

Priorización de áreas para implementar buenas prácticas de manejo en cuencas costeras

Un enfoque de optimización hidrológica y económica en función de los servicios ecosistémicos



WATERCLIMA LAC
Coastal Zones - Zonas Costeras



Este proyecto está financiado
por la Unión Europea

Elaborado por:



Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

En colaboración con FUNDECOR



PRIORIZACIÓN DE ÁREAS PARA IMPLEMENTAR BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO EN ZONAS COSTERAS

El presente manual ha sido elaborado por el CATIE en el marco del proyecto WaterClima Costas LAC y financiado por la Comunidad Europea.

ISBN 978-9977-57-675-6

333.73

B464 Benegas Negri, Laura

Priorización de áreas para implementar buenas prácticas de manejo en cuencas costeras: un enfoque de optimización hidrológica y económica en función de los servicios ecosistémicos / Laura Benegas Negri ; William Watler y Ney Ríos. – 1° ed. – Turrialba, C.R. : CATIE ; FUNDECOR, 2017.

61 p. : il. – (Serie técnica. Manual técnico / CATIE ; no. 139)

ISBN 978-9977-57-675-6

1. Cuencas hidrográficas – Desarrollo sostenible. 2. Zonas Protegidas – Conservación de los recursos. 3. Ordenación de cuencas. 4. Zonas marinas – El Salvador. I. Watler, William. II. Ríos, Ney. III. CATIE. IV. FUNDECOR. V. Título. VI. Serie.

Referencia sugerida:

Benegas Negri, L.; Watler, W.; Ríos, N. 2017. Priorización de áreas para implementar buenas prácticas de manejo en cuencas costeras: un enfoque de optimización hidrológica y económica en función de los servicios ecosistémicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE / FUNDECOR. 61 p. (Serie técnica. Informe técnico, no. 139)



Este proyecto está financiado por la Unión Europea

“La presente publicación ha sido elaborada con el financiamiento de la Unión Europea. El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva de sus autores y en ningún caso debe considerarse que refleja los puntos de vista de la Unión Europea”

Créditos:

Diseño y coordinación del estudio; redacción y análisis de resultados: Laura Benegas Negri, coordinadora del proyecto WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras, CATIE

Contenido técnico del sitio piloto de Haití: William Watler, CATIE

Contenido técnico del sitio piloto de El Salvador: Ney Ríos, CATIE

Revisión técnica de la modelación con RIOS: Manuel Guerrero, FUNDECOR

Estudio de identificación y costeo de buenas prácticas en el sitio piloto de Haití: Ovidio Ibáñez López

Estudio de identificación y costeo de buenas prácticas en el sitio piloto de El Salvador: Ricardo Calles

Apoyo experto local en el análisis: Walter Chacón (CATIE, El Salvador), Edes Philippe (CATIE, Haití) y Guy Cezil (PNUD, Haití)

Edición: Joselyne Hoffman

Diseño y diagramación: Rocío Jiménez Salas (CATIE)

Fotografías: Proyecto WaterClima

Publicación sin fines comerciales. Reservados todos los derechos. Queda autorizada su reproducción y distribución con previa autorización y citando fuentes

Turrialba-Costa Rica, 2017

Serie técnica
Manual técnico no. 139

Priorización de áreas para
implementar buenas prácticas
de manejo en
cuencas costeras



Lista de siglas

CATIE:	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
INVEST:	Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade Offs
LULC:	Land Use Land Change
NatCap:	Natural Capital Project
PDLs:	plan de desarrollo local sostenible
PNUD:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
REM:	restauración ecológica de manglares
RIOS:	Resource Investment Optimization System
SAF:	sistemas agroforestales
SEH:	servicio ecosistémico hídrico
SSP:	sistemas silvopastoriles
SWAT:	Soil and Water Assessment Tool
TNC:	The Nature Conservancy
UNESCO:	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
WRI:	World Resources Institute
WWAP:	Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas

Contenido

	Lista de siglas	4
	Resumen	6
	Antecedentes	8
	Introducción	10
	Metodología	13
	Ubicación de los sitios del estudio	14
	Criterios para seleccionar las regiones hidrográficas del estudio.	16
	Síntesis de problemas analizados para determinar las buenas prácticas de manejo de cuencas en los dos sitios de estudio.	18
	Sitio piloto B: región hidrográfica del Sur de Haití, Aquin y St. Louis du Sud . . .	18
	Sitio piloto C: región hidrográfica de Jiboa-Jaltepeque, Bajo Lempa, El Salvador	21
	Síntesis de buenas prácticas o componentes del portafolio de inversiones por priorizar con el modelo RIOS en cada sitio piloto	23
	¿Cómo funciona el modelo RIOS?	28
	Resultados y discusión	46
	Sitio piloto C en Bajo Lempa, El Salvador.	50
	Conclusiones y recomendaciones	54
	Bibliografía	56
	Anexos	58

Resumen

En el actual contexto de manejo inadecuado, las zonas marino-costeras de América Latina y el Caribe han resultado fuertemente impactadas por el cambio climático. Por lo tanto, la cooperación internacional, los países y las regiones han promovido el fortalecimiento de capacidades y la colaboración técnico-científica entre instituciones de investigación del sector agua, con el fin de mejorar el apoyo que se brinda a los tomadores de decisiones en los ámbitos nacional y regional. Sin embargo, está pendiente la creación de estrategias y acciones innovadoras que faciliten herramientas, modelos e instrumentos para una mejor gestión territorial frente al impacto creciente del cambio climático.

Es en este contexto que el proyecto *WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras* se planteó el objetivo de contribuir a mejorar la gestión de las zonas costeras, al aumentar la resiliencia de los países de América Latina y el Caribe ante las consecuencias del cambio climático. Para contribuir en la construcción de un modelo adaptativo de cogestión de zonas costeras es importante actualizar el modelo de planificación existente, con miras a que los actores locales se apropien y responsabilicen del manejo y gestión de estas zonas.

Una de las acciones de investigación del proyecto fue el uso del Sistema de Optimización de Inversiones en Recursos (RIOS). Este sistema fue desarrollado por The Natural Capital Project (NatCap) y The Nature Conservancy (TNC) para trabajar con Fondos de Agua. Su finalidad es conservar y proteger los sistemas hídricos en todo el mundo, mediante inversiones directas en infraestructura verde, con el fin de garantizar la adecuada cantidad y calidad del agua para los seres vivos asociados a estos sistemas. Esto último incluirá estudios e investigaciones que contribuyan a llenar los vacíos de información existentes.

En el proyecto se consideraron dos zonas costeras como pilotos: la región hidrográfica de Jiboa-Jaltepeque en Bajo Lempa, El Salvador, y la región hidrográfica de Aquin y St. Louis du Sud, Haití. En ambas zonas se llevó a cabo un ejercicio de planificación territorial con una herramienta de priorización de buenas prácticas de manejo, con el objetivo de preservar el servicio ecosistémico hídrico.

Los resultados de este estudio sobre el sitio piloto en El Salvador serán incorporados en el “Plan de desarrollo local sostenible (PDLS): región hidrográfica y sitio Ramsar Estero de Jaltepeque” (2017), elaborado en el marco del proyecto *WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras* por el CATIE y la Asociación de Municipios Los Nonualcos. El proyecto pretende ir más allá de un PDLS que enfatiza objetos de conservación en la zona protegida marino-costera, pero que deja de lado el enfoque integral de cuenca hidrográfica –limitando la valoración y el análisis del efecto acumulativo de las prácticas de manejo en las partes medias y altas de la cuenca.

En el sitio piloto de Haití, este estudio contribuyó a actualizar el plan de cogestión elaborado por el PNUD y a determinar cómo llevar a cabo su implementación. Serán necesarios esfuerzos adicionales para que los actores locales involucrados en la implementación retomen su liderazgo. La experiencia en cogestión de cuencas, obtenida en las partes altas y medias del territorio (que se había adelantado con proyectos desarrollados por PNUD y CATIE de 2011 a 2013, y por PNUD en 2012), se aprovechó en las zonas costeras para completar y articular la visión integral del manejo de cuencas, enfocada en el mantenimiento y la generación de servicios ecosistémicos.

En ambos sitios piloto, este ejercicio se insertó en los procesos sociales de gestión existentes para ampliar la visión de planificación. En El Salvador, se logró identificar una evolución hacia la reconversión de la cobertura y una ganancia de nuevas áreas, así como una ruta positiva para la transición de uso de la tierra. En Haití, por el contrario, no se logró una ganancia de nuevas áreas ni una reconversión de la cobertura; además, se evidenció que, de no implementarse buenas prácticas de manejo de cuencas, el resultado será una transición negativa a suelo desnudo con pasturas degradadas.

En el sitio piloto de Haití se encontró que la mayoría de las áreas destinadas a la principal buena práctica (regeneración natural) se ubica en la parte norcentral y suroeste de la región hidrográfica. En el sitio piloto de El Salvador será fundamental trabajar el tema de sostenibilidad; sobre todo en las cabeceras municipales de Tecoluca y Zacatecoluca, ubicadas en las partes altas de la región hidrográfica del estero de Jaltepeque.



Antecedentes

En América Latina y el Caribe, el desarrollo de las zonas costeras es desigual. Muchas zonas han sido relegadas y, en consecuencia, muestran poco desarrollo socioeconómico. Otras han sufrido el impacto del inadecuado manejo de los recursos naturales en sus cuencas hidrográficas, lo que ha generado arrastre de sedimentos, residuos y aguas contaminadas, y ha alterado los ecosistemas y medios de vida de las poblaciones humanas.

En las últimas décadas, los impactos del cambio climático son cada vez más agresivos en estas zonas. Cabe resaltar el deterioro de los recursos hídricos (tanto por la intrusión marina como por el aumento de eventos extremos) que contrasta con el poco desarrollo del ordenamiento territorial marino-costero y el aumento demográfico.

Con apoyo de la cooperación internacional, se han implementado iniciativas y proyectos relacionados con la gestión de las zonas marino-costeras. Algunos programas, como la Red Latinoamericana de Centros de Excelencia en Agua (RALCEA) y EUROCLIMA-Agua, han reforzado la cooperación birregional, y promovido el fortalecimiento de capacidades y la colaboración técnico-científica de las instituciones de investigación en el sector del agua para mejorar el apoyo que se da a los tomadores de decisión a nivel nacional y regional. Sin embargo, aún está pendiente crear estrategias y acciones innovadoras que faciliten herramientas, modelos e instrumentos para una mejor gestión territorial ante los crecientes impactos del cambio climático.

Por lo anterior, el proyecto *WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras* se planteó el objetivo de contribuir a mejorar la gestión de las zonas costeras, al aumentar la resiliencia de los países de América Latina y el Caribe ante las consecuencias del cambio climático. Al finalizar la implementación del proyecto, los resultados se resumen en dos líneas de gestión:

- 1) haber creado y fortalecido el diálogo y la cooperación entre instituciones públicas, universidades, gobiernos locales, empresas y población local para la gestión de zonas costeras en el contexto del cambio climático y en cada área piloto; y
- 2) haber diseñado y ejecutado mecanismos técnicos y financieros para la gestión de zonas costeras en cada área piloto.

En relación con el segundo resultado, este documento pretende contribuir a la toma de decisiones sobre planificación con enfoque de cuencas hidrográficas en los mecanismos existentes, con miras a implementar buenas prácticas de manejo de cuencas y una adecuada gestión de los territorios marino-costeros. Para diseñar y ejecutar mecanismos técnicos y financieros de gestión de zonas costeras es necesario combinar la información biofísica y socioeconómica (asociada a la potencial implementación de un nuevo modelo de gestión territorial), así como las buenas prácticas, tecnologías o estrategias de manejo territorial que permitan optimizar los objetivos hidrológicos y ecosistémicos prioritarios. Considerar costos de implementación por unidad de superficie, e incluir procesos participativos e inclusivos son elementos útiles para decidir cuáles buenas prácticas o inversiones de manejo de cuencas son viables y relevantes si se quiere mantener o mejorar la provisión de servicios ecosistémicos.

Para lo anterior, se seleccionó el modelo Sistema de Optimización de Inversiones en Recursos (RIOS), desarrollado por *The Natural Capital Project* (NatCap) y *The Nature Conservancy* (TNC), para trabajar con Fondos de Agua. Su fin es conservar y proteger los sistemas hídricos del planeta mediante inversiones directas en infraestructura verde, y garantizar calidad y cantidad de agua para los seres vivos asociados a estos sistemas (Vogl et ál. 2016).

Este documento presenta los resultados de aplicar la herramienta RIOS en dos de los sitios piloto del proyecto *WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras: la región hidrográfica de Jiboa-Jaltepeque en El Salvador y la región hidrográfica del Sur de Haití*.

Se pretende que sea una herramienta útil para identificar y priorizar actividades en áreas específicas, con el fin de invertir de manera inteligente y puntal, y generar o aumentar los servicios ecosistémicos en un sitio determinado.



INTRODUCCIÓN



Los diferentes servicios ecosistémicos que prestan las zonas costeras (provisión, regulación, soporte ecológico, culturales y espirituales), así como las diversas actividades relacionadas con la provisión de los servicios (turismo, acuicultura y pesca, agricultura, energía y saneamiento básico, explotación petrolera, entre otros), se ven amenazados por el sistema humano que maneja dichos recursos, además de los impactos que se prevén para estas zonas por el cambio climático.

Más del 45% de la población mundial habita en zonas costeras debido a los beneficios que generan las actividades económicas de estas zonas (pesca, turismo, etc.), y el 75% de megaciudades (ciudades con poblaciones superiores a 10 millones de habitantes) están ubicadas en zonas marino-costeras (Bollmann et ál., 2010).

Los arrecifes de coral, los sistemas costeros y los humedales costeros del mundo tienen un valor de USD 575.677 /ha/año (Groot *et ál.* 2012). Las zonas costeras y sus beneficios ecosistémicos y económicos son especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático. De acuerdo con el IPCC (2014), las proyecciones climáticas indican aumentos en la temperatura en toda América Latina para 2100 (nivel de confianza medio). En una serie de escenarios de emisiones medias y altas (RCP 4,5 y 8,5), el calentamiento varía de +1,6°C a +4°C en América Central, y de +1,7°C a +6,7°C en América del Sur (nivel de confianza medio). El cambio climático global es responsable por el aumento del nivel del mar, incrementando la frecuencia de las inundaciones costeras.

Un reciente estudio de Vitousek *et ál.* (2017) concluye que los 10 a 20 cm de aumento del nivel del mar duplicarán los eventos extremos en el trópico para el año 2050, perjudicando el desarrollo económico de las ciudades en las costas ecuatoriales y la habitabilidad de los países del Pacífico Insular. Las regiones con limitada variabilidad en los niveles de agua (i.e., poca fluctuación en la distribución de inundaciones), localizadas principalmente en el trópico, experimentarán inundaciones más frecuentes por aumento del nivel del mar.

En 2010, la mayoría de los gobiernos del mundo acordaron proteger al menos el 10% de las zonas marinas y costeras para 2020. Aunque se ha avanzado en la generación de información (p. ej. valoración de zonas marino-costeras) y en la creación de normativas para la gestión y el manejo de zonas costeras, dichas normativas no parecen cumplirse en América Latina y el Caribe; en particular, en los sitios piloto del proyecto *WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras* en Aquin/St. Louis du Sud, Haití y Bajo Lempa, El Salvador.

Tomando en cuenta el servicio ecosistémico hídrico (SEH), el principal desafío es lograr un equilibrio que permita conservar los sistemas hídricos y sus valiosos servicios ecosistémicos, así como suministrar agua de buena calidad a la población y a las actividades productivas (WRI, 2002; Revenga *et ál.*, 2000; UNESCO, 2006 WWAP, 2016).

Frêne y Núñez (2010) indican que la regulación del ciclo hidrológico se ve afectada por el cambio de uso del suelo. Toda intervención humana que pueda perturbar los sistemas hídricos afectará a las aguas debajo de las cuencas, llegando incluso a afectar las zonas costeras. Es lo que se conoce como efecto acumulativo (MacDonald, 2000).

El manejo de cuencas pretende incidir en el flujo del agua para garantizar un abastecimiento continuo y de buena calidad. Las acciones que se implementen buscan propiciar cambios positivos y medibles que mejoren la calidad de vida de las poblaciones; no obstante, es difícil determinar las tendencias de cambio,

ya que el ciclo hidrológico es influido por factores externos que requieren mediciones y análisis de series a través del tiempo para establecer correlaciones directas entre causa y efecto (Kammerbauer *et ál.*, 2010).

Ante esta dificultad, la planificación para implementar un modelo adaptativo de cogestión es el más promisorio. Para ello, se debe partir de los principios que guían la gestión, articulación y coordinación en este enfoque territorial. No se habla de prácticas definidas, sino de arreglos por intereses comunes (Benegas *et ál.*, 2008) que impliquen buenas prácticas e inversiones para el manejo del territorio, en este caso, aplicadas a zonas costeras.

Para crear un modelo adaptativo de cogestión de zonas costeras es importante actualizar el modelo de planificación existente, con el fin de que los actores locales responsables se apropien del manejo y de la gestión. Lo anterior será facilitado con estudios e investigaciones que contribuyan a subsanar los vacíos de información existentes.

El objetivo del proyecto *WaterClima-LAC*, Gestión de zonas costeras es contribuir a la sostenibilidad y al mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones de las zonas costero-marinas. Como zonas costeras piloto se escogieron la región hidrográfica de Jiboa-Jaltepeque en Bajo Lempa, El Salvador, y la región hidrográfica de Aquin y St. Louis du Sud, Haití. Primero, se realizó un ejercicio de planificación territorial con una herramienta de priorización de buenas prácticas de manejo en ambos territorios, donde la meta de manejo fue preservar el servicio ecosistémico hídrico. Se empleó el Sistema de Optimización de Inversiones en Recursos (RIOS) y los resultados fueron presentados por actores y expertos participantes en el proceso, de manera que se incluyeran en la planificación de estos territorios.

Este documento presenta el proceso que se siguió para elaborar un portafolio de inversiones y buenas prácticas de manejo de cuencas, con el fin de optimizar los aspectos hidrológicos (SEH) y económicos de los sitios piloto.

En el caso del sitio piloto de El Salvador, los resultados de este estudio serán incorporados en el *Plan de desarrollo local sostenible (PDLS): región hidrográfica y sitio Ramsar Estero de Jaltepeque (2017)*, realizado recientemente por CATIE y la Asociación de Municipios Los Nonualcos (PDLS) en el marco del proyecto *WaterClima-LAC*, Gestión de zonas costeras. El proyecto espera poder ir más allá del PDLS, ya que éste cuenta con un enfoque metodológico que enfatiza objetos de conservación para la zona protegida marino-costera, pero deja de lado el enfoque integral de cuenca hidrográfica y, con ello, limita la valoración y el análisis del efecto acumulativo de las prácticas de manejo en las partes medias y altas de la cuenca.

En el caso del sitio piloto de Haití, este estudio ayudó a actualizar y refinar la operatividad de su plan de cogestión, elaborado previamente por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). En este sitio será necesario realizar esfuerzos adicionales de gestión para que los actores locales responsables de la implementación del plan puedan retomar su liderazgo.

Trasladar la experiencia en cogestión de cuencas de las partes altas y medias del territorio (de proyectos anteriores desarrollados por PNUD-CATIE de 2011 a 2013; PNUD, 2012) a las zonas costeras permite completar y articular la visión integral de un manejo de cuencas enfocado en generar y mantener servicios ecosistémicos. En ambos sitios piloto, este ejercicio se inserta en los procesos sociales de gestión existentes para ampliar la visión de planificación.

METODOLOGÍA



Ubicación de los sitios del estudio



El estudio se realizó en los sitios piloto B y C del proyecto *WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras*.

El sitio piloto B, que comprende la unidad hidrográfica de Aquin y St. Louis du Sud, se ubica en el departamento Sur de Haití. La unidad hidrográfica tiene una superficie de 711 km² y una población estimada de 190.589 habitantes (PNUD-Haití, 2012). La comuna Aquin se divide en las secciones comunales de Macean, Bellevue, Brodequin, Flamands, Mare-a-Coiffe, La Colline, Fonds-des-Blancs, Guirand y Frangipane. La comuna St. Louis du Sud se divide en las secciones comunales de Grand-Fonds, Baie Dumesle, Grenodiére, Zanglais, Sucrierie-Henry, Solon, Cherette y Corail-Henry.



Ilustración 1. Ubicación macro de la unidad hidrográfica Aquin y St. Louis du Sud, departamento del Sur, Haití

Uno de los problemas más importantes que enfrenta la unidad hidrográfica es el deterioro acelerado de los recursos naturales por deforestación, que se traduce en pérdida de vegetación nativa, degradación del suelo, y contaminación de aguas superficiales y subterráneas de las cuencas hidrográficas y zonas costeras. Se suma a esta problemática la falta de políticas para el sector agrícola y el medio ambiente; sobre todo, con respecto a la sobreutilización de tierras agrícolas, lo que aumenta el nivel de pobreza de las poblaciones rurales. Según el PNUD (2012), 31% de la población en la unidad hidrográfica vive con menos de USD 2/día, 22% con USD 2 a 5/día y 26% con más de USD 5/día.

El segundo sitio de estudio correspondió al sitio piloto C de Bajo Lempa (región hidrográfica Estero de Jaltepeque) en El Salvador. La zona que se ubica en los departamentos de La Paz y Usulután, integrados por los territorios Estero de Jaltepeque (sitio RAMSAR) y Bahía de Jiquilisco (sitio RAMSAR y Reserva de la Biosfera). Ambos territorios cuentan con ecosistema de manglar, separados por el cauce principal de la cuenca del río Lempa, las áreas naturales protegidas cercanas a los manglares (El Astillero, Escuintla, Nancuchiname, Normandía, Chaguantique, El Tercio y Tehuacán), y las cuencas El Guayabo y El Espino, como zonas de influencia directa hacia los ecosistemas de manglar.

La región hidrográfica del Estero de Jaltepeque se encuentra delimitada al norte por los relieves del Volcán de San Vicente o Chinchontepec (2181,74 m.s.n.m.); al noroeste por el Lago de Ilopango y las estribaciones orientales de la Sierra del Bálsamo; al este por el río Lempa; y al sur por el Estero de Jaltepeque en el Océano Pacífico. Abarca un área de 962,16 km² con un rango altitudinal de 0 a 2170 msnm y una elevación media de 163 msnm. Cerca del 74% del área de estudio tiene de 0 a 5% de pendiente y en un rango altitudinal de 0 a 200 msnm (Ilustración 2).

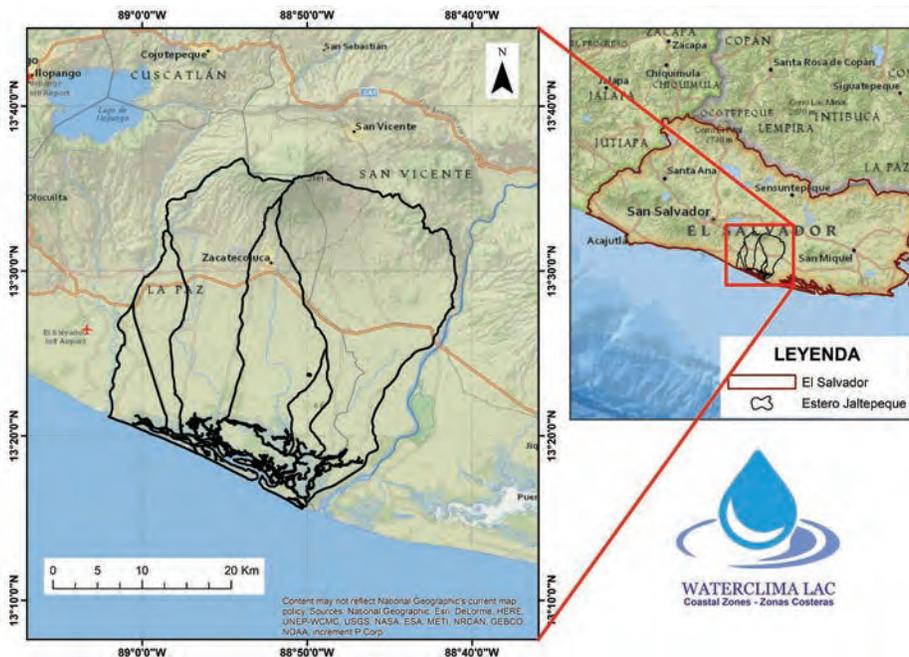


Ilustración 2. Mapa de la región hidrográfica Estero de Jaltepeque, El Salvador.

Criterios para seleccionar las regiones hidrográficas del estudio

Para definir la modalidad específica del modelo RIOS por aplicar en los dos sitios piloto, se partió de sus principales problemas y soluciones, de los cuales surgió un conjunto de buenas prácticas de manejo de cuencas que se integraron en un portafolio de inversiones, con el fin de lograr los objetivos hidrológicos prioritarios para cada sitio.

La metodología para obtener información sobre la problemática del sitio piloto B en Haití fue la revisión de información secundaria (específicamente, el plan de cogestión elaborado por PNUD en 2012) y el estudio de servicios ecosistémicos para la gestión del agua, elaborado por el proyecto *FCH-WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras* en 2016. Para recopilar información económica sobre las buenas prácticas que potencialmente formarían el portafolio de inversiones, se realizó el estudio *“Cálculo económico de las buenas prácticas de adaptación al cambio climático desarrolladas en el proyecto de fincas por el PNUD/Haití en la comuna de Aquin y St. Louis du Sud”* (WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras, marzo-abril 2017).

Se evaluaron 247 planes de fincas. Las prácticas identificadas se asociaron con agricultura sostenible, la cual aumenta la productividad, mejora la resiliencia y contribuye a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible –entre otros, la seguridad alimentaria de las familias. Se pudo obtener información actualizada sobre los costos de las buenas prácticas con mayor nivel de adopción que, complementadas con otras actividades (p. ej., fortalecimiento de capacidades) podrían conformar un portafolio de inversiones adecuado para la región hidrográfica.

La metodología para obtener información sobre la problemática y las buenas prácticas en el sitio piloto C en El Salvador fue el desarrollo del estudio *“Identificación y costeo de buenas prácticas para la adaptación al cambio climático”* (WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras, 2017), el cual incluyó cuatro etapas:

1. Se revisaron instrumentos de gestión ambiental y propuestas del proyecto para identificar un listado de buenas prácticas de adaptación al cambio climático en el ámbito nacional y territorial. Algunos de esos instrumentos fueron los siguientes:

- Estrategia Nacional de Biodiversidad
- Estrategia Nacional de Cambio Climático
- Estrategia Nacional de los Recursos Hídricos
- Plan Nacional de Restauración y Reforestación
- Plan Ambiental Operativo del Humedal Complejo Jaltepeque
- Plan Ambiental Operativo del Humedal Complejo Bahía de Jiquilisco
- Plan de Desarrollo Local Sostenible de la Reserva de Biósfera Xiriualtique-Jiquilisco
- Plan de Gobernanza Territorial de la Cuenca Estero de Jaltepeque
- Plan de Gobernanza Territorial de la Cuenca Bahía de Jiquilisco



2. Se consultó a actores clave del territorio para priorizar las temáticas y medidas identificadas en la etapa anterior (Anexo 2). Para ello, se realizaron dos talleres con representantes de la comunidad, de los sectores productivos (cooperativas agrícolas y ganaderas), y de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales. La priorización de las temáticas y medidas se realizó utilizando las siguientes preguntas cerradas (respuestas de “sí” o “no”):

- ¿Disminuye la exposición?
- ¿Disminuye la posibilidad de daños en la población?
- ¿Disminuye la vulnerabilidad?
- ¿Prepara el territorio para los riesgos climáticos cambiantes?
- ¿Inversión económica asumible?
- ¿Solución a corto plazo?
- ¿Solución a largo plazo?
- ¿Medida multipropósito, abarca distintas problemáticas?



3. En una hoja de Excel, se cuantificaron las respuestas de las personas consultadas. La diferencia entre las sumatorias de respuestas favorables (sí) y desfavorables (no) determinó la prioridad de cada temática y su correspondiente práctica. Como resultado, tres temáticas obtuvieron la mayor puntuación (8 puntos): 1) aumento de la productividad agrícola; 2) adaptación a eventos extremos de lluvia y temperatura; y 3) mitigación de gases de efecto invernadero. Posteriormente, se seleccionaron las prácticas para cada temática priorizada (Cuadro 2).
4. Se costearon las buenas prácticas priorizadas tomando como referencia las “Fichas técnicas de restauración de paisajes para el área de conservación el Imposible-Barra de Santiago, El Salvador” (CCAD-GIZ, 2016); y el “Plan de Inversiones para el primer año del Plan de Desarrollo Local Sostenible de la Reserva de Biósfera Xiriualtique-Jiquilisco” (Asociación Mangle, EcoVIVA y CATIE, 2016).

Síntesis de problemas analizados para determinar las buenas prácticas de manejo de cuencas en los dos sitios de estudio

Sitio piloto B: región hidrográfica del Sur de Haití, Aquin y St. Louis du Sud

A continuación, se presenta una breve descripción de los principales problemas biofísicos y socioeconómicos de la unidad hidrográfica de Aquin y St. Louis du Sud (Cuadro 1), con base en los diagnósticos realizados en estas comunas por los equipos técnicos de los proyectos PNUD-Haití y “WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras”. Un ejemplo de dichos diagnósticos es el estudio *“Caracterización del comportamiento hidrológico actual bajo escenarios de cambio de cobertura y escenarios futuros de clima de la región hidrográfica de Aquin/Saint-Louis Du Sud, Haití”*.

Cuadro 1. Descripción de los problemas biofísicos y socioeconómicos identificados en la unidad hidrográfica Aquin y St. Louis du Sud, departamento del Sur de Haití (PNUD-Haití, 2011-2105; WaterClima-LAC, 2015-2017)

Problema socioeconómico o biofísico	Descripción
Pobreza extrema	El acceso de la población a los servicios básicos (educación, salud, agua, saneamiento) en las comunas de Aquin y St. Louis du Sud están por debajo de la media nacional, es el menor de América Latina y el cuarto a nivel mundial. Los hogares tienen un ingreso promedio anual de USD 248 y el índice de desarrollo humano es de 0,48. La zona tiene alta vulnerabilidad social y económica (zona piloto B) ante los efectos de la variabilidad y del cambio climático (PNUD-Haití, 2014).
Instituciones débiles (sobre todo en ambiente, recursos naturales y agricultura)	Los problemas ambientales y agrícolas de las comunas se originan en una falta de acceso a educación actualizada (PNUD-Haití, 2012). Las instituciones enfrentan dificultades de gobernanza para brindar asistencia técnica y servicios de extensión a los diferentes sectores (p. ej., agricultura, ambiente, recursos naturales y desarrollo rural). En el departamento del Sur de Haití, las direcciones departamentales de los ministerios de Agricultura y de Medio Ambiente tienen significativas limitaciones de personal técnico, recursos económicos y recursos operativos para atender las demandas con respuestas que garanticen su sostenibilidad a corto, mediano y largo plazo.
Inundaciones (con frecuencias anuales)	Durante la época de lluvia, todos los accesos a los ríos tienen áreas inundadas; los acuíferos también descargan una cantidad considerable de agua. La ciudad de Aquin está sujeta a inundaciones debido a los barrancos de Haití y Codasse (fuente Jean-Jacques) y al desbordamiento de la ribera del río Brodequin.

<p>Pérdida del ecosistema de manglar</p>	<p>El estudio del CATIE realizado en mayo de 2014, “Estado actual del ecosistema de mangle en el departamento del Sur de Haití”, concluyó que los propágulos de <i>Rhizophora mangle</i> están llegando a establecerse en sitios cercanos a las líneas costeras con mayor influencia de mareas, lo que limita su reproducción; la causa directa es la presión por espacio de una población cada vez más necesitada y en crecimiento.</p> <p>En lo que respecta a las especies como <i>Alvicenia germinans</i> y <i>Laguncularia racemosa</i> su bajo potencial colonizador se debe, en gran medida, a la influencia humana –transformación de la microtopografía del sitio por la construcción de viviendas, lo que obstruye el intercambio natural del agua dulce proveniente de las partes altas de las cuencas hidrográficas por el agua salobre proveniente del mar.</p>
<p>Erosión laminar de suelos con rangos mayores a 200 ton/ha/año y deposición de grandes volúmenes de sedimentos en la zona costera</p>	<p>El valor promedio de la erosión laminar del suelo en la unidad hidrográfica de Aquin y St. Louis du Sud fue estimado en 37 ton/ha/año \pm 44 (1 desviación estándar). Las altas tasas de erosión (250 ton/ha/año, color rojo en el mapa) se ubican en zonas montañosas con fuertes pendientes y poca cobertura vegetal nativa; las bajas tasas de erosión (menores a 1 ton/ha/año) se dan en las planicies (color verde en el mapa). Debido a estos grandes volúmenes de pérdida de suelos en las partes medias y altas de las cuencas, los sedimentos se acumulan en las planicies de la unidad hidrográfica de Aquin y St. Louis du Sud.</p>
<p>Deforestación (el 85.4% de la superficie no tiene cobertura vegetal permanente)</p>	<p>El plan de cogestión de la unidad hidrográfica de Aquin y St. Louis du Sud estimó que sólo el 13,1% de la superficie total era bosque denso. De esta cobertura, más del 60% era bosque seco con una precipitación media anual de 750 mm y distribuida de manera irregular a lo largo del año (PNUD-Haití, 2012).</p> <p>La deforestación, con sus devastadoras consecuencias ambientales, es un serio problema en las comunas de Aquin y St. Louis du Sud. La pérdida de cobertura boscosa en las partes altas se estima en 90,4%.</p> <p>El departamento del Sur de Haití está considerado como uno de los más importantes graneros del país, ya que el 68,4% del territorio se dedica a alguna actividad agrícola o pecuaria (PNUD-Haití, 2015) –esto explica los grandes volúmenes de sedimentos en la planicie.</p>
<p>Déficit en el abastecimiento de agua para consumo humano por contaminación del agua superficial y subterránea</p>	<p>Según el plan de cogestión de la unidad hidrográfica de Aquin y St. Louis du Sud, la contaminación de las aguas superficiales y de las aguas subterráneas pocas profundas está muy extendida en todo el departamento del Sur. Las aguas residuales domésticas y las escorrentías agrícolas contaminan la mayor parte del agua superficial. No existe un sistema público de abastecimiento de agua potable ni un sistema para el tratamiento de aguas residuales. La población obtiene el agua de pozos comunales que no cuentan con monitoreo del Ministerio de Salud. Distintos estudios indican que la contaminación aumenta rápidamente, sobre todo en las aguas superficiales.</p>

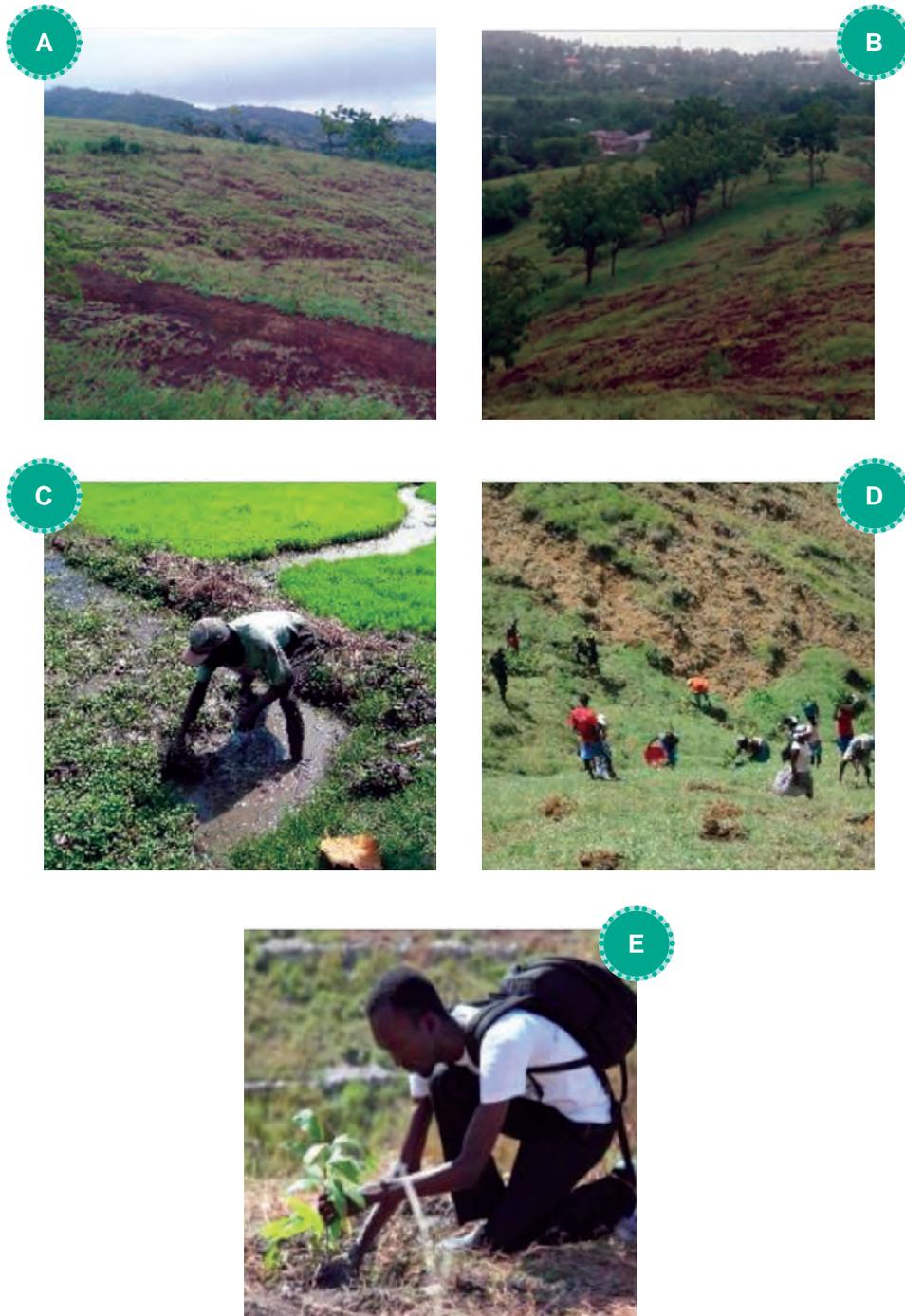


Ilustración 3. Sitio piloto B en Haití: a) suelos de pasturas con signo de degradación y erosión; b) restauración forestal con barreras vivas de cinco años; c) limpieza de canales para restauración ecológica de manglares; d) y e) actividades de hoyado y plantación de especies arbóreas en áreas de reforestación.

Sitio piloto C: región hidrográfica de Jiboa-Jaltepeque, Bajo Lempa, El Salvador

A continuación, se presenta una breve descripción de los principales problemas biofísicos y socioeconómicos de la unidad hidrográfica de Jiboa-Jaltepeque en El Salvador (Cuadro 2), con base en el borrador del plan de desarrollo local sostenible “Región hidrográfica y sitio Ramsar Estero de Jaltepeque (2017)”, elaborado por el CATIE y la Asociación de Municipios Los Nonualcos, en el marco del proyecto *WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras*.

Cuadro 2. Descripción de los problemas biofísicos y socioeconómicos identificados en la región hidrográfica y sitio Ramsar Estero de Jaltepeque, Bajo Lempa, El Salvador (CATIE-Asociación de Municipios Los Nonualcos, 2017. Plan de desarrollo local sostenible: región hidrográfica y sitio Ramsar Estero de Jaltepeque).

Problema socioeconómico y biofísico	Breve descripción
La sobreexplotación de recursos pesqueros amenaza los medios de vida relacionados con la acuicultura (esta actividad representa 85,3 ha). Otros medios de vida que se ven afectados por este problema, ya que implica buscar más tierras o insumos en detrimento de la actividad pesquera, incluyen la agricultura de granos básicos (15 435 ha ubicadas principalmente en Tapalhuaca y San Antonio Masahuat); la caña de azúcar (14 650 ha); la ganadería (44 832 cabezas de ganado bovino o 4% del total nacional); frutos (4129 ha o 15% del total nacional; con coco y marañón en la zona costera; mango y plátano en la zona media; cítricos y café (3562 ha) en la zona alta.	La tala indiscriminada y la usurpación de terrenos en mangles se deben, entre otras causas, al manejo inadecuado de la producción (p. ej., camarón y sal).
Deterioro de la calidad del agua en los principales ríos y sus cuerpos lagunares	Este deterioro se da por actividades productivas realizadas cuenca arriba (café, pastoreo, agricultura mixta), las cuales contribuyen con la erosión y arrastran contaminantes en las aguas cuenca abajo.
Amenazas al bosque de manglar y bosque dulce	Estos bosques presentan un estado regular ; es decir, gran parte de su cobertura está amenazada por la expansión agrícola, las prácticas de manejo inadecuadas (p. ej., cultivo de caña de azúcar) y la deforestación (causada por el cambio de uso del suelo, y la extracción de leña y madera). En el sitio piloto destacan los manglares de Toluca (246 ha) y el de la desembocadura del río Lempa (285 ha).
Patrimonio cultural en riesgo	Un bajo porcentaje de la población conoce y valora los elementos culturales ya que no existe información de base. Se requieren estudios y fortalecimiento de capacidades.

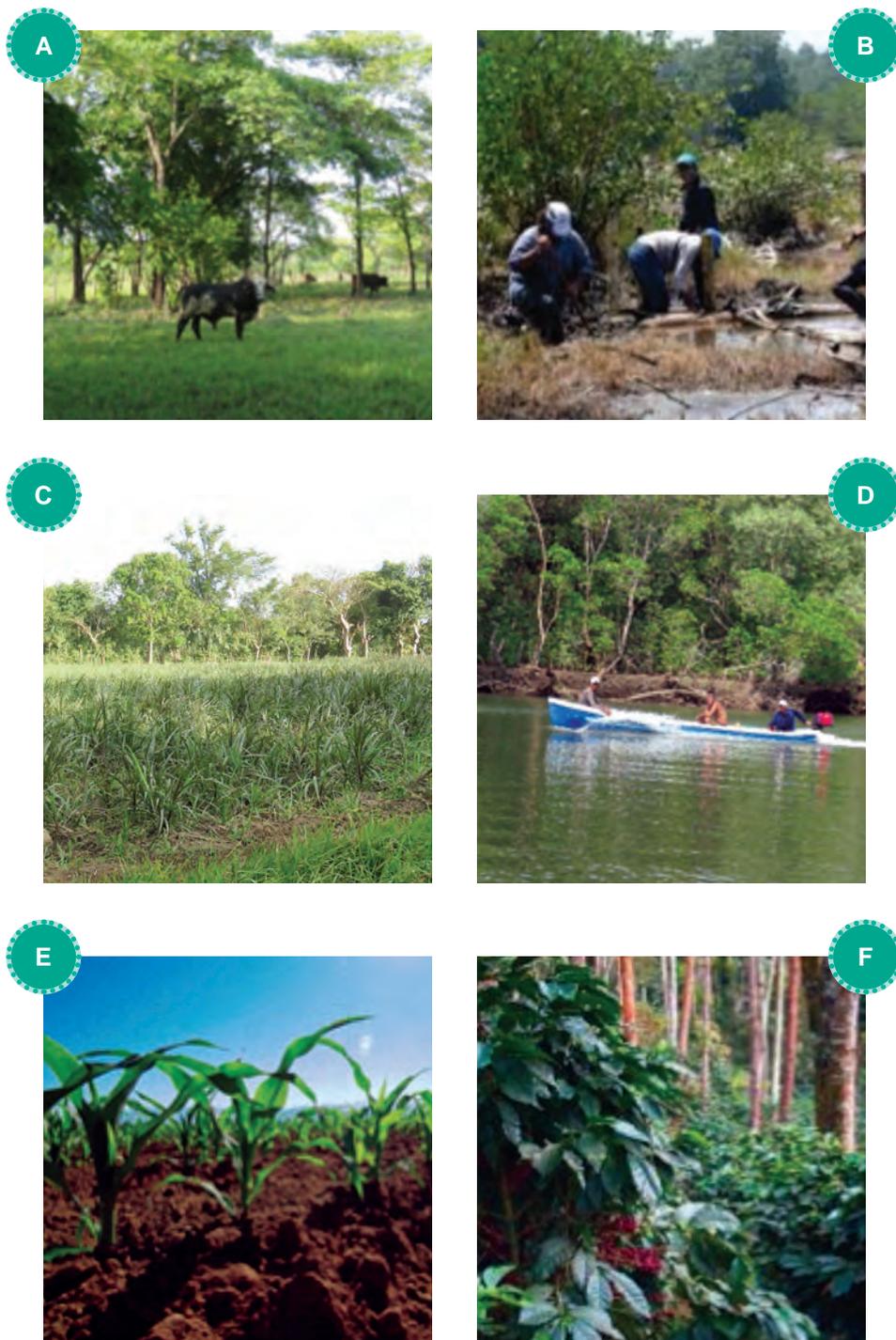


Ilustración 4. Sitio piloto C en El Salvador: a) sistemas silvopastoriles; b) limpieza de canales para restauración ecológica de manglares, c) cultivo de caña de azúcar, d) medios de vida en torno a la pesca y al manglar; e) cultivo de maíz y f) cultivo de café agroforestal.

Síntesis de buenas prácticas o componentes del portafolio de inversiones por priorizar con el modelo RIOS en cada sitio piloto

A continuación, el Cuadro 3 muestra un resumen de las actividades o buenas prácticas priorizadas en cada sitio piloto, las cuales serán la base del portafolio de inversiones y de los escenarios finales de transición o cambio de uso del suelo tras su implementación con el modelo RIOS.

Cuadro 3. Priorización de buenas prácticas según temática en el sitio piloto B en Haití

Actividad/líneas de inversión estratégicas	Subactividades	Breve descripción
Buenas prácticas agrícolas	Instalación de viveros	La instalación de viveros contribuye a la soberanía alimentaria de las familias. Tras el paso del huracán Matthew en 2016, las semillas llegaron a ser en una de las principales necesidades para recuperar la producción en fincas. La creación de semilleros y viveros familiares para garantizar semillas y plantas injertadas con variedades económicamente rentables supone una mayor resiliencia y adaptación a las consecuencias del cambio climático por parte de las familias. El costo de construir un semillero y vivero con materiales presentes en la finca se estima en USD 450/ha, que incluyen: construcción de semillero-vivero, mantenimiento, recolecta de semillas-injertos, plantaciones y seguimiento.
	Cultivos resistentes al cambio climático	Las familias encuestadas muestran preocupación por el cambio climático y señalan que algunos cultivos no se desarrollan como antes debido a la disminución en las lluvias. Para enfrentar este problema, tienden a cultivar variedades que requieren menos agua, como: mijo, patata, mandioca, maíz (<i>chicken corn</i>) y frijol negro. Se considera un costo de USD 1250/ha.
	Compost	La producción de compost es una de las actividades que más éxito han tenido en los planes de fincas ejecutados por el PNUD-Haití en la comuna de Aquin. Esto se debe, en parte, a su fácil ejecución y al logro de tres objetivos simultáneos: reciclaje de desechos sólidos, producción de abono y reducción del uso de abonos químicos. En el cálculo del costo se ha tenido en cuenta la producción con material de la finca, de la cuba donde se van a madurar los restos orgánicos y las actividades de mantenimiento. La construcción supone unos 5 días a USD 5/día, y las actividades de mantenimiento durante tres meses de maduración (si los restos están secos), suponen 10 días a USD 5/día, para un total de USD 75.
	Sistemas de riego y uso eficiente del agua	El riego es una de las formas más comunes para solucionar el problema de la escasez de agua en el departamento del Sur. El sistema de riego parte de pozos y el bombeo se hace, por lo general, con motobombas de gasolina. En la zona del proyecto, los pozos de las fincas están contruidos de forma artesanal; tienen una profundidad máxima de 10 m y un diámetro de 2 m. El costo de esta práctica es de USD 1650/ha.

Priorización de áreas para implementar buenas prácticas de manejo en cuencas costeras

Actividad/líneas de inversión estratégicas	Subactividades	Breve descripción
	Cultivos de cobertura	En zonas con pendientes que no permiten cultivos estacionales, los planes de finca han logrado buenos resultados con plantaciones de mango.
	Terrazas de formación lenta	La construcción de terrazas de formación lenta se considera una alternativa para mejorar el suelo, los cultivos y las prácticas de manejo eficiente del agua. Además, dan una oportunidad para que los agricultores aumenten el rendimiento del cultivo y diversifiquen la producción agrícola en las partes medias y altas de Aquin y St. Louis du Sud. Su costo es variable, pero se estima en un promedio de USD 300/ha.
	Siembra de cultivos en curvas de nivel	Este tipo de agricultura debe complementarse con la construcción de terrazas. Su costo es de USD 100/ha para la construcción del nivel "A" y el trazo de curvas con estacas de plantas de la zona, por lo que el trazado solo se hace una vez.
	Pozos	La construcción de pozos es una forma de adaptación al cambio climático, ya que facilita el acceso al agua que se usa en las viviendas y cosechas. Sin embargo, no todas las fincas tienen acuíferos con la suficiente calidad y cantidad para satisfacer la demanda. El costo de un pozo artesanal de unos 10 m de profundidad y 2 m de diámetro varía entre USD 1000 y 1500. Para el estudio, esto representa poder regar una unidad de producción intensiva de 1 ha durante todo el año.
Educación ambiental	Talleres Capacitaciones Charlas	La educación ambiental es, ante todo, educación para la acción. Amplía los conocimientos y crea conciencia sobre los impactos de la actividad humana en el medio ambiente, con el objetivo de mejorar las capacidades para contribuir a solucionar los problemas ambientales. Se calcula un costo de USD 1200 a 2000, para un periodo de formación de máximo siete días, para productores agropecuarios con 1 ha de producción intensiva.
Sistema agroforestal (SAF)	Reforestación de árboles frutales y maderables con cultivos perennes y semiperennes	Durante la implementación del proyecto de finca de PNUD-Haití, se ha constatado que la metodología más apropiada para desarrollar este tipo de actividades es mediante el fomento de viveros familiares con especies forestales. Esto permite a cada familia elegir las especies que más le interesa y planificar la actividad en función de su disponibilidad. Todas las alternativas que integran cultivos agrícolas con plantación de árboles son una forma de conservación y restauración de áreas degradadas, lo que contribuye a conservar la biodiversidad y los recursos hídricos. El costo de establecer SAF varía entre USD 1500 y 2500/ha (promedio de USD 2000).
Sistema silvopastoril	Establecimiento de especies forrajeras arbóreas y arbustivas	Según la experiencia de los planes de fincas, se debe realizar en áreas de pastizales donde se establezcan especies forrajeras arbóreas y arbustivas de forma deliberada y en altas densidades para pastoreo directo. El objetivo es, a través de los sistemas silvopastoriles, poder recuperar áreas y pasturas degradadas mediante la restitución parcial de la productividad del suelo. Se estima una inversión inicial de USD 500/ha.
Protección de bosques	Pagos por servicios ambientales (PSA) de cinco años	La actividad promueve y ayuda a elaborar un marco de gobernanza que establezca incentivos económicos adecuados, para que los agricultores restituyan las tierras forestales degradadas y protejan los bosques existentes en Aquin y St. Louis du Sud. Se estima una inversión inicial de USD 500/ha.

Actividad/líneas de inversión estratégicas	Subactividades	Breve descripción
Conservación de suelos y agua	Cultivos en franjas, barreras de piedras, árboles en contorno, entre otros	Las prácticas de conservación de suelos y agua disminuyen el efecto de la sequía al reducir la erosión laminar del suelo, reforzar la retención de humedad y minimizar el impacto en los suelos. En combinación con otras prácticas, mejoran la resiliencia ante los efectos climáticos de las sequías. Su costo de implementación es de USD 2000/ha.
Restauración de manglar	Esquemas de protección	La restauración de manglares es fundamental para proteger la zona ante marejadas y garantizar la reproducción de una amplia gama de especies marinas –que sostienen muchos medios de vida de las poblaciones costeras del departamento del Sur. El carbono capturado por los manglares equivale a más de 900 ton/ha/año (Alongi, 2012); carbono que, de lo contrario, podría permanecer en el ecosistema por miles de años. Para el departamento del Sur de Haití, se calcula el costo de esta práctica en USD 5000/ha, según el grado de afectación del manglar.
Regeneración natural	Recuperación y restauración de la vegetación natural	<p>La regeneración natural en áreas críticas para la protección hídrica en el paisaje busca mejorar las áreas de infiltración y recarga acuífera, generando una restauración inducida en bosques con suelo desnudo y enriqueciendo las especies forestales en áreas que conservan remanentes de bosque.</p> <p>Se proponen dos tipos de práctica según la cobertura forestal cercana o existente y la disponibilidad de semillas: cuando existan remanentes de bosques degradados, se implementarán acciones de recuperación natural de la vegetación; cuando los bosques no puedan ser recuperados por medios naturales, se requerirán acciones de restauración que permitan restablecer algunas de las funciones ecológicas y aumentar los servicios ecosistémicos para sus dueños.</p> <p>La implementación de estas prácticas beneficiará la adaptación y mitigación, ya que mejorará la resiliencia de los ecosistemas al aumentar su conectividad a nivel de paisaje e incrementará las reservas de carbono forestal.</p> <p>El costo de esta práctica es de USD 100/ha, aunque puede aumentar según la degradación y accesibilidad de las áreas.</p>
Reforestación	Reforestación de árboles frutales y maderables	La reforestación comprende construir un vivero con materiales generados en la finca, la plantación y el seguimiento de la evolución de las plantas. Si consideramos que el salario mínimo en Haití es de HTG 300 (unos USD 5) y la densidad de árboles es de 700 a 800/ha, el costo sería de USD 450/ha.

Cuadro 4. Priorización de buenas prácticas según temática en el sitio C en El Salvador

Actividad/líneas de inversión estratégicas	Subactividades	Breve descripción
Agricultura	Labranza de conservación / coberturas vivas	Las prácticas de labranza de conservación más comunes son la no labranza, la labranza en camellones y la labranza con cubierta vegetal (<i>mulch</i>). La labranza de conservación se puede combinar con la siembra de plantas de cobertura y abonos verdes, que mantienen y aumentan el contenido de materia orgánica en el suelo y se combinan con el uso de leguminosas. El costo promedio de implementar esta práctica es de USD 100 a 200/ha (establecimiento de cobertura viva superficial).
Conservación de suelo y agua	Siembra de cultivos con curvas a nivel (siembra en contorno)	La agricultura en curvas a nivel implica que las actividades agrícolas (como el control de malezas, el surcado, la siembra y otras prácticas de mantenimiento de los cultivos) se realizan siguiendo las curvas a nivel y no perpendicularmente o en la dirección de la pendiente. Este tipo de agricultura puede complementarse con la construcción de terrazas de formación continua o el establecimiento de barreras vivas para proteger los cultivos –en caso de que la siembra en contorno llegara a romperse por el asentamiento de surcos debido a altas precipitaciones o algún otro evento. Su costo es de unos USD 100/ha. Se asocia a la construcción del nivel “A” y trazo de curvas con estacas de plantas de la zona, por lo que el trazado solo se hace una vez.
	Terrazas de formación lenta	Una terraza es una superficie nivelada usada en agricultura para cultivar en terrenos inclinados. Es eficaz para cultivos como maíz, frijol y frutales. Las terrazas de formación lenta son obras de conservación de suelos para cosecha o retención de agua. Se construyen a partir de una combinación de zanjas de infiltración, barreras vivas y paredes de piedra (barreras muertas). Estas terrazas reducen la erosión de la tierra y, por consiguiente, la degradación de los suelos, incrementado la productividad. Su costo es variable, dependiendo de la pendiente del terreno; en promedio, puede costar de USD 200 a 300/ha.
Restauración de ecosistemas forestales	Restauración de bosques en áreas críticas para la protección hídrica	La restauración de bosques (regeneración natural y restauración inducida) en áreas críticas para la protección hídrica en el paisaje busca mejorar las áreas de infiltración y recarga acuífera, generando una restauración inducida en bosques con suelo desnudo y enriqueciendo las especies forestales en áreas que conservan remanentes de bosque. El costo de esta práctica es de USD 500 a 1000/ha, dependiendo del grado de degradación de las áreas.
	Restauración ecológica de manglares (REM)	Es una técnica que toma en cuenta los procesos hidrológicos, la historia de los sitios por restaurar y la ecología de las especies. Los procesos de restauración de manglares son fundamentales para proteger en caso de marejadas y tsunamis, y garantizar zonas reproductoras para muchas especies marinas en las que se basan los medios de vida de las poblaciones costeras del país. El costo de esta práctica es de USD 1000 a 5000/ha, dependiendo del grado de afectación del manglar.

Actividad/líneas de inversión estratégicas	Subactividades	Breve descripción
Aumento de la productividad agrícola	Sistemas agroforestales para la restauración	La agroforestería es un nombre colectivo para los sistemas y las tecnologías de uso de la tierra en las cuales se usan especies leñosas (árboles, arbustos, palmas, bambúes, etc.), en las mismas unidades de manejo de la tierra, junto con cultivos agrícolas o animales. En estas unidades interactúan los diferentes componentes ecológicos y económicos en alguna forma de arreglo espacial o secuencia temporal. En Mesoamérica, los costos de establecer SAF varían entre USD 500 y 1500/ha, en función del tipo de cultivo (anual o perenne) y componente arbóreo.
	Sistemas silvopastoriles para la restauración	Son sistemas agroforestales ganaderos en los cuales la principal acción es incorporar árboles y arbustos en los sistemas tropicales de producción pecuaria. Los árboles pueden ser maderables, frutales, de uso múltiple, forrajeros o de sombra. Se llevan a cabo en áreas de pastizales donde, de forma deliberada, se establecen especies forrajeras arbóreas y arbustivas en altas densidades para pastoreo directo. La inversión inicial puede ser de USD 200 a 500/ha.
	Manejo integral de nutrientes (MIN) del suelo	El objetivo del manejo integral de nutrientes (MIN) es integrar el uso de nutrientes naturales y artificiales del suelo para aumentar la productividad del cultivo y preservar la productividad del suelo. Implica una inversión de USD 300 a 500/ha, ya que requiere análisis de suelos, aplicación de enmiendas (como cal hidratada para corregir el pH) y producción de abonos orgánicos, entre otros.
Adaptación al cambio climático	Siembra de especies adaptadas	Es la siembra de materiales mejorados y adaptados a las condiciones climáticas. La introducción de nuevas especies y variedades mejoradas constituye una tecnología que apunta a reforzar la productividad, la calidad, la salud, el valor nutritivo o la resiliencia de los cultivos ante enfermedades, plagas y estrés ambiental. La inversión puede ser de USD 200/ha para la compra de semillas de cultivos mejorados.
	Técnicas para el uso eficiente del agua (reservorios de agua/ estanques y sistemas de riego por goteo)	El almacenamiento de agua puede garantizar el abastecimiento en períodos prolongados de sequía (producción de alimentos), diversificar la producción y aumentar la productividad por unidad de área. El costo de implementación es de USD 600 a 1200/familia.

¿Cómo funciona el modelo RIOS?



El modelo RIOS es un software libre, el cual está disponible en la página web <http://www.naturalcapitalproject.org/software/#rios>.

El modelo está diseñado para Windows (PC), pero puede funcionar en ambiente macOS con ayuda de un emulador (p. ej., Parallels Desktop) o Boot Camp para Windows. También es necesario instalar ArcGIS para preparar las capas mediante el “Pre-processing” de RIOS. La lógica de implementación del modelo se puede resumir en las tres grandes fases mencionadas en la Ilustración 5.



Ilustración 5. La lógica del enfoque de RIOS

Fuente: Adaptado de Vogl, 2015 y Esmail y Geneletti, 2017.

En la ilustración 6 se presenta un esquema como ejemplo para ilustrar cómo RIOS calcula el puntaje por objetivos, transiciones y actividades. En este caso se persiguen dos objetivos (Control de la Erosión y Mantener Caudal Base), y se proponen dos actividades – cercado, que causa una transición que consiste en mantener la vegetación nativa, y plantación de árboles, que causa la transición de revegetación asistida. Este cálculo se lleva a cabo en cada pixel del área de entrada (Vogl et al, 2016).

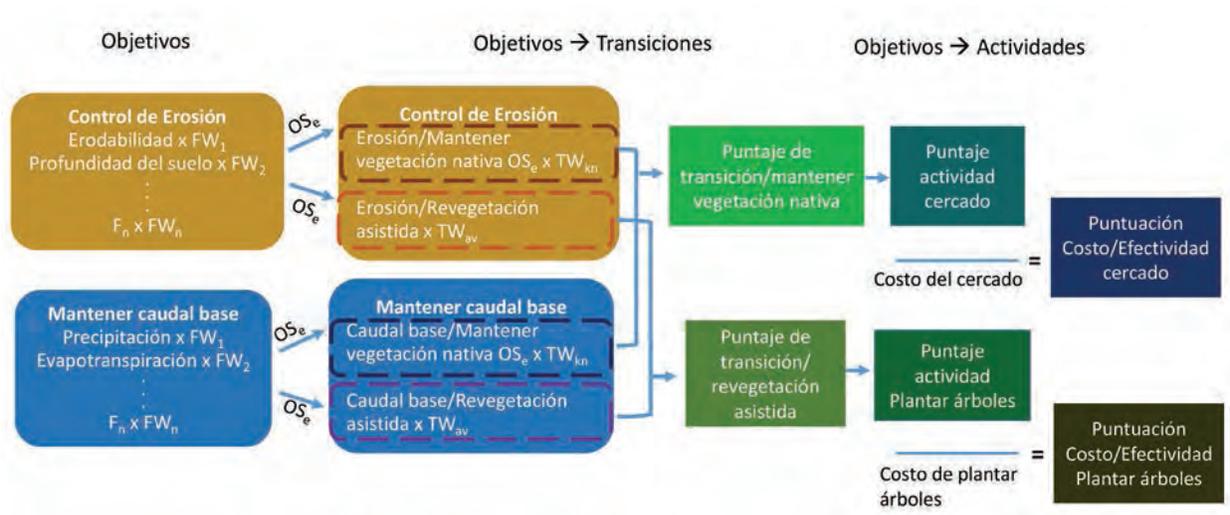


Ilustración 6. Esquema de la secuencia de cálculos de RIOS

Fuente: Vogl et al, 2016.

Los términos y abreviaturas del esquema que se presenta en la ilustración 6 tienen los siguientes significados:

Objetivos: $F1...n$ son factores biofísicos relacionados con cada objetivo, y $FW1...n$ son las ponderaciones asignadas a cada factor, indicando cuánta influencia tiene el factor en un objetivo dado. OS es el puntaje resultante para cada objetivo a lo largo de todos los factores.

Objetivos->Transiciones: TW son las ponderaciones asignadas a cada transición, indicando cuán efectiva ha sido la transición para ayudar a lograr cada objetivo.

Se calcula un puntaje para cada transición a lo largo de todos los objetivos, los puntajes de *transición* mostradas arriba.

Transiciones->Actividades: cada puntaje de transición es asignada a la actividad que causa tal transición, produciendo los puntajes de *actividades* biofísicas (es este ejemplo, para cercado y plantación de árboles). Para crear el mapa final del puntaje de costo-efectividad, los puntajes de actividad se dividen por el costo de la actividad.

El procedimiento resumen del funcionamiento del modelo incluye una fase de pre-procesamiento (pre-processing), una segunda fase de diseño del portafolio de inversiones donde se incluyen las buenas prácticas de manejo de cuencas, como por ejemplo las que contribuyen a la adaptación al cambio climático y una tercera fase donde se generan las transiciones (portafolio traductor) hacia las coberturas de suelo deseadas en un horizonte temporal definido (Ilustración 7 y anexo 1).

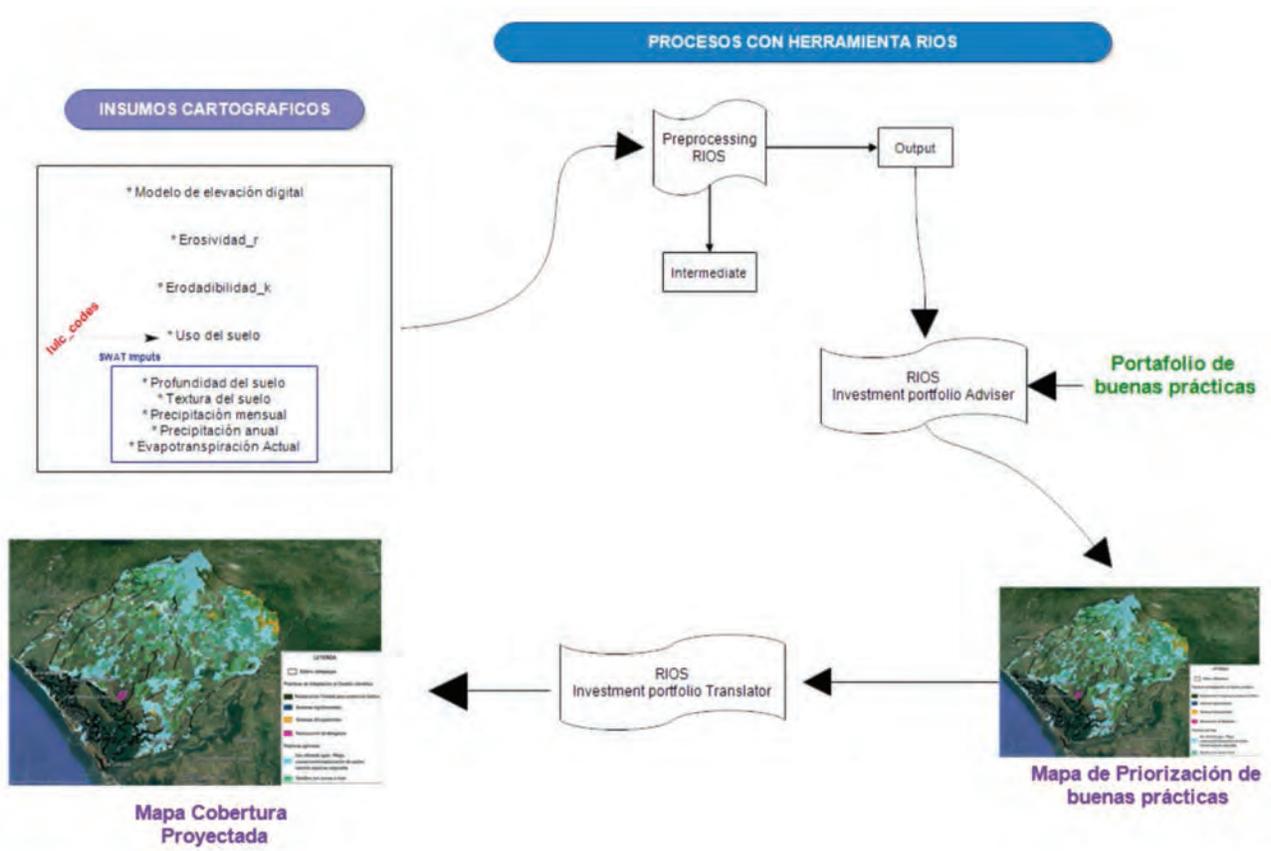


Ilustración 7. Procedimientos para implementar el modelo RIOS

Etapa 1. Preparación de insumos básicos

En esta etapa, se debe adquirir la información geoespacial básica para iniciar el preprocesamiento requerido con el fin de implementar el programa. Los Cuadros 5 y 6 detallan la información obtenida en los sitios piloto B (Haití) y C (El Salvador), respectivamente.

Cuadro 5. Datos requeridos para implementar el ejecutable RIOS “Pre-processing” con la fuente de información y las principales características del dato para el sitio piloto B en Haití.

Requisito de ventana del ejecutable RIOS “Pre-processing”: Dato básico	Fuente de información	Característica del dato
Land Use/Land Cover: landuse.tif (Uso de la tierra/ Cobertura de la tierra)	<i>PNUD-Haití, 2011-2012. Réduction de la vulnérabilité des populations et des infrastructures dans le département du Sud: Plan de Cogestion l’Unité Hydrographique Aquin/Saint-Louis du Sud. Pág. 126.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • El dato landuse.tif de formato ráster contiene el valor o coeficiente biofísico de clase LULC (rios_default_lulc_coeficients.csv) que más se correlaciona al tipo de cobertura o uso del suelo. • En la tabla de atributos del dato landuse.tif, se crea una tabla en formato *cvs que correlaciona las actividades propuestas con los usos del suelo. • La resolución para el tamaño de las celdas del dato es de 100*100 m, con proyección WGS 1984 UTM Zona 18N. • El mapa original de cobertura y uso del suelo fue digitado en una escala de 1:50 000, usando fotografías a escala 1:30 000 del año 2010.
RIOS Biophysical Coefficient Table: rios_default_lulc_coeficient.csv (Tabla de coeficientes biofísicos de RIOS)	<i>Natural Capital Project, 2016. User Manual. Natural Capital Project, Stanford University. Pág. 107</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tabla en formato *cvs (<i>rios_default_lulc_coeficients.csv</i>) que contiene los usos del suelo con los valores o coeficientes biofísicos por clase LULC.
Digital Elevation Model (DEM): DEM.tif (Modelo de Elevación Digital)	<i>Institut Haïtien de Statistiques et d’Informatique (IHSI), 2010. Dato DEM: proyecto PNUD-Haití 2011-2012, Réduction de la vulnérabilité des populations et des infrastructures dans le département du Sud: Plan de Cogestion l’Unité Hydrographique Aquin/Saint-Louis du Sud. Pág. 126.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • El Modelo de Elevación Digital (MED) fue elaborado a partir de curvas a nivel de 20 m. Las curvas fueron obtenidas del Institut Haïtien de Statistiques et d’Informatique (IHSI). • El MED fue corregido usando el software ArcGIS 10.3 y el algoritmo Fill de la caja de herramientas “Hydrology” para completar las brechas o imperfecciones que pudiesen existir en el MED. • El dato DEM.tif en formato ráster fue ajustado al tamaño de celdas de 100*100 m • Proyección del dato WGS 1984 UTM Zona 18N.

Requisito de ventana del ejecutable RIOS "Pre-processing": Dato básico	Fuente de información	Característica del dato
Erosivity: Erosivityr.tif (Erosividad)	<i>Birkel, C.</i> 2016. Estudio: Caracterización del comportamiento hidrológico actual, bajo escenarios de cambio de cobertura y escenarios futuros de clima de la región hidrológica de Aquin/ Saint-Louis Du Sud, Haití. Pág. 54	<ul style="list-style-type: none"> El dato del Erosivityr.tif es el factor R de la ecuación RUSLE y es un índice de erosión pluvial que representa la energía cinética de la lluvia. El cálculo del factor R se realizó mediante el uso del índice modificado de Fournier (Renard y Freimund, 1994; Segura et ál., 2014). Este índice caracteriza la agresividad de la precipitación y se calcula con la ecuación: $IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P}$ <p>Donde: IFM = índice de Fournier modificado en mm pi = precipitación del mes i en mm P = precipitación total anual, en mm</p>
Erodibility: Erodibilityk.tif (Erodabilidad)	<i>Birkel, C.</i> 2016. Estudio: Caracterización del comportamiento hidrológico actual, bajo escenarios de cambio de cobertura y escenarios futuros de clima de la región hidrológica de Aquin/ Saint-Louis Du Sud, Haití. Pág. 54	<ul style="list-style-type: none"> El factor K determina la susceptibilidad del suelo ante la erosión hídrica. Su valor depende del contenido de materia orgánica, permeabilidad, estructura y textura del suelo. Para el cálculo de este índice se usó la información del Centro Internacional de Información y Referencia en Suelos (ISRIC): http://soilgrids.org/index.html. El índice para estimar el Factor K está dado por la fórmula del Grupo Tragsa (1998): $K = [10^{-4} * 2.71 * M^{1.14} * (12-mo) + 4.20 (s-2) + 3.23 (p-3)] / 100$ <p>Donde: K = factor de erodabilidad del suelo, expresado como [t*m²*hr/ha*J*cm] MO = materia orgánica [%] s = código de la estructura del suelo p = código de permeabilidad M = producto de las fracciones del tamaño de las partículas primarias o (%limo+%arena) * (100-%arcilla)</p>
Soil depth: Depth.tif (Profundidad de suelo)	<i>Vilmont, E.</i> , 2012. Unité Hydrographie Aquin-St Louis du Sud. Rapport final de l'étude pédologique. Pág. 54	<ul style="list-style-type: none"> Se realizaron 57 puntos de muestreo con 9 perfiles transversales en unidades homogéneas y 49 muestreos por barrenadas. Las observaciones de campo indican una textura con tendencia a suelos arenosos y una profundidad superficial que indica suelos con poca capacidad de retención de agua (con excepción de los Vertisoles). Desde el punto de vista físico, tienen limitaciones para el desarrollo agrícola.

Requisito de ventana del ejecutable RIOS "Pre-processing": Dato básico	Fuente de información	Característica del dato
Precipitation for wettest month: Prec_month.tif (Precipitación del mes mas lluvioso)	<i>Birkel, C.</i> 2016. Estudio: Caracterización del comportamiento hidrológico actual, bajo escenarios de cambio de cobertura y escenarios futuros de clima de la región hidrológica de Aquin/ Saint-Louis Du Sud, Haití. Pág. 54	<ul style="list-style-type: none"> Los regímenes mensuales de precipitación muestran dos máximos de lluvia (marzo y octubre) que coinciden con la temporada de huracanes. En términos generales, el régimen pluvial indica una época seca de noviembre a marzo y una época húmeda de abril a octubre. El mes de menor precipitación es enero, con un promedio de 71 mm. El mes más lluvioso es marzo, con 326 mm; seguido por agosto, con 281 mm.
Soil texture: Texture.tif (Textura del suelo)	<i>Vilmont, E.,</i> 2012. Unité Hydrographie Aquin-St Louis du Sud. Rapport final de l'étude pédologique. Pág. 54	<ul style="list-style-type: none"> La textura del suelo (tamaño de partícula) fue determinada en el laboratorio con base en las proporciones de arena, limo y arcilla en una muestra representativa del suelo. El método empleado fue el de Bouyoucos, basado en el principio de sedimentación de partículas (Soltner, 2005).
Annual average precipitation: Prec_annual.tif (Precipitación anual promedio)	<i>Birkel, C.</i> 2016. Estudio: Caracterización del comportamiento hidrológico actual, bajo escenarios de cambio de cobertura y escenarios futuros de clima de la región hidrológica de Aquin/ Saint-Louis Du Sud, Haití. Pág. 54	<ul style="list-style-type: none"> Los rangos de precipitación promedio anual varían entre 1,189 y 2,054 mm. El escenario de un posible cambio en la precipitación anual disminuye 128 mm (RCP 4.5) y 197 mm (RCP 8.5). El aumento de la temperatura anual está directamente relacionado con la disminución de las precipitaciones anuales y muestra una regresión lineal del tipo $y = -69.4 + 10.9$ con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.99$
Actual evapotranspiration: ETP.tif (Evapotranspiración actual)	<i>Birkel, C.</i> 2016. Estudio: Caracterización del comportamiento hidrológico actual, bajo escenarios de cambio de cobertura y escenarios futuros de clima de la región hidrológica de Aquin/Saint-Louis Du Sud, Haití. Pág. 54	<ul style="list-style-type: none"> La evapotranspiración aumenta según la humedad durante los meses de mayo a octubre (~ 100 mm/mes) y disminuye en la época seca, de noviembre a abril (~ 80 mm/mes). Durante la época seca hay un déficit de agua, indicado por valores negativos, que puede provocar que los ríos se sequen.
Watershed: U_hidrog.shp (Cuenca)	<i>PNUD-Haití,</i> 2011-2012. Réduction de la vulnérabilité des populations et des infrastructures dans le département du Sud: Plan de Cogestion l'Unité Hydrographique Aquin/Saint-Louis du Sud. Pág. 126.	<ul style="list-style-type: none"> Para su delimitación, se utilizó el MED que fue elaborado de las curvas a nivel de 20 m. Los algoritmos utilizados en ArcGis fueron: Fill, Flow Direction, Flow Accumulation, Reclassify Flow Accumulation, Stream Links y Watersheds, de la caja de herramientas "Hydrology"
Otros datos básicos utilizados para correr RIOS: Investment Portfolio Adviser		
Beneficiaries.tif (Beneficiarios)	Elaborado para este informe	<ul style="list-style-type: none"> El dato en formato ráster corresponde al número de habitantes de las secciones comunales de Aquin y St. Louis du Sud.

Requisito de ventana del ejecutable RIOS “Pre-processing”: Dato básico	Fuente de información	Característica del dato
Recargah.tif (Recarga hídrica)	<i>PNUD-Haití</i> , 2011-2012. Réduction de la vulnérabilité des populations et des infrastructures dans le département du Sud: Plan de Cogestion l’Unité Hydrographique Aquin/Saint-Louis du Sud. Pág. 126.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborado con el método de Junker (2002). • Ecuación: recarga de agua subterránea (RAS) = balance climático (BC) * coeficiente de infiltración (C) Dónde: BC = precipitación media anual (P) – evapotranspiración potencial (ETP); y C = rangos de pendiente en % (kp), cobertura vegetal (kv) y tipo de suelos (kfc).

Cuadro 6. Datos requeridos para implementar el ejecutable RIOS “Pre-processing” con la fuente de información y las principales características del dato para el sitio piloto C en El Salvador.

Requisito de ventana del ejecutable RIOS “Pre-processing”: Dato básico	Fuente de información	Característica del dato
Land use/land cover: landuse (Uso de la tierra/ Cobertura de la tierra)	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN), 2013	<ul style="list-style-type: none"> • El dato landuse de formato ráster contiene el valor o coeficiente biofísico de la clase LULC (<i>rios_default_lulc_coefficients.csv</i>) que más se asemeja al tipo de cobertura o uso original del suelo. Fue elaborado con base en el shapefile “Uso de suelo”, compartido por MARN en 2013. En teoría, estos coeficientes representan las clases de cobertura o los usos, las prácticas y las condiciones del área. • La resolución del tamaño de las celdas del dato es de 90*90 m, con proyección WGS 1984 UTM Zona 16N. • Unidades: valores integrales.
RIOS Biophysical Coefficient Table: “rios_default_lulc_coefficient.cvs “ (Tabla de coeficientes biofísicos de RIOS)	<i>Natural Capital Project</i> . 2016. Guía de uso paso a paso. Pág. 107	<ul style="list-style-type: none"> • Tabla en formato *cvs (<i>rios_default_lulc_coefficients.csv</i>) que contiene los usos del suelo con los valores o coeficientes biofísicos por clase LULC.

Requisito de ventana del ejecutable RIOS "Pre-processing": Dato básico	Fuente de información	Característica del dato
Digital Elevation Model (DEM): DEM (Modelo de Elevación Digital)	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN), 2013	<ul style="list-style-type: none"> El Modelo de Elevación Digital (MED) fue elaborado a partir de curvas a nivel de 20 m. Las curvas fueron obtenidas de MARN. El MED fue corregido usando el software ArcGIS 10.3 y el algoritmo Fill de la caja de herramientas "Hydrology" para completar las brechas o imperfecciones que pudiesen existir en el MED. El dato DEM en formato ráster fue ajustado al tamaño de celdas de 90*90 m. Proyección del dato WGS 1984 UTM Zona 16N. Unidad: msnm
Erosivity: r (Erosividad)	Elaboración propia con base en datos históricos de estaciones climáticas locales y estadísticos obtenidos para la base de datos climática del modelo SWAT	<ul style="list-style-type: none"> En el formato ráster, el dato del Erosivity (r) es el factor R de la ecuación RUSLE, el cual es un índice de erosión pluvial que representa la energía cinética de la lluvia. El cálculo del factor R se realizó usando el índice modificado de Fournier (Renard y Freimund, 1994; Segura <i>et ál.</i>, 2014). Este índice caracteriza la agresividad de la precipitación y se calcula con la ecuación: $IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P}$ <p>Donde: IFM = índice de Fournier modificado en mm pi = precipitación del mes i en mm P = precipitación total anual en mm</p> <ul style="list-style-type: none"> Tamaño de celdas de 90*90 m. Proyección del dato WGS 1984 UTM Zona 16N Unidades: MJ*mm/(ha*h*año)
Erodibility: k (Erodabilidad)	Elaboración propia, con base en "Usersoil" del modelo SWAT	<ul style="list-style-type: none"> En el formato ráster, el factor K determina la susceptibilidad del suelo ante la erosión hídrica. Su valor dependerá del contenido de materia orgánica, permeabilidad, estructura y textura del suelo. Es un insumo proporcionado por el modelo SWAT. Para el cálculo de este índice se utilizó información edáfica de la cuenca proporcionada por MARN e información secundaria (Proyecto Soterlac). El índice para estimar el Factor K está dado por la fórmula del Grupo Tragsa (1998): $K = [10^{-4} * 2.71 * M^{1.14} * (12-mo) + 4.20 (s-2) + 3.23 (p-3)] / 100$ <p>Donde: K = factor de erodabilidad del suelo, expresado como [t*m²*hr/ha*J*cm] MO = materia orgánica [%] s = código de la estructura del suelo p = código de permeabilidad M = producto de las fracciones del tamaño de las partículas primarias o (%limo+%arena) * (100-%arcilla) <ul style="list-style-type: none"> Tamaño de celdas de 90*90 m. Proyección del dato WGS 1984 UTM Zona 16N Unidades: ton*ha*h/(ha*MJ*mm) </p>

Requisito de ventana del ejecutable RIOS "Pre-processing": Dato básico	Fuente de información	Característica del dato
Soil depth: depth (Profundidad del suelo)	Elaboración propia, con base en "Usersoil" del modelo SWAT	<ul style="list-style-type: none"> • El formato ráster indica la profundidad del suelo (insumo proporcionado por el modelo SWAT). • Para el cálculo de este índice se utilizó información edáfica de la cuenca proporcionada por MARN e información secundaria (Proyecto Soterlac). • Tamaño de celdas de 90*90 m. Proyección del dato WGS 1984 UTM Zona 16N • Unidades: mm
Soil texture: texture (Textura del suelo)	Elaboración propia, con base en "Usersoil" del modelo SWAT	<ul style="list-style-type: none"> • El formato ráster indica el índice de textura del suelo, que va de liviano a pesado con base en el contenido porcentual de arena, limo y arcilla. • Para el cálculo de este índice se utilizó información edáfica de la cuenca proporcionada por MARN e información secundaria (Proyecto Soterlac). • Tamaño de celdas de 90*90 m. Proyección del dato WGS 1984 UTM Zona 16N • Unidades: NO
Actual evapotranspiration: ET (Evapotranspiración actual)	Elaboración propia, con base en resultados de simulación con el modelo SWAT.	<ul style="list-style-type: none"> • El formato ráster indica la evapotranspiración generada por el modelo SWAT con el método de Hargreaves (método seleccionado por disponer solamente de datos de precipitación y temperatura). • Tamaño de celdas de 90*90 m. Proyección del dato WGS 1984 UTM Zona 16N • Unidades: mm
Precipitation for wettest month: ppt_mes (Precipitación del mes más lluvioso)	Elaboración propia, con base en análisis estadístico de 22 años de registros de las estaciones meteorológicas de Ilopango, Portillo y San Miguel, vía macro WGEN que usa el modelo SWAT.	<ul style="list-style-type: none"> • El formato ráster expresa el promedio de precipitación del mes más lluvioso • Tamaño de celdas de 90*90 m. Proyección del dato WGS 1984 UTM Zona 16N. • Unidades: mm
Annual average precipitation: pptannual (Precipitación anual promedio)	Elaboración propia, con base en análisis estadístico de 22 años de registros de las estaciones meteorológicas de Ilopango, Portillo y San Miguel, vía macro WGEN que usa el modelo SWAT.	<ul style="list-style-type: none"> • El formato ráster expresa el promedio de precipitación anual. • Tamaño de celdas de 90*90 m. Proyección del dato WGS 1984 UTM Zona 16N • Unidades: mm

Requisito de ventana del ejecutable RIOS “Pre-processing”: Dato básico	Fuente de información	Característica del dato
Watershed: CuencaJaltepeque.shp (Cuenca)	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN), 2013	<ul style="list-style-type: none"> • El formato shapefile define los límites de la región hidrográfica del Estero de Jaltepeque (seis subcuencas). • Proyección del dato WGS 1984 UTM Zona 16N

Etapa 2. Preprocesamiento (Pre-processing)

El preprocesamiento (Pre-processing) es la fase de ejecución de procesos y generación de información en la plataforma de ArcMap mediante el uso del modelo RIOS. Tras habilitar la extensión RIOS Preprocessing en ArcGis, se deberán seleccionar los objetivos de la modelación; es decir, qué se busca con el manejo de las regiones hidrográficas y en función de los cuáles se generarán los respectivos portafolios de inversión (equivalentes a las buenas prácticas de manejo prioritarias para responder a estos objetivos).

En el proceso de definir los objetivos de RIOS, se debe responder la pregunta “**¿Cuáles son los objetivos del fondo de inversión?**” Para obtener esta respuesta será necesario realizar el **análisis diagnóstico** de la zona o cuenca de interés. En el diagnóstico, la validación de los resultados mediante consultas con técnicos locales y especialistas con vasta experiencia en el área de estudio es fundamental para definir los objetivos por modelar en RIOS.

Para la unidad hidrográfica de Aquin y St. Louis du Sud, los **objetivos por modelar en RIOS** fueron seleccionados a partir de la información de la matriz de diagnóstico de cuenca usada por CATIE (Cuadro 7) para elaborar el “Plan de cogestión de la unidad hidrográfica Aquin y St. Louis de Sud”. Este plan fue elaborado en 2012 con base en información técnica y de manera participativa.

Cuadro 7. Matriz para el diagnóstico de la cuenca, usado en el sitio piloto B en Haití

Problemas biofísicos y socioeconómicos	Causas	Consecuencias (efectos)	Ubicación	¿A quiénes afecta?	Alternativas	Actores por considerar en las alternativas

En 2017, los técnicos locales y especialistas que participaron en los proyectos de PNUD-Haití de 2011 a 2015 validaron y ajustaron la matriz a las necesidades de RIOS. Los criterios para los ajustes obedecen a los principales problemas de la unidad hidrográfica y se priorizaron de la siguiente forma:

- 1) Condiciones socioeconómicas de la zona (pobreza extrema).
- 2) Pérdida de suelos por erosión laminar y deposición de grandes volúmenes de sedimentos en la planicie y zona costera.
- 3) Inundaciones frecuentes.
- 4) Falta de cobertura vegetal.
- 5) Pérdida de ecosistemas vulnerables (manglar y bosque seco).
- 6) Disminución del caudal de las fuentes de agua superficial y subterránea en época seca, y contaminación y falta de acceso al agua potable.

Como parte del análisis de diagnóstico de RIOS, se consideraron los resultados del estudio “Cálculo económico de las buenas prácticas de adaptación al cambio climático” del proyecto de fincas de PNUD-Haití en las comunas de Aquin y St. Louis du Sud. Para el sitio piloto C en El Salvador, el proceso de selección de objetivos se basó en la revisión del PDLs y el estudio “Identificación y costeo de buenas prácticas para la adaptación al cambio climático”. Ambos diagnósticos fueron realizados por el proyecto *WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras* en 2017.

El resultado del proceso permitió definir tres objetivos por modelar en RIOS, los cuales coinciden para los dos sitios piloto (Cuadro 8).

Cuadro 8. Objetivos para la modelación RIOS en los sitios piloto de Haití y El Salvador

Objetivo	Descripción	Insumos requeridos
Erosion control for drinking water quality (control de la erosión para la calidad del agua potable)	Este objetivo se refiere a la regulación de la erosión laminar, en surcos y cárcavas, y a la erosión de las riberas. La inversión en cuencas hidrográficas puede prevenir la excesiva erosión del suelo, mejorar la calidad del agua corriente abajo, reducir los costos de tratamiento de agua potable y disminuir los impactos negativos en la salud.	<ul style="list-style-type: none"> • Land use/land cover • Land use general class table • RIOS general coefficient table • Digital Elevation Model (DEM) • Erosivity • Erodibility • Soil depth • Threshold flow accumulation • Riparian buffer distance
Flood mitigation (mitigación de inundaciones)	Este objetivo se enfoca en el papel que puede tener el capital natural en la retención de agua en el paisaje y la reducción de los picos en caso de inundaciones; sin embargo, el impacto de las actividades disminuirá a medida que aumente el tamaño de la tormenta.	<ul style="list-style-type: none"> • Land use/land cover • Land use general class table • RIOS general coefficient table • Digital Elevation Model (DEM) • Precipitation for wettest month • Soil texture • Threshold flow accumulation • Riparian buffer distance

<p>Groundwater recharge enhancement (mejoramiento de la recarga de acuíferos)</p>	<p>Este objetivo representa el papel que el capital natural puede desempeñar para la captación de agua y para facilitar su movimiento en los acuíferos subterráneos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Land use/land cover • Land use general class table • RIOS general coefficient table • Digital Elevation Model (DEM) • Annual average precipitation • Actual evapotranspiration • Soil texture • Soil depth • Threshold flow accumulation
---	--	--

Estos objetivos coinciden en ambos sitios piloto porque responden al enfoque del proyecto *WaterClimate-LAC, Gestión de zonas costeras*, el cual pretende incidir en la conservación de servicios ecosistémicos clave con un enfoque de cuencas.

Etapa 3. Portafolio de inversiones (*Investment portfolio*)

Después de definir los objetivos del análisis (Cuadro 8) y recopilar la información de la etapa de Pre-processing (insumos básicos; prácticas prioritarias y cuadros de ponderación 0-1), se seleccionan las áreas prioritarias para implementar las buenas prácticas. Las áreas en El Salvador y Haití fueron previamente estudiadas en consulta con expertos y mediante estudios tipo encuesta (Haití) para indicar el posible impacto de diferentes escenarios de presupuestos potencialmente disponibles o por gestionar, con el fin de implementar el portafolio de inversiones.

Para implementar el portafolio de inversiones en RIOS, se seleccionan los objetivos de modelación en el software, para luego:

- 1) proporcionar el dato de uso de la tierra (LULC);
- 2) incluir los coeficientes biofísicos asociados al LULC; y
- 3) clasificar o llenar una matriz de doble entrada sobre LULC versus Actividades (buenas prácticas seleccionadas previamente en consulta con expertos o mediante encuestas).

En el paso 3 arriba indicado, se elabora la tabla de Excel “LULC Classification CVS with Activities” mediante el ejercicio de RELACIONAR la cobertura y el uso actual de suelos con los valores o coeficientes biofísicos de LULC y las prácticas “líneas de acción de la estrategia de inversión”. Estas prácticas pueden seleccionarse o definirse a través de un estudio o por consulta directa con expertos.

Se recomienda realizar el ejercicio de RELACIONAR con expertos y establecer la relación por medio de una ponderación con valores de 0 a 1. Para este estudio, se empleó la siguiente pregunta: *¿Esta actividad de inversión causa cambio en el paisaje o la transición deseada en la cobertura y el uso actual de la cuenca?* Si la relación de transición es positiva para los objetivos de RIOS seleccionados, se agrega el valor de 1; si no existe una relación de transición, se agrega el valor de 0.

Por ejemplo, para el sitio piloto B en Haití, la práctica de inversión en “Educación ambiental” tiene una alta relación de transición con cualquier cobertura y uso del suelo, ya que una población sensibilizada e informada promueve procesos amigables con el ambiente, ayuda a evitar la degradación a los recursos naturales al hacer sus propias inversiones en revegetación, mejora la gestión de áreas protegidas, excluye el ganado en áreas no aptas, reforesta, y diversifica la agricultura, entre otros.

Los Cuadros 9 y 10 presentan los resultados en ambos sitios piloto. El Cuadro 9 (Haití) fue validado con los técnicos locales y especialistas que participaron en los proyectos PNUD-Haití de 2011 a 2015.

Lucode	Descripción	lulc_general	protec_bosq	reg_nat	reforestación	sist_agro	educ_amb	buen_pracagro	rest_manglar	sist_silv	cons_suelos
2	Rak (terrenos aridas)	2	1	1	0	0	1	1	0	1	1
11	Systemes agroforestiers denses (sistemas agroforestales densos)	11	0	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Cultures agricoles faiblement denses (Cultivos agrícolas de baja densidad)	13	0	1	1	1	1	1	0	1	1
14	Centre urbain (Centro urbano)	14	0	0	1	0	1	0	0	0	1
16	Plan d'eau (Cuerpo de agua)	16	1	1	1	0	1	1	1	0	1
21	Cultures agricoles denses (Cultivos agrícolas densos)	21	0	0	1	1	1	1	0	1	1
26	Savane arbustive (Sabana arbustiva)	26	0	1	1	1	1	1	0	1	1
43	Savane nue (Sabana desnuda)	43	0	0	1	1	1	1	0	1	1
45	Foret seche faiblement dense (Bosque medianamente denso y seco)	45	1	1	0	0	1	0	1	0	1
47	Mangrove (Manglar)	47	1	1	1	0	1	0	1	0	1
53	Foret seche dense (Bosque denso y seco)	53	1	1	0	0	1	0	0	0	1

Código: uso de suelo	Descripción	soil_cover_conservation	terracing	contour_planting	seeding_improved_species	integral_soil_management	agroforestry	silvopastoral	efficient_water_use	hydric_forest_restoration	ecological_restoration_mangroves
2	Suelo desnudo	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
4	Café	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
11	Bosque mixto, agricultura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
12	Bosque mixto, agricultura y pastura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
16	Cuerpo de agua)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Cultivos permanentes	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
26	Arbusto/matorral	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
28	Caña de azúcar	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
29	Pastura pantanosa	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
39	Bosque tropical caducifolio	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
41	Agricultura tropical mixta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
43	Pastura tropical	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
44	Áreas urbanas)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
45	Bosque mixto tropical/subtropical	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0
47	Humedal/manglar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	Vegetación riparia leñosa	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
50	Bosque pantanoso	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
53	Bosque tropical siempre verde	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0

Posterior a este proceso de relacionar LULC con las actividades, se editan los factores de peso o ponderación (Edit Factor Weights). Esta edición se vincula con los objetivos seleccionados, donde los insumos requeridos para cada objetivo deben ser agregados en su respectiva ubicación, con el fin de ingresar las capas necesarias para cada objetivo seleccionado.

Cada objetivo cuenta con una tabla de correlación de valores de las capas por utilizar y las transiciones preestablecidas por los desarrolladores del programa. Estas correlaciones pueden ser modificadas por el usuario; sin embargo, no se recomienda cambiar estos valores, a menos que el usuario tenga los insumos que justifiquen y sustenten algún cambio en el cuadro.

Los factores de ponderación se definen en función de los objetivos de la modelación. Se comparan los insumos correspondientes a cada objetivo con los procesos que regulan los servicios ecosistémicos seleccionados y las correspondientes transiciones de uso. Estos procesos e insumos se dan por defecto en el modelo.

Por ejemplo, para el objetivo “Control de erosión para calidad del agua potable”, los cuatro procesos que regulan este servicio ecosistémico son: flujo pendiente arriba (upslope flow), pixel fuente (on-pixel source), pixel retención (on-pixel retention) y retención pendiente abajo. Se realizan comparaciones dicotómicas (0 y 1), denotando relación o ausencia de relación.

Objetivo	Insumo requerido
<p>EROSION CONTROL FOR DRINKING WATER QUALITY</p> <p>Enfocado en la regulación de la erosión laminar, en surcos y cárcavas, y la erosión de las riberas.</p>	<p>Land use/land cover</p> <p>Land use general class table</p> <p>RIOS general coefficient table</p> <p>Digital Elevation Model (DEM)</p> <p>Erosivity</p> <p>Erodibility</p> <p>Soil depth</p> <p>Threshold flow accumulation</p> <p>Riparian buffer distance</p>

El siguiente paso es asignar pesos a los objetivos y a las transiciones (Objective-Transitions Weights). Para ello, se indica el peso de las “buenas prácticas” vinculadas con los objetivos. Para el sitio piloto C en El Salvador, se definieron los valores (de 0 a 1), donde “1” es el valor óptimo y “0” indica que la buena práctica no tiene relación con el objetivo. Para el estudio de caso, los valores o pesos no fueron modificados; se dejaron según lo relaciona el portafolio por defecto.

Los valores del cuadro indican el peso de los objetivos y las transiciones entre sí. Los valores que surgen en el cuadro después de un análisis minucioso suponen que no todos los objetivos se consideran iguales para determinar la transición, y que no todas las transiciones contribuyen a cumplir con los objetivos.

Para el sitio piloto B en Haití, se usaron tres valores. El valor **1** para indicar que la actividad puede causar la transición; el valor **0,5** para indicar una transición moderada; y el valor **0** para indicar que la actividad no puede causar la transición deseada según los objetivos de RIOS.

A manera de ejemplo, el Cuadro 11 muestra la relación de la actividad y la transición empleadas para el sitio piloto B en Haití. Esta relación fue consensuada con los técnicos y especialistas que participaron en los proyectos PNUD-Haití de 2011 a 2015, así como especialistas del proyecto **WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras**.

Cuadro 11. Ejemplo de relación entre actividades o buenas prácticas seleccionadas en función de las transiciones por defecto del modelo RIOS para el sitio piloto B en Haití

Transiciones Actividades	Mantener vegetación nativa	Revegetación (no asistida)	Revegetación (asistida)	Agricultura y vegetación	Drenaje	Manejo de fertilizantes	Manejo de pasturas
educ_amb	1	1	1	1	1	1	1
reforestacion	0	1	1	0,5	0	0	0
sist_agro	0	0	1	1	0	1	0
cons_suelos	0	0	0	1	0,5	1	0,5
sist_silv	0	0	0	0	0	0	1
reg_nat	1	1	0	0	0,5	0	0
protect_bosq	1	1	1	0	0	0	0
rest_manglar	1	1	1	0	0	0	0
buen_pracagro	0	0	1	1	1	1	1

Nota: significado de las siglas para las actividades: educ_amb (educación ambiental), sist_agro (sistema agroforestal), cons_suelos (conservación de suelos), sist_silv (sistema silvopastoril), reg_nat (regeneración natural), protect_bosq (protección del bosque), rest_manglar (restauración del manglar), buen_pracagro (buenas prácticas agrícolas).

Al finalizar la asignación de los pesos, relacionando actividades y transiciones deseadas, se procede a ensayar diferentes escenarios para la implementación de las buenas prácticas o del portafolio de inversiones, en función de los presupuestos disponibles o por gestionar. Para ello, se deben incorporar datos que incluyan la duración y los costos de las inversiones por unidad de superficie, con unidades de medida homogéneas.

El presupuesto seleccionado para el sitio piloto B en Haití usa la información del estudio “Cálculo económico de las buenas prácticas de adaptación al cambio climático desarrolladas en el proyecto de fincas de la comuna de Aquin y St. Louis du Sud”, realizado por el proyecto *WaterClima-LAC, Gestión de zonas costeras* en 2017.

En este caso, la ejecución del presupuesto fue asignada para dos años. Cuando el dinero de la actividad no pudo ser gastado, se consideró una reasignación proporcional (If activity money cannot be spent = Proportionally reallocate). Se establecieron dos escenarios de inversión con una asignación de USD 500 000/año (Yearly Floating Budget = 500 000), para un total de USD 1 000 000 en dos años.

De esta manera, se asignó el presupuesto para cada actividad. Se partió de la definición del monto total de USD 500 000/año para un total de USD 1 000 000 en dos años; luego, en consenso con los técnicos y especialistas locales que participaron en los proyectos PNUD-Haití de 2011 a 2015, se distribuyó el presupuesto porcentualmente para cada línea de inversión estratégica o actividad (Cuadro 12).

Cuadro 12. Distribución del presupuesto de USD 500 000/año para la implementación del portafolio de inversiones en el sitio piloto B en Haití.

Actividad/líneas de inversión estratégica	Costo (USD/ha/año)	Distribución % del presupuesto	Asignación anual, USD
Buenas prácticas agrícolas	5522	20	100 000
Educación ambiental	2000	6	30 000
Sistema agroforestal	2000	18	90 000
Sistema silvopastoril	500	15	75 000
Conservación de suelos y agua	2000	8,5	42 500
Restauración de manglares	5000	10	50 000
Protección de bosques	500	8,5	42 500
Regeneración natural	100	5	25 000
Reforestación	540	9	45 000

Nota: El Anexo 2 presenta información adicional.

Para el sitio piloto C en El Salvador, se trabajó con un presupuesto total de USD 1 200 000 para invertir en buenas prácticas durante un periodo de tres años. Esto incluyó una contrapartida local del 20% del total para gestión de recursos externos (Cuadro 13). Asimismo, se consideró una reasignación proporcional cuando el dinero de la actividad no pudo ser gastado (*If activity money cannot be spent = Proportionally reallocate*).

Cuadro 13. Distribución del presupuesto de USD 1 200 000 por tres años para la implementación del portafolio de inversiones en el sitio piloto C en El Salvador.

Actividad/líneas de inversión estratégica	Costo (USD/ha/año)	Distribución % del presupuesto	Asignación anual, USD
P1. Labranza de conservación con cobertura del suelo y cultivos de cobertura	162,80	15	50 000
P2. Terrazas de formación lenta	220,20	7	23 333
P3. Siembra de cultivos con curvas a nivel (siembra en contorno)	113,80	20	66 667
P4. Siembra de materiales mejorados y adaptados a condiciones climáticas	200	10	33 333
P5. Manejo integral de nutrientes del suelo (MIN)	452,60	5	16 667
P6. Sistemas agroforestales para la restauración	1257	5	16 667
P7. Sistemas silvopastoriles para la restauración	466,80	5	16 667
P8. Técnicas para el uso eficiente del agua (reservorios de agua/estanques y sistemas de riego por goteo)	1021	15	50 000
P9. Restauración de bosques en áreas críticas de protección hídrica	687	10	33 333
P10. Restauración ecológica de manglares (REM)	3443	8	26 667
Subtotal			333 333
Contrapartida (20% del total = USD 200 000)			66 667
Total anual			400 000
Total del proyecto (3 años)			1 200 000

Finalmente, en el software, se agregan las “áreas” de cada actividad en la celda correspondiente. Estas áreas están expresadas como longitud (Length, m) o área (Area, m²). Los valores deben agregarse en m²; esto implica expresar que 1 ha = 10.000 m².

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



A continuación, se presentan los resultados de la modelación con RIOS. Es importante recalcar que los escenarios planteados constituyen un primer ejercicio para contribuir a la planificación territorial de los sitios piloto.

Para el sitio piloto en Haití, se incorporaron los resultados de cinco años de implementación de procesos anteriores (con proyectos del PNUD y CATIE de 2011 a 2015). Para el sitio piloto en El Salvador, se retomaron los insumos del PDLS –el cual fue creado de manera participativa e inclusiva, y refleja los procesos de gestión social del territorio de hace unos 20 años atrás.

Sitio piloto B, Aquin y St. Louis du Sud, región hidrográfica del Sur de Haití

Se obtuvo una distribución de áreas que serían priorizadas según las buenas prácticas para cumplir los tres objetivos (control de la erosión para la calidad del agua potable, mitigación de inundaciones y recarga hídrica), en función de los escenarios de presupuesto ensayados.

Con el Escenario 1, durante los dos años propuestos en el análisis, el 92% de las áreas por convertir mediante buenas prácticas correspondió a regeneración natural (10 524 ha); seguido por sistemas silvo-pastoriles, con un 2% (300 ha); y sistemas agroforestales, con 0,8 % (90 ha). Este resultado obedece a que la actividad menos costosa y que representa la mayor área con potencial de riesgo para el deterioro ambiental, así como de prioridad para la región hidrográfica, es justamente la regeneración natural del bosque seco y del manglar.

El Cuadro 14 presenta la distribución de actividades por gasto, presupuesto total y áreas convertidas, como resultado de la implementación del portafolio de inversiones en el escenario cuyo presupuesto total es de USD 1 000 000 para dos años continuos.

Cuadro 14. Distribución del portafolio de inversiones y áreas priorizadas para el sitio piloto B en Haití

Actividad/buena práctica	Gasto real	Presupuesto total	Área convertida (ha)	%
Presupuesto flotante	n/a	1 000 000	n/a	100
Buenas prácticas agrícolas	198 792	200 000	36	0,3
Conservación de suelos	84 000	85 000	42	0,4
Educación ambiental	60 000	60 000	30	0,3
Protección de bosques	85 000	85 000	170	1,5
Reforestación	89 640	90 000	166	1,5
Regeneración natural	1 052 400	50 000	10 524	92,5
Restauración de manglares	100 000	100 000	20	0,2
Sistemas agroforestales	180 000	180 000	90	0,8
Sistemas silvopastoriles	150 000	150 000	300	2,6
Total	1 999 832	2 000 000	11 378	100,0

La Ilustración 8 muestra la distribución espacial de las áreas priorizadas, en función del portafolio de inversiones para el sitio piloto B en Haití, bajo el primer escenario presupuestario. Se puede observar que la mayoría de las áreas destinadas a la regeneración natural se ubica en la parte norcentral y suroeste de la región hidrográfica.

Si nos acercamos a las tres actividades priorizadas en el primer escenario presupuestario (restauración de manglares, sistemas agroforestales y silvopastoriles) podemos identificar una zona núcleo, donde podrían iniciar las acciones con un plan de acción inmediato (Ilustración 9).

Con el propósito de visualizar el cambio de cobertura o de uso del suelo, promovido por el modelo “Traductor de portafolio de inversiones”, se obtuvo una distribución de las “nuevas” coberturas de tierra en las que se podrían implementar buenas prácticas en función de los objetivos hidrológicos de reducción de la erosión, mitigación de inundaciones y aumento de la recarga hídrica. Con este análisis, se generaron los escenarios que reflejan el estado futuro y deseado, en un horizonte de ocho años, para la unidad hidrográfica de Aquin y St. Louis du Sud.

La Ilustración 9 presenta las “nuevas” coberturas que resultarían de implementar o no el portafolio de inversiones propuesto para el sitio piloto B en Haití. Se puede observar que el uso del suelo que predomina actualmente corresponde a coberturas poco diversificadas. Tras la implementación de las buenas prácticas, se lograrían bosques mixtos tropicales/subtropicales, y sistemas agroforestales y silvopastoriles; es decir, un aumento del bosque natural con pastos y agricultura más diversificada.

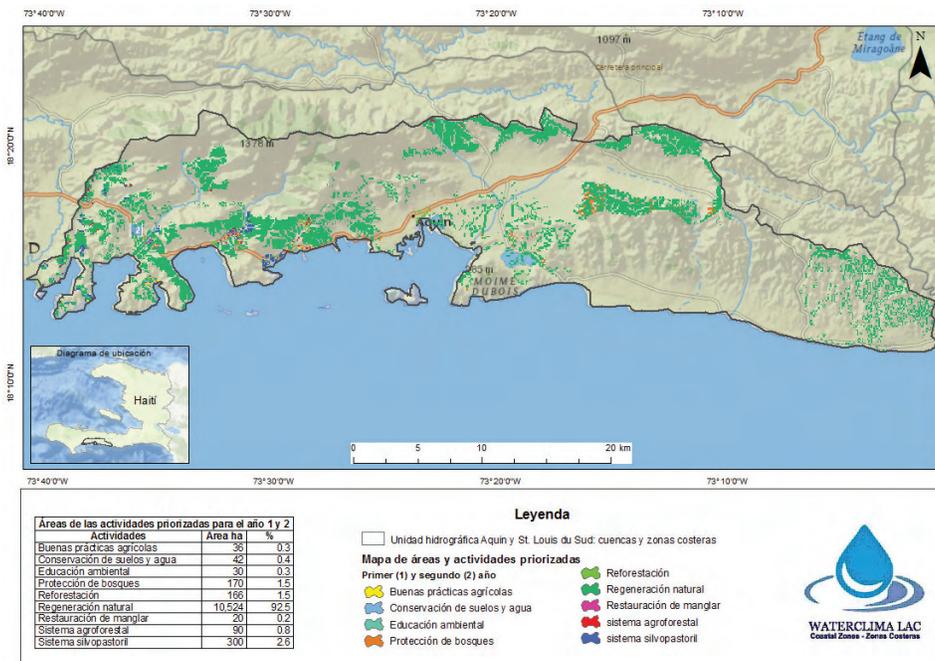


Ilustración 8. Distribución de áreas priorizadas según actividades del portafolio de inversiones para el sitio piloto B en Haití

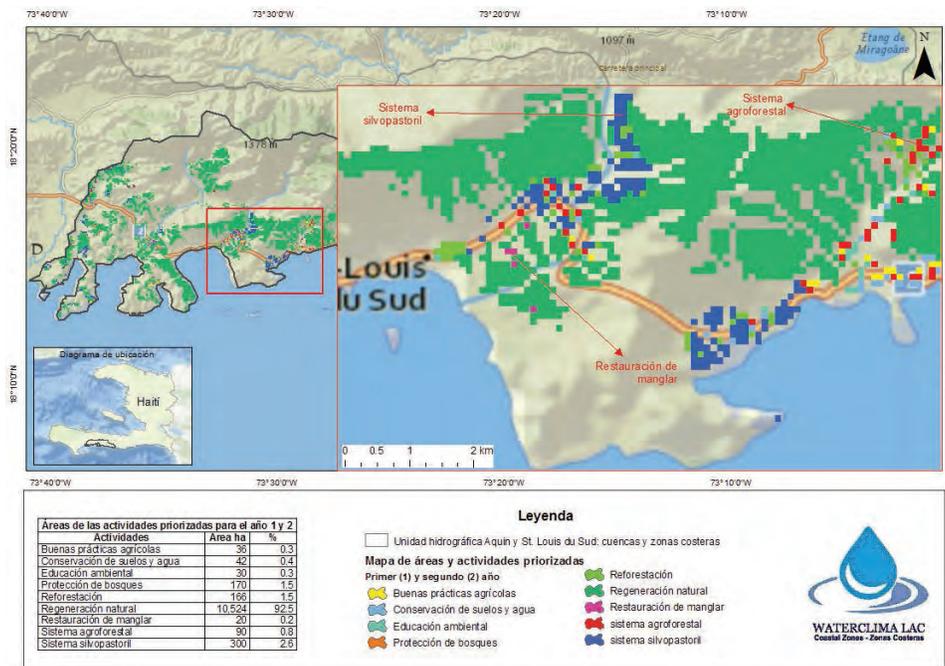


Ilustración 9. Distribución de las tres actividades principales después de la regeneración natural en un área núcleo del sitio piloto B en Haití, bajo el escenario presupuestario.

Los mapas de la Ilustración 10 muestran escenarios de transición de la cobertura o del uso actual del suelo para un periodo de ocho años:

- En el primer escenario (mapa de *cobertura o uso actual del suelo* versus el mapa de *transición de la cobertura*), se muestra un bosque mixto, una agricultura más diversificada y un pasto adecuado a las condiciones biofísicas. El argumento es que, al implementar las buenas prácticas, la unidad hidrográfica de Aquin y St. Louis du Sud será más resiliente a los efectos del cambio climático.
- En el segundo escenario (mapa de *transición de la cobertura* versus el mapa de *áreas de alta vulnerabilidad a la degradación ambiental*), se muestra un cambio de cobertura a pastura degradada o suelos desnudos en áreas de alta vulnerabilidad a la degradación; esto es, si las prácticas implementadas no se acompañan de regeneración natural. Las superficies de alta vulnerabilidad a la degradación ambiental (color rojo) amenazan la flora, la fauna e, incluso, la vida humana.

En el horizonte a ocho años, la explotación de carbón, el libre pastoreo de cabras y la agricultura sin actividades de conservación de suelos influyen para convertir las áreas de alta vulnerabilidad en pasturas degradadas. Sin embargo, existen iniciativas que demuestran la efectividad de las buenas prácticas.

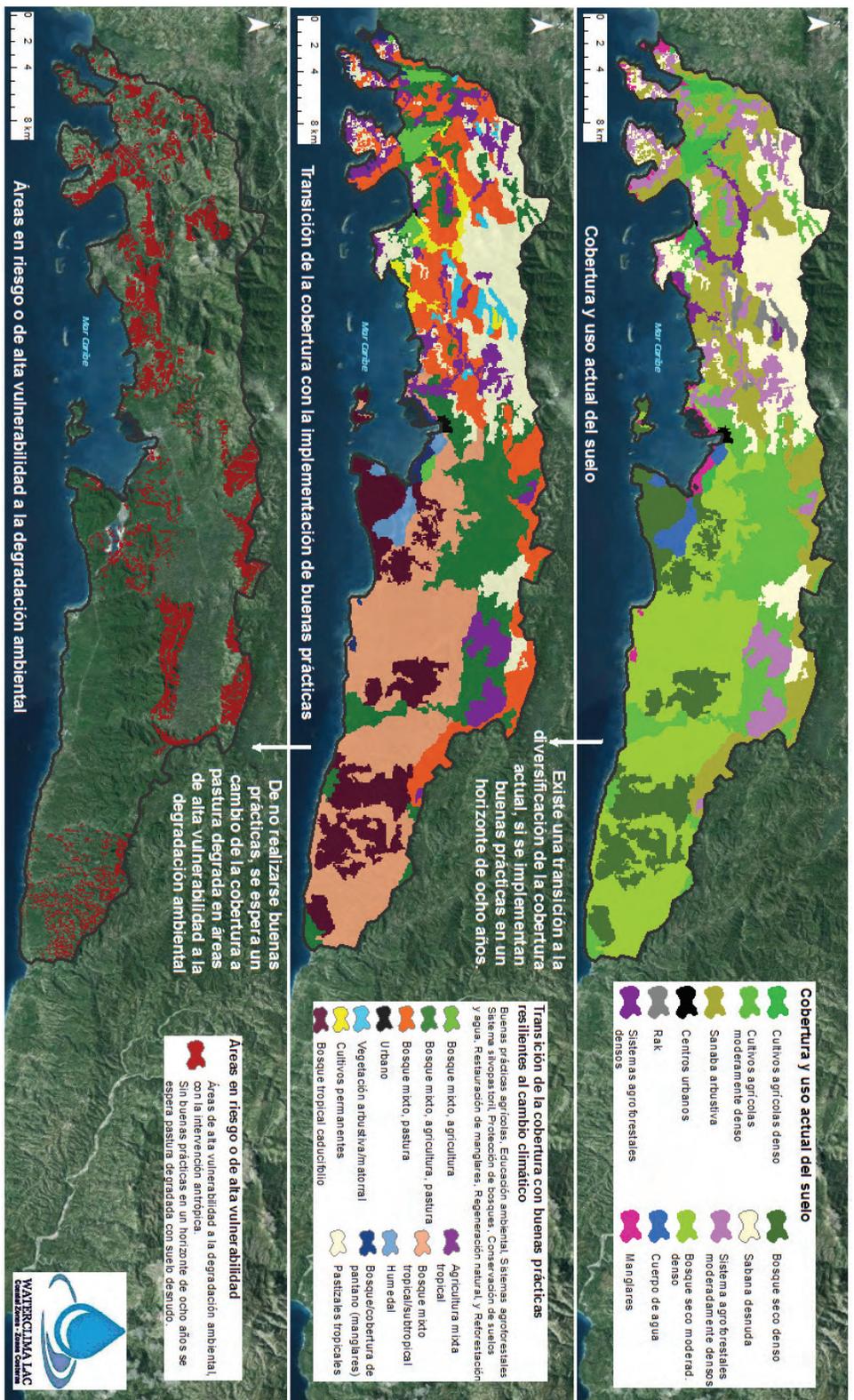


Ilustración 10. Cobertura y uso actual del suelo; transición deseada con buenas prácticas; y áreas vulnerables o en riesgo si no se llevan a cabo las buenas prácticas recomendadas para el sitio piloto B en la región hidrográfica del departamento del Sur en Haití.

Sitio piloto C en Bajo Lempa, El Salvador

Con el escenario planteado en el análisis, 1099 ha de las áreas por convertir mediante buenas prácticas corresponden al uso de semillas mejoradas (36%), seguidas de plantación en contorno (14%), y conservación de suelos y aguas (10%).

El Cuadro 14 presenta la distribución de actividades por gasto, presupuesto total y áreas convertidas, como resultado de la implementación del portafolio de inversiones en el escenario cuyo presupuesto total es de USD 1 200 000 para tres años.

En este sitio piloto se observa una distribución relativamente más equitativa entre las diferentes buenas prácticas que en Haití. De la misma forma, se resalta el uso de semillas mejoradas como la principal buena práctica, en vista de su menos costo y capacidad para mantener los servicios ecosistémicos priorizados.

Actividad/buena práctica	Presupuesto total asignado	Área Convertida (Ha)	Porcentaje (%)
Presupuesto flotante (contrapartida)	200000	n/a	
Agroforestería	99999	87,48	3
Plantación en contorno	50001	442,26	14
REM	150000	39,69	1
Uso eficiente del agua	150000	200,88	7
Restauración forestal	200001	289,17	9
Manejo integrado de suelos	99999	218,7	7
Uso de semillas mejoradas	69999	1099,17	36
Sistemas silvopastoriles	8000	171,72	6
Conservación de suelos y aguas	5000	306,99	10
Terraceo	5000	227,61	7
Total	1200000	3083,67	100

La Ilustración 11 muestra la distribución espacial de las áreas priorizadas, en función del portafolio de inversiones para el sitio piloto C en El Salvador, bajo el escenario presupuestario. Se puede observar que la mayoría de las áreas prioritarias para la implementación de buenas prácticas se ubica en la parte noreste de la región hidrográfica, particularmente, en los municipios de Tecoluca y Zacatecoluca.

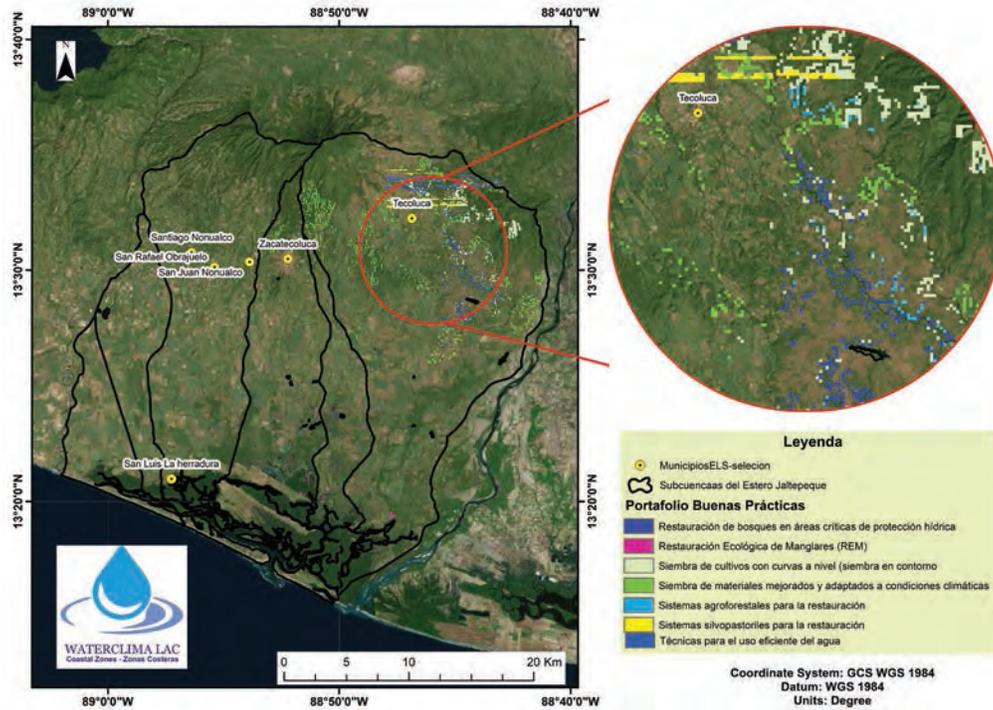


Ilustración 11. Distribución de buenas prácticas por implementar en el sitio piloto C en El Salvador, bajo el escenario presupuestario.

Con el propósito de visualizar el cambio de cobertura o de uso del suelo, promovido por el modelo “Traductor de portafolio de inversiones”, se obtuvo una distribución de las “nuevas” coberturas de tierra en las que se podrían implementar buenas prácticas en función de los objetivos hidrológicos de reducción de la erosión, mitigación de inundaciones y aumento de la recarga hídrica.

El Cuadro 16 presenta el total de área que se sumaría tras la reconversión generada por las buenas prácticas. El café es el uso de la tierra que gana la mayoría de áreas nuevas, seguido por la agricultura tropical mixta. Esta transición positiva refleja que, en las partes altas de la cuenca, este manejo permitirá generar los servicios ecosistémicos priorizados, e impactar lo menos posible (sedimentos y erosión) en las partes bajas de la cuenca, sin afectar el ecosistema de manglar —el cual es clave para los medios de vida de la región hidrográfica del Estero Jaltepeque.

Actividad	Cobertura base(ha)	Buenas prácticas(ha)
Suelo desnudo	39,43	
Café	7.170,39	194,42
Bosque mixto, agricultura	1.204,69	
Bosque mixto, agricultura, pastura	9.735,19	2,95
Cuerpos de agua	375,53	
Cultivos permanentes	880,33	

Priorización de áreas para implementar buenas prácticas de manejo en cuencas costeras

Arbusto/matorral	5.522,94	
Caña de azúcar	14.687,55	
Humedales con herbáceas	6.391,04	
Pasturas pantanosas	1.001,86	
Bosque tropical caducifolio	1.122,63	
Bosque tropical siempre verde	2.308,71	
Agricultura mixta tropical	28.354,85	150,17
Pastura tropical	10.219,31	96,79
Urbano	2.584,86	
Bosque tropica/subtropical mixto	2.771,25	
Humedales/manglares	34,46	
Vegetación riparia leñosa	1.361,56	
Sub Total	95.766,59	444,33
TOTAL		96.210,92

La Ilustración 12 muestra una comparación entre la cobertura base y la transición deseada.

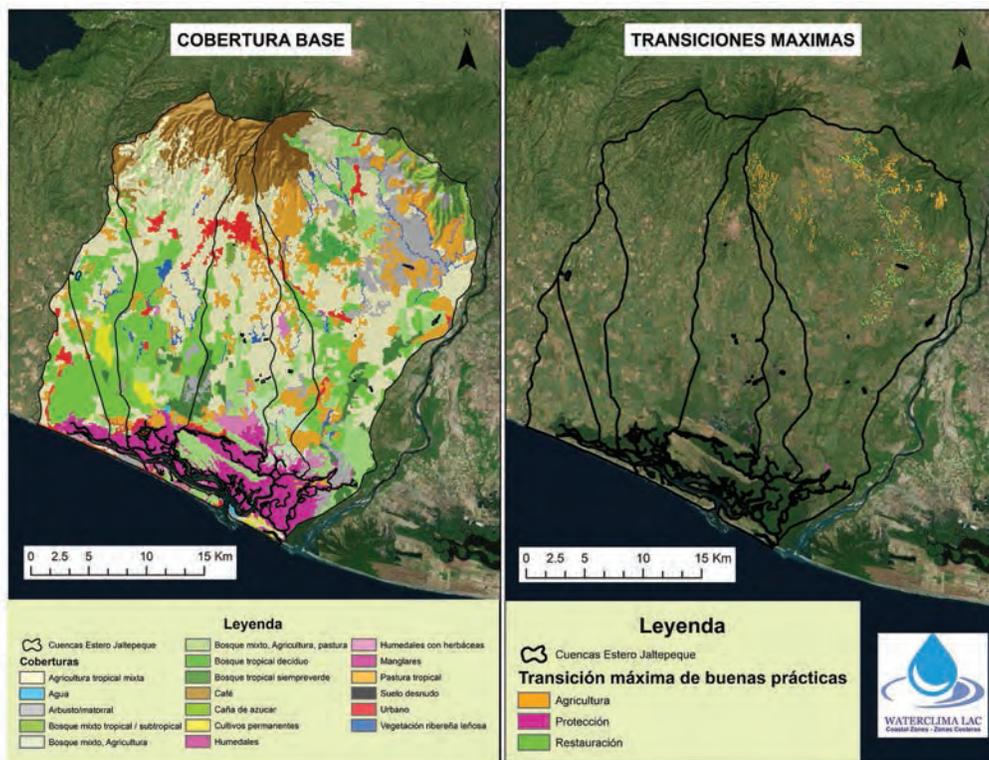


Ilustración 12. Comparación entre cobertura base y cobertura reconvertida con buenas prácticas. Se resalta una sección como ejemplo del patrón de cobertura con nuevas buenas prácticas en el sitio piloto C, Bajo Lempa, El Salvador.

Conclusiones y recomendaciones

- La planificación del territorio con un enfoque de cuencas hidrográficas puede materializarse a través del eje de conservación de servicios ecosistémicos, y en línea con la compensación por generar estos servicios. En esta tarea, el modelo RIOS se convierte en una herramienta idónea y útil.
- Para la planificación en cada sitio y contexto, es posible identificar una evolución –ya sea hacia la re-conversión de la cobertura y ganancia de nuevas áreas, o para la transición de uso de la tierra, como en el sitio piloto de El Salvador.
- En contraste, en el sitio piloto de Haití, no se evidencia una ganancia de nuevas áreas sin una diversificación en la cobertura. Queda claro que, de no implementarse las buenas prácticas de manejo de cuencas, habría una transición negativa a suelo desnudo con pasturas degradadas, debido a que el nivel de deterioro en la cobertura ya es alto.
- Por lo anterior, en el sitio piloto de Haití, se deberían implementar los planes de finca junto con la zonificación del plan de cogestión de la unidad hidrográfica de Aquin y St. Louis de Sud. La buena práctica de regeneración natural tendría un efecto positivo en la recuperación de la cobertura en ocho años (ver fotografías en la pág. 20).
- Además, en el sitio piloto de Haití, para garantizar la transición a una mayor diversificación de la cobertura y evitar el deterioro a pastura degradada, el proceso de gestión de los recursos naturales debe involucrar activamente a las asociaciones y fundaciones locales, que tienen experiencia comprobada en la implementación de las buenas prácticas.
- En el sitio piloto de El Salvador, será fundamental trabajar el tema de sostenibilidad. En este caso, la concentración de sitios para implementar las buenas prácticas de manejo de cuencas se da en las cabeceras municipales de Tecoluca y Zacatecoluca, ubicadas en las partes altas de la región hidrográfica del Estero Jaltepeque.
- Se recomienda ensayar escenarios nuevos con cambios en la asignación presupuestaria en ambos sitios piloto.
- Como siguiente paso, será fundamental validar en campo los puntos señalados para la implementación de las prácticas, y ajustar los lugares específicos en función de la disponibilidad y la participación de los posibles beneficiarios o proveedores de servicios ecosistémicos en ambos sitios piloto. Una metodología apropiada para esto sería la cartografía social.
- En el sitio piloto de El Salvador, una vez realizada la priorización para implementar el instrumento de planificación existente (PDLS), es fundamental proseguir con la gestión de recursos.

- Un proceso de monitoreo y evaluación de la implementación de las buenas prácticas de manejo de cuencas, identificadas y ensayadas mediante este ejercicio en ambos sitios piloto, requerirá modelar de nuevo el comportamiento de las regiones hidrográficas con respecto a una adecuada mantención o conservación de los servicios ecosistémicos. Esto se puede llevar a cabo con ayuda de modelos complementarios, como *Soil and Water Assessment Tool (SWAT)* o *Integrated valuation of ecosystem services and trade offs (INVEST)*, que permiten reportar los cambios en los aportes de sedimentos por erosión, así como la potencial recarga hídrica, entre otros servicios ecosistémicos.



Bibliografía

Adam, P.: *Précis d'hydrologie et forage d'eau*. Tome 1. Presses Nationales d'Haïti, 2006, 178 pp.

Adem Esmail, B & Genelettl, D. 2017. *Design and impact assessment of watershed investments: An approach based on ecosystem services and boundary work*. *Environmental Impact Assessment Review*, 62, 1-13.

Asociación Mangle, EcoVIVA y CATIE: *Plan de trabajo del primer año 2017-2018, Reserva de Biósfera Xiriualtique-Jiquilisco y Sitio Ramsar Complejo Bahía de Jiquilisco*, Fondo de la Iniciativa para Las Américas (FIAES), San Salvador, El Salvador, 2016, 56 pp.

Benegas, L., Jiménez, F., Faustino J. y Gentes I: *Experiencias y desafíos para la cogestión de cuencas hidrográficas en América Latina. Conclusiones del seminario internacional Recursos Naturales y Ambiente*, 2008, 55: 129-133.

Bollmann, M.; Bosch, T.; Colijn, F.; Ebinghaus, R.; Froese, R.; Güssow, K.; Khalilian, S.; Krastel, S.; Körtzinger, A.; Langenbuch, M.; Latif, M.; Matthiessen, B.; Melzner, F.; Oeschies, A.; Petersen, S.; Proelß, A.; Quaas, M.; Reichenbach, J.; Requate, T.; Reusch, T.; Rosenstiel, P.; Schmidt, J.; Schrottke, K.; Sichelschmidt, H.; Siebert, U.; Soltwedel, R.; Sommer, U.; Stattegger, K.; Sterr, H.; Sturm, R.; Treude, T.; Vafeidis, A.; van Bernem, C.; van Beusekom, J.; Voss, R.; Visbeck, M.; Wahl, M.; Wallmann, K.; y Weinberger, F.: *World Ocean Review: Living with the oceans*, Maribus GmbH, Hamburgo, Alemania, 2010, 236 pp.

Bouyoucos, G.J. 1936. Directions for Making Mechanical Analysis of Soils by the Hydrometer Method. *Soil Science* 4:225 – 228.

CATIE-WaterClima-LAC, *Gestión de zonas costeras: Plan de desarrollo local sostenible: región hidrográfica y sitio Ramsar Estero de Jaltepeque*. CATIE; Asociación de Municipios Los Nonualcos, 2017 (en revisión).

De Groot, R., Brander, L., Van Der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermandi, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., Mcvittie, A., Portela, R., Rodriguez, L. C., Ten Brink, P. & Van Beukering, P: *Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units*. *Ecosystem Services*, 2012, 1: 50-61.

FCH (Fundación Chile) y WaterClima LAC-Gestión de zonas costeras: *Servicios ecosistémicos para la gestión del agua caso manglares: Haití y El Salvador*, 2016, 105 pp.

CCAD-GIZ: *Fichas técnicas de restauración de paisajes para el área de conservación El Imposible-Barra de Santiago, El Salvador*, Programa REDD+ Landscape, San Salvador, El Salvador, 2016, 37 pp.

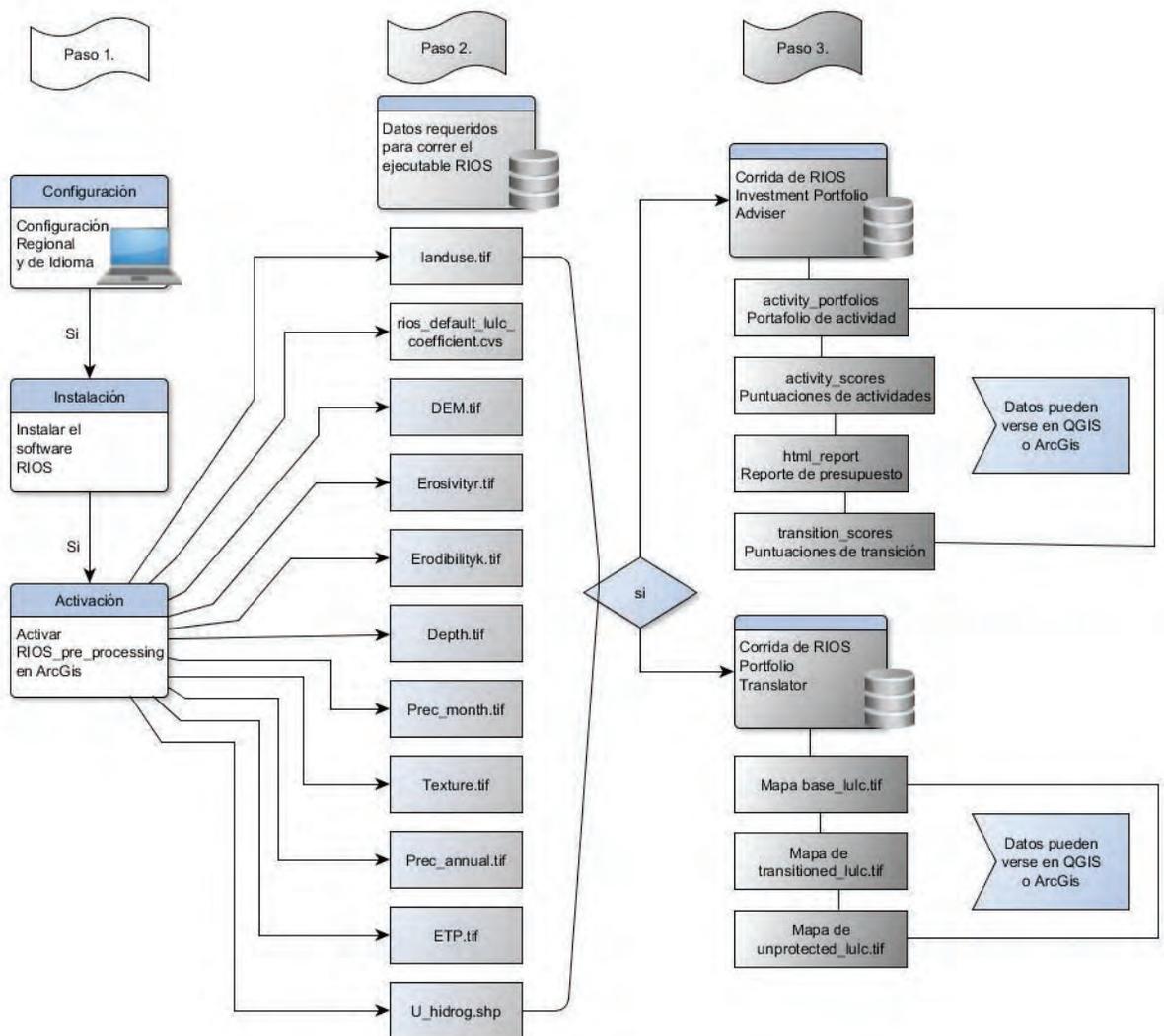
IPCC: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]*. IPCC, Ginebra, Suiza, 2014, 151 pp.

Kammerbauer, H., León, J., Castellón, N., Gómez, S., Faustino, J., y Prins, C: *Modelo de cogestión adaptativa de cuencas hidrográficas*. *Revista Recursos Naturales y Ambiente*, 2010, 56-57: 117-122.

- MacDonald, L.: *Evaluating and Managing Cumulative Effects: Process and Constraints. Environmental Management*, 2000, 26: 299 pp.
- PNUD: *Plan de cogestion de l'unité hydrographique Aquin/Saint-Louis du Sud*, PNUD/MDE, 2012, 131 pp, disponible en: http://haitienvironnement.org/yahoo_site_admin/assets/docs/PlanCogestion.237231703.pdf
- Renard, K. G. & Freimund, J. R. 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157, 287-306.
- Revenga, C. y Cassar A.: *Ecosystem management of water resources in Africa*, WWF, 2002.
- Soltner, D. 2005. Les Bases de la Production Vegetale. Tome I. Le Sol. 16 e Ediciton. Collection Sciences et techniques agricoles. 472 p.
- UNESCO: *El agua: una responsabilidad compartida*. Segundo informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. UNESCO, Paris, Francia, 2007, 587 pp.
- Vitousek, S., Barnard, P. L., Fletcher, C. H., Frazer, N., Erikson, L. y Storlazzi, C.D.: *Doubling of coastal flooding frequency within decades due to sea-level rise. Scientific Reports*, 2017, 7: 1399 pp.
- Vogl, A.; Tallis, H.; Douglass, J.; Sharp, R.; Veiga, F.; Benitez, S.; Leon, J.; Game, E.; Petry, P.; Guimeraes, J.; Lozano, J.S.: *Resource Investment Optimization System (RIOS). Introduction & Theoretical Documentation Project*, TNC (ed.), Stanford University, 2016, 107 pp.
- WaterClima-LAC, *Gestión de zonas costeras: Cálculo económico de las buenas prácticas de adaptación al cambio climático desarrolladas en el proyecto de fincas por el PNUD/Haití en la comuna de Aquin y St. Louis du Sud*, documento de trabajo, 2017, 8 pp.
- WaterClima-LAC, *Gestión de zonas costeras: Identificación y costeo de buenas prácticas para la adaptación al cambio climático*, documento de trabajo, 2017, 20 pp.
- Wischmeier, W., and D. Smith. (1978) Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington, DC: US Government Printing Office. Agricultural Handbook No. 537.
- WRI: *Earthtrends: The Environmental Information Portal*, 2002, disponible en: <http://earthtrends.wri.org>
- WWAP: *Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016: agua y empleo*. UNESCO, París, 2016, 164 pp.

Anexos

Anexo 1. Procedimiento metodológico detallado para implementar el modelo RIOS



Anexo 2. Datos adicionales sobre buenas prácticas de manejo de cuencas para el sitio piloto B en Haití

Buena práctica	Tiempo (días)	Salario (USD/día)	Personas	Total (USD)
Reforestación				
Construcción de vivero para 1000 plantas	5	5	1	25
Actividades de mantenimiento del vivero	10	5	1	50
Recolecta de semillas	5	5	1	25
Materiales				50
Plantación y seguimiento por dos años	5	1	120	50
Total reforestación/ha				270
Cultivos adaptados al cambio climático				
Construcción de semilleros	15	5	1	75
Actividades de mantenimiento de los semilleros	30	5	1	150
Recolecta de semillas	5	5	1	25
Almacenamiento de semillas	15	5	1	75
Preparación de la finca para cultivar (1 ha)	3	5	30	450
Actividades de seguimiento	30	5	1	150
Actividades de recolecta	1	5	20	100
Total para cultivos adaptados al cambio climático				1025
Riego				
El riego es una de las formas más comunes para solucionar el faltante de agua. Aparte de la planta de regadío de la comunidad de Millonaire, no existen sistemas de riego en las comunas de Aquin y St. Louis. En este contexto, el riego se realiza a partir de pozos, y el bombeo se hace con motobombas de gasolina. En la zona del proyecto de fincas, los pozos están contruidos de forma artesanal, y suelen tener una profundidad de 10 m y un diámetro de 2 m. El cálculo se ha realizado para una motobomba de gasolina y una solar. Las fincas que se riegan son pequeñas (menos de 0,1 ha).				575
Construcción de pozos para extracción de agua dulce				

<p>Los pozos en el caso de Haití son de 15 a 20 m de profundidad y de unos 2 m de diámetro. Son poco profundos para que una persona pueda descender y moverse durante la construcción. En el caso de El Salvador, los pozos tienen más de 20 m de profundidad y un diámetro de unos 0,4 m. El presupuesto para un pozo artesanal de 10 m de profundidad y 2 m de diámetro varía entre USD 500 y 1500. El precio para los pozos construidos con maquinaria pesada depende de la profundidad (unos USD 200 por metro de perforación, con el pozo terminado y equipado).</p>	<p>75</p>
<p>Producción y uso de compost</p>	
<p>La producción de compost es una de las actividades que más éxito han tenido en los planes de fincas ejecutados por el PNUD-Haití en la comuna de Aquin. Esto se debe, en parte, a su fácil ejecución y al logro de tres objetivos simultáneos: reciclaje de desechos sólidos, producción de abono y reducción del uso de abonos químicos. En el cálculo del costo se ha tenido en cuenta la producción con material de la finca, de la cuba donde se van a madurar los restos orgánicos y las actividades de mantenimiento. La construcción supone unos 5 días a USD 5/día, y las actividades de mantenimiento durante tres meses de maduración (si los restos están secos), suponen 10 días a USD 5/día.</p>	<p>75</p>

Anexo 3. Descripción de buenas prácticas de manejo de cuencas seleccionadas para el sitio piloto de El Salvador

Actividad	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Establecimiento de sistemas agroforestales por hectárea (SAF)				
Análisis de suelos	Unidad	1	80	80
Plantines	Unidad	126	0,50	63
Diseño y trazado de plantación	Jornal	10	7,45	74
Pala dúplex	Unidad	2	15,50	31
Hoyado para la instalación de árboles	Jornal	16	7,45	119
Instalación de árboles	Jornal	9	7,45	67
Control de malezas	Jornal	60	7,45	447
Pesticidas orgánicos	Litro	75	5,00	375
Costo total SAF		1257		
Establecimiento de sistemas silvopastoriles por hectárea (SSP)				
Plantines	Unidad	75	0,50	63
Pala dúplex	Unidad	2	15,50	31
Hoyado para la instalación de árboles	Jornal	16	7,45	119
Instalación de árboles	Jornal	9	7,45	67
Control de malezas	Jornal	25	7,45	186
Costo total SSP		467		
Restauración de bosque para protección hídrica hectárea (Restauración)				
Producción de plantines forestales	Plantín	200	0,50	100
Diseño y trazado de siembra	Jornal	25	7,45	186
Hoyado e instalación de 200 plantines a campo	Jornal	30	7,45	223
Instalación de árboles	Jornal	15	7,45	112
Compost para instalación de los plantines forestales	Kg	100	5	50
Herramientas	Unidad	1	15,5	15
Costo total Restauración		687		
Restauración ecológica del manglar en una hectárea (REM)				
Equipo para remoción de sedimentos de canales	Unidad	169	1	169
Manguera plástica 3/4"	Rollo	120	1	120
Platinas (palas modificadas)	Unidad	18	4	72
Machetes	Unidad	10	10	100
Piochas	Unidad	7	10	70
Limas	Unidad	1,25	15	18,75
Carretilla de mano	Unidad	35	4	140
Jornales de limpieza de cauce	Jornal	6	250	1500
Jornales para limpieza de troncos	Jornal	6	50	300
Jornales para acarreo de sedimentos	Jornal	6	159	954
Costo total REM				3444

Elaborado por



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo