRV) es un proxy de la reducción de vulnerabilidad a factores naturales y se calcula a partir de los datos de un índice más complejo, ya existente en varios países del mundo: el Índice de Gestión de Riesgo (INFORM)¹¹, que se calcula en el MARN como parte de una iniciativa global colaborativa de la Inter-Agency Standing Committee (IASC) y la Comisión Europea¹².

El IRV se calcula a partir de varios indicadores agrupados en tres grandes componentes: peligro y exposición, vulnerabilidad y falta de capacidad. Cada uno de estos tres componentes se desglosan en dos distintas categorías y, a su vez, cada categoría se compone de varios indicadores, mediante los cuales se calcula el IRV.

Para el cálculo del IRV se tomó en cuenta únicamente el componente de peligro y exposición (Índice de Peligro Natural) en la categoría de riesgos naturales del Índice de Gestión de Riesgo del MARN, de donde se toman los valores correspondientes a los indicadores de inundaciones, deslizamientos y sequías, ya que son los factores que potencialmente se mitigarían por las acciones de restauración que se realizan. Un ejemplo es la recuperación de cobertura en suelos inestables o de alta pendiente que permita mitigar deslizamientos y disminuir el escurrimiento superficial durante lluvias extremas. Este índice se calcula a partir del número estimado de población expuesta a inundaciones, deslizamientos y sequía meteorológica cada año a escala municipal, por lo que para el cálculo del IRV se usan los proporcionales a la población de cada municipio dentro del paisaje¹³ (ver Anexo 13).

El Índice de Peligro Natural toma valores entre 0 y 10, por lo que es necesario normalizar los valores del IRV resultante. La Tabla 7 muestra los valores para la calificación y normalización del IRV (columnas en negritas) a partir de los valores del Índice de Peligro Natural (INFORM). Las escalas en este caso se han invertido, ya que un valor de 10 para el caso del Índice de Peligro Natural significa el mayor peligro para la población afectada. Esto equivale a una deficiente reducción de la vulnerabilidad, que en la escala normalizada equivale a 0 (cero) para el IRV. Por ejemplo, en la primera fila de la Tabla 7 observamos que un valor del Índice de Peligro y Exposición (tomado directamente del componente de peligro y exposición del INFORM) que se encuentra entre 6.9 y 10, tiene la categoría de muy alto, es decir, muy alto peligro y exposición a inundaciones, deslizamientos y sequías. Esto equivale a una deficiente reducción de la vulnerabilidad, que implica un IRV de entre 0 y 0.1. Esta normalización es necesaria para que el IRV pueda introducirse como componente del ISP.

Tabla 7 | Calificación y normalización de los valores del IRV

MUY ALTO (INFORM)	DEFICIENTE (IRV)	ALTO (INFORM)	REGULAR (IRV)	MEDIO (INFORM)	BUENO (IRV)	BAJO (INFORM)	MUY BUENO (IRV)	MUY BAJO (INFORM)	EXCELENTE (IRV)
6.9-10	0-0.1	4.7-6.8	0.11-0.25	2.8-4.6	0.26-0.50	1.3-2.7	0.51-0.75	0.0-1.2	0.76-1
6.9	0.025	4.7	0.11	2.8	0.26	1.3	0.51	0	0.76
7.9	0.05	5.4	0.15	3.4	0.3	1.8	0.55	0.40	0.85
8.9	0.075	6.1	0.2	4.0	0.4	2.2	0.65	0.80	0.95
10	0.1	6.8	0.25	4.6	0.5	2.7	0.75	1.20	1

Fuente: Elaboración propia

Índice de Gobernanza de Paisajes (IGP)

El Índice de Gobernanza (IGP) mide la situación de gobernanza para la gestión de un paisaje determinado. La gobernanza se refiere al proceso de interacción e integración entre diversas organizaciones e individuos con diferentes poderes, autoridades y responsabilidades basadas en reglas y tradiciones,

que se orientan a garantizar la provisión de servicios ecosistémicos (alimentos, agua, biodiversidad, turismo, etc.) (Cundill y Fabricius 2010; Robinson, Dearden y Orozco 2012). Hasta ahora, no existe en el país un monitoreo de gobernanza para la gestión de paisajes o incluso para la gestión de recursos naturales, por lo que para poder incluir el IGP en el ISP se

procedió a levantar información primaria. Con este objetivo se creó un instrumento para usarse en grupos focales, de tal forma que los mismos técnicos del MARN puedan aplicarlo en los distintos paisajes del país. El instrumento es una adaptación de la metodología propuesta por Robinson et al. (2012), con algunos elementos de PNUD (2018) y Cundill y Fabricius (2010), y está estructurado en tres componentes: (a) capacidades de la gobernanza, (b) proceso de gobernanza y (c) resultados de la gobernanza. Cada uno de estos componentes contiene varios indicadores que representan distintas dimensiones de la gobernanza:

1. Coordinación
2. Recursos
3. Deliberación
4. Liderazgo
5. Visión compartida
6. Acceso, uso y generación de información
7. Ajuste de las decisiones al contexto
8. Instrumentos de gestión y regulación
9. Equidad
10. Promoción y capacidad de aprender de experiencias pasadas
11. Rendición de cuentas

(En el Anexo 14 se encuentra más detalle de cada uno de estos indicadores)

El IGP se calcula a partir de la aplicación de un instrumento mediante sesiones de grupos focales con actores clave en la gestión del paisaje. La selección de grupos focales debe hacerse a través de una muestra aleatoria en los territorios de interés y entre los actores relevantes para la restauración. La metodología Paisajes Sociales desarrollada por WRI (2018), en paralelo con un muestreo aleatorio, puede ser una herramienta significativa para la identificación de los grupos focales. En el caso de El Salvador, los grupos focales no se seleccionaron aleatoriamente sino con el apoyo de los técnicos del MARN encargados de cada una de las áreas de conservación, con lo que se garantiza la participación de múltiples actores en los paisajes. La razón de no hacerlo aleatoriamente se debe a que ya existe una estructura de gobernanza en cada uno de los territorios del estudio. El instrumento/cuestionario presenta cinco opciones de respuesta por cada indicador, mediante las cuales se califica la dimensión correspondiente de la gobernanza. El promedio del puntaje para las once pregun-

tas –que corresponden a cada uno de los indicadores y que se analizan y discuten de forma participativa en el grupo focal– representa un IGP que toma valores entre 1 y 5. Un IGP de 0 (cero) indicará un estado de la gobernanza completamente desarticulado y disfuncional. Dicho valor aumentará en la medida en que los aspectos de la gobernanza mejoren. Un IGP de 5 indicará que se ha alcanzado el máximo en cada una de las dimensiones de la gobernanza.

Una vez obtenido el IGP se requiere su normalización para que pueda formar parte del ISP (ver Tabla 8).

Tabla 8 | Calificación y normalización de los valores del Índice de Gobernanza del Paisaje con respecto a los valores del Índice de Sustentabilidad.

Calificación	Valor de IGP	Normalización
Excelente	4.1 a 5	0.76 a 1
Muy buena	3.1 a 4	0.51 a 0.75
Buena	2.1 a 3	0.26 a 0.50
Regular	1.1 a 2	0.11 a 0.25
Deficiente	0 a 1	0 a 0.1

Fuente: Elaboración propia

El análisis de la situación de gobernanza desglosado en once aspectos o dimensiones es una herramienta útil para el autoanálisis de los actores participantes. Éste propicia la discusión de temas que muchas veces no se toman en cuenta y permite que los actores visualicen claramente los aspectos en los cuales tienen mayor fortaleza y aquellos en los que aún necesitan trabajar, por ejemplo en su propia visión de paisaje.

Es importante mencionar que la gobernanza puede llevar a mejoras a través de las acciones de restauración, por lo que es un catalizador para el éxito de dichas acciones planteadas para el paisaje.



RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL ISP A UN PAISAJE DE INTERÉS EN EL SALVADOR: EL IMPOSIBLE-BARRA DE SANTIAGO, APANECA- ILAMATEPEC

La propuesta del ISP se aplicó en un paisaje priorizado por políticas públicas a través del PREP, ya que de esta forma se tendría como resultado no sólo una metodología que pudiera replicarse en otras áreas del territorio nacional, sino que también se mostrarían los impactos de las acciones de restauración que se están realizando en un paisaje en concreto.

Como se vio en el apartado anterior, el ISP está compuesto por diversos índices que se calculan a través de metodologías distintas. Los resultados obtenidos para cada uno de estos índices se presentan a continuación.

Resultados Índice de Calidad del Agua (ICA)

Para obtener el ICA en el paisaje objetivo se tomaron los datos de dicho índice elaborado por el MARN con base en la información generada por las distintas estaciones ubicadas en el paisaje y luego se promediaron para obtener el ICA de todo el paisaje. Para paisajes en los que no se cuente con estaciones de medición en sitios relevantes es importante determinar si otras estaciones cercanas pueden servir como aproximaciones o si ciertas áreas dentro del paisaje deben considerarse fuera de cobertura y con ello reducir el alcance del índice.

Aunque las acciones de restauración en el paisaje iniciaron en el año 2016, se calculó el ICA del paisaje para 2011, que fue de 61.5. Para 2017 fue de 72.5, lo que muestra una mejoría en la calidad del agua, que pasó de “buena” a “muy buena”, según la Tabla 3. Los resultados se normalizaron para incorporarlos al ISP. Con dicha normalización, el ICA resultó en 0.61 y 0.73 para los años 2011 y 2017 respectivamente.

Índice de Biodiversidad del Paisaje (IBP)

Tal como se describe en la sección anterior, es una combinación de cinco indicadores de ecología de paisaje¹⁴.

Los índices obtenidos se analizaron juntamente con la ayuda de la Tabla 4 para su interpretación, clasificación y normalización.

IBP para el año 2011

El análisis se inició con el Índice de Relación Perímetro-Área (PAFRAC) de las clases de interés (bosque latifoliado, bosque de coníferas, bosque salado, café bajo sombra, café sin sombra y matorrales), que resultó en promedio en 1.33 (ver Tabla 9). De acuerdo con la Tabla 4, este valor clasifica al PAFRAC como “regular” y al normalizarse se obtiene un valor de 0.31.

El Índice de Porcentaje del Paisaje (PLAND) ocupado por las clases de interés es de 60.94%. De acuerdo con la misma Tabla 4 se clasifica como “excelente” y al normalizarse se obtiene el valor de 0.9.

El Índice de Número de Fragmentos (NP) en las clases de interés resulta en 0.44 y muestra una elevada fragmentación –especialmente en el bosque latifoliado– de acuerdo con la Tabla 4. Sin embargo, alcanza un buen porcentaje del paisaje, por lo que, al seguir los valores de dicha tabla, se ubica en la categoría de “regular”. El valor normalizado resulta ser 0.44 (ver tablas más detalladas de normalización en el Anexo 5).

El Índice del Parche más Grande (LPI) reporta un valor de 26.83% para café bajo sombra y de 8.26% para bosque latifoliado. Esto resulta en los dos valores más altos para este índice, lo que significa que el parche más grande de café bajo sombra ocupa el 26.83% del paisaje porque esta categoría no presenta mayor fragmentación. Sin embargo, la del bosque latifoliado es sólo un 8.26% del paisaje dada su fragmentación. Además, el índice para el bosque de mangle es de 1.62, lo que lo ubica en la categoría “muy bueno” y al normalizarse se obtiene un valor de 0.7.

El Índice de Contagio (CONTAG) es de 56.70, que lo ubica en la categoría “muy bueno”. Este valor normalizado es de 0.56. Entonces el IBP se calcula con los valores normalizados:

$$IBP = \frac{(PAFRAC + PLAND + NP + LPI + CONTAG)}{5}$$

$$IBP = \frac{(0.31 + 0.9 + 0.44 + 0.7 + 0.56)}{5}$$

$$IBP = 0.58$$

IBP para el año 2017

El Índice de Relación Perímetro-Área (PAFRAC) de las clases de interés alcanza valores de 1.49 para bosque latifoliado, 1.37 para café bajo sombra, 1.36 para bosque de mangle y 1.4 para matorrales. Con base en la Tabla 4 se clasificaría como “regular”. Como resultado de la normalización el valor obtenido es 0.40.

El Índice de Porcentaje del Paisaje (PLAND) ocupado por las clases de interés es de 67.68%, clasificado como “excelente”. Este valor normalizado resulta ser 0.97.

El Índice de Número de Fragmentos (NP) en las clases de interés muestra que la fragmentación del paisaje continúa siendo considerable, pero dicha

fragmentación ha disminuido, especialmente en el bosque latifoliado, que pasa de 41,127 fragmentos en el año 2011 a 2,311 fragmentos en 2017. Estas clases alcanzan todavía un buen porcentaje del paisaje. Los resultados pueden clasificarse en la categoría de “bueno”. El valor normalizado resultante es de 0.58.

El Índice del Parche más Grande (LPI) reporta un valor de 27.58% para café bajo sombra y de 14.14% para bosque latifoliado. Estos son los dos valores más altos, lo que significa que el parche más grande de café bajo sombra ocupa el 27.58% del paisaje porque esta categoría no presenta mayor fragmentación. Además, el índice para el bosque de mangle es de 1.61. Por lo que se ubicaría en la categoría “muy bueno”, según la Tabla 4. El valor normalizado resultante es de 0.79 (ver Anexo 6).

Tabla 9 | Resultados obtenidos del programa Fragstats para las clases de interés

Deficiente	Porcentaje de Paisaje (PLAND)		Número de Fragmentos (NP)		Índice del Parche más Grande (LPI)		Índice de Relación Perímetro-Área (PAFRAC)		Índice de Contagio (CONTAG)	
	2011	2017	2011	2017	2011	2017	2011	2017	2011	2017
Bosque Latifoliado	21.11	28.01	41127	2311	8.26	14.14	1.33	1.49	56.70	59.86
Bosque de coníferas	0.30	0.32	392	51	0.09	0.10	1.27	1.27		
Bosque salado	2.34	2.32	587	41	1.62	1.61	1.27	1.36		
Matorral	4.85	4.07	62413	27866	0.07	0.05	1.31	1.40		
Otros cultivos	2.79	0.94	11915	351	0.10	0.17	1.30	1.22		
Granos básicos	16.37	7.13	98151	34965	1.07	0.27	1.31	1.37		
Frutales	0.74	0.55	348	193	0.21	0.08	1.28	1.24		
Pastos	9.01	14.20	23370	33059	0.41	1.91	1.26	1.39		
Caña de azúcar	2.99	3.51	639	122	0.78	0.82	1.25	1.19		
Café sin sombra	1.03	0.91	1191	31	0.31	0.15	1.34	1.34		
Café bajo sombra	31.34	32.05	7599	338	26.83	27.58	1.31	1.37		

Fuente: Elaboración propia

El Índice de Contagio es de 59.86, que lo ubica en la categoría “muy bueno” de la Tabla 4. El valor normalizado es de 0.66.

Entonces, el IBP para el año 2017 sería:

$$IBP = \frac{(PAFRAC + PLAND + NP + LPI + CONTAG)}{5}$$

$$IBP = \frac{(0.40 + 0.97 + 0.58 + 0.79 + 0.66)}{5}$$

$$IBP = 0.68$$

Los resultados del IBP para ambos años, 2011 y 2017 (Figura 6), resultan ser muy satisfactorios, en parte debido a que en este paisaje se encuentran el área natural protegida más importante del país, el área más grande de café bajo sombra y una importante zona de manglar. Sin embargo, es notorio el cambio en los indicadores entre 2011 y 2017, debido al proceso de regeneración natural y a las acciones de restauración iniciadas desde 2016 en el paisaje, que muestran un aumento de 0.58 en el 2011 a 0.68 en el 2017.

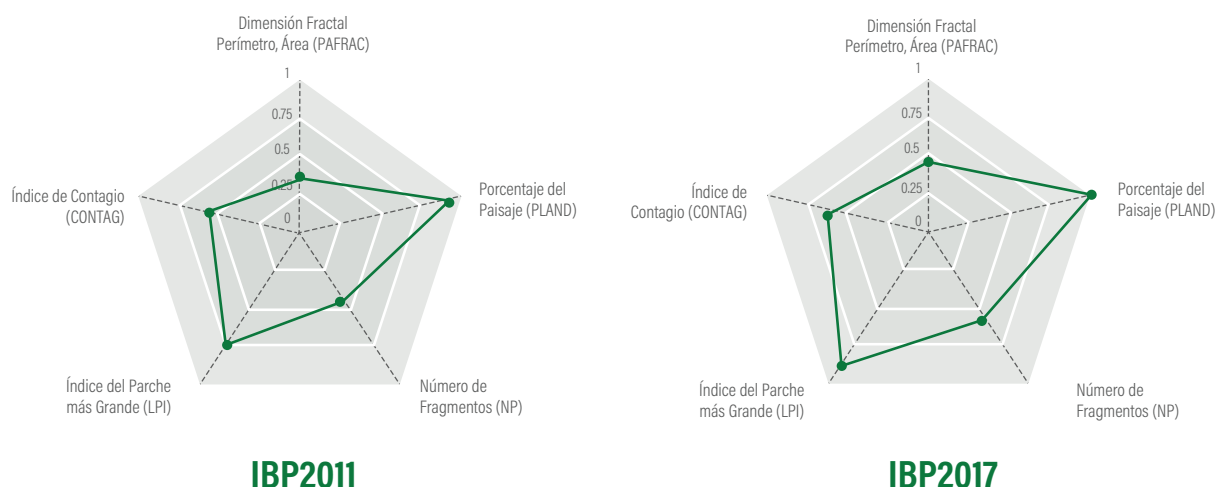
Índice de Carbono Equivalente (ICO_{2e})

Como ya se mencionó en el capítulo de método de cálculo de los componentes, el ICO_{2e} está dado por:

$$ICO_{2e} = \frac{(\text{Ganancia actual de CO}_2\text{e} - \text{Valor mínimo})}{(\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo})}$$

El primer paso para el cálculo fue la determinación de los umbrales del indicador. El valor máximo es la máxima cantidad de carbono equivalente almacenado que se obtendría si se restaurara toda el área propuesta en el Plan de Acción de Restauración de Ecosistemas y Paisajes de El Salvador. A partir de la Figura 5 se calculó para el paisaje en estudio la cantidad de hectáreas potenciales de restauración para cada una de las prácticas propuestas en el Plan de Acción. Al multiplicar estas hectáreas por los valores del balance de carbono equivalente por hectárea, de acuerdo con los cálculos realizados por Raes et al. (2017), se obtuvo la cantidad de carbono equivalente almacenada para cada práctica. La suma de los valores obtenidos representa el máximo valor de carbono equivalente almacenado durante el período de análisis, el cual se obtendría al implementar todas las prácticas propuestas en el paisaje. Con estos cálculos,

Figura 6 | Resultados del Índice de Biodiversidad del Paisaje 2011 y 2017



Fuente: Elaboración propia

el máximo valor de carbono equivalente almacenado en la zona de interés es de 1,263,357.90 toneladas durante el período de 2016 a 2022, de acuerdo con el Plan de Acción. Sin embargo, si se toma en cuenta el período de 2016 a 2030, el valor máximo sería de 2,707,195.50 toneladas de carbono equivalente¹⁵ (ver Tabla 10). Para prácticas no contempladas dentro de este plan –como reforestación o restauración

de bosques secundarios– se utilizó la herramienta Global FLR CO₂ Removals Database (Bernat et al. 2018).

El valor mínimo representa la cantidad de carbono equivalente que se almacenaría en el caso de que no se realizaran las acciones de restauración, el cual es teóricamente 0 (cero).

Tabla 10 | Cálculo del valor máximo esperado de carbono equivalente almacenado

Acciones de restauración	Hectáreas potenciales a restaurar	Factor de potencial t CO ₂ e/ha/año capturado	Potencial t CO ₂ e. almacenado al 2022*	Potencial t CO ₂ e almacenado al 2030**
Restauración Bosque de Galería	903.61	6.35	40,165.46	86,068.85
Renovación café < 800 m	1,560.07	1.55	16,926.76	36,271.63
Renovación café 800-1200 m	12,503.33	1.35	118,156.47	253,192.43
Renovación café > 1200 m	17,871.05	1.35	168,881.42	361,888.76
Sistema silvopastoril	3,253.53	0.5	11,387.36	24,401.48
Zafra verde en caña	2,755.91	0.09	1,736.22	3,720.48
Restauración manglar	0.00	6.7	0.00	0.00
Sistema agroforestal cacao (1)	0.00	3.3	0.00	0.00
Sistema agroforestal cacao (2)	14,160.56	4.7	465,882.42	998,319.48
Sistema agrosilvopastoril	0.00	1.85	0.00	0.00
Sistema agroforestal granos básicos	14,973.53	4.2	440,221.78	943,332.39
Reforestación (Bernoux et al. 2011)	0	25.30	0.00	0.00
Bosque secundario (Bernoux et al. 2011)	0	11.73	0.00	0.00
Total	67,981.59		1,263,357.90	2,707,195.50
			Valor máximo (2016-2022)	Valor máximo (2016-2030)

*Valores para el período 2016-2022

**Valores para el período 2016-2030

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la ganancia actual de carbono equivalente almacenado se utilizaron los reportes anuales que lleva a cabo el MARN sobre las acciones de restauración. Dichos reportes incluyen el tipo de práctica de restauración, las hectáreas restauradas y su ubicación, entre otros aspectos. A partir de estos reportes, se conoce el número de hectáreas que se han ido restaurando durante el período de análisis y el tipo de práctica que se ha aplicado. Cada tipo de práctica y las hectáreas correspondientes se multipli-

can por el factor de balance de carbono equivalente correspondiente y esto da como resultado el carbono equivalente almacenado por cada una de las prácticas. La suma de estos valores representa el carbono equivalente almacenado para el período en análisis (Tabla 11). Es importante notar que las prácticas de restauración que están siendo realizadas no se limitan a la lista expuesta en la Tabla 10 e incluyen otras actividades como manejo de bosques secundarios y actividades de reforestación.

Tabla 11 | Acciones de restauración reportadas por MARN en el periodo 2016-2018 y estimación de carbono equivalente capturado

Año	Acciones de restauración	Ha en proceso de restauración	Factor utilizado	Factor tCO2eq/ha/año	Años	Total tCO2eq
2016	Ecosistema de manglar / Restauración basada en aprovechamiento sustentable de los recursos naturales	1,640.00	Restauración manglar	6.35	3.00	31,242.00
	Conservación y aprovechamiento sustentable de bosques naturales	683.00	Bosque secundario	11.73	3.00	24,034.77
2017	Conservación y aprovechamiento sustentable de bosques naturales	4,261.80	Bosque secundario	11.73	2.00	99,981.83
	Café / Sistemas agroforestales sustentables (SAS)	1,006.60	Sistema agroforestal granos básicos	4.20	2.00	8,455.44
	Ecosistema de manglar / Restauración basada en aprovechamiento sustentable de los recursos naturales	338.80	Restauración manglar	6.35	2.00	4,302.76
	Sistema diversificado sustentable	3,293.00	Sistema agroforestal cacao (2)	4.70	2.00	30,954.20
	Manejo de rastrojos o gestión de residuos de cosechas	59.50	Zafra verde en caña	0.09	2.00	10.71
	Sistemas agroforestales (SAF)	43.50	Sistema agroforestal granos básicos	4.20	2.00	365.40
	Reforestación	250.00	Reforestación	25.30	2.00	12,650.00
2018	Conservación y aprovechamiento sustentable de bosques naturales	450.00	Bosque secundario	11.73	1.00	5,278.50
	Sistema diversificado sustentable	925.00	Sistema agroforestal cacao (2)	4.70	1.00	4,347.50
Área total en proceso de restauración (ha)		12,951.20				221,623.11

Fuente: Elaboración propia

Para el período de 2016-2018, el MARN reportó un total de 12,951.20 de hectáreas en proceso de restauración con distintas prácticas para este paisaje. Dichas hectáreas representan el 19% del área potencial total a restaurar, según el Plan de Acción. Al multiplicar el número de hectáreas correspondientes a cada práctica por su factor de carbono equivalente, se obtiene el carbono equivalente almacenado. La suma de estos valores brinda un total de 221,623.11 toneladas de carbono equivalente almacenadas en el paisaje para el periodo en estudio. Entonces el ICO_2e sería:

$$ICO_2e = \frac{\text{Ganancia actual de } CO_2e - \text{Valor mínimo}}{(\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo})}$$

$$ICO_2e = \frac{(221,623.11 - 0) \text{ t de } CO_2e}{(1,263,357.90 - 0) \text{ t de } CO_2e}$$

$$ICO_2e = 0.18$$

La Tabla 4 califica este valor como “regular”. Esto toma en cuenta el período correspondiente al Plan de Acción. Sin embargo, si tomamos en cuenta el período de tiempo para cumplir la meta del Desafío de Bonn, el ICO_2e sería de 0.08, un valor que, no obstante, resulta pequeño. Debe tomarse en cuenta que las acciones de restauración iniciaron apenas hace tres años y que para cumplir la meta establecida al año 2030 faltan aún 12 años.

Es importante notar que las toneladas de carbono equivalente almacenado que se obtuvieron a través del cálculo anterior probablemente subestiman el valor de dicho carbono almacenado en el paisaje, el cual no proviene exclusivamente de acciones de restauración, sino también de procesos de regeneración natural que se están llevando a cabo. Para comprobarlo, se hizo un análisis que utiliza los dos últimos mapas de uso de suelo del país realizados por el MARN. Los mapas corresponden a los años 2011 y 2017. El análisis toma en cuenta únicamente el área

correspondiente al paisaje y selecciona las áreas que en 2011 aparecen bajo uso agrícola –concretamente granos básicos– que en 2017 tienen más bien la categoría de bosque latifoliado. Esta área suma un total de 5776.24 hectáreas. Según el análisis, representan un proceso de regeneración natural. Sin embargo, es necesario un análisis más exhaustivo para determinar si los cambios responden a una razón en particular, cómo el abandono de la tierra, o simplemente a diferencias en la metodología de los mapas de uso de suelo.

Índice de Jornales Adicionales (ITA)

Para calcular el ITA se utilizó la fórmula:

$$ITA = \frac{(\text{Jornales adicionales actuales} - \text{Valor mínimo})}{(\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo})}$$

El máximo número de jornales esperados para el paisaje se obtuvo a partir del Mapa de Prioridades de Restauración y Oportunidades de Transición a la Restauración en el paisaje en estudio, que reporta la cantidad de hectáreas potenciales de restauración para cada una de las prácticas propuestas en el Plan de Acción, de la misma manera que para el ICO_2e . Al multiplicar estas hectáreas por el número de jornales requeridos –a partir de los cálculos realizados por Raes et al. (2017)– se obtiene la cantidad de jornales para cada una de las prácticas propuestas en el paisaje. La suma de los valores obtenidos sería el máximo número de jornales que se necesitaría para implementar todas las prácticas de restauración en el paisaje. En nuestro caso corresponde a 27.1 millones de jornales (ver Anexo 12).

El valor mínimo representa la cantidad de jornales generados si no se realizan las acciones de restauración, que teóricamente es 0 (cero).

El trabajo adicional está dado por el número de jornales adicionales generados partir del año base, que en este caso corresponde al año 2016, porque a partir de dicho año se inició la implementación de acciones de restauración en el paisaje. Si se utilizan los reportes del MARN, se obtienen las hectáreas

restauradas por cada tipo de práctica y estas se multiplican por los factores de trabajo, según Raes et al. (2017). De esta forma, el total de jornales adicionales generados en el paisaje durante el periodo 2016-2018 corresponde a 2.6 millones de jornales. Por lo tanto:

$$ITA = \frac{(\text{Jornales adicionales actuales} - \text{Valor mínimo})}{(\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo})}$$

$$ITA = \frac{(2.6 - 0) \text{ millones de jornales}}{(47.3 - 0) \text{ millones de jornales}}$$

ITA= 0.05 (para el período 2016-2030)
ITA= 0.10 (para el período 2016-2022)

La Tabla 12 presenta la calificación del ITA. De acuerdo con la tabla, el valor del ITA de 0.05 está en la categoría de “deficiente”.

Tabla 12 | Calificación de los valores del ITA

Rango de valores ITA	Clasificación
0 a 0.1	Deficiente
0.11 a 0.25	Regular
0.26 a 0.5	Buena
0.51 a 0.75	Muy buena
0.76 a 1.0	Excelente

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos para este índice son congruentes con el hecho de que las acciones se iniciaron hace solo tres años y quedan aún 12 años más de trabajo hasta el 2030. Hasta ahora se ha restaurado solo un 19.05% del máximo de hectáreas esperadas. Es importante mencionar que algunas de las acciones de restauración que se están realizando en el paisaje no son precisamente las que se propusieron en el Plan de Acción. Esto se debe a que las acciones propuestas obedecen a criterios técnicos y económicos, pero en los territorios, los aspectos de gobernanza y las mismas percepciones de los actores locales sobre lo que consideran que es importante para sus paisajes juegan un papel fundamental al momento de decidir y realizar dichas acciones. En el caso concreto de este paisaje, se están llevando a cabo acciones de restauración no contempladas en el Plan de Acción, en zonas como Barra de Santiago, mientras que en otras zonas se está reforestando, acción que tampoco contempla el Plan.

Existe un esfuerzo por parte de las autoridades del MARN, en el marco del Barómetro del Desafío de Bonn, para mapear todas las acciones de restauración por parte del sector público y privado (Dave et al. 2018), pero es importante llamar la atención sobre su registro, ya que posiblemente se han realizado acciones que no han sido reportadas al MARN y, por lo tanto, no han sido contabilizadas. Esto significa que los valores del índice obtenido representan valores conservadores.

Índice de Reducción de Vulnerabilidad (IRV)

Tal como se expuso en el apartado anterior, el IRV se calcula a partir de los valores del Índice de Peligro Natural, que toma en cuenta únicamente las variables de población afectada por inundaciones y deslizamientos, al tiempo que ajusta la población a la proporción del municipio dentro del paisaje. Este procedimiento sigue la misma metodología para el cálculo del Índice de Gestión de Riesgo que elabora el MARN (ver Anexo 13).

El valor del índice para este paisaje para el año 2017 es de 3.8, en una escala de 0 a 10. Si partimos de los valores de la Tabla 7, se obtiene un IRV de 0.36, con una calificación de “bueno”. Esto es bastante coherente con la cobertura de bosque y café con sombra

presente en el paisaje, lo cual influye positivamente en la reducción de vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos.

Índice de Gobernanza del Paisaje (IGP)

Para calcular el IGP se siguió la metodología expuesta en el apartado anterior. Se contó con el apoyo de los técnicos del MARN que atienden las áreas de conservación dentro del paisaje en estudio y, a sugerencia de los mismos, se organizaron tres grupos focales en tres distintas zonas del paisaje, uno con el Comité de la Reserva de la Biósfera Apaneca-Illamatepec, otro con actores locales en Barra de Santiago y un tercero con un grupo de actores locales en Tacuba, quienes están organizándose en torno a la gestión del Parque Nacional El Imposible. La Figura 7 muestra el IGP desglosado en sus componentes para las tres zonas en las que se realizó el análisis.

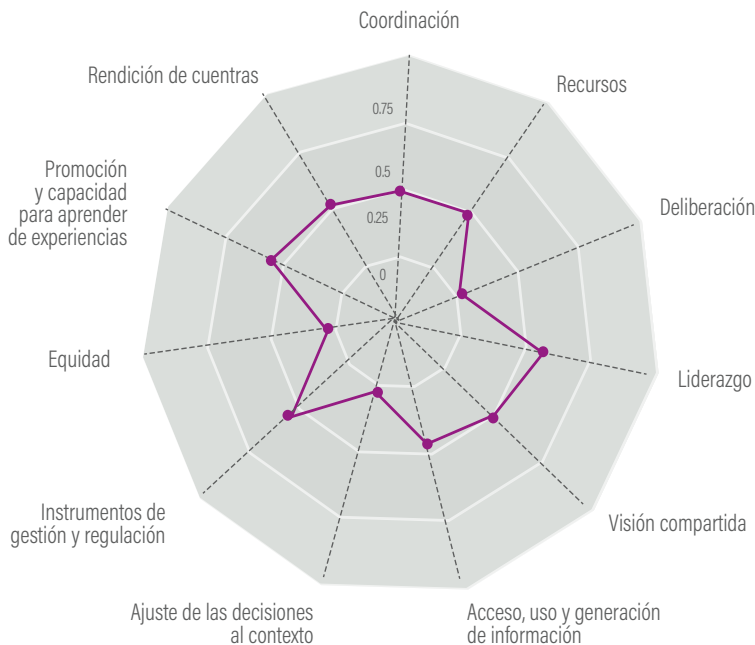
Se obtuvo un IGP para cada una de las tres zonas: 0.26 en El Imposible, 0.54 en Barra de Santiago y 0.52 en la Reserva de la Biósfera Apaneca-Illamatepec. Estos resultados coincidieron con las expectativas, según entrevistas previas con los técnicos del MARN. En la zona de El Imposible, la organización es incipiente y recientemente se ha formalizado un con-

venio de co-manejo entre el MARN y la Alcaldía de Tacuba para la gestión de una parte del área natural.

La gobernanza en Barra de Santiago se está consolidando y resultó ser la más alta, ya que la organización social alrededor de la protección y uso sostenible del manglar se ha ido fortaleciendo a través de los años, hasta alcanzar un importante nivel de coordinación, al igual que una visión compartida. Sin embargo, su gestión está bastante restringida al manglar, con pocas o nulas vinculaciones con el Parque Nacional El Imposible, lo que se puso en evidencia en aspectos como “instrumentos de gestión y regulación” que, si bien funcionan para regular la extracción, no han funcionado con el grupo de cañeros cuyo cultivo amenaza o avanza sobre el manglar.

El Índice en la Reserva de la Biósfera Apaneca-Illamatepec también tiene un buen puntaje. El comité se está consolidando, su visión y gestión a escala del paisaje es mucho más integral y tiene una conformación más plural que en el grupo de Barra de Santiago, pero su funcionamiento es más reciente. El promedio de las tres zonas reportó un Índice de Gobernanza del Paisaje de 2.83 que se clasifica como “buena”, en una escala de 1 a 5, con mucho potencial para mejorar. En los tres sitios en los que se orga-

Figura 7 | Índice de Gobernanza del Paisaje



Fuente: Elaboración propia

nizaron grupos focales los participantes mostraron mucho interés por un uso institucionalizado del instrumento para una autoevaluación periódica.

La Tabla 8 muestra la normalización del IGP con la escala del Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes (de 0 a 1). Si se parte de los valores de dicha tabla, se obtiene un Índice de Gobernanza del Paisaje de 0.44, con una calificación de “buena”.

Agregación del ISP

Una vez obtenido cada uno de los componentes del Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes, se puede calcular el índice a través del promedio de todos los valores¹⁶ (ver Figura 8).

Para este caso concreto:

$$ISP = \frac{(ICO_2 + IBP + ICA + ITA + IRV + IGP)}{6}$$

El valor del Índice de Sustentabilidad es de 0.41, si se toma como meta el 2022 del Plan de Acción de Restauración, y de 0.39, cuando se toma como meta el año 2030. En las Figuras 9 y 10 puede observarse claramente cómo los aspectos de biodiversidad y calidad de agua presentan las mejores calificaciones. Esto se debe en gran parte a que en este paisaje se ubica el área natural protegida más importante del país (el bosque El

Figura 8 | Índice de Sustentabilidad 2018



Fuente: Elaboración propia

Imposible), además de la zona más importante de café bajo sombra de El Salvador y una considerable zona de manglares.

Esto tiene un gran peso en cuanto a biodiversidad, aunque aunque si se analizan los mapas de uso de suelo de 2011 y 2017, es notoria la disminución de áreas de manglar. Por otra parte, la calidad de agua ha mejorado en casi todos los ríos del país. De hecho, los ríos de calidad de agua “buena” se han incrementado en 27% según el informe de calidad de agua 2017 del MARN.

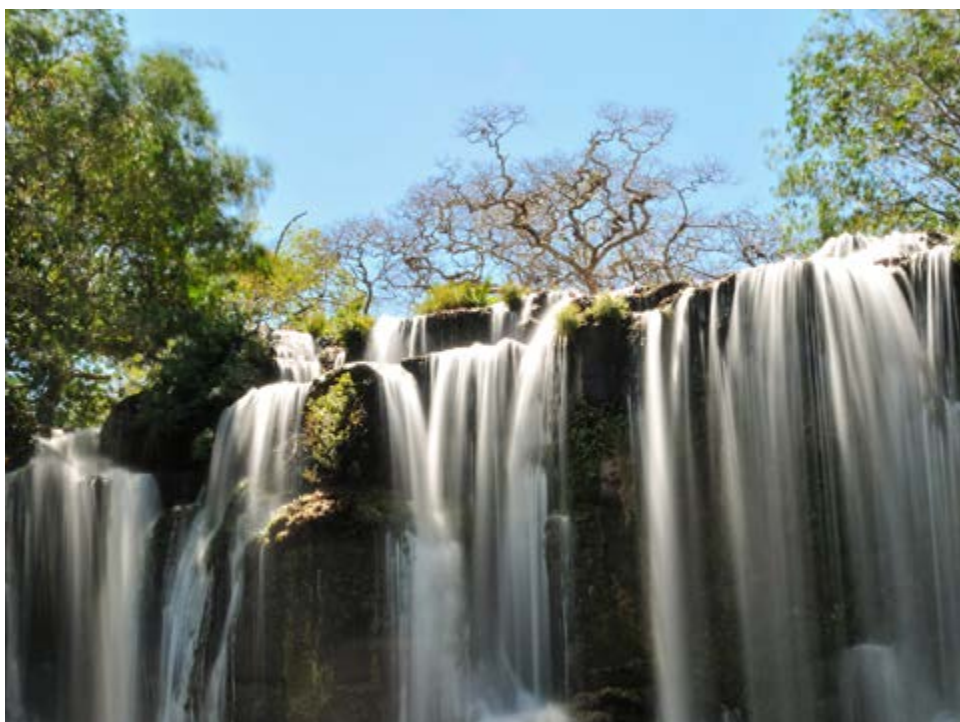
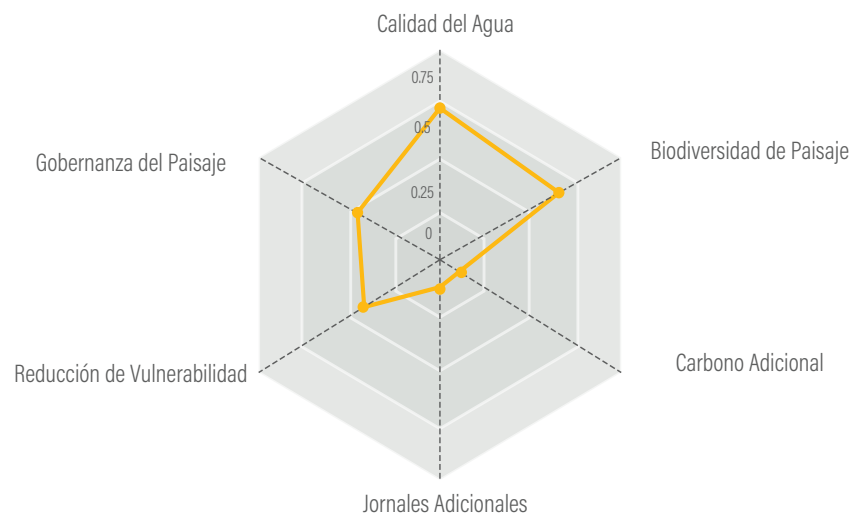


Figura 9 | ISP en El Imposible-Barra de Santiago y Apaneca-Illamatepec

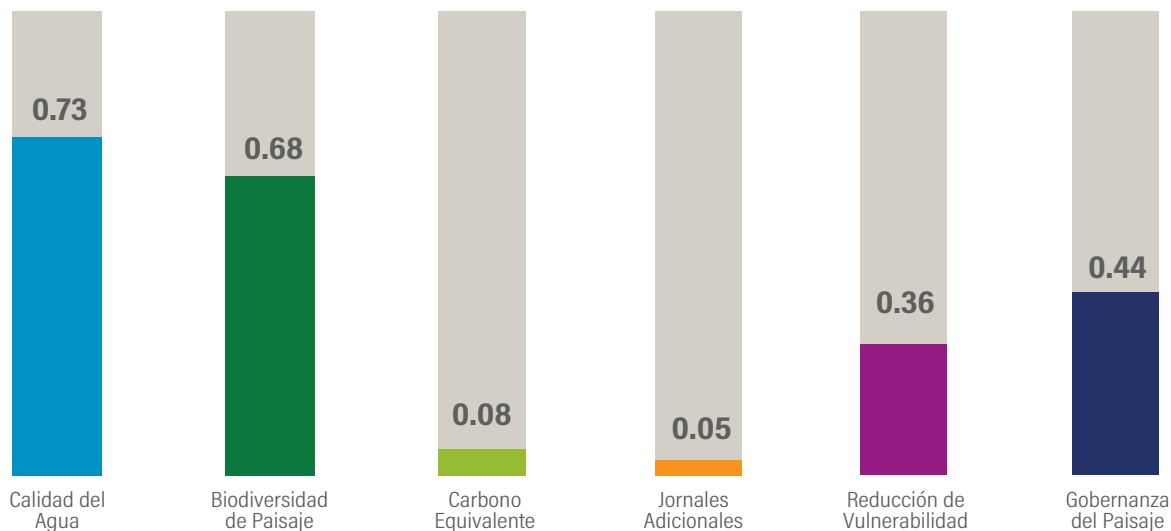


Fuente: Elaboración propia

El ICO_2e y el ITA reflejan más claramente el impacto de las acciones de restauración sobre el almacenamiento de carbono equivalente y los jornales adicionales porque los valores incluidos en la fórmula provienen del listado de acciones de restauración que genera el MARN. En este sentido,

reflejan el avance de las acciones de restauración en el paisaje. Hasta ahora se ha avanzado un 12% del área que se tiene como meta para restaurar al año 2030. Debido a este modesto avance, los Índices de Carbono Equivalente y de Jornales Adicionales resultan bajos (Figura 10).

Figura 10 | ISP de El Imposible-Barra de Santiago y Apaneca- Illamatepec desglosado por componentes



Fuente: Elaboración propia

 **NUÉSTRA ÁREA NATURAL PROTEGIDA**
BARRA DE SANTIAGO
ÁREA DE RECUPERACIÓN DE DIFERENTES ESPECIES Y HABITAT
DEL COCODRILO-MACHORRA-AVES
PROHIBIDO TERMINANTEMENTE:
1- PROHIBIDO LA PESCA Y LA CACERIA - PORTACION DE ARMAS DE FUEGO.
2- PROHIBIDO TRANSITO EN LANCHAS GRANDES CON MOTORES RUIDOSOS.
3- NO ENTRAR CON JETSKY, MOTORES RUIDOSOS, ALTA VELOCIDAD.
4- PROHIBIDO TIRAR BASURA DE CUALQUIER CLASE: LATAS, BOTELLAS, PLASTICOS.
5- PROHIBIDO ENTRAR A MANGLALES HACIENDO BULLA O MUSICA ALTO VOLUMEN
PORQUE DISTORCIONA EL ESTADO DE ANIMO DE LAS ESPECIES
habitantes Barra de Santiago
Guardia Recursos



IMPLICACIONES DEL ISP

Además de contribuir al monitoreo de algunos de los impactos de la restauración, el ISP también tiene el potencial de contribuir a fortalecer los esfuerzos de restauración y la gestión de ecosistemas y paisajes. Como se discute a continuación, el Índice puede contribuir a identificar interrelaciones de importancia que ocurren en los paisaje en los que se aplica, a definir criterios más precisos para la priorización y localización de acciones de restauración dentro del paisaje y a promover esfuerzos que fortalezcan el capital social y la gobernanza del paisaje.



Restauración, impactos e interrelaciones en el paisaje

Junto con otros indicadores de restauración que se están implementando (como por ejemplo el Barómetro de la Restauración (UICN 2018) y los indicadores de REDD+), el ISP puede ser parte de un sistema más amplio de monitoreo, reporte y verificación que informe sobre los avances del país en términos de Mitigación basada en Adaptación. En la medida en que las acciones de restauración se implementen más ampliamente en los diversos paisajes del país, el Índice podrá aplicarse de manera sencilla e integrarse a sistemas más amplios de monitoreo.

A diferencia de los indicadores que reflejan promedios a escala nacional, el ISP puede contribuir al seguimiento sistemático de los impactos de restauración en cada uno de los paisajes en que se aplique y será susceptible de agregarse a escala nacional. A escala de paisaje, el Índice tiene el potencial, al combinarlo con estudios a escala proyecto o finca, de informar acerca del comportamiento de los impactos de la restauración en aspectos cruciales como el agua, la biodiversidad y el suelo, pero también de identificar interrelaciones críticas que pueden estar incidiendo en el desempeño del paisaje, como por ejemplo la relación entre acciones de restauración cuenca arriba y la disponibilidad o calidad de agua en las partes bajas. También es relevante tomar en cuenta las otras dinámicas de uso del suelo que ocurren y no únicamente las acciones de restauración realizadas. Esto es particularmente importante, pues en el paisaje no solamente ocurren acciones de restauración, sino también acciones que los diversos actores desarrollan para garantizar sus medios de vida, tales como actividades agrícolas, energéticas y de turismo. El Índice puede contribuir a promover mayores esfuerzos de coordinación y a generar sinergias entre políticas públicas sectoriales.

Una sugerencia de particular relevancia para la aplicación del ISP es la promoción de protocolos y la formalización de convenios de intercambio de información que generen entidades gubernamentales además del MARN. Un ejemplo concreto es la base de datos sobre la calidad del suelo en diversos sitios del país que está generando el CENTA y que se espera mantener y ampliar en el futuro en el marco de la Alianza Mundial para el Suelo. Para este tra-



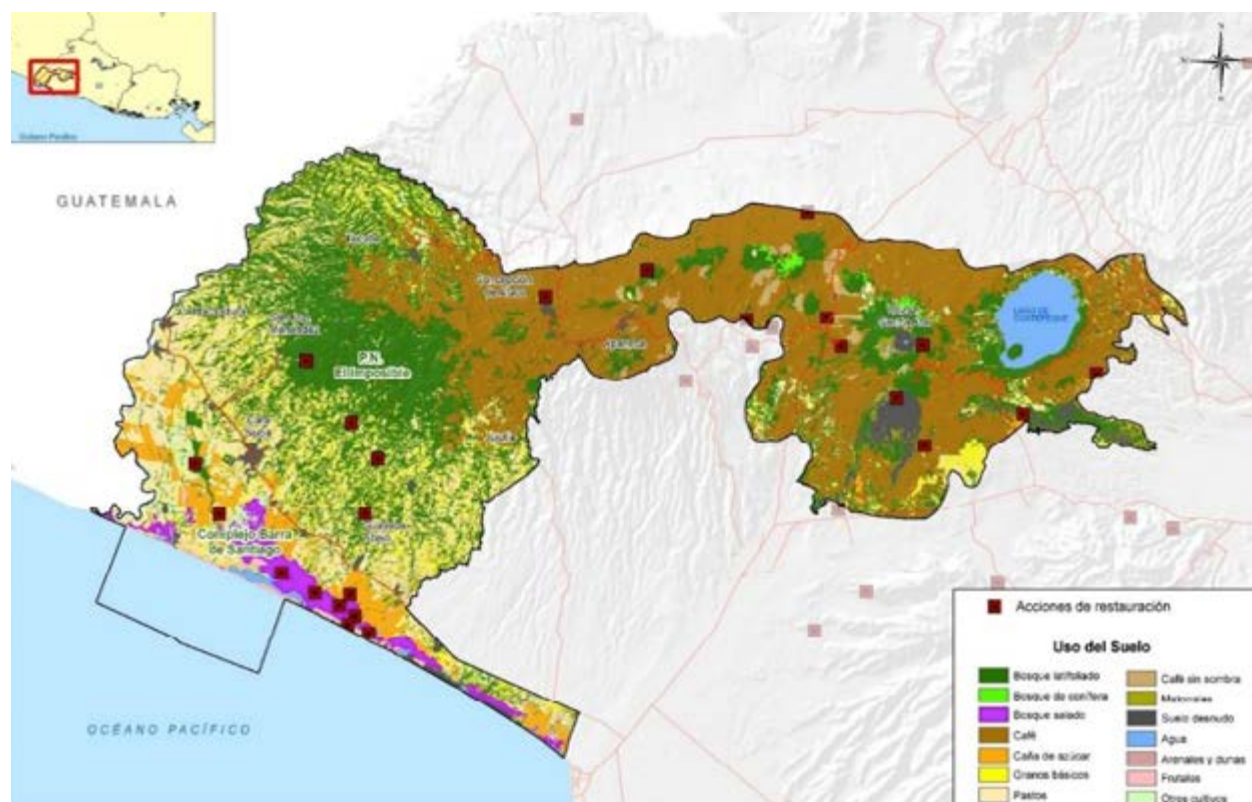
bajo, se promovió un convenio de colaboración entre el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador y la Dirección General del Observatorio Ambiental del MARN, a través del cual CENSALUD compartirá sistemáticamente muestras de calidad del agua en la zona de Barra de Santiago para que se analicen en el laboratorio del Observatorio Ambiental con el objeto de ampliar el muestreo de calidad del agua en la zona de manglar.

Priorización y localización de acciones de restauración

En paisajes delimitados las acciones de restauración pueden orientarse mejor, de acuerdo con criterios más apropiados, a las características y dinámicas de éstos. En este sentido, la localización de acciones específicas de restauración quedará determinada,

por ejemplo, por la necesidad de mejorar la situación de recursos fundamentales como el suelo y el agua, o por su importancia para la producción agrícola, más que por el intento de aprovechar o promover al aumento de la captura de carbono. En el caso del paisaje en estudio, es evidente la necesidad de seguir promoviendo acciones de restauración en la zona de manglares, pero también en otras áreas de influencia que incluya las zonas productoras de caña de azúcar e incluso áreas fuera del perímetro del paisaje, porque éstas tienen claras implicaciones en los manglares ubicados al oeste de la Barra de Santiago (ver Figura 11). En este sentido, el análisis de cada uno de los componentes del ISP, acompañado de un análisis espacial y temporal con base en los mapas de uso de suelo empleados, también puede contribuir a mejorar los criterios de selección y localización de las acciones de restauración para poder priorizar áreas dentro del paisaje que precisen intervenciones de

Figura 11 | Acciones de restauración en El Imposible-Barra de Santiago-Reserva de la Biosfera Apaneca-Illamatepec



Fuente: WRI y PRISMA, 2019.

restauración. Por ejemplo, los programas de fomento apoyados por el FIAES pueden enfocarse en áreas en las que el subíndice de biodiversidad o de agua hayan tenido reducciones mayores, o en las que los niveles de gobernanza sean más altos. Esto puede llevar a definir convocatorias de propuestas de proyectos como los promovidos por los fondos ambientales del país, influenciar la ubicación de otros proyectos apoyados con recursos de diversas entidades de cooperación y promover procesos de reconversión productiva con inversiones privadas, como las implementadas en el cultivo de la caña de azúcar. Asimismo, el Índice proporciona información que puede utilizarse para trazar niveles de eficiencia de las acciones de restauración en el paisaje.

Aunque no se sugiere la modificación del perímetro del paisaje seleccionado para la aplicación del Índice, la proximidad de las acciones de restauración que se están implementando en la zona cafetalera –por ejemplo, el uso predominante del suelo en la Reserva de la Biósfera Apaneca-Illamatepec– puede que se estén generando impactos no solamente al interior del paisaje, sino también fuera del mismo (en el caso de microcuencas, por ejemplo). La Figura 11 muestra cómo otras acciones de restauración fuera del paisaje también podrían tener impacto, junto con las del interior del paisaje, en esta zona costera sur del país, por lo que se recomienda realizar estudios más detallados. En el contexto de una situación de crisis prolongada del cultivo del café, las acciones de restauración contribuyen económica, social y ambien-

talmente dentro del paisaje, pero también fuera del mismo, ya que dichas acciones pueden contribuir a evitar procesos de deforestación, cambios de uso del suelo, e inclusive a la remoción de reservorios de carbono.

Restauración, capital social y gobernanza del paisaje

Además del monitoreo, el Índice de Sustentabilidad para la Restauración de Paisajes tiene el potencial de contribuir a la ampliación de los instrumentos de gestión del paisaje y de los ecosistemas. Como se ha visto, el Índice sintetiza el desempeño del paisaje y considera diversas dimensiones de importancia crucial para la Mitigación basada en Adaptación. El Índice también muestra el desempeño de diversos actores en el paisaje, no solamente de aquellos que son directamente responsables de los usos del suelo y de la implementación de acciones de restauración como los productores (cañeros, cafetaleros, productores de granos básicos, ganaderos, etc.), sino también de otros actores como las municipalidades, las organizaciones territoriales o las cooperativas, entre otros, que a través de su acción promueven estrategias con claros impactos en el paisaje. El Índice puede contribuir a retroalimentar los impactos derivados de otras iniciativas distintas de la restauración, tales como los planes de desarrollo local-territorial, las estrategias de fomento a la producción de granos básicos y seguridad alimentaria y los incentivos para la producción de la caña de azúcar.



Por lo anterior, el Índice es un instrumento que refleja el desempeño ambiental del conjunto de acciones en el paisaje, tanto para sus actores como para otros actores externos interesados. Con esta lógica, el ISP y su proceso de elaboración –particularmente el proceso de construcción del Índice de Gobernanza– puede contribuir a fortalecer la institucionalidad local-territorial. En ausencia de otros indicadores, el ISP no sólo llena un vacío de importancia estratégica en los paisajes, ecosistemas y territorios, sino que también puede favorecer una mayor atención a la restauración a escala local territorial e integrar diversas agendas e instrumentos de gestión a dicha escala, entre los que se incluye la vinculación de la restauración en los procesos de planificación local, pero sobre todo, las estrategias de vida de quienes más dependen de los recursos naturales. El Índice también puede ser un indicador de degradación en el caso de que cada componente reporte valores menores en función de una línea base. El Índice de Biodiversidad resulta particularmente útil para determinar la degradación forestal o la deforestación, ya que es sensible a pérdidas en cobertura arbórea.

No menos importante es el hecho de que las acciones de restauración en el paisaje también ayudan a mejorar las condiciones del capital social y con ello los sistemas de gobernanza del paisaje. Las acciones de restauración apoyadas en los manglares de la Barra de Santiago no sólo han incidido en la restauración del manglar y en la manutención de sus funciones ecológicas, sino también en el reforzamiento de las condiciones de gobernanza de las organizaciones y comunidades locales, y con ello, en el fortalecimiento de las capacidades de interlocución con productores cañeros, los cuales todavía ven a las zonas de manglares como zonas potenciales para la expansión del cultivo de la caña de azúcar.



REFERENCIAS

1. Iniciativa impulsada por el gobierno de Alemania, la Asociación Mundial para la Restauración del Paisaje Forestal y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), mediante la cual se establecieron compromisos para restaurar 150 millones de hectáreas en tierras degradadas a nivel global en 2020 y 350 millones de hectáreas al 2030.
2. En apoyo al Desafío de Bonn, la iniciativa 20x20 es un esfuerzo liderado por los países de América Latina y el Caribe para cambiar la dinámica de degradación de la tierra. En el corto plazo, busca iniciar la restauración en 20 millones de hectáreas para 2020 y tener 30 millones de hectáreas en restauración reflejadas en las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDCs, por sus siglas en inglés) para el 2030.
3. Fragstats es un software de acceso libre creado en 1995 por el Dr. Kevin McGarigal y Barbara Marks en la Universidad estatal de Oregon. Funciona esencialmente en formato raster. Disponible en: <https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
4. Se analizará el índice de dimensión fractal de las clases de interés (bosque latifoliado, bosque de pino, manglar, café bajo sombra)
5. El área total de clase no forma parte del IBP, sin embargo, se calculó para utilizar los valores en el cálculo del Índice de Carbono Equivalente (ICO_{2e}) y el Índice de Jornales Adicionales (ITA).
6. Se analizará el porcentaje de paisaje para la clase de interés o la suma de las clases de interés (bosque latifoliado, bosque de pino, manglar, café bajo sombra). El valor máximo se considera en 70% ya que no se consideran paisajes con exclusiva presencia de bosques o cafetales.
7. El balance de carbono equivalente se define como el balance neto de todos los gases de efecto invernadero (GEI) expresados en equivalentes de CO₂ que son emitidos o retenidos por la implementación de prácticas de restauración (FAO 2017).
8. En la década de 1990, la Soil Science Society of America promueve el concepto de calidad de suelo y posteriormente se establecen indicadores cuantitativos de dicha calidad.
9. De acuerdo con criterios de expertos. Entrevista con el Ing. Jaime Tobar, Coordinador del Programa de Agricultura, Suelos y Agua a cargo de Catholic Relief Services (CRS), 23 de julio de 2018.
10. En El Salvador se ha completado el proceso de adaptación del modelo INFORM sub-nacional a partir del Índice Global y Regional LAC con la participación de nueve instituciones gubernamentales que integran el Equipo INFORM El Salvador, y con el apoyo de PNUD, UNICEF y OCHA como agencias del Sistema de Naciones Unidas que en el país ejecutan el Proyecto "Implementación y uso de INFORM como herramienta para la toma de decisiones humanitarias y de desarrollo basada en información de riesgos de desastres en Centroamérica con fondos de ECHO".
11. Para más detalles: <http://www.inform-index.org/>
12. Existe una plataforma automatizada en formato excel, diseñada por el equipo INFORM, que permite calcular de manera uniforme el índice de gestión de riesgos y cada uno de sus tres componentes, al introducir de manera sencilla los valores de población afectada cada año en cada uno de los países. En cada país se realizan adaptaciones de dicho índice de acuerdo con las condiciones específicas para eventos climáticos, sin embargo, la plataforma que se utiliza es la misma.
13. Una ventaja considerable del uso de este tipo de indicadores con respecto a recuentos de biodiversidad, ya sea de flora o de fauna, es su bajo costo. Sólo se requieren dos cosas: tener el mapa de uso del suelo del año que se desea analizar y disponer del software Fragstats (de libre acceso) u otro similar.
14. El período de análisis corresponde al período entre 2016 y 2030. 2016 es el año en que inician las acciones de restauración en el paisaje piloto y 2030 es el año de cara al cumplimiento de las metas del Desafío de Bonn. Sin embargo, también vale la pena considerar el periodo de 2016 a 2022, ya que este es el periodo para la ejecución del Plan de Acción de Restauración de Ecosistemas y Paisajes en El Salvador.
15. El Índice de Calidad de Suelos no se calculó debido a la ausencia de información al momento de realizar el análisis. Sin embargo, dado que esta información existe en el país, se consideró importante incluir este componente en el ISP para que pueda calcularse en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

Bernal, B., L.T. Murray, and T.R. Pearson. 2018. Global carbon dioxide removal rates from forest landscape restoration activities. *Carbon balance and management*, 13(1).

Bey, A., A.Sánchez-Paus Díaz, D. Maniatis, G. Marchi, D. Mollicone, S.Ricci, J.F. Bastin, R. Moore, S.Federici, M. Rezende, and C. Patriarca. 2016. Collect earth: Land use and land cover assessment through augmented visual interpretation. *Remote Sensing*, 8(10).

Buckingham K., S. Ray, A. Morales, R. Singh, O. Maneerattana, S. Wicaksono, H. Chrysolite, A. Minnick, L. Johnston, and B. Arakwiye. 2018. Mapping Social Landscapes: A Guide to Identifying the Networks, Priorities, and Values of Restoration Actors. World Resources Institute Guide Book.

R.M. Brown, N.I. McClelland, R.A Deininger, and R.G. Tozer. 1971. Water quality index-do we dare? *Water Sewage Works*, 117(10).

Cairo P. 1995. La Fertilidad Física de suelo y la Agricultura Orgánica en el Trópico. UNA - Managua, Nicaragua.

Cantú, M.P., A. Becker, J.C. Bedano, and H.F. Schiavo. 2007. Evaluación de la Calidad de Suelos Mediante el Uso de Indicadores e Índices. *Ciencia del Suelo*, 25(2), 173-178. Available at: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672007000200008&lng=es&tlng=en. [Accessed December 7 2018].

CENTA. 2015. Guías técnicas. San Salvador, El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Available at: <http://www.centa.gob.sv/2015/guias-tecnicas/>

Cobar A., 2016. Plan de Desarrollo local sostenible del Área de conservación El imposible-Barra de Santiago, El Salvador. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 79 p. Available at: <http://reddlandscape.org/wp-content/uploads/2016/09/Plan-de-Desarrollo-Local-Sostenible-en-el-ACEIBS-compressed.pdf>

Commoner, B., 1971. The Closing Circle: Nature. Man and Technology.

Consejo Salvadoreño del Café. 2018. Estadísticas de producción por empleo al 31 de octubre de 2018. Available at: www.csc.gob.sv/estadisticas/

Cundill, G. C. Fabricius. 2010. Monitoring the governance dimension of natural resource co-management. *Ecology and Society* 15(1).

Dave, R., C. Saint-Laurent, L. Murray, G. Antunes Daldegan, R. Brouwer, C.A. de Mattos Scaramuzza, L. Raes, S. Simonit, M. Catapan, G. García Contreras, A. Ndoli, C.Karangwa, N. Perera, S. Hingorani, and T. Pearson. 2019. Second Bonn Challenge progress report. Application of the Barometer in 2018. Gland, Switzerland: IUCN.

Duarte, N., M. Figueroa, L. Hernández, and V. Aguilar. 2011. Impacto de la preparación del suelo sobre las características físicas del suelo, calidad y rendimiento de las raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), variedad algodón, Nueva Guinea-RAAS. *La Calera*, 11(17), 26-32. Available at: <http://repositorio.una.edu.ni/2363/1/ppf07u58.pdf>.

ECLAC (Economic Commission for Latin America and the Caribbean), CAC (Central American Agricultural Council), COMISCA (Council of Ministers of Health of Central America), CCAD (Central American Commission for Environment and Development), COSEFIN (Council of Ministers of Finance/Treasury of Central America and Dominican Republic), SIECA (Secretariat of Central American Economic Integration), SICA (Central American Integration System), UKAID (United Kingdom Department of International Development) and DANIDA (Danish International Development Agency). 2015. Climate Change in Central America: Potential Impacts and Public Policy Options, (LC/MEX/L.1196/Rev.1), Mexico City, Mexico. Disponible en <https://www.cepal.org/en/publications/39150-climate-change-central-america-potential-impacts-and-public-policy-options>

Fundación Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente-PRISMA. 2013. Mitigación basada en la Adaptación (MbA) Potencialidades y desafíos para responder al cambio climático en Centroamérica. Policy Brief. San Salvador, El Salvador.

Fundación Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente-PRISMA. 2015. Mitigación basada en Adaptación: Enfrentando el cambio climático en El Salvador y Centroamérica. PRISMA, San Salvador, El Salvador.

Fundación Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente-PRISMA. 2017. Monitoreo de la restauración: elementos críticos para una hoja de ruta.

Ghisolfi, E. 2011. Contenidos de materia orgánica: Relación con la fertilidad del suelo en siembra directa (Vol. 3). Eduvim.

Gobierno de El Salvador-GOES. 2012. Política Nacional del Medio Ambiente, aprobada por el Consejo de Ministros el 30 de marzo de 2012. Gobierno de El Salvador, San Salvador.

Gobierno de El Salvador- GOES. 2013. Readiness Preparation Proposal (R-PP) (Version of the 19th February 2013). Ministerio de Ambiente y Recursos Nautrales (MARN)/Forest Carbon Parnership, El Salvador. Hans W. HW. Fassbender, E. Bornemisza. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. IICA.

IPCC 2013. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Acervoer, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M.Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)] Cambridge University Press. Cambridge. Cambridge, United Kingdom and New York, NY:USA

Kongsager, R., E. Corbera. 2015. Linking Mitigation and Adaptation in Carbon Forestry Projects: Evidence from Belize. *World development* 76:132-146

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales –MARN. 2012. Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador 2011. Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/descarga/informe-de-calidad-de-agua-de-los-rios-de-el-salvador-2011/>

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales-MARN. 2013. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. San Salvador.

Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales-MARN. 2017. Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador 2017. San Salvador.

Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales-MARN. 2017a. Plan de acción de restauración de ecosistemas y paisajes de El Salvador con enfoque de mitigación basada en adaptación, Proyecto 2018-2022, San Salvador.

Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales-MARN. 2018. Inventario Nacional de Bosques de El Salvador. San Salvador.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales-MARN. s.f. Procedimiento de cálculo del índice de calidad del agua (CCME WQI). Proceso: Gestión y generación de información para la gestión de la calidad del agua.

Ndamani, F. y T. Watanabe. 2017. Developing indicators for adaptation decision-making under climate change in agriculture: A proposed evaluation model. *Ecological indicators* 76:366-375.

PNUD. 2018. Cuestionario de Países para el Indicador 6.5.1. Para el monitoreo y la presentación de información sobre el Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODS)6. Disponible en: <http://iwrmdataportal.unepdhi.org/iwrmmmonitoring.html>

Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente-PRISMA. 2013. Mitigación basada en la Adaptación (MbA). Potencialidades y desafíos para responder al cambio climático en Centroamérica. Policy Brief. San Salvador.

Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente-PRISMA. 2015. Mitigación basada en Adaptación: Enfrentando el cambio climático en El Salvador y Centroamérica. PRISMA, San Salvador.

Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente-PRISMA. 2017. Monitoreo de la restauración: elementos críticos para una hoja de ruta.

Raes, L., T. Nello, M. Nájera, O. Chacón, K. Meza Prado y A. Sanchún. 2017. Análisis económico de acciones para la restauración de paisajes productivos en El Salvador: UICN.

Reiche, C. 1991. Costo de cultivo de árboles de uso múltiple en América Central. Bib. Orton II CA/CATIE.

Robinson, L., P. Dearden y A. Orozco. 2012. Framework for Assessing Governance for Landscape-Level Ecosystem-Based Management. Draft 2.1. http://www.papr.co.ca/index.php?p=1_25_Papers
Salazar, E., J. Mendoza, S. Ochoa-Gaona, V. Ku-Quej y M. Hidalgo-Mihart. 2016. Evaluación de la conectividad del paisaje en la región Puuc-Chenes, México, con base en los requerimientos de hábitat del jaguar (*Panthera onca*). *Investigaciones Geográficas* 92:101-115.

Thompson, LM. Y F.R. Troeh. 1988. Los suelos y su fertilidad. Revert. Barcelona.

UICN y WRI. 2014. Guía sobre la metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM): Evaluación de las oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional. Documento de trabajo (edición de prueba). Gland, Suiza: UICN.

Vila, J., Varga, D., Llausàs y A., Ribas. 2006. Conceptos y métodos fundamentales de la ecología del paisaje. Una interpretación desde la Geografía.

ANEXOS

Anexos disponibles en: <https://onewri.sharepoint.com/:f:/t/Projects/Restoration/Ej3y6-GT5jIAnEDS6yoec38B-Us0SpbjmZUX3zudFXLFQ?e=5yG8pI>

ABREVIATURAS

CENTA	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CRS	Catholic Relief Services
ENOS	El Niño Oscilación del Sur
FIAES	Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador
GEF	Global Environmental Facility
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation
IASC	Inter-Agency Standing Committee
ICA	Índice de Calidad del Agua
IBP	Índice de Biodiversidad de Paisajes
ICO _{2e}	Índice de Carbono Equivalente
ICS	Índice de Calidad de Suelos
IGP	Índice de Gobernanza de Paisajes
IQ	Índice de Caudales
IRV	Índice de Reducción de Vulnerabilidad
ISP	Índice de Sustentabilidad para la restauración de Paisajes
ITA	Índice de Jornales Adicionales
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MbA	Mitigación basada en Adaptación
PREP	Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes
PRISMA	Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente
REM	Restauración Ecológica de Manglares
ROLAS	Red de Observadores Locales Ambientales
UES	Universidad de El Salvador
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
WRI	World Resources Institute

ACERCA DE LOS AUTORES

René Zamora Cristales. Doctor en Ingeniería Forestal y Economista, Coordinador de Investigación para América Latina dentro de la Iniciativa 20x20 en el Programa de Bosques de WRI en Washington, D.C.
Contacto: rene.zamora@wri.org

Doribel Herrador. Ingeniera Agrónoma y Economista Ambiental, Doctora en Geografía. Investigadora Fundación Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA) en San Salvador, El Salvador.
Contacto: d.herrador@prisma.org.sv

Nelson Cuéllar. Economista, Director Ejecutivo de la Fundación Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA).
Contacto: n.cuellar@prisma.org.sv

Oscar Díaz. Ingeniero Agrónomo con especialidad en sistemas de información geográfica, Investigador de la Fundación Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA).
Contacto: o.diaz@prisma.org.sv

Susan Kandel. Socióloga, Directora Adjunta de la Fundación Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA).
Contacto: s.kandel@prisma.org.sv

Jorge Quezada. Doctor en Ciencias Biológicas, Especialista de gabinete técnico en el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador.
Contacto: jequezada@marn.gob.sv

Silvia de Larios. Economista, con posgrado en gestión integrada de recursos hídricos.
Contacto: slarios@marn.gob.sv

Giovanni Molina. Profesional en matemáticas y estadísticas, Gerente de Geoestadística para la gestión de riesgo y cambio climático del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador.
Contacto: gmolina@marn.gob.sv

Madelyn Rivera. Ingeniera en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Asistente de Investigación del Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA) en San Salvador.
Contacto: m.rivera@prisma.org.sv

Wilfredo Morán-Ramírez. Licenciado en Relaciones Internacionales, Asistente de Investigación del Programa Regional de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA) en San Salvador.
Contacto: c.moran@prisma.org.sv

Abner Jiménez. Ingeniero Forestal y Máster en Ordenamiento y Gestión del Territorio. Especialista Sectorial de la GIZ en el Programa Fondo de Desarrollo Verde para la región SICA/REDD+Landscape, en San Salvador, El Salvador.
Contacto: abner.jimenez@giz.de

Emma Flores. Arquitecta, Asesora Técnica en Monitoreo de Servicios Ecosistémicos, Programa Fondo de Desarrollo Verde para la región SICA/REDD+Landscape, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
Contacto: emma.flores@giz.de

María Franco Chuaire. Economista, Coordinadora para Sudamérica dentro de la Iniciativa 20x20 en el Programa de Bosques de WRI en Washington, D.C.
Contacto: Maria.FrancoChuaire@wri.org

Luciana Gallardo Lomeli. Economista, Coordinadora para Centroamérica dentro de la Iniciativa 20x20 en el Programa de Bosques de WRI en Washington, D.C.
Contacto: Luciana.Gallardo@wri.org

Walter Vergara. Especialista en cambio climático, Coordinador de la Iniciativa 20x20, en el Programa de Bosques de WRI en Washington, D.C.
Contacto: Walter.Vergara@wri.org

ACERCA DE WRI

Establecemos vínculos entre la conservación del medio ambiente, las oportunidades económicas y el bienestar humano. Actuamos a través de seis programas críticos: Ciudades, Clima, Energía, Alimentos, Bosques y Agua. Fortalecemos la incidencia de nuestros seis programas mediante el análisis y diseño de soluciones con perspectivas de gobernanza, finanzas, negocios, economía y género.

En WRI trabajamos sobre tres niveles de incidencia para alcanzar cambios de alto impacto: medir, transformar, escalar.

MISIÓN

Mover a la sociedad hacia un modelo de vida que proteja al medio ambiente y que asegure la capacidad de proveer recursos para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

NUESTRO ENFOQUE

Estamos viviendo momentos críticos como humanidad. En las últimas décadas hemos sido testigos de un crecimiento sin precedentes: al tiempo que la humanidad y la economía crecen, requerimos de un mayor uso de recursos naturales, lo que ha generado patrones de consumo y de producción insostenibles.

En WRI creemos que es posible continuar disfrutando del progreso económico y social al tiempo que protegemos al medio ambiente y aseguramos la capacidad de proveer recursos para satisfacer las necesidades de las generaciones de hoy y mañana.

TEORÍA DEL CAMBIO

En WRI trabajamos sobre tres niveles de incidencia:

Medimos mediante datos e información. Llevamos a cabo investigaciones para desarrollar nuevas ideas y recomendaciones. Nuestro riguroso análisis identifica riesgos, oportunidades, información y estrategias.

Transformamos mediante nuestra investigación y buscamos influir en las políticas públicas, en el sector empresarial y en las acciones de la sociedad civil. Desarrollamos proyectos con comunidades, empresas y agencias gubernamentales que permitan construir evidencia sólida sobre los impactos. Identificamos a los líderes y tomadores de decisiones que están comprometidos con lograr cambios para hacer realidad políticas, proyectos y programas.

Escalamos las experiencias en lecciones aprendidas para fortalecer el desarrollo de capacidades y llevarlas a más ciudades. Trabajamos con socios estratégicos para expandir nuestros esfuerzos a nivel regional y global.

Medimos el éxito a través de las acciones que efectúan el gobierno y el sector privado para mejorar la calidad de vida de las personas y el medio ambiente.

CRÉDITOS FOTOS

Portada: Aaron Minick flickr; primera de forros: James Anderson, WRI; páginas 2, 4 (izq/abajo), 9 (der/abajo): James Anderson, WRI; páginas 1,5,6,9 (arriba): FlickerWRI.

Each World Resources Institute report represents a timely, scholarly treatment of a subject of public concern. WRI takes responsibility for choosing the study topics and guaranteeing its authors and researchers freedom of inquiry. It also solicits and responds to the guidance of advisory panels and expert reviewers. Unless otherwise stated, however, all the interpretation and findings set forth in WRI publications are those of the authors.

Maps are for illustrative purposes and do not imply the expression of any opinion on the part of WRI, concerning the legal status of any country or territory or concerning the delimitation of frontiers or boundaries.



Copyright 2020 World Resources Institute. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.
To view a copy of the license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



WORLD
RESOURCES
INSTITUTE

10 G STREET NE
SUITE 800
WASHINGTON, DC 20002, USA
+1 (202) 729-7600
WWW.WRI.ORG

ISBN 978-1-56973-975-4