

Sistema de Optimización de Inversiones en Recursos (RIOS)

[Introducción y Documentación Teórica](#)

[Guía de Uso Paso a Paso](#)

Sistema de Optimización de Inversión de Recursos

Introducción y Documentación Teórica

Agosto de 2013



Autores/as: Adrian Vogl¹, Heather Tallis, James Douglass¹, Rich Sharp¹, Fernando Veiga², Silvia Benítez³, Jorge León², Eddie Game⁴, Paulo Petry⁵, João Guimerães⁶, Juan Sebastián Lozano³

Natural Capital Project, ²Latin America Water Funds Platform, ³TNC Northern Andes Southern Central America Program, ⁴TNC Central Science Program, ⁵TNC Latin America Region, ⁶TNC Atlantic Rainforest and Central Savannahs Program

La preparación de este material fue financiada a través de becas de la Gordon and Betty Moore Foundation.
Agradecimiento a Patricio Mena para la traducción de este documento.



Tabla de Contenido

| | | |
|-------------|---|-----------|
| I. | Introducción..... | 1 |
| II. | Visión general del flujo de trabajo de RIOS | 2 |
| i. | RIOS Investment Portfolio Advisor (Asesor de Portafolios de Inversión) | 5 |
| | • Objetivos | |
| | • Transiciones y Actividades | |
| | • Análisis Diagnóstico | |
| | • Asignación del Presupuesto | |
| | • Selección de Áreas Prioritarias | |
| | • Interpretación del Portafolio | |
| ii. | RIOS Portfolio Translator (Traductor de Portafolio) | 18 |
| iii. | RIOS Benefit Estimator (Estimador de Beneficios) | 22 |
| III. | Descripción de los Modelos | 22 |
| i. | Erosion Control for Drinking Water Quality and Reservoir Maintenance (Control de la erosión para agua potable y mantenimiento de reservorios) .. | 22 |
| ii. | Nutrient Retention: Phosphorus (Retención de Nutrientes: Fósforo) | 27 |
| iii. | Nutrient Retention: Nitrogen (Retención de Nutrientes: Nitrógeno) | 32 |
| iv. | Flood Mitigation (Mitigación de Inundaciones) | 36 |
| v. | Groundwater Recharge Enhancement (Mejora de la recarga de agua subterránea) | 41 |
| vi. | Dry Season Baseflow (Caudal Base en Época Seca) | 46 |
| vii. | Biodiversity (Biodiversidad) | 50 |
| viii. | Other Objectives (Otros) | 51 |
| ix. | Los modelos InVEST y el Estimador de Beneficios | 51 |
| IV. | Requerimientos de Datos | 53 |
| i. | Requerimientos de Datos Generales | 53 |
| ii. | Preprocesamiento de los Datos Requeridos | 79 |
| iii. | Entradas de Datos provistas con RIOS | 79 |

I. Introducción

El Sistema de Optimización de Inversiones en Recursos (RIOS, por sus siglas en inglés) fue desarrollado por el Natural Capital Project (NATCAP), en estrecha colaboración con The Nature Conservancy (TNC) y la Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua (una sociedad entre The Nature Conservancy, el Banco Interamericano de Desarrollo, el FMAM y FEMSA). RIOS es una herramienta de *software* para la priorización de las inversiones en los servicios ecosistémicos que ayuda a responder varias preguntas críticas a las que se enfrentan quienes invierten servicios ecosistémicos:

- ¿Qué conjunto de inversiones (en qué actividades y dónde) producirá mayores retornos con objetivos múltiples?
- ¿Qué cambios en los ecosistemas puedo esperar de estas inversiones?
- ¿Cómo se comparan los beneficios de estas inversiones con lo que se habría logrado bajo una estrategia de inversiones alternativa? (es decir, ¿cuál es el beneficio de que la ciencia guíe mis inversiones?).

RIOS introduce un enfoque basado en la ciencia para dar prioridad a las inversiones en las cuencas hidrográficas mediante la identificación de sitios donde las actividades de protección o restauración puedan producir, al menor costo, los mayores beneficios para las personas y la naturaleza. RIOS puede facilitar el diseño de inversiones por una sola o varias metas de gestión a la vez, incluyendo el control de la erosión, la mejora de la calidad del agua (para nitrógeno y fósforo), la regulación de inundaciones, la recarga de acuíferos, el suministro de agua en temporada seca, y la biodiversidad terrestre y de agua dulce. RIOS también puede incorporar otros objetivos en la agenda de diseño, como evitar zonas de alto costo de oportunidad, tales como la producción agrícola, o dirigir las inversiones a las poblaciones pobres.

RIOS es una herramienta práctica que funciona independientemente de la escala o la ubicación (dentro de las limitaciones de los datos disponibles), lo que significa que se puede utilizar para informar a una amplia selección de temas prioritarios en escala continental, nacional o subnacional. Al utilizar los datos disponibles a nivel local, también será capaz de dirigir las inversiones y estimaciones de ganancias en cualquier región y a diferentes escalas.

Una herramienta con esta flexibilidad y generalidad es el resultado de un desarrollo amplio, aprovechando las aportaciones de una amplia experiencia y de pruebas en un conjunto diverso de fondos de agua operativos. El desarrollo de RIOS comenzó en



Figura 1. Componentes núcleo de la priorización de fondos de agua con opciones para aplicar cada componente.

2011 con un taller en la República Dominicana, durante el cual NATCAP y la Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua consolidaron las lecciones y la experiencia de muchos fondos de agua existentes y emergentes en toda América Latina. El taller produjo siete **componentes clave para el diseño de inversiones de fondos de agua** que se presentan en la [Figura 1](#). Un resultado de este taller es un [documento guía](#) que establece orientaciones para cada componente clave. La orientación de muchos de los componentes clave se ha integrado en la herramienta RIOS para facilitar el análisis y la comparación estandarizada entre los fondos de agua.

Después del taller de República Dominicana, RIOS se desarrolló en colaboración con un grupo de trabajo con representantes de varios programas de TNC en América Latina (NASCA, Menca, AFSCS) y expertos/as de NATCAP en los campos de hidrología, ecología y modelado de servicios ecosistémicos. El grupo de trabajo de RIOS fue asistido por un grupo diverso de asesoramiento con representación de los sectores público y privado, y otras ONG conservacionistas e instituciones académicas (FEMSA, WWF, TNC, BID, Universidad de Stanford y Universidad de Minnesota).

El Manual del Usuario de RIOS detalla el diseño y las funciones de la herramienta RIOS en su forma actual e indica los planes para futuras versiones. Una descripción general de los componentes de priorización que inspiraron la herramienta RIOS y una orientación sobre su aplicación se presentan en un documento separado, "Guía General para la Priorización en Fondos de Agua", disponible [aquí](#). Una Guía Paso a Paso para el Usuario está también disponible en www.naturalcapitalproject.org/RIOS.html.

Se invita a quien use el programa a que use el Foro de Usuarios para solicitar ayuda con el uso de RIOS, proporcionar comentarios o sugerencias, e informar de errores en el *software*. El Foro se encuentra en <http://ncp-yamato.stanford.edu/natcapforums/> y los usuarios/as pueden suscribirse a la categoría RIOS para recibir actualizaciones de *software* y participar en las discusiones.

II. Visión general del flujo de trabajo de RIOS

RIOS es una herramienta autónoma de *software* libre que se puede ejecutar en cualquier sistema operativo Windows. La herramienta combina varios de los componentes clave para crear portafolios de inversión y estimar el probable retorno en servicios ecosistémicos de esas inversiones. RIOS produce tres resultados principales: un portafolio de inversiones (utilizada para guiar dónde y en qué actividades pueden hacerse las inversiones), un conjunto de escenarios de uso de la tierra que representan el portafolio implementado en el paisaje actual (utilizado para modelar el cambio en los servicios resultantes del portafolio), y el retorno en servicios ecosistémicos de la inversión.

En primer lugar, el módulo **Investment Portfolio Advisor** (Asesor del portafolio de Inversiones) utiliza datos biofísicos y sociales, información presupuestaria y costos de implementación para producir 'los portafolios de inversión' para un área de fondo de agua determinada. Estos portafolios integran los componentes clave de Análisis Diagnóstico y Selección de Áreas

Prioritarias de la priorización de inversiones del fondo de agua ([Fig. 1](#); véase el [Documento Guía de Priorización General de Fondos de Agua](#) para una descripción de todos los componentes clave). El portafolio de inversión muestra lo que probablemente sea el sistema más eficiente y eficaz de las inversiones que el fondo puede hacer frente a un presupuesto específico. El portafolio es un mapa de actividades (por ejemplo: protección, restauración, reforestación, mejora de las prácticas agrícolas), con indicaciones de qué inversiones en cada actividad darán los mejores resultados en todos los objetivos del fondo del agua. La mayoría de los fondos de agua tienen más de un objetivo, y RIOS está diseñado para hacer frente a múltiples objetivos de servicios ecosistémicos (por ejemplo, control de la erosión, regulación de la calidad del agua, caudales estacionales y regulación de inundaciones), y también se puede utilizar para hacer frente a objetivos de diversidad biológica o de otro tipo de objetivos de conservación o sociales (por ejemplo: reducción de la pobreza, medios de vida alternativos).

Una vez creado el portafolio de inversiones, el módulo **Portfolio Translator** (Traductor de Portafolio) guía al usuario/a a través de un conjunto de opciones para generar escenarios que reflejan la condición futura de la cuenca si se implementase el portafolio. El módulo **Benefits Estimator** (Estimador de Beneficios) utiliza la [suite de modelos InVEST](#) para estimar retorno en servicio ecosistémico de la inversión de ese portafolio. Estas estimaciones dan al fondo una idea de cuánta mejora en los servicios ecosistémicos se puede esperar para un nivel dado de inversión. Estos valores esperados pueden ser comparados con los datos observados (monitoreo) mientras el fondo madura, y RIOS se puede utilizar de forma iterativa para mejorar la focalización de las inversiones de los fondos de agua mientras más se aprende sobre los sistemas ecológicos y sociales en el que el fondo está funcionando.

Los modelos InVEST actualmente pueden estimar los retornos en el control de la erosión y la regulación de la calidad del agua (nitrógeno y fósforo). Se están desarrollando nuevos modelos que nos permitirán incluir la estimación de la regulación de inundaciones y suministro de agua (estacional y anual). La versión actual de RIOS incluye modelos para [retención de sedimentos](#) y [purificación de agua](#).

El **Benefits Estimator** (Estimador de Beneficios) de RIOS también puede comparar las mejoras en los servicios ecosistémicos con los rendimientos de otros escenarios de inversiones, tales como un enfoque de inversión *ad hoc*. Esta función ofrece a los usuarios/as una sensación de lo mucho que el método científico empleado en RIOS mejora la rentabilidad de las inversiones.

En concordancia con muchos de los programas de pagos por servicios ambientales (PSA), la mayoría de los fondos de agua en la actualidad ofrecen una indemnización o realizan inversiones con todo el que quiera participar. Hay muchas razones políticas y sociales por las que los fondos pueden depender de la inscripción abierta, pero es poco probable que sea la forma más eficiente de que un fondo invierta su dinero. Hay muchas otras estrategias que los gestores de fondos pueden utilizar para dirigir las inversiones. La comparación con la manera típica de hacer las cosas (*business as usual*) incluida en RIOS ofrece a los usuarios/as una idea de cómo las inversiones recomendadas por el Asesor de Portafolio se comparan con otros enfoques posibles de las inversiones de un fondo.

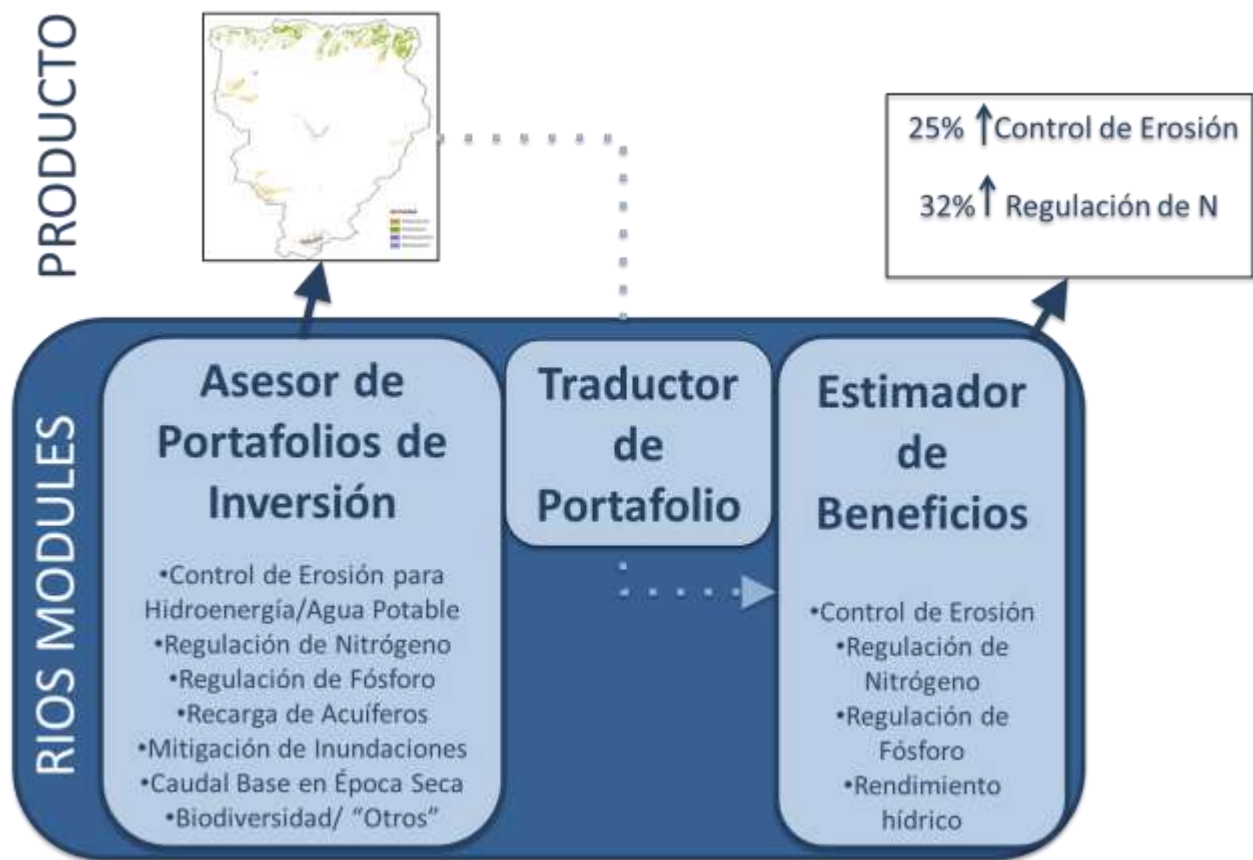


Figura 2. Módulos de RIOS y estructura general. Los productos principales son el portafolio de inversiones (arriba izquierda) y el retorno en servicios ecosistémicos estimado de la inversión (arriba derecha).

RIOS consta de tres módulos: el **Investment Portfolio Advisor** (Asesor de Portafolios de Inversión), el **Portfolio Translator** (Traductor de Portafolios) y el **Benefits Estimator** (Estimador de Beneficios; [Figura 2](#)). Cada módulo produce un conjunto de productos que pueden ser utilizados para informar el diseño de un fondo de agua o un fondo de inversión de servicios de cuencas. En su versión actual, RIOS incluye varios objetivos (véase la sección [Objetivos](#) abajo) y puede estimar los cambios en los servicios ecosistémicos para el control de la erosión y la retención de nitrógeno y fósforo.

i. RIOS Investment Portfolio Advisor (Asesor de Portafolios de Inversión)

Este módulo combina varios de los componentes clave, datos biofísicos e información sobre las actividades y sus costos asociados para el desarrollo de portafolios de inversión. Hemos tratado de incorporar el mayor número de opciones para cada uno de los componentes clave como fuera posible para permitir la máxima flexibilidad de la herramienta. En la mayoría de los casos, todos los enfoques documentados de ejercicios anteriores sobre fondos de agua están disponibles como opciones en RIOS. Los usuarios/as tendrán que responder a las preguntas para ir paso a paso a través de estos componentes, tal como se presenta en la [Figura 3](#) y en el texto que sigue.

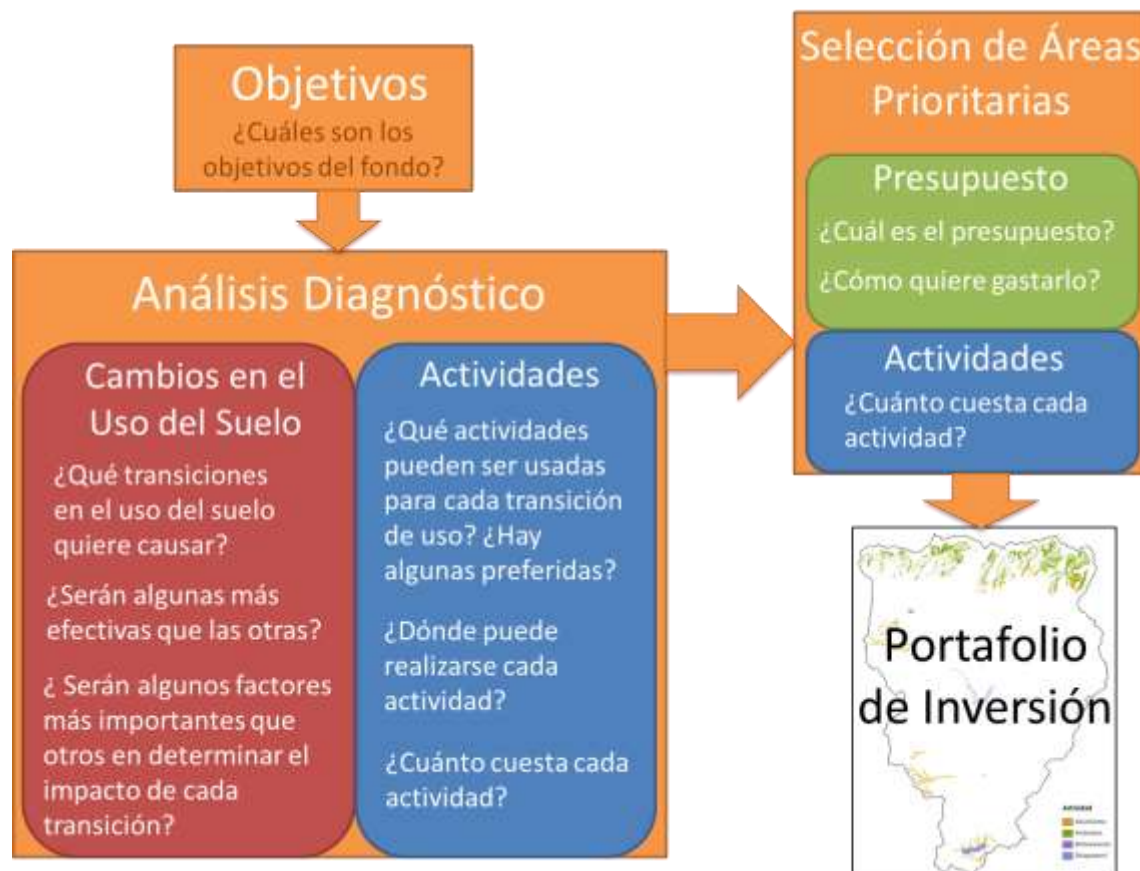


Figura 3. Esquema del módulo Asesor de Portafolios de Inversión de RIOS. La herramienta conecta cinco componentes núcleo para crear un portafolio de inversión. Cada pregunta en el diagrama se contesta por medio de datos ingresos por quien lo usa.

Los **objetivos** son los resultados que un fondo de agua dado se propone alcanzar a través de sus inversiones. Estos pueden incluir la mejora de la biodiversidad, los servicios ecosistémicos o las condiciones sociales. Los objetivos pueden ser seleccionados y definidos por los requisitos legales, la experiencia pasada o la negociación. Aquellos aspectos sobre declaraciones de objetivos se pueden informar, además, por la literatura o la opinión de expertos/as. Si bien RIOS no ayuda con el proceso de identificación de objetivos, sí puede representar aquellos que se ha

definido de cualquiera de estas formas. Una descripción de los objetivos incluidos en la versión actual de RIOS se presenta en la sección Objetivos más adelante.

La actual herramienta RIOS permite a los usuarios/as identificar las áreas de un paisaje que proporcionarán los mejores resultados para conjuntos de objetivos u objetivos individuales. Los usuarios/as deben seleccionar qué objetivos evaluar cada vez que se ejecuta la herramienta, y proporcionar los datos necesarios para este objetivo. Si se elige un solo objetivo, la herramienta asignará actividades dentro del área del fondo que atienda sólo ese objetivo. Si se eligen objetivos múltiples, la herramienta utiliza ponderaciones objetivas, áreas de actividad preferida y rentabilidad relativa de costo para asignar las actividades que enfrenten todos los objetivos especificados de forma simultánea.

Las **actividades** son el conjunto de acciones en las que el fondo del agua puede invertir. Estas pueden ser elegidas en cualquiera de las formas en que se determinan los objetivos, o pueden ser elegidas con base en los resultados de los experimentos de campo o de los estudios piloto que informan sobre la probabilidad de que sean más eficaces para un fondo. RIOS no ayuda en la selección de las actividades deben ser consideradas por un fondo, pero una vez que se seleccionan las actividades, sí puede identificar dónde es probable que se dé la mayor rentabilidad de cada actividad dentro del el conjunto completo de objetivos del fondo del agua.

La asignación presupuestaria se puede centrar en lograr el mejor retorno de la inversión (RDI), dirigiendo los fondos con base en algún atributo del sistema (por ejemplo, la distribución proporcional de los fondos sobre la base de área de la cuenca o la densidad de los beneficiarios), focalizando con base en la experiencia previa, o por medio de la negociación. El enfoque de la asignación presupuestaria por defecto en RIOS es impulsada por la rentabilidad, pero los usuarios/as pueden anular esta preasignación de fondos entre las actividades o asignar el presupuesto sobre la base de algún otro atributo. Los detalles de estos métodos se dan en la sección [Asignación del Presupuesto](#) más adelante.

El análisis diagnóstico da una vista de dónde es probable que sean más eficaces inversiones de fondos de agua a lo largo de un paisaje. El análisis puede realizarse utilizando modelos cuantitativos, métodos de clasificación o la opinión de expertos/as. El potencial para el uso de modelos cuantitativos con la optimización dinámica del paisaje está siendo investigado para futuras versiones de RIOS, pero la herramienta depende actualmente de los modelos de clasificación para el análisis diagnóstico y de manera progresiva elige áreas con el más alto RDI. Algunos elementos de la estructura del modelo se informan en la opinión de expertos/as. Este proceso se describe en la sección de [Análisis Diagnóstico](#) más adelante.

Una vez elegidas las actividades, asignados los presupuestos y realizado un análisis diagnóstico, RIOS identifica en qué parte del paisaje serán las inversiones más susceptibles de producir los mayores beneficios para un presupuesto determinado (es decir, cuáles son más rentables). En la práctica, la selección de áreas prioritarias se puede hacer utilizando la rentabilidad o por medio de la negociación entre los actores involucrados en la planificación del fondo. RIOS utiliza el enfoque de costo-efectividad, seleccionando las áreas con el rango más alto por unidad monetaria

hasta que se gaste el presupuesto definido. En conjunto, estas áreas seleccionadas forman el portafolio de inversiones.

Objetivos

Los siguientes objetivos están incluidos en la actual versión de RIOS.

- **Control de la erosión para la calidad del agua potable (Erosion control for drinking water)**

Invertir en las cuencas hidrográficas puede ayudar a prevenir la excesiva erosión del suelo, mejorar la calidad del agua río abajo y potencialmente reducir los costos de tratamiento de agua potable y los impactos negativos en la salud. Este objetivo se refiere a la regulación de la erosión laminar y en surcos y cárcavas, y a la erosión de las orillas. RIOS no puede sugerir o dar prioridad a las actividades que regulan la erosión o deposición en el canal, ya que estas dinámicas no se tienen en cuenta en los modelos InVEST. Este objetivo es idéntico al "Control de la erosión para el mantenimiento del reservorio" (a continuación) en la etapa de construcción del portafolio. La distinción se incluye aquí para que cuando el Estimador de Beneficios se ejecute y el usuario/a decida cómo valorar la retención de sedimentos (para la calidad del agua o evitar el dragado del depósito), entonces los resultados sean consistentes con el objetivo inicial elegido.

- **Control de la erosión para el mantenimiento del reservorio (Erosion control for reservoir maintenance)**

El control de la erosión que mantiene los sedimentos fuera de los cursos de agua también puede evitar su sedimentación en los embalses, en los que puede reducir la capacidad de producción de las instalaciones hidroeléctricas o de los embalses de riego e infraestructura (turbinas, bombas, etc.) dañados, acortar el tiempo de vida del reservorio o aumentar los costos de dragado. Este objetivo también se refiere a la regulación de la erosión laminar, en surcos y en barranco, y al control de la erosión del banco, pero no puede sugerir o dar prioridad a las actividades que regulan la erosión o deposición de canales. Este objetivo es idéntico al "Control de la erosión para la calidad del agua" (arriba) en la etapa de construcción del portafolio. La distinción se incluye aquí para que cuando el Estimador de Beneficios se ejecute y el usuario/a decida cómo valorar la retención de sedimentos (para la calidad del agua o para evitar el dragado del reservorio), entonces los resultados sean consistentes con el objetivo inicial elegido.

- **Retención de nutrientes (Nitrógeno) (Nutrient retention – Nitrogen)**

La capacidad de una cuenca para impedir la exportación de nitrógeno de fuentes de aguas arriba puede mejorar la calidad del agua corriente abajo, y potencialmente reducir los costos de tratamiento de agua potable y los riesgos de salud relacionados con el nitrógeno. Este objetivo se refiere a la regulación de cualquier forma de nitrógeno, pero no captura la regulación de cualquier otro contaminante (por ejemplo, fósforo, bacterias, pesticidas, metales pesados).

- **Retención de nutrientes (Fósforo) (Nutrient retention – Phosphorus)**

La retención de fósforo en una cuenca a partir de fuentes de aguas arriba puede mejorar la calidad del agua corriente abajo, el hábitat acuático y la biodiversidad, y potencialmente reducir los costos de tratamiento de agua potable y los riesgos de salud relacionados con el fósforo. Este objetivo se refiere a la regulación de cualquier forma de fósforo, pero no captura la regulación de cualquier otro contaminante (por ejemplo, nitrógeno, bacterias, pesticidas, metales pesados).

- **Mitigación de inundaciones (Flood mitigation)**

La inversión en las cuencas hidrográficas puede ayudar a interceptar las precipitaciones y frenar la escorrentía superficial, y aumentar el tiempo de viaje del agua del río, disminuyendo la magnitud de pico de las inundaciones. La reducción del tamaño de los flujos de inundación pico puede mitigar el impacto en la infraestructura y la propiedad privada, y reducir el riesgo para la vida humana. En realidad, la inversión de capital natural puede influir sólo significativamente en los caudales máximos de inundación en tormentas de tamaño promedio o medianas, como en eventos de retorno de 10 años o menores. Para tormentas muy grandes (es decir, eventos de períodos de retorno de 100 años), el riesgo de inundación depende más de la geografía y las características de la red de canales que de las inversiones de los fondos de agua. Este objetivo representa el papel que el capital natural puede desempeñar en la retención de agua en el paisaje y la reducción de los picos de las inundaciones; sin embargo, el impacto de las actividades disminuirá a medida que el tamaño de la tormenta aumenta.

- **Mejora de la recarga de los acuíferos (Groundwater recharge enhancement)**

La inversión en las cuencas hidrográficas puede ayudar a interceptar las precipitaciones, disminuir la velocidad de la escorrentía superficial de agua, y aumentar el potencial de filtración de agua más allá de la superficie del suelo y recargar los acuíferos subyacentes. En las zonas que dependen en gran medida de las aguas subterráneas para su abastecimiento de agua, la mejora de la recarga de acuíferos puede ayudar a mantener los niveles freáticos, mejorar la seguridad del agua y disminuir los costos de extracción. Este objetivo representa el papel que el capital natural puede desempeñar en la captación de agua y en la facilitación de su movimiento en los acuíferos del subsuelo. En su versión actual, RIOS puede evaluar la mejora en la recarga de las aguas subterráneas en acuíferos no confinados, y es particularmente aplicable en las zonas donde las características principales de recarga han sido mapeadas (como en las zonas kársticas).

- **Caudal base en época seca (Dry season baseflow)**

La vegetación puede interceptar las precipitaciones, disminuir la velocidad de la escorrentía superficial de agua, y aumentar el almacenamiento temporal del agua subterránea en los suelos, llanuras de inundación y orillas, que más tarde se libera lentamente durante la estación seca para aumentar la magnitud y permanencia de los caudales bajos. Este objetivo representa el papel que el capital natural puede desempeñar en la captura y el almacenamiento de agua y facilitar su liberación lenta hacia las corrientes.

- **Biodiversidad (Biodiversity)**

La biodiversidad, la variación natural en las formas de vida, está íntimamente ligada a la producción de servicios ambientales. Los patrones de la biodiversidad son inherentemente espaciales, y se puede estimarlos mediante el análisis de los mapas de uso y cobertura del suelo en relación con las amenazas. RIOS no modela la biodiversidad directamente, pero los usuarios/as pueden aplicar los resultados de otros modelos o aprovechar el conocimiento de expertos/as locales para especificar las puntuaciones de la biodiversidad como entrada y elegir cómo se ordenarán las áreas que cumplen con estos objetivos en relación con el resto de los objetivos elegidos.

- **Otros (Other)**

Los usuarios/as pueden tener los resultados de otros modelos o zonas de priorización que desean considerar en el desarrollo de portafolios de inversión. RIOS permite que los usuarios/as introduzcan mapas de puntuación para hasta tres “otros” objetivos, y elijan cómo se ordenarán en relación con el resto de sus objetivos las zonas que cumplen estos objetivos.

Transiciones y Actividades

En su esencia, la inversión en servicios de cuencas tiene como objetivo cambiar la forma en que se gestionan las cuencas hidrográficas para asegurar que los objetivos se cumplan en el futuro. Quienes hacen la gestión tienen una serie de actividades en las que pueden invertir para hacer realidad los cambios deseados, tales como la puesta en práctica de cercados, sistemas silvopastoriles, terrazas, etc. Pero estos cambios a menudo no son el punto final deseado de la inversión. Los fondos de agua pueden invertir en estas actividades porque generan una transición inicial deseable en las prácticas relacionadas con la vegetación

o la gestión, que a la larga afectarán los futuros objetivos del fondo. Los fondos de agua tienen un conjunto diverso de actividades que pueden elegir para causar un conjunto relativamente limitado de cambios en el paisaje. Cada transición tiene cierto potencial para afectar a muchos de los procesos que regulan los procesos hidrológicos y la biodiversidad. Estos incluyen el mantenimiento de la calidad del hábitat y los recursos de alimentación y reproducción de las especies, así como las tasas de infiltración de agua, la capacidad de almacenamiento del suelo, la cobertura y estructura de la vegetación, la extensión de la zona de raíces, las tasas de absorción de nutrientes, las tasas de flujo superficial y la interceptación de la lluvia.



Figura 4. Relación entre las inversiones del fondo de agua en actividades y las transiciones deseadas en las cuencas meta.

Como se sugiere en la [Figura 4](#), hay varias actividades que pueden causar los mismos tipos de cambios deseables pero a diferentes costos y en diferentes partes del paisaje.

Teniendo en cuenta esta variación, RIOS separa las transiciones y las actividades, y utiliza la información acerca de cada una en los procesos de filtración de diagnósticos y selección del portafolio. Los cambios en el paisaje (Transiciones) se fijan en el *software*, mientras que las actividades son definidas por el usuario/a en la tabla de entrada Uso del Suelo Cobertura del Suelo. Las transiciones incluidas en la actual herramienta RIOS son:

- Mantenimiento de vegetación nativa (protección)
- Revegetación – no asistida
- Revegetación – asistida
- Manejo de la vegetación agrícola
- Zanjias
- Manejo de fertilizantes
- Manejo de pastizales

- **Mantenimiento de la vegetación nativa en el sitio:** Una transición que se centra en la retención de la vegetación nativa que probablemente se perdería de otra manera. Esto sólo es posible en algunas zonas de la cuenca que actualmente tienen la vegetación nativa. El mantenimiento de la vegetación nativa existente se puede lograr mediante la educación de la población local sobre los beneficios de la conservación y cambiando su forma de pensar acerca de las prácticas de manejo del suelo. También se puede lograr mediante el cercado de áreas de vegetación nativa para reducir la probabilidad de entrada de ganado que la perturbe, y para disuadir a la gente de que entre y recolecte productos naturales, cace o convierta la zona para otros usos. Si existe vegetación nativa dentro de un área protegida que no está bien puesta en vigor, la mejora de la gestión de áreas protegidas (establecimiento de una nueva área protegida, mejora de la gestión de las áreas protegidas existentes, contratación de guardaparques, cercado, educación o incentivos para las comunidades circundantes por respetar los límites) puede ayudar a mantener la vegetación nativa en su sitio. Otras acciones como el establecimiento de las regulaciones gubernamentales comunales, locales o regionales, o el establecimiento de servidumbres de conservación pueden mantener la vegetación nativa, pero estas actividades no están todavía incluidas en la herramienta RIOS.
- **Revegetación no asistida:** Esta transición se refiere a la revitalización de la vegetación en tierras degradadas o descubiertas, sin intervenciones activas. Esto puede incluir la provisión de espacio para la regeneración de las especies nativas o no nativas y puede aplicarse a cualquier tipo de sistema (por ejemplo pastizales, bosques, humedales). Las actividades actualmente asociadas con esta transición en RIOS son la educación, que puede informar a la gente sobre los beneficios de la revegetación y animarla a promover que el proceso se produzca, y el cercado, que ayudará a prevenir que ocurra una mayor degradación y permitirá la recuperación de la vegetación en las áreas protegidas.
- **Revegetación asistida:** Esta transición representa la revitalización de la vegetación en tierras degradadas o descubiertas a través de intervenciones activas. La educación puede alentar a los propietarios/as de tierras privadas a hacer sus propias inversiones en la revegetación. La plantación de árboles es una actividad específica que es común en algunas zonas de la cuenca que pueden relacionarse con la siembra de árboles nativos o no nativos

en bosques, pastizales o tierras agrícolas degradados. Plantar vegetación nativa se refiere a la siembra de cualquier otro tipo de vegetación, incluyendo hierbas, plantas herbáceas, arbustos, plantas de humedales o vegetación ribereña, y puede incluir actividades para mantener la vegetación como riego, deshierbe, aclareo, replantación y control de especies invasoras. Por último, las prácticas silvopastoriles pueden fomentar la revegetación mediante una mejor gestión de los pastizales o tierras de pastoreo. Esto puede incluir la siembra de árboles en las pasturas, prácticas de manejo de pasturas mejoradas tales como la disminución de la carga ganadera, cercas o mantener de otras maneras el ganado fuera de las zonas ribereñas u otra vegetación natural. Las prácticas silvopastoriles también pueden incluir incentivos directos a los propietarios/as para cambiar su comportamiento relacionado con la gestión de pastizales.

- **Manejo de vegetación agrícola:** Esta transición representa aumentos en la estructura, la cobertura y / o la diversidad de los cultivos. Puede ser motivada por las prácticas de plantación de cultivos que aumentan o diversifican cobertura del cultivo, como la siembra de cultivos de cobertura, el cambio de patrones o prácticas de rotación de cultivos, el aumento de la diversidad de cultivos o el paso hacia prácticas agroforestales. Esta actividad también puede incluir incentivos directos otorgados a los propietarios/as o administradores/as para que cambien sus prácticas de cultivo. La educación también puede ser empleada para informar a los agricultores/as sobre las opciones de manejo de la vegetación. El cambio de los sistemas de labranza también podría contribuir a este tipo de transición, pero no es una opción en la versión actual de RIOS.
- **Zanjas:** Esta transición puede lograrse por medio de zanjas, por ejemplo el uso de zanjas de contorno para evitar que el agua pueda correr por pendientes agrícolas y cause erosión. El agua permanece en la zanja y se introduce poco a poco en el suelo. La educación puede ser útil aquí también para presentar a los administradores/as de tierras ideas y enfoques para la modificación del paisaje y sus beneficios asociados.
- **Manejo de fertilizantes:** Esta transición está relacionada con cualquier actividad que cambie la forma de aplicación de los fertilizantes en los cultivos o pastos. Refleja los cambios en las prácticas de gestión que tienen como objetivo suministrar los cultivos nutrientes adecuados para alcanzar rendimientos óptimos, y reducir al mínimo la contaminación de fuentes no puntuales y de las aguas subterráneas, y el mantenimiento y/o mejora de la condición de suelo. Los ejemplos de estas prácticas incluyen la alteración de la tasa y el método de aplicación para satisfacer las necesidades del tipo de suelo y de los cultivos, y el cambio en la cantidad y el tiempo de riego para minimizar el exceso de escorrentía de nutrientes.
- **Manejo de pastizales:** Esta transición refleja los cambios en las prácticas de gestión de pastos o pastizales naturales, tales como un cambio desde usar toda la zona de pastos de forma continua hacia dividirla en pequeños potreros con pastoreo intensivo cada potrero por un corto período de tiempo. El manejo del ganado representa un conjunto de actividades que pueden incluir cercado, capacitación, reducción de las densidades de población y modificación de las prácticas de rotación de pastoreo. Esta actividad se relaciona con cambios más allá de los realizados en los sistemas silvopastoriles y puede aplicarse más fácilmente a los cambios realizados en corrales de engorde u otros sistemas de pastoreo más intensivos.

Los usuarios/as de RIOS proporcionan datos sobre qué transiciones les gustaría lograr, y si esperan que algunas transiciones sean más efectivas al traer mejoras hacia cada objetivo. Los usuarios/as también proporcionan datos sobre las actividades que el fondo pueda invertir e identifican qué tipos de transiciones pueden causar cada una. Además, los usuarios/as proporcionan datos sobre las actividades que se pueden implementar en qué tipos de cobertura/uso del suelo.

Análisis Diagnóstico

Una de las funciones de la herramienta RIOS es permitir una evaluación diagnóstica inicial de las áreas y actividades donde las inversiones tendrán el mayor impacto en los servicios ecosistémicos. El punto de un proceso de evaluación de diagnósticos es estimar cómo el potencial de impacto de la inversión en la cuenca varía en toda la región focal. La resulta da una vista de todo el paisaje y permite que quien invierte vea la imagen completa antes de centrarse en las áreas prioritarias definidas por un presupuesto fijado. Hay muchos enfoques que se pueden utilizar para el análisis diagnóstico y que varían enormemente en requerimientos y complejidad de sofisticación, datos, capacidad y recursos. La herramienta RIOS establece un equilibrio entre la complejidad y el sentido práctico con su enfoque actual.

La premisa subyacente del enfoque de análisis diagnóstico de RIOS es que un pequeño conjunto de factores biofísicos y ecológicos determina la eficacia de cada transición en el cumplimiento de cada objetivo elegido. Se define un conjunto de factores críticos para cada objetivo a través de una cuidadosa revisión de la literatura. A partir de una revisión de estudios experimentales, artículos de evaluación y documentación de modelos hidrológicos, identificamos el subconjunto de factores que se identificaron con mayor frecuencia como importantes para determinar la magnitud de la fuente y la eficacia de las actividades que impactan en el control de la erosión, la retención de nutrientes, la mitigación de inundaciones, etc.

Dado que la dotación presupuestaria y los fondos de inversión son procesos anuales o de múltiples años, la herramienta RIOS se centra en los impactos de las actividades en una escala de tiempo anual o de más largo plazo. Por lo tanto, los factores identificados en la revisión de la literatura como elementos influyentes en los impactos en términos diarios o estacionales no se incluyen en el marco del *software* (como humedad del suelo original o la intensidad de la precipitación diaria). La única excepción es el modelo de Clasificación de Mitigación de Impacto de Inundaciones, que mide el impacto de las tormentas episódicas y, por lo tanto, incluye factores que influyen en la prestación de servicios ecosistémicos en términos diarios o estacionales (como la intensidad de la lluvia).

Un conjunto diferente de factores se identifica como más crítico para influir en los impactos sobre cada objetivo por separado. Gran parte del impacto de la transición será determinado por las condiciones en el paisaje circundante. Por lo tanto, RIOS se basa en un conjunto de cuatro componentes principales a través de un marco que captura los procesos que influyen en estos impactos y la eficacia de las actividades: (1) Magnitud de la fuente aguas arriba (2) Fuente en píxeles (3) Retención en píxeles (4) Retención (de aguas, sedimentos, etc.) abajo. Cada uno de

los componentes mencionados está representado por uno o más factores dentro de cada objetivo. Los detalles de los factores seleccionados por objetivos se describen más adelante en la Sección III - [Descripción de los modelos](#).

El proceso de análisis de diagnósticos permite a los usuarios/as cubrir una región en busca de áreas que presenten mayor riesgo de que se dañen o mejoren los servicios ecosistémicos. Las ubicaciones se clasifican con base en un conjunto de factores biofísicos que indican cuán efectivos son los diferentes tipos de actividades de protección, restauración o gestión. Estos factores se basan tanto en las condiciones locales como en el contexto del paisaje, tal como se indica en la [Figura 5](#). Las áreas con la mayor fuente en píxeles (de nutrientes, sedimentos, agua de inundaciones, etc.) y la áreas con menos retención en píxeles (de los mismos componentes) se dan las puntuaciones más altas de eficacia. El esquema de clasificación se invierte si la transición deseada es mantener la vegetación nativa en su lugar; en este caso se asignan altas puntuaciones a las áreas con fuentes pequeñas en parcelas y altas tasas de retención.

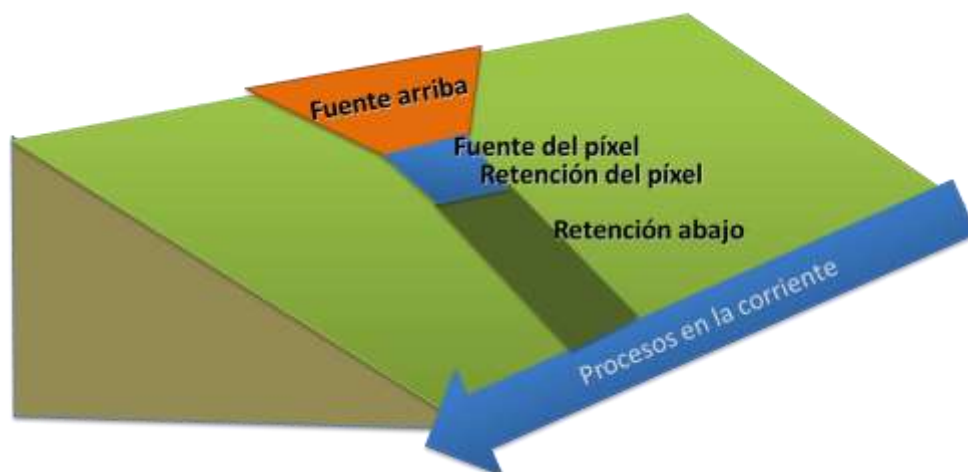


Figura 5. Los cuatro procesos clave que cuenta para el impacto de una transición sobre un objetivo en el marco de RIOS.

Como se muestra en la [Figura 5](#), RIOS se basa en cuatro atributos modelados del paisaje que afectan la eficacia de las transiciones en el logro de objetivos. Todas las transiciones serán más eficaces en parcelas aguas abajo de una gran fuente aguas arriba (ya se trate de sedimentos, nutrientes, escorrentía, etc.). Esto se debe a que la vegetación puede absorber más nutrientes o atrapar más sedimentos más si la cantidad de nutrientes y sedimentos que fluyen a la parcela desde aguas arriba es mayor. Del mismo modo, una mayor mitigación de las inundaciones o recarga de agua subterránea puede ocurrir si más agua está fluyendo a la parcela desde arriba. Lo contrario es cierto para la condición de pendiente descendente. Las transiciones serán más efectivas cuando se colocan arriba de un área con baja retención o infiltración. Las condiciones en los píxeles también determinan los impactos de las actividades, de manera que la protección de la vegetación nativa tendrá el mayor impacto en píxeles con bajas fuentes en la parcela y alta retención en la parcela, mientras que las prácticas de revegetación y mejora de manejo tendrán los mayores impactos sobre los píxeles con fuentes grandes y retención baja.

Los pesos de los factores se utilizan para equilibrar la influencia de cada proceso en la puntuación global que un píxel recibe. Los pesos de los factores por defecto en RIOS dan la misma influencia a cada proceso, pero los usuarios/as pueden alterar estos pesos si es apropiado para el paisaje o para que se adapten a sus objetivos de gestión. RIOS asigna a cada píxel una puntuación para cada transición, lo que indica qué tan grande puede ser el impacto de cada transición sobre cada objetivo en ese píxel.

Con los datos proporcionados por los usuarios/as sobre la influencia de cada transición en cada objetivo, la herramienta combina puntuaciones a través de los objetivos para dar a cada píxel una puntuación por su capacidad de influir en todos los objetivos. Luego, las actividades se asignan a las transiciones (de nuevo utilizando los datos ya introducidos por el usuario/a), produciendo un mapa de la región del fondo del agua por actividad, que sugiere dónde es probable que la actividad produzca los mayores retornos a través de todos los objetivos.

Este enfoque requiere que lo que creemos son datos de acceso generalmente fácil y usa una aproximación bastante simplificada para el análisis diagnóstico. Sin embargo, proporciona varias características importantes. Un enfoque de clasificación permite la optimización a través de múltiples objetivos. También identifica lugares buenos para invertir en cada actividad, combinando las preguntas "qué" y "dónde" para invertir. El enfoque de clasificación también incluye factores que representan el contexto del paisaje, lo que proporciona un método sencillo para incluir algunos componentes relativamente complejos y muy importantes de los procesos hidrológicos. También desarrolla categorías con base en el cambio que el fondo del agua está tratando de lograr, no sólo en la condición actual de la cuenca. Por último, el enfoque de análisis diagnóstico en RIOS, aunque sencillo, ofrece mucha más transparencia que lo que ofrecería el uso de modelos cuantitativos más sofisticados.

Opciones Adicionales del Portafolio

Ponderación de objetivos

Los usuarios/as tienen la opción de ponderar los objetivos frente a los otros, para indicar que algunos objetivos se deben considerar con más fuerza en la selección final de las áreas prioritarias. Las ponderaciones se utilizan para crear una única puntuación por transición, utilizando una media ponderada de todos los objetivos. Los valores por defecto asumen que todos los objetivos se consideran iguales para determinar la puntuación de transición.

Áreas de preferencia de actividades

Los usuarios/as pueden ingresar áreas espaciales (*shapefiles* de polígonos de SIG) en las que ciertas actividades son o bien preferidas o deben ser evitadas. Si se prefiere un área para una actividad, RIOS elegirá los mejores lugares dentro de esa zona para invertir en actividades en primer lugar. Si se impide una actividad en una zona determinada, entonces sólo las zonas fuera de ese polígono serán elegidas para la ejecución de dicha actividad.

Guardado de parámetros de archivos

Los usuarios/as tienen la opción de guardar los archivos de entrada asociados con cada corrida, y cargarlos más tarde para la construcción de un nuevo portafolio. Esto permite cambiar rápidamente sólo una o dos entradas, sin tener que volver a introducir todas las entradas para cada nuevo portafolio. Las opciones *Guardar parámetros* y *Cargar parámetros de archivo* se encuentran en el menú Archivo en la esquina superior izquierda de la ventana RIOS. Sólo los archivos de parámetros guardados con la versión actual del usuario de RIOS pueden cargarse, lo que significa que si un usuario/a creó un portafolio con la versión 0.4.5 y guardó el archivo de parámetros, el archivo de parámetros se puede volver a utilizar si se usa la v0.4.5, pero no se puede cargar ni utilizar en las versiones posteriores, como v1.0.0.

Asignación del Presupuesto

El objetivo de RIOS es ayudar a quienes invierten en cuencas para que gasten el dinero sabiamente en la búsqueda de lograr sus objetivos, y los conduce hacia las prácticas y los lugares que producirán el mayor retorno de la inversión. A menudo hay importantes limitaciones sociales o políticas sobre cómo puede gastarse el dinero que pueden hacer que las prioridades de quienes invierten se alejen de la eficiencia económica como el único conductor de la inversión. Si bien la herramienta RIOS usa el retorno de la inversión (RDI) como el método por defecto para la asignación de presupuestos, los usuarios/as pueden anular esta función al proporcionar información adicional.

En algunos casos, quien administra una cuenca puede querer hacer una asignación inicial de fondos sobre la base de alguna característica de las regiones dentro del fondo. Por ejemplo, un fondo puede cubrir varias cuencas hidrográficas, y puede haber razones para asignar porciones del presupuesto para cada cuenca por adelantado. Este tipo de preasignación se podría hacer para distribuir equitativamente los fondos basados en el tamaño de la cuenca (por ejemplo, una cuenca que hace del 75% de la superficie del área del fondo de agua podría recibir el 75% del presupuesto), o en la proporción de beneficiarios o de uso. Por ejemplo, si una cuenca representa sólo el 25% del área geográfica pero suministra el 60% del agua potable, los administradores/as de las inversiones tal vez deseen asignar previamente el 60% del presupuesto a esa cuenca. La preasignación de presupuestos no tiene que estar basada en los límites de la cuenca, ya que pueden hacerse de acuerdo con unidades políticas o cualquier otra unidad de interés.

Por último, los y las inversionistas en las cuencas hidrográficas podrían decidir preasignar el presupuesto entre las actividades. Este enfoque puede ayudar a asegurar que un conjunto diverso de inversiones componga el portafolio de inversiones, ya que el RDI por sí solo puede dirigir gran parte del presupuesto hacia la actividad más barata.

Los métodos de preasignación mencionados son opciones en RIOS. Una vez que se toman las decisiones presupuestarias iniciales, la herramienta calcula el retorno de la inversión para elegir las actividades dentro de una unidad (por ejemplo, cuenca, distrito) y para elegir las zonas donde se debería invertir más en cada actividad.

Los usuarios/as de RIOS ingresan el importe del presupuesto disponible para el fondo, así como el costo de cada actividad. Mientras algunos inversionistas querrán ver un portafolio único que indica dónde y en qué actividades invertir dado el monto total del presupuesto, otros podrían desear ver cómo deberían proceder las inversiones sobre una base anual durante la vida del fondo. Los usuarios/as tienen la opción de definir un presupuesto total o un presupuesto anual. Si no se define un presupuesto total, se producirá un solo portafolio de inversiones. Si se proporciona un presupuesto anual, se generará un portafolio por cada año consecutivo.

Selección de Áreas Prioritarias

Si bien el proceso de análisis de diagnóstico produce una vista de toda la zona de inversión en las cuencas, los administradores/as todavía tienen que saber dónde invertir primero. Estos lugares se definen como "áreas prioritarias".

El número y la extensión de las áreas prioritarias se determinan por el tamaño del presupuesto y/o los objetivos establecidos por el fondo. La herramienta RIOS utiliza las entradas de los datos previamente descritos y los resultados calculados para identificar dónde se debe invertir primero para un nivel determinado de presupuesto. Estas entradas y preferencias incluyen:

1. Uso del suelo/mapa de cobertura
2. Tabla que define las actividades e indica sobre qué tipos de cobertura del suelo se permiten las actividades
3. Factores de paisaje que influyen en la efectividad de las transiciones para alcanzar cada objetivo
4. La localización y número de actores que se benefician de las actividades en las diferentes áreas
5. Ponderaciones de los factores que describen la importancia relativa de cada factor (y proceso)
6. Ponderaciones que asignan un peso relativo a los objetivos cuando se consideran múltiples objetivos
7. Tabla Actividad-Transición que indica qué actividades definidas por el usuario/a causan qué transiciones
8. Áreas de preferencia de actividades
9. Presupuesto flotante y/o presupuestos por actividad
10. Costos de las actividades

Las entradas 1, 3, 4, 5 y 6 se utilizan para calcular las puntuaciones medias ponderadas para cada transición. Estas puntuaciones se utilizan con la entrada 7 para calcular las puntuaciones medias ponderadas para cada actividad. Las puntuaciones de actividad se dividen por el costo de la actividad (entrada 10) para producir una trama RDI para cada actividad. Una vez que las restricciones de paisaje se cumplen (entradas 2 y 8), la selección de áreas prioritarias es impulsada en su totalidad por el retorno de la inversión (RDI), en la cual las inversiones están representadas por los costos de las actividades y los retornos se determinan por rangos relativos.

Los costos de las actividades pueden ser tan amplios como el usuario/a lo permita (por ejemplo, incluir o no los costos de oportunidad de las actividades no realizadas o los incentivos directos otorgados a los administradores/as de tierras para que asuman una actividad determinada), y deberán tener en cuenta tanto los costos de implementación como los de mantenimiento. RIOS selecciona áreas prioritarias según las parcelas con un RDI más alto, hasta que se gaste el presupuesto definido (entrada 9). La herramienta incluye un algoritmo de afinación que puede obligar a que las áreas prioritarias se agreguen en el espacio para que las inversiones no estén dispersas a través del paisaje. El grado de aglutinación es determinado por el usuario/a y se puede modificar fácilmente.

El resultado de este paso es el portafolio de inversiones ([Figura 3](#)). Si el usuario/a ha especificado un presupuesto anual para múltiples años, RIOS producirá un portafolio por año. Estos portafolios indican los mejores lugares en los que el fondo puede invertir en las actividades identificadas para lograr los objetivos elegidos por los y las inversionistas.

Interpretación del Portafolio

Los portafolios de inversión son un punto de partida para la consideración de los y las inversionistas. Algunas partes interesadas pueden no estar de acuerdo con la ubicación de las áreas prioritarias o la asignación presupuestaria, y puede ser necesaria una negociación adicional para llegar a un conjunto de inversiones. Muchos de los cambios que se deseen en el portafolio pueden hacerse al alterar las opciones de uso de la herramienta RIOS, mientras que otros no. Los portafolios que se producen tienden a ser sólo una aportación al proceso de toma de decisiones.

Una limitación de los portafolios que actualmente se producen con RIOS es que se centran en las transiciones basadas en la gestión de la tierra. Muchos fondos de inversión de la cuenca tendrán otro tipo de actividades en que les gustaría invertir y objetivos de importancia que aún no están incluidos en la herramienta. En estos casos, los portafolios producidos por RIOS aún pueden servir para representar un subconjunto de los intereses y las opciones que pueden ayudar a informar a discusiones de priorización de inversiones en el futuro.

En general, el desarrollo de portafolios de inversión será probablemente un proceso reiterativo. Los portafolios iniciales pueden ser evaluados en términos de las mejoras en los servicios ecosistémicos mediante el uso de los módulos Traductor de Portafolios y Estimador de Beneficios. Si estos impactos no son tan grandes como el fondo esperaba, pueden crearse portafolios alternativos usando presupuestos más grandes, diferentes actividades y/o transiciones. Gran parte de los datos utilizados en el Análisis Diagnóstico y Estimación de Retornos pueden ser mejorados con los datos locales recogidos a través del proceso de seguimiento. A la par que los administradores/as de las cuencas obtienen una mejor comprensión de cómo las actividades realmente impactan en las transiciones y los objetivos, cualquiera de las fases de diseño del portafolio pueden ser alteradas para reflejar este nuevo conocimiento.

ii. RIOS Portfolio Translator (Traductor de Portafolio)

El módulo Traductor de Portafolios de RIOS guía al usuario/a a través de un conjunto de opciones para generar escenarios que reflejen la condición futura de la cuenca si se implementase el portafolio. El Traductor de Portafolios fue creado como una interfaz entre el diseño del portafolio y la estimación de los pasos de rendimiento, porque hay muchos factores que pueden influir en el impacto final que resulta de las actividades, tales como la(s) cubierta(s) inicial(es) del suelo, el tipo de actividad y su efectividad promedio, el grado de ejecución real de la actividad, la cobertura final del suelo (en particular en relación con las actividades destinadas a la restauración de la vegetación nativa), y el marco de tiempo en el que el usuario/a desea estimar los beneficios.

El Traductor de Portafolios guía al usuario/a a través de un conjunto de opciones que hace explícita cada una de estas opciones y utiliza los insumos para desarrollar dos escenarios de mapas de cobertura terrestre y tablas asociadas de parámetros biofísicos que se requieren para ejecutar los modelos InVEST en el próximo paso. Los dos escenarios que se generan son: 1) la cobertura base del suelo más las actividades de revegetación, gestión agrícola y manejo de pastizales implementadas como nuevas combinaciones de actividades y cubierta del suelo, y 2) el escenario anterior, más las áreas que están "protegidas", han hecho la transición a un tipo de cobertura alternativo según lo especificado por el usuario/a.

Con el fin de crear los escenarios y las tablas de entrada de modelo, el portafolio de actividades se divide en tres categorías diferentes, y cada una de estas categorías recibe un trato diferente (Figura 6). Las categorías son:

- 1) Actividades que alcanzan la transición *Protección de la vegetación nativa*
- 2) Actividades que pretenden alcanzar la transición *Revegetación – asistida* o *Revegetación – no asistida*
- 3) Actividades que se relacionan con *Zanjas*, *Manejo de fertilizantes* y *Manejo de pastizales*



Figura 6. Esquema que muestra la manera en que el Traductor de Portafolios trata las tres diferentes categorías de transiciones. Los cuadros azules llamados "RIOS" muestran información generada por la herramienta, mientras que los cuadros anaranjados llamados "Usuario" muestran la información que el usuario debe proveer. RIOS usa esta información para construir tablas biofísicas para cada uno de los escenarios generados.

Protección de la vegetación nativa

Los impactos de las actividades que protegen la vegetación nativa se calculan en referencia a una transición evitada, es decir, ¿qué ocurriría en ausencia de protección? Los usuarios/as especifican una clase de cobertura del suelo que resultaría más probable en ausencia de protección. Los usuarios/as también especifican el grado de transición hacia la nueva cobertura del suelo (un número entre 0 y 1 indica el porcentaje que sería la transición). Para el escenario 2 (descrito anteriormente), a las áreas que se destinan para las actividades de protección se les asigna una nueva cobertura del suelo, indicando la combinación uso del suelo antigua-actividad. Los valores de los parámetros para las nuevas coberturas de suelo son determinadas como un porcentaje de diferencia entre los valores de los parámetros de cobertura de suelo antigua y de la transición evitada, es decir,

$$X_i = X_{old} + (X_{trans} - X_{old})P$$

Donde

X_i = Valor del parámetro X para la nueva cobertura del suelo (escenario 2)

X_{old} = Valor del parámetro X para la cobertura original (línea de base)

X_{trans} = Valor del parámetro X para la transición de cobertura de suelo evitada

P = Porcentaje de transición (especificada por usuario/a)

Revegetación – asistida y Revegetación – no asistida

Los impactos de las actividades que restauran la vegetación se calculan en referencia a la cobertura original del suelo y lo que es probable que sea restaurado. Los usuarios/as también especifican el grado de transición hacia la nueva cobertura (un número entre 0 y 1 indica la eficacia de la actividad de restauración). Para el escenario 1 (descrito anteriormente), a las áreas a las que se destinan actividades relacionadas con la revegetación se les asigna una nueva cobertura de suelo, indicando la combinación uso del suelo antiguo-nuevo uso del suelo-actividad. El nuevo uso del suelo (tipo de cobertura de suelo final) está determinado por la cantidad y la proximidad de la vegetación nativa en los alrededores, como se describe a continuación. Este enfoque asume que el objetivo de la reforestación es restaurar las áreas a una cobertura similar a la cobertura nativa más cercana y abundante.

Cuando un píxel en la posición i, j experimenta una transición de revegetación, seleccionamos el tipo de cobertura de suelo final como el que está más influenciado por los tipos de cobertura nativa del suelo en las inmediaciones. Definimos influencia como una función exponencial menguante de espacio, así como la superficie total del tipo de cobertura nativa. Los tipos de cobertura nativa se indican en la tabla general de coeficientes de uso del suelo que se proporciona con RIOS. El tipo de cobertura de suelo final en i, j es seleccionado como el tipo que tiene la mayor cantidad de influencia exponencial en la localización i, j sobre todos los posibles tipos de cobertura nativa del suelo. Por lo tanto, un solo píxel vecino de pradera puede tener menos influencia que el gran número de píxeles de los bosques cercanos. Por ejemplo, para un área degradada elegida para la revegetación que se encuentra cerca de un área muy pequeña de pastizales y una gran área de bosque, la cobertura de la tierra final elegida será el bosque, y la nueva descripción de la cobertura del suelo se especificará como "degradado-bosque - actividadX".

Formalmente, definimos la cobertura de suelo nativo de tipo T que tiene la mayor influencia sobre el píxel (i, j) como,

$$T(i, j) = \max_{\tau \in \text{todos los tipos de cobertura nativa}} \left(\sum_{\text{todos } x, y} m_{\tau}(x, y) \cdot e^{-\frac{(x-i)^2 + (y-j)^2}{\sigma_{\tau}}} \right)$$

Donde

$$m_{\tau}(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{si píxel } (x, y) \text{ es cobertura de suelo tipo } \tau \\ 0, & \text{es otra cobertura} \end{cases}$$

σ_i desviación estándar de la curva Gaussiana de influencia para el tipo de cobertura de suelo tipo i

Los valores de los parámetros para las nuevas coberturas de suelo son determinados como un porcentaje de diferencia los valores antiguos y nuevos de los parámetros de cobertura de suelo, es decir,

$$X_i = X_{old} + (X_{final} - X_{old})P$$

Donde

X_i = Valor del parámetro X para la nueva cobertura del suelo nueva (escenario 1)

X_{old} = Valor del parámetro X para la cobertura de suelo original (línea de base)

X_{final} = Valor del parámetro X para la cobertura de suelo final

P = Porcentaje de transición (especificada por usuario/a)

Zanjas, Manejo de fertilizantes y Manejo de pastizales

Las actividades que entran en esta categoría son las únicas que normalmente no generan un cambio en la cobertura terrestre actual, pero los cambios en la gestión sí afectarán los valores de los parámetros que controlan la prestación de servicios ecosistémicos en la cuenca. Con el fin de ayudar a los usuarios/as en la definición de estos nuevos valores de los parámetros, RIOS utiliza un enfoque de cobertura del suelo de referencia que utiliza valores de parámetros de las clases de cobertura del suelo existentes en un enfoque similar al utilizado en las otras categorías. En el caso de Zanjas, Manejo de Fertilizantes o Manejo de Pastizales, los usuarios/as indican una cobertura de suelo de referencia que representa la situación "ideal" que se lograría si la parcela elegida se maneja a la perfección. Para el escenario 1 (descrito anteriormente), a las áreas a las que se destinan las actividades en esta categoría se les asigna una nueva cobertura de suelo, indicando la combinación antiguo uso del suelo-uso del suelo de referencia-actividad. Por ejemplo, si el manejo de fertilizantes es elegido como una actividad en un pastizal, el usuario/a puede elegir la cobertura de suelo de referencia como pastizales nativos. Esto implica que un pasto que tiene un manejo ideal de fertilizantes exhibiría la misma retención y exportación de nutrientes como los pastizales nativos, por ejemplo. La nueva cobertura de suelo se especificaría como "pasto-pastizal nativo-manejo de fertilizante". Los usuarios/as también especifican el grado de transición a la condición ideal (un número entre 0 y 1 para indicar la eficacia de la actividad de manejo).

Los valores de los parámetros para las nuevas coberturas de suelo son determinados como un porcentaje de diferencia entre los valores de los parámetros de las cubiertas del suelo antigua y de referencia, es decir,

$$X_i = X_{old} + (X_{ref} - X_{old})P$$

Donde

X_i = Valor del parámetro X para la nueva cobertura de suelo (escenario 1)

X_{old} = Valor del parámetro X para la cobertura de suelo original (línea de base)

X_{ref} = Valor del parámetro X para la cobertura de suelo de referencia

P = Porcentaje de transición (especificado por usuario/a)

Porcentaje de Transición, Efectividad de las Actividades, y Marco de Tiempo

Cuando RIOS crea archivos de parámetros para los dos escenarios, los usuarios/as especifican un *Porcentaje de Transición* (PT) para cada una de las combinaciones uso del suelo-actividad. Esto permite la flexibilidad para integrar los supuestos sobre la efectividad de las diferentes actividades en diferentes condiciones de partida y diferentes condiciones de destino. También permite que los usuarios/as consideren un marco de tiempo específico sobre el que se evaluará la eficacia de las actividades del portafolio. Por ejemplo, con un único portafolio, los usuarios/as pueden ejecutar PORTER varias veces utilizando diferentes valores de PT para indicar la eficacia de las actividades a 5, 10, 20 ó 50 años en el futuro. Los usuarios/as deben ser conscientes de estos supuestos y ser consistentes en la aplicación de los valores de TP.

Este método tiene por objeto proporcionar un marco general para la forma en que la eficacia de las actividades se puede ver reflejada en los valores de los parámetros del escenario, a la vez que tiene en cuenta las condiciones de partida, las condiciones de destino y otros supuestos.

Invitamos a que los usuarios/as **revisen las tablas de parámetros** creados por el Traductor de Portafolios para los dos escenarios, y a hacer las correcciones y ajustes necesarios con base en el conocimiento y experiencia locales.

Para ayudar en la interpretación de los resultados del Traductor de Portafolios y el Estimador de Beneficios, se pide a los usuarios/as que especifique *un número de años para la transición* en cada ejecución del Traductor Portafolios. Este valor no se utiliza en los cálculos de los parámetros especificados anteriormente, sino que simplemente se reporta con los resultados de los escenarios para permitir que los usuarios/as interpreten los resultados en relación con la suposición de marco temporal incrustada en los escenarios.

iii. RIOS Benefit Estimator (Estimador de Beneficios)

El módulo Estimador de Beneficios de RIOS permite que los usuarios/as estimen cuantitativamente el cambio en los servicios que resulta de la ejecución del portafolio diseñado por RIOS. El Estimador de Beneficios actualmente incluye tres modelos InVEST que estiman el cambio en la provisión de servicios ecosistémicos desde la condición de línea de base hasta después de que las actividades del portafolio se hayan implementado, utilizando las entradas de cobertura de suelo y los insumos de la tabla biofísica creados por el Traductor de Portafolios. La versión actual de RIOS incluye modelos para estimar la provisión de SA para cuatro objetivos: control de erosión para la producción de energía hidroeléctrica, control de la erosión para la calidad del agua, retención de nitrógeno y retención de fósforo.

En casos ideales, los fondos de agua indicarán objetivos cuantitativos, haciendo posible definir el presupuesto necesario para cumplir con los objetivos de la manera más eficiente, en lugar de comenzar con un presupuesto arbitrario y preguntarse cuánto cambio se va a lograr. Los usuarios/as pueden lograr esto en la versión actual de RIOS estableciendo un presupuesto inicial en el Asesor de Portafolio, ejecutando los tres módulos, comparando los resultados del Estimador Beneficios con los objetivos, y modificando el presupuesto consecuentemente. Tras múltiples iteraciones de este proceso, los usuarios/as pueden concentrarse en el nivel de presupuesto objetivo que más se acerca a lograr los resultados deseados en términos de beneficios del servicio ecosistémico.

Las futuras versiones de la herramienta RIOS incorporarán modelos adicionales de InVEST para estimar los rendimientos de los objetivos de los servicios ecosistémicos, tales como el flujo estacional y la mitigación de inundaciones. Se están discutiendo métodos para estimar los rendimientos de otros tipos de objetivos (por ejemplo, la biodiversidad, los objetivos sociales) pero aún no se planean para futuras versiones de RIOS.

III. Descripción de los Modelos

Las siguientes secciones describen los modelos de impacto y evaluación de servicios ambientales utilizados en la herramienta RIOS. Las secciones III.i. a III.viii describen modelos de impacto que se utilizan en el análisis diagnóstico para seleccionar los portafolios de inversión, y la Sección III.ix describe brevemente los modelos InVEST utilizados para estimar el retorno del servicio ecosistémico en la inversión tras la ejecución del portafolio.

i. Erosion Control for Drinking Water Quality and Reservoir Maintenance (Control de la erosión para agua potable y mantenimiento de reservorios)

Los factores primarios derivados de la revisión de la literatura que influyen en la erosión, la exportación y retención de sedimentos se presentan en la [Tabla III.i](#) y se describen brevemente a continuación. Las ponderaciones predeterminadas se establecen en RIOS de modo que cada proceso importante (fuente en píxeles, retención, factores de fuentes arriba y retención abajo, beneficiarios) obtiene el mismo peso cuando se toman juntos todos los factores. Por ejemplo, los factores USLE C, erosividad de la lluvia, erosionabilidad del suelo, y profundidad del suelo en

conjunto representan el potencial de que las actividades impacten en la fuente en píxeles de sedimentos. Por lo tanto, a estos cuatro factores se les dan pesos de 0,25, lo que sumados resultan en un peso de 1 para el proceso de fuente en píxeles.

En la tabla siguiente, los valores que tienen el símbolo (~) indican que la transición dada será más eficaz si las actividades se realizan en las zonas que actualmente tienen valores bajos para ese factor. En otras palabras, una mayor puntuación se asignará a las áreas con valores de factor bajos. Los valores de la tabla sin el símbolo (~) indican que la transición será más eficaz en zonas con altos valores de ese factor. En este caso, las puntuaciones más altas serán asignadas a las áreas con valores de los factores altos. Para obtener más información acerca de cómo influyen los factores en la eficacia de la actividad, consulte la sección de [Análisis Diagnóstico](#).

Tabla III.i. Factores y ponderaciones por defecto para los objetivos de control de erosión. Cada factor se ingresa directamente o se deriva del mapa de uso del suelo-cobertura provisto por el usuario/a.

| Factor (entradas de la herramienta) | Proceso Capturado | Notas | Mantener vegetación nativa | Revegetación (asistida) | Revegetación (no asistida) | Manejo vegetación agrícola | Zanjas | Manejo fertilizantes | Manejo pastos |
|---|--|--|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------|-------------------------|------------------|
| Factor USLE C ("Fuente en píxel") | Fuente en píxeles | Derivado del uso del suelo y de la Tabla de Coeficientes (Sed_Exp) | ~0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Erosividad por lluvia | Fuente en píxeles | Provista por el usuario | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Erosionabilidad del suelo | Fuente en píxeles | Provista por el usuario | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Profundidad del suelo | Fuente en píxeles | Provista por el usuario | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Retención en píxel | Retención en el píxel | Derivado del uso del suelo y de la Tabla de Coeficientes (Sed_Ret) | 0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 |
| Continuidad riberaña | Retención en el píxel | Calculado de factores de retención en un búfer lineal lo largo de las corrientes | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Índice de Retención Aguas Abajo | Retención en el pendiente abajo (deseo de minimizar) | Calculado de distancia a la corriente, pendiente corriente abajo y retención de sedimentos | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 |
| Índice de Fuente Aguas Arriba | Área de fuente aguas arriba / magnitud (deseo de maximizar caudal) | Promedio de fuentes en píxeles y factores de retención, flujo y acumulación corriente arriba del píxel | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Beneficiarios | Localización de los beneficiarios en relación con la provisión del servicio | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fuente en píxel:

Erosividad por lluvia (Rainfall erosivity)

Esta variable depende de la intensidad y duración de las precipitaciones en el área de interés. Mientras mayores sean la intensidad y duración de una tormenta, mayor será el potencial de erosión. Este factor representa el impacto relativo que la intensidad de lluvia tendrá sobre la cantidad de sedimento producido en un área determinada.

Erosionabilidad del suelo (Soil erodibility)

La erosionabilidad del suelo, a veces anotada como K, es una medida de la susceptibilidad de las partículas del suelo a la separación y el transporte por las precipitaciones y la escorrentía. Este factor representa el componente del suelo de la erosión; el impacto relativo que los diferentes tipos de suelo pueden tener sobre el sedimento producido en un área determinada.

Profundidad del suelo (Soil depth)

Factor USLE C (exportación media de sedimentos)

La ecuación Universal de Pérdida de Suelo utiliza el factor C o factor de recorte, para representar la susceptibilidad de cada tipo de uso del suelo frente a la erosión. Un factor promedio de C reportado para diferentes tipos de cobertura se utiliza para representar la contribución de la cobertura del suelo para determinar la erosión relativa de un área determinada.

Retención en píxeles:

Retención de sedimentos (Sediment retention)

La retención de sedimentos se refiere a la capacidad de una parcela de tierra de contener sedimentos, lo que impediría que sean transportados y depositados aguas abajo. Las eficiencias de retención varían según la clase de cobertura del suelo y se ven afectadas por factores como la geomorfología, el clima, la cubierta vegetal y las prácticas de manejo. Una revisión de la literatura produjo eficiencias de retención de sedimentos que pueden utilizarse para representar la contribución de la cobertura del suelo para la determinación de la retención relativa en una zona determinada.

Continuidad ribereña (Riparian continuity)

La eficacia de las actividades de restauración o de protección en las zonas ribereñas se encuentra altamente correlacionada con su continuidad. Si la retención abajo de un área es un factor clave para determinar la efectividad relativa de una actividad en los píxeles ribereños, la retención lineal a lo largo del canal de la corriente es más crítico para la determinación de los impactos relativos. Las zonas de amortiguamiento ribereñas continuas son las más efectivas para el mantenimiento o la restauración de los sedimentos y retención de nutrientes. Por lo tanto, una actividad será más eficaz en el control de la carga de sedimentos de un río si resulta en un búfer antes discontinuo transformado en continuo.

Índice de Retención Aguas Abajo (Downslope retention index)

El Índice de Retención Aguas Abajo describe la capacidad de retención relativa de la zona abajo de un píxel dado. Dado que las actividades tendrán el mayor impacto en áreas con poca retención abajo, queremos minimizar este factor. El Índice de Retención aguas abajo se calcula como una longitud del caudal ponderada, utilizando los factores de la pendiente y la retención de sedimentos como ponderaciones.

Índice de Fuente Aguas Arriba (Upslope source index)

El Índice de Fuente Aguas Arriba describe el área fuente y la magnitud de la fuente que alcanza un píxel, factor que se cita con frecuencia como un indicador de la eficacia de una actividad para influir en el control de la erosión. Dado que las actividades serán más eficaces si se realiza en una zona con una gran fuente de sedimentos de arriba, queremos maximizar este factor. El índice de fuente aguas arriba se calcula como una acumulación de flujo ponderada, utilizando un promedio de todos los factores de fuente en píxeles, los factores de retención y la pendiente.

Beneficiarios (Beneficiaries)

Los beneficiarios representan el valor que las personas reciben de un servicio ambiental. Al evaluar los lugares potenciales para actividades y retornos, es importante tener en cuenta el número de beneficiarios que están ganando con la conservación del capital natural en esa zona. Por ejemplo, los beneficiarios del control de la erosión para la calidad del agua potable podrían ser el número de personas que dependen del agua producida en esa cuenca. Los beneficiarios de control de la erosión para el mantenimiento del reservorio podrían ser el número de personas que dependen de esa reserva para su abastecimiento de agua, el número de kilovatios-hora de electricidad producida o una representación del valor añadido de alguna otra métrica.

Ecuaciones del modelo de categorización

Las ecuaciones usadas para el cálculo de los mapas de puntuación para Sedimentos se listan a continuación.

Protección

Formulación genérica (con pesos de los factores definidos por el usuario/a) =

$$\frac{(U * W_U) + ((1 - D) * W_D) + ((1 - X) * W_X) + (R * W_R) + (E * W_E) + (S * W_S) + (F * W_F) + (B * W_B)}{\sum W}$$

Con coeficientes por defecto, categoría de protección para retención de sedimentos =

$$\frac{U + (1 - D) + (0.25 * (1 - X)) + (0.25 * R) + (0.25 * E) + (0.25 * S) + F + B}{5}$$

Restauración, Revegetación, Manejo agrícola, Zanjas, Manejo de fertilizantes, Manejo de pastizales:

Formulación genérica (con pesos de los factores definidos por el usuario/a) =

$$\frac{(U * W_U) + ((1 - D) * W_D) + (X * W_X) + (R * W_R) + (E * W_E) + (S * W_S) + ((1 - F) * W_F) + (B * W_B)}{\sum W}$$

Con coeficientes por defecto, categoría de restauración, etc. para retención de sedimentos =

$$\frac{U + (1 - D) + (0.25 * X) + (0.25 * R) + (0.25 * E) + (0.25 * S) + (1 - F) + B}{5}$$

Donde (todos son valores normalizados entre 0 y 1):

U = Índice de Fuente Aguas Arriba^u

D = Índice de Retención Aguas Abajo^d

X = Coeficiente de Exportación de Sedimentos

R = Coeficiente de Erosividad

E = Coeficiente de Erosionabilidad

S = Profundidad del Suelo

F = Índice de Retención Final

Si el píxel NO es ribereño, F = Coeficiente de Retención de Sedimentos

Si no, F = (retención de sedimentos + Índice de Continuidad Ribereña)/2

B = Índice de Beneficiarios

W_N = Ponderación asignada a cada factor

^u El Índice de Fuente Aguas Arriba se calcula como el peso acumulado (suma) de todas las celdas que fluyen hacia cada una de las celdas abajo en el ráster de salida. El peso de la celda x es una función de los factores que controlan la exportación y la retención en las celdas que fluyen hacia la celda x .

$$U_x = W_x + \sum_{i \in \{\text{vecinos que fluyen hacia } x\}} U_i$$

$$W_x = \frac{A_x + X_x + R_x + E_x + S_x + (1 - F_x)}{6}$$

Donde

U_x = Fuente Aguas Arriba de la celda x

W_x = Ponderación asignada a la celda x

A_x = Índice de Pendiente (valores normalizados entre 0 y 1)

X_x = Coeficiente de Exportación de Sedimentos (valores normalizados entre 0 y 1)

R_x = Coeficiente de Erosividad (valores normalizados entre 0 y 1)

E_x = Coeficiente de Erosionabilidad (valores normalizados entre 0 y 1)

S_x = Profundidad del Suelo (valores normalizados entre 0 y 1)

F_x = Índice de Retención Final (valores normalizados entre 0 y 1)

Si el píxel NO es ribereño, F = Coeficiente de Retención de Sedimentos

Si no, F = (retención de sedimentos + Índice de Continuidad Ribereña)/2

^d El Índice de Retención aguas abajo se calcula como la distancia ponderada aguas abajo a lo largo de la trayectoria del caudal para cada celda. A la red de la corriente primero se le asigna un valor nulo en el ráster de dirección de flujo, por lo que la distancia ponderada aguas abajo se calcula a partir de cada celda a la corriente más cercana. El peso de la celda x es una función de los factores de retención de las celdas a lo largo de la trayectoria del caudal.

$$D_x = W_x L_x + D_{\text{caudal hacia afuera}_x}$$

$$W_x = \frac{(1 - A_x) + Ret_x}{2}$$

Donde

D_x = Índice de Retención Aguas Abajo de la celda x

W_x = Ponderación asignada a la celda x

L_x = Longitud de la celda x

A_x = Índice de Pendiente (valores normalizados entre 0 y 1)

Ret_x = Coeficiente de Retención de Sedimentos (valores normalizados entre 0 y 1)

ii. Nutrient Retention: Phosphorus (Retención de Nutrientes: Fósforo)

Los factores primarios derivados de la revisión de la literatura que influyen en la exportación y la retención de fósforo se presentan en la [Tabla III.ii](#) y se describen brevemente a continuación. Debido a que las fuentes de fósforo que impactan en la calidad del agua se transportan principalmente con los sedimentos (a diferencia de estar disuelto en la superficie o en el escurrimiento subsuperficial), los factores para el Modelo de Categorización de Impacto de Retención de Fósforo son los mismos que para el Control de Erosión. A las ponderaciones predeterminadas se establecen para que cada proceso importante (fuente en píxeles, factores de fuentes arriba y retención abajo, beneficiarios) se les da la misma importancia cuando se consideran todos los factores. Por ejemplo, los factores de exportación de fósforo, erosividad de la lluvia, erosionabilidad del suelo, y profundidad del suelo juntos representan el potencial de impacto de las actividades en la fuente en píxeles de sedimentos. Por lo tanto, a estos cuatro factores se les dan pesos de 0,25, lo que en suma resulta en un peso de 1 para el proceso de fuente en píxeles.

En la tabla siguiente, los valores que tienen el símbolo (~) indican que la transición dada será más eficaz si las actividades se realizan en las zonas que actualmente tienen valores bajos para ese factor. En otras palabras, una mayor puntuación se asignará a las áreas con valores de factor bajos. Los valores de la tabla sin el símbolo (~) indican que la transición será más eficaz en

zonas con altos valores de ese factor. En este caso, las puntuaciones más altas serán asignadas a las áreas con valores de los factores altos. Aquí se da una categoría más alta a las áreas con valores de factor altos. Para obtener más información acerca de cómo influyen los factores en la eficacia de la actividad, consulte la sección de [Análisis Diagnóstico](#).

Tabla III.ii. Factores y ponderaciones por defecto para retención de fósforo. Cada factor se ingresa directamente o se deriva de un mapa de uso y cobertura del suelo provisto por el usuario/a.

| Factor (entradas de la herramienta) | Proceso Capturado | Notas | Mantener vegetación nativa | Revegetación (asistida) | Revegetación (no asistida) | Manejo vegetación agrícola | Zanjas | Manejo fertilizantes | Manejo pastos |
|--|--|---|---|------------------------------------|---------------------------------------|---|---------------|---------------------------------|--------------------------|
| Fuente en píxel | Fuente en el píxel | Derivado del uso del suelo y de la Tabla de Coeficientes (P_Exp) | ~0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Erosividad por lluvia | Fuente en el píxel | Provista por el usuario | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Erosionabilidad del suelo | Fuente en el píxel | Provista por el usuario | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Profundidad del suelo | Fuente en el píxel | Provista por el usuario | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Retención en píxel | Retención en el píxel | Derivado del uso del suelo y de la Tabla de Coeficientes (P_Ret) | 0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 |
| Continuidad ribereña | Retención en el píxel | Calculado de factores de retención en un búfer lineal a lo largo de las corrientes | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Índice de Retención Aguas Abajo | Retención en el pendiente abajo (deseo de minimizar) | Calculado de distancia a la corriente, pendiente corriente arriba y retención de fósforo | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 |
| Índice de Fuente Aguas Arriba | Área de fuente aguas arriba / magnitud (deseo de maximizar caudal) | Promedio de fuente en píxeles y factores de retención, acumulación de caudal corriente arriba del píxel | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Beneficiarios | Localización de beneficiarios con relación a la provisión del servicio | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fuente en píxeles:

Erosividad por lluvia (Rainfall erosivity)

Esta variable depende de la intensidad y duración de las precipitaciones en el área de interés. Cuanto mayor sean la intensidad y duración de una tormenta, mayor será el potencial de erosión. Este factor representa el impacto relativo que la intensidad de lluvia tendrá sobre la cantidad de fósforo ligado al sedimento producido en un área determinada.

Erosionabilidad del suelo (Soil erodibility)

La erosionabilidad del suelo, a veces anotada como K, es una medida de la susceptibilidad de las partículas del suelo a la separación y el transporte por las precipitaciones y la escorrentía. Este factor representa el componente del suelo de la erosión; el impacto relativo que los diferentes tipos de suelo pueden tener sobre el fósforo ligado al sedimento producido en un área determinada.

Profundidad del suelo (Soil depth)

Exportación media de fósforo por tipo de cobertura del suelo (Average P export by land cover type)

Retención en píxeles:

Retención de fósforo (Phosphorus retention)

La eficiencia de retención de fósforo varía según la clase de cobertura del suelo. Una revisión de la literatura produjo eficiencias de retención de P que se pueden utilizar para representar la contribución de la cobertura para la determinación de la retención relativa para una zona determinada.

Continuidad ribereña (Riparian continuity)

La eficacia de las actividades de restauración o de protección en las zonas ribereñas se encuentra altamente correlacionada con su continuidad. Si bien la retención abajo de un área es un factor clave para determinar la efectividad relativa de una actividad en píxeles ribereños, la retención lineal a lo largo del canal de la corriente es más crítico para la determinación de los impactos relativos. Las zonas de amortiguamiento ribereñas continuas son las más efectivas para el mantenimiento o la restauración de la retención de sedimentos y nutrientes. Por lo tanto, una actividad será más eficaz en el control de la carga de sedimentos de un río si resulta en un búfer que antes era discontinuo y se ha convertido en continuo.

Índice de Retención Aguas Abajo (Downslope Retention Index)

El Índice de Retención Aguas Abajo describe la capacidad de retención relativa de la zona abajo de un píxel dado. Dado que las actividades tendrán el mayor impacto en áreas con poca retención abajo, queremos minimizar este factor. El Índice de Retención Aguas Abajo se calcula como una longitud del caudal ponderada, utilizando los factores de la pendiente y la retención de sedimentos como ponderaciones.

Índice de Fuente Aguas Arriba (Upslope Source Index)

El Índice de Fuente Aguas Arriba describe el área fuente y la magnitud de la fuente que alcanza un píxel, factor que se cita con frecuencia como un indicador de la eficacia de una actividad para influir en el control de la erosión. Dado que las actividades serán más eficaces si se realiza en una zona con una gran fuente de fósforo arriba, queremos maximizar este factor. El índice de fuente aguas arriba se calcula como una acumulación de flujo ponderada, utilizando un promedio de todos los factores de fuente en píxeles, los factores de retención y la pendiente.

Beneficiarios (Beneficiaries)

Los beneficiarios son un factor importante para la evaluación de los impactos de las actividades sobre cualquier servicio ecosistémico, ya que representan el máximo beneficio derivado del servicio. Al evaluar los lugares de actividades potenciales y vueltas, es importante tener en cuenta el número de Beneficiarios que aprovechan el capital natural en esa zona. Al considerar la retención de fósforo para la calidad del agua, los Beneficiarios podrían ser el número de personas que dependen del agua producida en esa cuenca.

Ecuaciones del modelo de categorización

Las ecuaciones usadas para calcular los mapas de calificación para Fósforo se listan a continuación.

Protección

Formulación genérica (con pesos de los factores definidos por el usuario/a) =

$$\frac{(U * W_U) + ((1 - D) * W_D) + ((1 - P) * W_P) + (R * W_R) + (E * W_E) + (S * W_S) + (F * W_F) + (B * W_B)}{\sum W}$$

Con coeficientes por defecto, categoría de protección para retención de fósforo =

$$\frac{U + (1 - D) + (0.25 * (1 - P)) + (0.25 * R) + (0.25 * E) + (0.25 * S) + F + B}{5}$$

Restauración, Revegetación, Manejo agrícola, Zanjas, Manejo de fertilizantes, Manejo de pastizales:

Formulación genérica (con pesos de los factores definidos por el usuario/a) =

$$\frac{(U * W_U) + ((1 - D) * W_D) + (P * W_P) + (R * W_R) + (E * W_E) + (S * W_S) + ((1 - F) * W_F) + (B * W_B)}{\sum W}$$

Con coeficientes por defecto, restauración, etc. para retención de fósforo =

$$\frac{U + (1 - D) + (0.25 * P) + (0.25 * R) + (0.25 * E) + (0.25 * S) + (1 - F) + B}{5}$$

Donde (todos son valores normalizados entre 0 y 1)

U = Índice de Fuente Aguas Arriba ^u

D = Índice de Retención Aguas Abajo ^d

P = Coeficiente de Exportación de Fósforo

R = Coeficiente de Erosividad

E = Coeficiente de Erosionabilidad

S = Profundidad del Suelo

F = Índice de Retención Final

Si el píxel NO es ribereño, F = Coeficiente de Retención de Fósforo

Si no, F = (Retención de fósforo + Índice de Continuidad Ribereña)/2

B = Índice de Beneficiarios

W_N = Ponderación signada a cada factor

^u El índice de Fuente Aguas Arriba se calcula como la ponderación acumulada (suma) de todas las celdas que fluyen a cada celda abajo en el ráster de salida. El peso de la célula x es una función de los factores que controlan la exportación y la retención de las células que fluyen hacia la celda x .

$$U_x = W_x + \sum_{i \in \{\text{vecinos que fluyen hacia } x\}} U_i$$
$$W_x = \frac{A_x + X_x + R_x + E_x + S_x + (1 - F_x)}{6}$$

Donde

U_x = Índice de Fuente Aguas Arriba de la celda x

W_x = Ponderación asignada a la celda x

A_x = Índice de Pendiente (valores normalizados entre 0 y 1)

P_x = Coeficiente de Exportación de Fósforo (valores normalizados entre 0 y 1)

R_x = Coeficiente de Erosividad (valores normalizados entre 0 y 1)

E_x = Coeficiente de Erosionabilidad (valores normalizados entre 0 y 1)

S_x = Profundidad del Suelo (valores normalizados entre 0 y 1)

F_x = Índice de Retención Final (valores normalizados entre 0 y 1)

Si es píxel NO es ribereño, F = Coeficiente de Retención de Fósforo

S no, F = (retención de fósforo + Índice de Continuidad Ribereña)/2

^d El Índice de Retención Aguas Abajo se calcula como la distancia ponderada aguas abajo a lo largo de la trayectoria del caudal para cada celda. A la red de la corriente primero se le asigna un valor nulo en el ráster de dirección de flujo, por lo que la distancia ponderada aguas abajo se calcula a partir de cada celda a la corriente más cercana. El peso de la celda x es una función de los factores de retención de las celdas a lo largo de la trayectoria del caudal.

$$D_x = W_x L_x + D_{\text{caudal de salida } x}$$

$$W_x = \frac{(1 - A_x) + Ret_x}{2}$$

Donde

D_x = Índice de Retención Aguas Debajo de la celda x

W_x = Ponderación asignada a la celda x

L_x = Longitud de la celda x

A_x = Índice de Pendiente (valores normalizados entre 0 y 1)

Ret_x = Coeficiente de Retención de Fósforo (valores normalizados entre 0 y 1)

iii. Nutrient Retention: Nitrogen (Retención de Nutrientes: Nitrógeno)

Los factores primarios derivados de la revisión de la literatura que influyen en la exportación y la retención de nitrógeno se presentan en la [Tabla III.iii](#) y se describen a continuación. Debido a que las fuentes de nitrógeno que afectan la calidad del agua a menudo están disueltas en los flujos superficiales y subsuperficiales, los factores para el Modelo de Clasificación de Impacto de Retención de Nitrógeno se enfocan en la exportación y la retención de nitrógeno medidos en los estudios experimentales y de modelado que incorporan flujos tanto superficiales y subsuperficiales. Se establecen ponderaciones predeterminadas para cada proceso importante (Fuente en píxeles, retención, factores de fuentes arriba y retención abajo, beneficiarios) tenga el mismo peso cuando se toman juntos todos los factores. Por ejemplo, los factores Exportación de Nitrógeno y Profundidad del Suelo juntos representan el potencial de que las actividades impacten en la fuente en píxeles de sedimentos. Por lo tanto, a estos factores se les dan pesos de 0,5, lo que en definitiva se traduce en un peso de 1 para el proceso de fuente en píxeles.

En la tabla siguiente, los valores que tienen el símbolo (~) indican que la transición dada será más eficaz si las actividades se realizan en las zonas que actualmente tienen valores bajos para ese factor. En otras palabras, un rango más alto será asignado a las áreas con valores bajos para ese factor. Los valores de la tabla sin el símbolo indican que la transición será más eficaz en zonas con altos valores de ese factor. Aquí, un rango más alto será asignado a áreas con valores altos de los factores. Para obtener más información acerca de cómo influyen los factores en la eficacia de la actividad, consulte la sección de [Análisis Diagnóstico](#).

Tabla III.iii. Factores y ponderaciones por defecto para retención de nitrógeno. Cada factor es ingresado directamente o se deriva de un mapa de uso del suelo provisto por el usuario/a.

| Factor (entradas de la herramienta) | Proceso Capturado | Notas | Mantener vegetación nativa | Revegetación (asistida) | Revegetación (no asistida) | Manejo vegetación agrícola | Zanjas | Manejo fertilizantes | Manejo pastos |
|---|--|---|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------|-------------------------|------------------|
| Fuente en píxel | Fuente en píxeles | Derivado del uso del suelo y de la Tabla de Coeficientes (N_Exp) | ~0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Profundidad del suelo | Fuente en píxeles | Provista por el usuario | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Retención en píxel | Retención en el píxel | Derivado del uso del suelo y de la Tabla de Coeficientes (N_Ret) | 0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 |
| Continuidad ribereña | Retención en el píxel | Calculado de factores de retención en un búfer lineal a lo largo de las corrientes | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Índice de Retención Aguas Abajo | Retención en el pendiente abajo (deseo de minimizar) | Calculado de la distancia a la corriente, pendiente aguas abajo y retención de nitrógeno | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 |
| Índice de Fuente Aguas Arriba | Área de fuente aguas arriba / magnitud (deseo de maximizar caudal) | Promedio de fuente en píxeles y factores de retención, acumulación de caudal corriente arriba del píxel | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Beneficiarios | Localización de beneficiarios con relación a la provisión del servicio | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fuente en píxeles:

Profundidad del suelo (Soil depth)

Exportación media de nitrógeno por tipo de cobertura del suelo (Average N export by land cover type)

Retención en fuente de píxeles:

Retención de Nitrógeno (Nitrogen retention)

La eficiencia de retención de nitrógeno varía según la clase de cobertura del suelo. Una revisión de la literatura produjo eficiencias de retención de N que pueden ser utilizadas para representar la contribución de la cobertura del suelo para la determinación de la retención relativa para una zona determinada.

Continuidad ribereña (Riparian continuity)

La efectividad de las actividades de protección o restauración en las zonas ribereñas se encuentra altamente correlacionada con su continuidad. Si la retención abajo de un área es un factor clave para determinar la efectividad relativa de una actividad en los píxeles ribereños, la retención

lineal a lo largo del canal de la corriente es más crítico para la determinación de los impactos relativos. Las zonas de amortiguamiento ribereñas continuas son las más efectivas para el mantenimiento o la restauración de los sedimentos y la retención de nutrientes. Por lo tanto, una actividad será más eficaz en el control de la carga de sedimentos en un río si resulta en un búfer antes discontinuo que se está haciendo continuo.

Índice de Retención Aguas Abajo (Downslope retention index)

El Índice de Retención Aguas Abajo describe la capacidad de retención relativa de la pendiente abajo de un píxel dado. Dado que las actividades serán más eficaces si se realiza en una zona con poca retención abajo, queremos minimizar este factor. El Índice de Retención Aguas Abajo se calcula como una longitud de flujo ponderada, utilizando los factores de pendiente y retención de nitrógeno como pesos.

Índice de Fuente Aguas Arriba (Upslope source index)

El Índice de Fuente Aguas Arriba describe el área fuente y la magnitud de la fuente que llega a un píxel, un factor que se cita con frecuencia como un indicador de la eficacia de una actividad para influir en la retención de nitrógeno. Dado que las actividades serán más eficaces si se realiza en una zona con una gran fuente de nitrógeno arriba, queremos maximizar este factor. El Índice de Fuente Aguas Arriba se calcula como una acumulación de flujo ponderada, utilizando un promedio de todos los factores de fuente en píxeles, factores de retención y pendiente.

Beneficiarios (Beneficiaries)

Los beneficiarios son un factor importante para la evaluación de los impactos de las actividades sobre cualquier servicio ecosistémico, ya que representan el máximo beneficio derivado del servicio. Al evaluar los lugares potenciales de actividades y retornos, es importante tener en cuenta el número de beneficiarios que aprovechan el capital natural en esa zona. Al considerar la retención de nitrógeno para la calidad del agua potable, los beneficiarios podrían ser el número de personas que dependen del agua producida en esa cuenca.

Ecuaciones del modelo de categorización

Las ecuaciones utilizadas para calcular los mapas de calificación para Nitrógeno se listan a continuación.

Protección

Formulación genérica (con pesos de los factores definidos por el usuario/a) =

$$\frac{(U * W_U) + ((1 - D) * W_D) + ((1 - N) * W_N) + (S * W_S) + (F * W_F) + (B * W_B)}{\sum W}$$

Con coeficientes por defecto, categorías de protección para retención de nitrógeno =

$$\frac{U + (1 - D) + (0.5 * (1 - N)) + (0.5 * S) + F + B}{5}$$

Restauración, Revegetación, Manejo agrícola, Zanjas, Manejo de fertilizantes, Manejo de pastizales:

Formulación genérica (con pesos de los factores definidos por el usuario/a) =

$$\frac{(U * W_U) + ((1 - D) * W_D) + (N * W_N) + (S * W_S) + ((1 - F) * W_F) + (B * W_B)}{\sum W}$$

Con coeficientes por defecto, categorías de restauración, etc. Para retención de nitrógeno =

$$\frac{U + (1 - D) + (0.5 * N) + (0.5 * S) + (1 - F) + B}{5}$$

Donde (todos son valores normalizados entre 0 y 1)

U = Índice de Fuente Aguas Arriba

D = Índice de Retención Aguas Abajo

N = Coeficiente de Exportación de Nitrógeno

S = Profundidad del Suelo

F = Índice de Retención Final

Si el píxel NO es ribereño, F = Coeficiente de Retención de Nitrógeno

Si no, F = (Retención de nitrógeno + Índice de Continuidad Ribereña)/2

B = Índice de Beneficiarios

W_N = Ponderación asignada a cada factor

^u El Índice de Fuente Aguas Arriba se calcula como la ponderación acumulada (suma) de todas las celdas que fluyen a cada celda abajo en el ráster de salida. El peso de la célula x es una función de los factores que controlan la exportación y la retención de las células que fluyen hacia la celda x .

$$U_x = W_x + \sum_{i \in \{\text{vecinos fluyendo a } x\}} U_i$$

$$W_x = \frac{A_x + N_x + S_x + (1 - F_x)}{4}$$

Donde

U_x = Índice de Fuente Aguas Arriba de la celda x

W_x = Ponderación asignada a la celda x

A_x = Índice de Pendiente (valores normalizados entre 0 y 1)

N_x = Coeficiente de Exportación de Nitrógeno (valores normalizados entre 0 y 1)

S_x = Profundidad del Suelo (valores normalizados entre 0 y 1)

F_x = Índice de Retención Final (valores normalizados entre 0 y 1)

Si el píxel NO es ribereño, F = Coeficiente de Retención de Nitrógeno

Si no, F = (Retención de nitrógeno + Índice de Continuidad Ribereña)/2

^d El índice de retención aguas abajo se calcula como la distancia ponderada aguas abajo a lo largo de la trayectoria del caudal para cada celda. A la red de la corriente primero se le asigna un valor nulo en el ráster de dirección de flujo, por lo que la distancia ponderada aguas abajo se calcula a partir de cada celda a la corriente más cercana. El peso de la celda x es una función de los factores de retención de las celdas a lo largo de la trayectoria del caudal.

$$D_x = W_x L_x + D_{\text{caudal de salida}_x}$$

$$W_x = \frac{(1 - A_x) + Ret_x}{2}$$

Donde

D_x = Índice de Retención Aguas Debajo de la celda x

W_x = Ponderación asignada a la celda x

L_x = Longitud de la celda x

A_x = Índice de pendiente (valores normalizados entre 0 y 1)

Ret_x = Coeficiente de Retención de Nitrógeno (valores normalizados entre 0 y 1)

iv. Flood Mitigation (Mitigación de Inundaciones)

Los principales factores que se derivan de la revisión de la literatura y que influyen en las inundaciones y el impacto de las actividades para reducir el riesgo de inundaciones se dan en la [Tabla III.iv](#) y se describen brevemente a continuación. Para el Modelo de Clasificación de Impacto de Mitigación de Inundaciones se hace la hipótesis de que el riesgo principal de una inundación mayor surge de una situación en la que el área de la cuenca está saturada con anterioridad, y un evento de lluvia hace que el exceso de agua se escurra de la superficie del suelo saturado. Por lo tanto, el modelo trata la capacidad de infiltración como algo menos importante en relación con el tiempo de viaje del agua a la salida de la cuenca. El aumento del tiempo de viaje (o el aumento de la capacidad de retención del paisaje) es la principal forma en que las actividades que mantienen o mejoran el capital natural pueden afectar el riesgo de inundaciones. Se establecen ponderaciones predeterminadas para que cada proceso importante (fuente en píxeles, retención, factores de fuentes arriba y retención abajo, beneficiarios) tenga el mismo peso cuando se toman juntos todos los factores. Por ejemplo, los factores de la profundidad de lluvia, cobertura vegetal, textura del suelo y pendiente representan en conjunto el potencial de escorrentía y, por tanto, las actividades que afectan la mitigación de inundaciones. En consecuencia, a estos cuatro factores se les dan pesos de 0,25, lo que en definitiva se traduce en un peso de 1 para el proceso de fuente en píxeles.

En la tabla siguiente, los valores que tienen el símbolo (~) indican que la transición dada será más eficaz si las actividades se realizan en las zonas que actualmente tienen valores bajos para

ese factor. En otras palabras, un rango más alto será asignado a las áreas con valores bajos para ese factor. Los valores de la tabla sin el símbolo indican que la transición será más eficaz en zonas con altos valores de ese factor. Aquí, un rango más alto será asignado a áreas con valores altos de los factores. Para obtener más información acerca de cómo influyen los factores en la eficacia de la actividad, consulte la sección de [Análisis Diagnóstico](#).

Tabla III.iv. Factores y ponderaciones por defecto para mitigación de inundaciones. Cada factor es ingresado directamente o se deriva de un mapa de uso del suelo provisto por el usuario/a.

| Factor (entradas de la herramienta) | Proceso Capturado | Notas | Mantener vegetación nativa | Revegetación (asistida) | Revegetación (no asistida) | Manejo vegetación agrícola | Zanjas | Manejo fertilizantes | Manejo pastos |
|--|--|---|---|------------------------------------|---------------------------------------|---|---------------|---------------------------------|--------------------------|
| Profundidad de lluvia | Fuente en píxeles (potencial de escorrentía) | Provista por el usuario | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Índice de cobertura vegetal | Fuente en píxeles (potencial de escorrentía) | Derivado del uso del suelo y de la Tabla de Coeficientes (Cover_Rank) | 0,25 | ~0,25 | ~0,25 | ~0,25 | ~0,25 | ~0,25 | ~0,25 |
| Índice de textura del suelo | Fuente en píxeles (potencial de escorrentía) | Provista por el usuario | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Índice de pendiente | Fuente en píxeles (potencial de escorrentía) | Provista por el usuario | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Rugosidad de la vegetación (Retención en píxel) | Retención en píxeles | Derivado del uso del suelo y de la Tabla de Coeficientes (Rough_Rank) | 0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 |
| Continuidad ribereña | Retención en píxeles | Calculado de factores de retención en un búfer lineal a lo largo de las corrientes | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Índice de Retención Aguas Abajo | Retención en el pendiente abajo (deseo de minimizar) | Calculado de la distancia a la corriente, pendiente abajo y rugosidad de la vegetación | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 |
| Índice de Fuente Aguas Arriba | Área de fuente aguas arriba / magnitud (deseo de maximizar caudal) | Promedio de fuente en píxeles y factores de retención, acumulación de caudal corriente arriba del píxel | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Beneficiarios | Localización de beneficiarios con relación a la provisión del servicio | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fuente en píxeles:

Los factores de fuente en píxeles para inundaciones son las que describen la magnitud de la escorrentía. Los factores que se utilizan aquí para representar la magnitud de la escorrentía se derivan de un método desarrollado por la FAO que relaciona la profundidad de la lámina

escurrida para una tormenta dada con la precipitación, la textura del suelo, la cobertura vegetal y la pendiente.

Profundidad de la lluvia (Rainfall depth)

La profundidad de la lluvia influye en la cantidad de escorrentía producida a partir de un píxel dado. Idealmente, la profundidad promedio de lluvia de un evento dado de retorno de una tormenta sería proporcionada por el usuario/a. Como sustituto se recomienda utilizar el Promedio de Precipitaciones del Mes más Húmedo, que es una estadística disponible a nivel mundial a partir de la base de datos WorldClim.

Textura a del suelo (Soil texture)

Pendiente (Slope)

Cobertura vegetal (Vegetative cover)

Retención en píxeles:

Rugosidad (Manning n) (Manning's n Roughness)

El Coeficiente “n” de Manning describe la rugosidad de la superficie en relación con el tipo de vegetación presente. El coeficiente de rugosidad se relaciona con la resistencia que encuentra el agua a medida que viaja a través de la superficie en forma de flujo superficial, por lo que se utiliza en la clasificación Modelo de Mitigación de Inundaciones como sustituto de la Retención en los píxeles.

Continuidad ribereña (Riparian continuity)

La eficacia de las actividades de restauración o de protección en las zonas ribereñas se encuentra altamente correlacionada con su continuidad. Si bien la retención abajo de un área es un factor clave para determinar la efectividad relativa de una actividad en píxeles ribereños, la retención lineal a lo largo del canal de la corriente es más crítico para la determinación de los impactos relativos. Para la mitigación de inundaciones, las zonas de amortiguamiento ribereñas continuas son las más efectivas. Una actividad será más eficaz en el control del flujo superficial a un río si resulta en un búfer que antes era discontinuo y se está convirtiendo en continuo.

Índice de Retención Aguas Abajo (Downslope retention index)

El Índice de Retención Aguas Abajo describe la capacidad relativa de una zona abajo de un píxel dado de retardar la velocidad del caudal. Dado que las actividades tendrán el mayor impacto en áreas con poca retención abajo, queremos minimizar este factor. El índice de retención aguas abajo se calcula como una longitud del caudal ponderada, utilizando los factores de la pendiente y el Coeficiente n de Rugosidad como ponderaciones.

Índice de Fuente Aguas Arriba (Upslope source index)

El Índice de Fuente Aguas Arriba describe el área fuente y la magnitud de la escorrentía que alcanza un píxel. Dado que las actividades para mitigar la inundación serán más eficaces si se realiza en una zona con una gran fuente de escorrentía arriba, queremos maximizar este factor. El

Índice de Fuente Aguas Arriba se calcula como una acumulación de flujo ponderada, utilizando un promedio de todos los factores de fuente en píxeles, los factores de retención y la pendiente.

Beneficiarios (Beneficiaries)

Los beneficiarios son un factor importante para la evaluación de los impactos de las actividades sobre cualquier servicio ecosistémico, ya que representan el máximo beneficio derivado del servicio. Al evaluar los lugares de actividades potenciales y vueltas, es importante tener en cuenta el número de Beneficiarios que aprovechan el capital natural en esa zona. Al considerar la mitigación de inundaciones, los Beneficiarios podrían ser el número de personas que dependen del agua producida en esa cuenca.

Ecuaciones del modelo de categorización

Las ecuaciones utilizadas para calcular los mapas de calificación para Mitigación de Inundaciones se listan a continuación.

Protección

Formulación genérica (con pesos de los factores definidos por el usuario/a) =

$$\frac{(U * W_U) + ((1 - D) * W_D) + (Pr * W_{Pr}) + (C * W_C) + ((1 - T) * W_T) + (Sl * W_{Sl}) + (F * W_F) + (B * W_B)}{\sum W}$$

Con coeficientes por defecto, categoría de protección para mitigación de inundaciones =

$$\frac{U + (1 - D) + (0.25 * Pr) + (0.25 * C) + (0.25 * (1 - T)) + (0.25 * Sl) + F + B}{5}$$

Restauración, Revegetación, Manejo agrícola, Zanjas, Manejo de fertilizantes, Manejo de pastizales:

Formulación genérica (con pesos de los factores definidos por el usuario/a) =

$$\frac{(U * W_U) + ((1 - D) * W_D) + (Pr * W_{Pr}) + ((1 - C) * W_C) + (T * W_T) + (Sl * W_{Sl}) + ((1 - F) * W_F) + (B * W_B)}{\sum W}$$

Con coeficientes por defecto, categoría de restauración, etc. Para mitigación de inundaciones =

$$\frac{U + (1 - D) + (0.25 * Pr) + (0.25 * (1 - C)) + (0.25 * T) + (0.25 * Sl) + (1 - F) + B}{5}$$

Donde (todos son valores normalizados entre 0 y 1)

U = Índice de Fuente Aguas Arriba
 D = Índice de Retención Aguas Abajo
 Pr = Precipitación del mes más húmedo
 C = Índice de Cobertura de Vegetación
 T = Índice de Textura del Suelo
 Sl = Índice de Pendiente
 F = Índice de Retención Final

Si el pixel NO es ribereño, F = Coeficiente de Rugosidad de la Vegetación

Si no, F = (Coeficiente de Rugosidad de la Vegetación + Índice de Continuidad Ribereña)/2

B = Índice de Beneficiarios

W_N = Ponderación asignada a cada factor

^u El Índice de Fuente Aguas Arriba se calcula como la ponderación acumulada (suma) de todas las celdas que fluyen a cada celda abajo en el ráster de salida. El peso de la célula x es una función de los factores que controlan la exportación y la retención de las células que fluyen hacia la celda x .

$$U_x = W_x + \sum_{i \in \{\text{vecinos fluyendo hacia } x\}} U_i$$

$$W_x = \frac{Pr_x + (1 - C_x) + T_x + Sl_x + (1 - F_x)}{5}$$

Donde

U_x = Índice de Fuente Aguas Arriba de la celda x

W_x = Ponderación asignada a la celda x

Pr_x = Precipitación del mes más húmedo (valores normalizados entre 0 y 1)

C_x = Índice de Cobertura de Vegetación (valores normalizados entre 0 y 1)

T_x = Índice de Textura del Suelo (valores normalizados entre 0 y 1)

Sl_x = Índice de Pendiente (valores normalizados entre 0 y 1)

Si el pixel NO es ribereño, F = Coeficiente de Rugosidad de la Vegetación

Si no, F = (Coeficiente de Rugosidad de la Vegetación + Índice de Continuidad Ribereña)/2

^d El Índice de Retención Aguas Abajo se calcula como la distancia ponderada aguas abajo a lo largo de la trayectoria del caudal para cada celda. A la red de la corriente primero se le asigna un valor nulo en el ráster de dirección de flujo, por lo que la distancia ponderada aguas abajo se calcula a partir de cada celda a la corriente más cercana. El peso de la celda x es una función de los factores de retención de las celdas a lo largo de la trayectoria del caudal.

$$D_x = W_x L_x + D_{\text{caudal de salida}_x}$$

$$W_x = \frac{(1 - Sl_x) + Ret_x}{2}$$

Donde

D_x = Índice de Retención Aguas Debajo de la celda x

W_x = Ponderación asignada a la celda x

L_x = Longitud de la celda x

Sl_x = Índice de Pendiente (valores normalizados entre 0 y 1)

Ret_x = Coeficiente de Rugosidad de la Vegetación (valores normalizados entre 0 y 1)

v. Groundwater Recharge Enhancement (Mejora de la recarga de agua subterránea)

Los principales factores derivados de la revisión de la literatura que influyen en la recarga de acuíferos y el impacto de las actividades para fortalecerla se presentan en la [Tabla III.v](#) y se describen brevemente a continuación. La versión actual del Modelo de Categorización de Impacto de Recarga de Aguas subterráneas está diseñado para abordar la mejora de recarga en un acuífero kárstico confinado, u otro acuífero no confinado. En los acuíferos confinados, donde el área de recarga puede no coincidir con los campos de pozos o no es muy bien entendido, los procesos representados aquí no serían aplicables. Al igual que en el Modelo de categorización del Impacto de Mitigación de Inundaciones, el Modelo de Mejora de la recarga de Agua Subterránea considera el volumen de escorrentía producida como fuente, pero también incorpora otros factores que influyen en la infiltración (por ejemplo la retención) en el paisaje. Se asume que las actividades que influyen en la infiltración también tenderán a aumentar la probabilidad de recarga de las aguas subterráneas, aunque en realidad las dos cosas no siempre son lo mismo. La inclusión de la evapotranspiración real como factor tiene en cuenta la influencia relativa de la vegetación en la determinación de si el agua infiltrada se pierde en la evapotranspiración o es retenida como percolación profunda, lo que podría aumentar la recarga. Se establecen ponderaciones para que cada proceso importante (fuente en píxeles, retención, factores de fuentes arriba y retención abajo, beneficiarios) tenga el mismo peso cuando se toman juntos todos los factores. Por ejemplo, los factores de profundidad de precipitación anual, evapotranspiración real, cobertura vegetal, textura del suelo y pendiente en conjunto representan el potencial de las actividades para incidir en el potencial de infiltración de un área (fuente de recarga). Por tanto, a estos cinco factores se les dan pesos de 0,2, lo que en definitiva se traduce en un peso de 1 para la Fuente en proceso de píxeles.

En la tabla siguiente, los valores que tienen el símbolo (~) indican que la transición dada será más eficaz si las actividades se realizan en las zonas que actualmente tienen valores bajos para ese factor. En otras palabras, un rango más alto será asignado a las áreas con valores bajos para ese factor. Los valores de la tabla sin el símbolo indican que la transición será más eficaz en zonas con altos valores de ese factor. Aquí, un rango más alto será asignado a áreas con valores altos de los factores. Para obtener más información acerca de cómo influyen los factores en la eficacia de la actividad, consulte la sección de [Análisis Diagnóstico](#).

Tabla III.v. Factores y ponderaciones por defecto para mejora de recarga de acuíferos. Cada factor puede ser ingresado directamente o derivarse del mapa de uso del suelo provisto por el usuario/a.

| Factor (entradas de la herramienta) | Proceso Capturado | Notas | Mantener vegetación nativa | Revegetación (asistida) | Revegetación (no asistida) | Manejo vegetación agrícola | Zanjas | Manejo fertilizantes | Manejo pastos |
|--|--|---|---|------------------------------------|---------------------------------------|---|---------------|---------------------------------|--------------------------|
| Profundidad de lluvia | Fuente en píxeles | Precipitación media anual | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Evapotranspiración real | Fuente en píxeles | ETR media anual | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Índice de cobertura vegetal | Fuente en píxeles | Derivado del uso del suelo y de la Tabla de Coeficientes (cover_Rank) | 0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 |
| Índice de textura del suelo | Fuente en píxeles | Provista por el usuario | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Índice de pendiente | Fuente en píxeles | Provista por el usuario | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 |
| Uso del suelo/Cobertura del suelo | Retención en píxeles | Derivado de uso del suelo y Coeficiente (n) de la Tabla de Rugosidad | 0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 |
| Profundidad del suelo | Retención en píxeles | Provista por el usuario | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Áreas preferenciales de recarga | Retención en píxeles | Localización de áreas preferenciales de recarga (es decir, características de la geología kárstica) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Índice de Retención Aguas Abajo | Retención en el pendiente abajo (deseo de minimizar) | Calculada de distancia a corriente, pendiente corriente abajo, uso del suelo, Coeficiente de Rugosidad, y profundidad del suelo | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 |
| Índice de Fuente Aguas Arriba | Área de fuente aguas arriba / magnitud (deseo de maximizar caudal) | Media de factores de fuente en píxeles, acumulación de caudales corriente arriba del píxel | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Beneficiarios | Localización de beneficiarios con relación a la provisión del servicio | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fuente en píxeles:

Los factores de fuente en píxeles para la recarga de aguas subterráneas son aquellos que describen la magnitud de la esorrentía. Los factores que se utilizan aquí para representar la magnitud de esorrentía se derivan de un método desarrollado por la FAO que se relaciona con la profundidad de la lámina escurrida para una tormenta dada frente a la lluvia, la textura del suelo, la cubierta vegetal y la pendiente.

Profundidad de la Lluvia (Rainfall depth)

La profundidad de la lluvia influye en la cantidad de la esorrentía producida a partir de un píxel

dado. La media de la profundidad de lluvia anual se utiliza para representar la magnitud relativa potencial de escurrimiento.

Textura del Suelo (Soil texture)

Pendiente (Slope)

Cobertura Vegetal (Vegetation cover)

Evapotranspiración media anual real (Mean annual actual evapotranspiration)

Retención en píxeles:

Rugosidad (Manning n) (Manning's n Roughness)

El Coeficiente n de Manning describe la rugosidad de la superficie en relación con el tipo de vegetación presente. El Coeficiente de Rugosidad se relaciona con la resistencia que encuentra el agua a medida que viaja a través de la superficie en forma de flujo superficial, por lo que se utiliza aquí como un sustituto para la retención en píxeles.

Profundidad del Suelo (Soil depth)

Áreas Preferenciales de Recarga (Preferential recharge áreas)

Una gran proporción de la recarga de aguas subterráneas puede ocurrir cuando el agua se precipita o fluye sobre acuíferos con características destacadas de recarga. Esto es especialmente cierto en las zonas con un significativo desarrollo kárstico. Por lo tanto, las actividades para mejorar la recarga son más eficaces si se realizan en zonas donde hay un alto potencial para la recarga basado en una evaluación de la geología subyacente.

Índice de Retención Aguas Abajo (Downslope retention index)

El Índice de Retención Aguas Abajo describe la capacidad relativa de la zona abajo de un píxel dado para retardar la velocidad del caudal. Dado que las actividades serán más eficaces si se realizan en una zona con poca retención abajo, queremos minimizar este factor. El Índice de Retención Aguas Abajo se calcula como una longitud de flujo ponderada, usando la pendiente y el Coeficiente de Rugosidad (n) como ponderaciones. Sin embargo, mejorar la infiltración en las proximidades de un canal de flujo es poco probable que contribuya a los niveles del; más bien, el caudal tenderá a viajar rápidamente a través del subsuelo y a emerger como flujo base en la corriente. En RIOS se usa un valor umbral de 250 metros, dentro de cuya distancia los píxeles no son ponderados fuertemente por su influencia en la recarga de los acuíferos.

Índice de Fuente Aguas Arriba (Upslope source index)

El Índice de Fuente Aguas Arriba describe el área fuente y la magnitud de la escorrentía que llega a un píxel. Dado que las actividades serán más eficaces si se realiza en una zona con una gran fuente de escorrentía arriba, queremos maximizar este factor. El Índice de Fuente Aguas Arriba se calcula como una acumulación de flujo ponderada, utilizando un promedio de todos los factores de fuente en píxeles, factores de retención y pendiente.

Beneficiarios (Beneficiaries)

Los beneficiarios son un factor importante para la evaluación de los impactos de las actividades sobre cualquier servicio ecosistémico, ya que representan el máximo beneficio derivado del servicio. Al considerar la recarga de acuíferos, es importante tener en cuenta el número de beneficiarios que dependen del agua provista por el acuífero, o el número de pozos de abastecimiento completados en el acuífero.

Ecuaciones de modelo de categorización

Las ecuaciones utilizadas para calcular los mapas de calificación para el agua subterránea se listan a continuación.

Protección

Formulación genérica (con pesos de los factores definidos por el usuario/a) =

$$\frac{(U * W_U) + ((1 - D) * W_D) + (A * W_A) + ((1 - AET) * W_{AET}) + (C * W_C) + ((1 - T) * W_T) + ((1 - SI) * W_{SI}) + (S * W_S) + (F * W_F) + (K * W_K) + (B * W_B)}{\sum W}$$

Con coeficientes por defecto, categoría de protección para mejora de la recarga del agua subterránea =

$$\frac{U + (1 - D) + (0.2 * A) + (0.2 * (1 - AET)) + (0.2 * C) + (0.2 * (1 - T)) + (0.2 * (1 - SI)) + (0.5 * S) + (0.5 * F) + K + B}{6}$$

Restauración, Revegetación, Manejo agrícola, Zanjas, Manejo de fertilizantes, Manejo de pastizales:

Formulación genérica (con pesos de los factores definidos por el usuario/a) =

$$\frac{(U * W_U) + ((1 - D) * W_D) + (A * W_A) + ((1 - AET) * W_{AET}) + ((1 - C) * W_C) + ((1 - T) * W_T) + ((1 - SI) * W_{SI}) + (S * W_S) + ((1 - F) * W_F) + (K * W_K) + (B * W_B)}{\sum W}$$

Con coeficientes por defecto, restauración, etc., categoría de mejora de recarga de agua subterránea =

$$\frac{U + (1 - D) + (0.2 * A) + (0.2 * (1 - AET)) + (0.2 * (1 - C)) + (0.2 * (1 - T)) + (0.2 * (1 - SI)) + (0.5 * S) + (0.5 * (1 - F)) + K + B}{6}$$

Donde (todos son valores normalizados entre 0 y 1)

U = Índice de Fuente Aguas Arriba

D = Índice de Retención Aguas Abajo

A = Precipitación anual media
 AET = Evapotranspiración real anual media
 C = Índice de Cobertura Vegetal
 T = Índice de Textura del Suelo
 Sl = Índice de Pendiente
 S = Profundidad del Suelo
 K = Índice de Recarga Preferencial
 F = Coeficiente de Rugosidad de la Vegetación
 B = Índice de Beneficiarios
 W_N = Ponderación asignada a cada factor

^u El Índice de Fuente Aguas Arriba se calcula como la ponderación acumulada (suma) de todas las celdas que fluyen a cada celda abajo en el ráster de salida. El peso de la célula x es una función de los factores que controlan la exportación y la retención de las células que fluyen hacia la celda x .

$$U_x = W_x + \sum_{i \in \{\text{vecinos que fluyen hacia } x\}} U_i$$

$$W_x = \frac{A_x + (1 - AET_x) + (1 - C_x) + T_x + Sl_x + S_x + (1 - Ret_x)}{7}$$

Donde

U_x = Índice de Fuente Aguas Arriba de la celda x
 W_x = Ponderación asignada a la celda x
 A_x = Precipitación anual media (valores normalizados entre 0 y 1)
 AET_x = Evapotranspiración real anual media (valores normalizados entre 0 y 1)
 C_x = Índice de Cobertura Vegetal (valores normalizados entre 0 y 1)
 T_x = Índice de Textura del Suelo (valores normalizados entre 0 y 1)
 Sl_x = Índice de Pendiente (valores normalizados entre 0 y 1)
 S_x = Profundidad del Suelo (valores normalizados entre 0 y 1)
 F_x = Coeficiente de Rugosidad de la Vegetación (valores normalizados entre 0 y 1)

^d El índice de retención aguas abajo se calcula como la distancia ponderada aguas abajo a lo largo de la trayectoria del caudal para cada celda. A la red de la corriente primero se le asigna un valor nulo en el ráster de dirección de flujo, por lo que la distancia ponderada aguas abajo se calcula a partir de cada celda a la corriente más cercana. El peso de la celda x es una función de los factores de retención de las celdas a lo largo de la trayectoria del caudal.

$$D_x = W_x L_x + D_{\text{caudal de salida } x}$$

$$W_x = \frac{(1 - Sl_x) + F_x}{2}$$

Donde

D_x = Índice de Retención Aguas Debajo de la celda x

W_x = Ponderación asignada a la celda x

L_x = Longitud de la celda x

SL_x = Índice de pendiente (valores normalizados entre 0 y 1)

F_x = Coeficiente de Rugosidad de la Vegetación (valores normalizados entre 0 y 1)

vi. Dry Season Baseflow (Caudal Base en Época Seca)

La vegetación puede interceptar las precipitaciones, frenar la escorrentía superficial de agua y aumentar el almacenamiento temporal del agua subterránea en los suelos, llanuras de inundación y riberas, que más tarde se libera lentamente durante la estación seca para aumentar la magnitud y permanencia de los caudales bajos. Los principales factores derivados de la revisión de la literatura que influyen en el caudal base estacional y en el impacto de las actividades para fortalecerlo se presentan en la [Tabla III.vi](#) y se describen brevemente a continuación. Al igual que en los modelos de Mitigación de Impacto de Inundaciones y de recarga de Aguas Subterráneas, el Modelo de Caudal Base en Estación Seca considera el volumen de escorrentía producido como fuente, mas también incorpora otros factores que influyen en la infiltración (por ejemplo, retención) en el paisaje. Se asume que las actividades que influyen en la infiltración también tenderán a aumentar la retención de agua en el perfil del suelo y facilitar su lenta liberación hacia las corrientes. Se establecen ponderaciones predeterminadas para que cada proceso importante (fuente en píxeles, retención, factores de fuentes arriba y retención abajo, beneficiarios) tengan el mismo peso cuando se toman juntos todos los factores. Por ejemplo, los factores profundidad de lluvia anual, factores, ETR, cubierta vegetal, textura del suelo y pendiente en conjunto representan el potencial que tienen las actividades para incidir en el potencial de infiltración de un área (fuente de aguas infiltradas). Por tanto, a estos cinco factores se les dan pesos de 0,2, lo que en definitiva se traduce en un peso de 1 para el proceso de fuente en píxeles.

En la tabla siguiente, los valores que tienen el símbolo (~) indican que la transición dada será más eficaz si las actividades se realizan en las zonas que actualmente tienen valores bajos para ese factor. En otras palabras, un rango más alto será asignado a las áreas con valores bajos para ese factor. Los valores de la tabla sin el símbolo indican que la transición será más eficaz en zonas con altos valores de ese factor. Aquí, un rango más alto será asignado a áreas con valores altos de los factores. Para obtener más información acerca de cómo influyen los factores en la eficacia de la actividad, consulte la sección de [Análisis Diagnóstico](#).

Tabla III.vi. Factores y ponderaciones por defecto para Caudal Base en Estación Seca. Cada factor se ingresa directamente o se deriva del mapa de uso del suelo provisto por el usuario/a.

| Factor (entradas de la herramienta) | Proceso Capturado | Notas | Mantener vegetación nativa | Revegetación (asistida) | Revegetación (no asistida) | Manejo vegetación agrícola | Zanjas | Manejo fertilizantes | Manejo pastos |
|---|--|---|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------|-------------------------|------------------|
| Profundidad de lluvia | Fuente en píxeles | Precipitación media anual | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Evapotranspiración real | Fuente en píxeles | ETR media anual | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Índice de cobertura vegetal | Fuente en píxeles | Derivado del uso del suelo y de la Tabla de Coeficientes (cover_Rank) | 0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 |
| Índice de textura de suelos | Fuente en píxeles | Provista por el usuario | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Índice de pendiente | Fuente en píxeles | Provista por el usuario | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 | ~0,2 |
| Uso del suelo/Cobertura del suelo | Retención en píxeles | Derivado de uso del suelo y de la Tabla de Coeficiente de Rugosidad (n) | 0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 | ~0,5 |
| Profundidad del suelo | Retención en píxeles | Provista por el usuario | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Índice de Retención Aguas Abajo | Retención en el pendiente abajo (deseo de minimizar) | Calculado de la distancia a la corriente, pendiente corriente abajo, uso del suelo, Coeficiente de Rugosidad y profundidad del suelo | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 | ~1 |
| Índice de Fuente Aguas Arriba | Área de fuente aguas arriba / magnitud (deseo de maximizar caudal) | Media de factores de fuente en píxeles, acumulación de caudal corriente arriba del pixel | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Beneficiarios | Localización de beneficiarios con relación a la provisión del servicio | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fuente en píxeles:

Los factores de fuentes en píxeles para el flujo base son los que describen la magnitud de la escorrentía. Los factores que se utilizan aquí para representar la magnitud de escorrentía se derivan de un método desarrollado por la FAO que relaciona la profundidad de la escorrentía para una tormenta dada frente a la lluvia, la textura del suelo, la cobertura vegetal y la pendiente.

Profundidad de Lluvia (Rainfall depth)

La profundidad de la lluvia influye en la cantidad de la escorrentía producida a partir de un píxel

dado. La media de la profundidad de lluvia anual se utiliza para representar la magnitud relativa potencial de escurrimiento.

Textura del Suelo (Soil texture)

Pendiente (Slope)

Cobertura Vegetal (Vegetative Cover)

Evapotranspiración Media Anual Real (Mean annual actual evapotranspiration)

Retención en píxeles:

Rugosidad (Manning n) (Manning's n Roughness)

El Coeficiente n de Manning describe la rugosidad de la superficie en relación con el tipo de vegetación presente. El Coeficiente de Rugosidad se relaciona con la resistencia que encuentra el agua a medida que viaja a través de la superficie en forma de flujo superficial, por lo que se utiliza aquí como un sustituto para la retención en píxeles.

Profundidad del Suelo (Soil depth)

Índice de Retención Aguas Abajo (Downslope retention index)

El Índice de Retención Aguas Abajo describe la capacidad relativa de la zona abajo de un píxel dado para retardar la velocidad del caudal. Dado que las actividades serán más eficaces si se realizan en una zona con poca retención abajo, queremos minimizar este factor. El Índice de Retención Aguas Abajo se calcula como una longitud de flujo ponderada, usando la pendiente y el Coeficiente de Rugosidad (n) como ponderaciones.

Índice de Fuente Aguas Arriba (Upslope source index)

El Índice de Fuente Aguas Arriba describe el área fuente y la magnitud de la escorrentía que llega a un píxel. Dado que las actividades serán más eficaces si se realiza en una zona con una gran fuente de escorrentía arriba, queremos maximizar este factor. El Índice de Fuente Aguas Arriba se calcula como una acumulación de flujo ponderada, utilizando un promedio de todos los factores de fuente en píxeles, factores de retención y pendiente.

Beneficiarios (Beneficiaries)

Los beneficiarios son un factor importante para la evaluación de los impactos de las actividades sobre cualquier servicio ecosistémico, ya que representan el máximo beneficio derivado del servicio. Al considerar el caudal base, los beneficiarios podrían ser el número de personas que dependen del agua para el riego y el uso doméstico durante la estación seca, o un índice de las especies que dependen de los caudales ambientales.

Ecuaciones del modelo de categorización

Las ecuaciones utilizadas para calcular los mapas de calificación para caudal base se listan a

continuación.

Protección

Formulación genérica (con pesos de los factores definidos por el usuario/a) =

$$\frac{(U * W_U) + ((1 - D) * W_D) + (A * W_A) + ((1 - AET) * W_{AET}) + (C * W_C) + ((1 - T) * W_T) + ((1 - Sl) * W_{Sl}) + (S * W_S) + (F * W_F) + (B * W_B)}{\sum W}$$

Con coeficientes por defecto, categoría de protección para mejora de caudal base =

$$\frac{U + (1 - D) + (0.2 * A) + (0.2 * (1 - AET)) + (0.2 * C) + (0.2 * (1 - T)) + (0.2 * (1 - Sl)) + (0.5 * S) + (0.5 * F) + B}{5}$$

Restauración, Revegetación, Manejo agrícola, Zanjas, Manejo de fertilizantes, Manejo de pastizales:

Formulación genérica (con pesos de los factores definidos por el usuario/a) =

$$\frac{(U * W_U) + ((1 - D) * W_D) + (A * W_A) + ((1 - AET) * W_{AET}) + ((1 - C) * W_C) + ((1 - T) * W_T) + ((1 - Sl) * W_{Sl}) + (S * W_S) + ((1 - F) * W_F) + (B * W_B)}{\sum W}$$

Con coeficientes por defecto, restauración, etc. para mejora de caudal base =

$$\frac{U + (1 - D) + (0.2 * A) + (0.2 * (1 - AET)) + (0.2 * (1 - C)) + (0.2 * (1 - T)) + (0.2 * (1 - Sl)) + (0.5 * S) + (0.5 * (1 - F)) + B}{5}$$

Donde (todos son valores normalizados entre 0 y 1)

U = Índice de Fuente Aguas Arriba

D = Índice de Retención Aguas Abajo

A = Precipitación anual media

AET = Evapotranspiración real anual media

C = Índice de Cobertura Vegetal

T = Índice de Textura de Suelos

Sl = Índice de Pendiente

S = Profundidad del Suelo

F = Coeficiente de Rugosidad de Vegetación

B = Índice de Beneficiarios

W_N = Ponderación asignada a cada factor

^u El Índice de Fuente Aguas Arriba se calcula como la ponderación acumulada (suma) de todas las celdas que fluyen a cada celda abajo en el ráster de salida. El peso de la célula x es una función de los factores que controlan la exportación y la retención de las células que fluyen hacia la celda x .

$$U_x = W_x + \sum_{i \in \{\text{vecinos que fluyen hacia } x\}} U_i$$

$$W_x = \frac{A_x + (1 - AET_x) + (1 - C_x) + T_x + Sl_x + S_x + (1 - Ret_x)}{7}$$

Donde

U_x = Índice de Fuente Aguas Arriba de la celda x

W_x = Ponderación asignada a la celda x

A_x = Precipitación anual media (valores normalizados entre 0 y 1)

AET_x = Evapotranspiración real anual media (valores normalizados entre 0 y 1)

C_x = Índice de Cobertura Vegetal (valores normalizados entre 0 y 1)

T_x = Índice de Textura de Suelos (valores normalizados entre 0 y 1)

Sl_x = Índice de Pendiente (valores normalizados entre 0 y 1)

S_x = Profundidad del Suelo (valores normalizados entre 0 y 1)

F_x = Coeficiente de Rugosidad de Vegetación (valores normalizados entre 0 y 1)

^d El índice de retención aguas abajo se calcula como la distancia ponderada aguas abajo a lo largo de la trayectoria del caudal para cada celda. A la red de la corriente primero se le asigna un valor nulo en el ráster de dirección de flujo, por lo que la distancia ponderada aguas abajo se calcula a partir de cada celda a la corriente más cercana. El peso de la celda x es una función de los factores de retención de las celdas a lo largo de la trayectoria del caudal.

$$D_x = W_x L_x + D_{\text{caudal hacia afuera}_x}$$

$$W_x = \frac{(1 - Sl_x) + F_x}{2}$$

Donde

D_x = Índice de Retención Aguas Debajo de la celda x

W_x = Ponderación asignada a la celda x

L_x = Longitud de la celda x

Sl_x = Índice de pendiente (valores normalizados entre 0 y 1)

F_x = Coeficiente de Rugosidad de Vegetación (valores normalizados entre 0 y 1)

vii. Biodiversity (Biodiversidad)

La biodiversidad se incluye como una opción para los usuarios/as de RIOS que tienen datos sobre el valor de la biodiversidad de la zona de estudio y desean incluir este objetivo en el diseño del portafolio. RIOS no modela la biodiversidad directamente, pero se puede usar para clasificar las entradas del paisaje para el valor de la biodiversidad en relación con las transiciones y otros objetivos. Este objetivo incluye tres factores de entrada opcionales: puntuación de la protección, puntuación de la restauración, y puntuación del manejo agrícola. Estas opciones dan a los usuarios/as la flexibilidad para calificar el paisaje de acuerdo con áreas de alta prioridad para la

biodiversidad en su estado actual (protección), alta prioridad para la restauración de la biodiversidad, alta prioridad para la implementación de prácticas agrícolas que pueden aumentar la biodiversidad, o las tres cosas. El peso por defecto para cada uno de estos factores se ha fijado en 1.

viii. Other (Otros)

RIOS incluye tres "Otros" objetivos opcionales que dan a los usuarios/as la flexibilidad de utilizar cualquier método de priorización que elijan al aprovechar las herramientas de optimización multiobjetivo y de asignación de presupuesto que RIOS proporciona. Cada objetivo "Otros" incluye tres factores de entrada opcionales: puntuación de la protección, puntuación de la restauración, puntuación del manejo agrícola. Esto da a los usuarios/as la flexibilidad de calificar el paisaje con respecto a si las zonas son de alta prioridad para el otro objetivo en su estado actual (protección), de alta prioridad para la restauración, de alta prioridad para la implementación de prácticas agrícolas para alcanzar el objetivo, o las tres. El peso por defecto para cada uno de estos factores se ha fijado en 1.

ix. Los modelos InVEST y el Estimador de Beneficios

El Estimador de Beneficios de RIOS actualmente incluye tres modelos InVEST que estiman el cambio en la provisión de servicios ecosistémicos desde la condición de línea de base hasta después que se han ejecutado las actividades del portafolio. La versión actual de RIOS incluye modelos para estimar la provisión de SA para cuatro objetivos: control de erosión para producción de energía hidroeléctrica, control de la erosión para la calidad del agua, retención de nitrógeno y retención de fósforo.

Los modelos InVEST se integran a RIOS por medio de una interfaz particular, pero la arquitectura, las entradas y las salidas básicas del modelo son idénticas a los modelos InVEST 3.0 independientes (*stand-alone*). Los usuarios/as deben remitirse a la [Guía del usuario InVEST Online](#) para leer detalles de los modelos.

La [Figura 7](#) muestra un ejemplo de cómo se calculan los beneficios de ejecución del portafolio al usar RIOS. Si se calcula únicamente la diferencia en la provisión de SA entre la cobertura del suelo base y la cobertura de la tierra restaurada y protegida (Sc1), se subestima el verdadero valor de las actividades debido a que las áreas protegidas no se han modificado. Por lo tanto, RIOS también calcula el beneficio marginal de la protección mediante la creación de un escenario en el que las áreas protegidas se convierten en otra cobertura de suelo. El total de retornos de SE del portafolio se calculan como los beneficios de la restauración más el beneficio marginal de la protección.

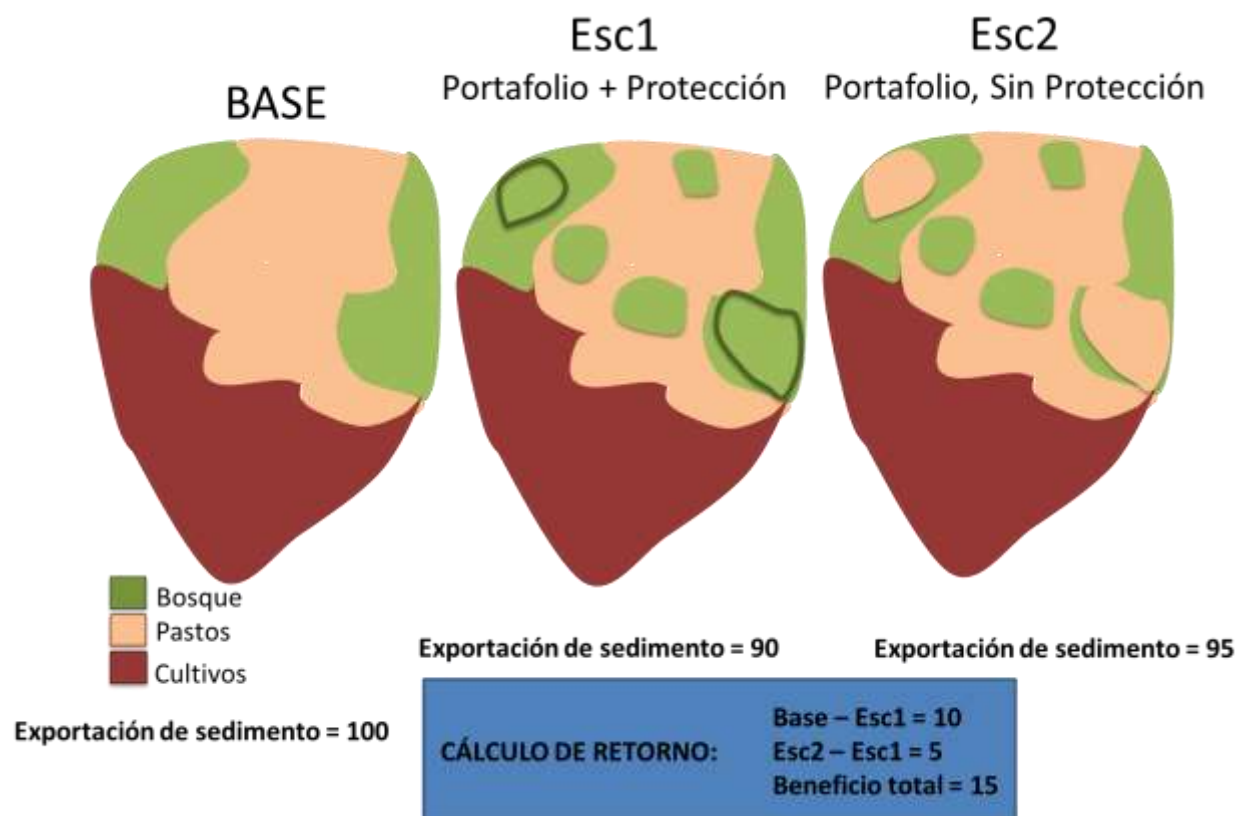


Figura 7. Ejemplo de cómo los beneficios de las inversiones se calculan en el módulo Estimador de Beneficios. Los retornos totales de SA del portafolio se calculan como los beneficios de la restauración más el beneficio marginal de la protección.

IV. Requerimientos de Datos

I. Requerimientos de Datos Generales

Se requieren varias series de datos para ejecutar el modelo RIOS para la selección de portafolios. Las Tablas [1](#) y [2](#) presentan los requisitos de datos generales de RIOS y los datos necesarios para los objetivos específicos. Los usuarios/as deben preparar los datos sólo para los objetivos de interés para su fondo de agua. La [Tabla 3](#) muestra los datos necesarios para aplicar el modelo de sedimentos InVEST, que es utilizado por RIOS para estimar la reducción de la erosión obtenida tras la aplicación del portafolio seleccionado por RIOS. Los detalles de los formatos de datos y fuentes sugeridos para cada requisito de datos se encuentran en la [Tabla 4](#). Haga clic en el nombre de cada requerimiento de datos para pasar a los detalles de esos datos. La [Tabla 5](#) contiene las Clases Generales de Uso del Suelo utilizadas por RIOS para asignar los valores de exportación y retención de los tipos de cobertura del suelo, así como otros coeficientes utilizados por los modelos.

Tabla 1. Requerimientos de Datos Generales de RIOS (TODOS los Objetivos)

| |
|--|
| Lista de las actividades en las que el fondo quisiera invertir. Los usuarios/as especifican las actividades que deben ser considerados en el Tabla de Clasificación de Uso de la Tierra (véase más adelante). Algunas de las actividades más comunes son el zanjeo, el manejo de áreas protegidas, las prácticas silvopastoriles y la plantación de vegetación autóctona. |
| Costos para cada actividad (por unidad de área) |
| Cantidad y asignación del presupuesto. ¿Cuál es el presupuesto total que se considerará para la construcción del portafolio? ¿Habrá algunas asignaciones realizadas que la herramienta deberá tener en cuenta, como una cierta cantidad o % del presupuesto que se deba gastar en un área determinada, o en una determinada actividad? |
| Mapa de Uso del suelo/Cobertura del suelo (LULC). LULC es un conjunto de datos SIG ráster, con un código LULC entero para cada celda. Estos códigos deben coincidir con los códigos LULC de la Tabla de Clasificación LU (véase más abajo). |
| Tabla de Clasificación de Uso del Suelo. Tabla que contiene nombres generalizados de uso y la cobertura del suelo que permiten el mapeo de las tablas de búsqueda proporcionadas para el mapa de uso cobertura del suelo del usuario/a. NOTA: estos datos son atributos de cada clase LULC, no de cada célula en el mapa ráster. |
| Tabla de Coeficientes de Uso del suelo. Tabla que contiene una fila para cada LULC utilizado en el mapa LULC, con columnas que contienen los coeficientes para cada clase LULC. |
| Zonas de preferencia de los interesados (opcional) - polígonos donde se prefieren o prohíben actividades. |

Tabla 2. Requerimientos de Datos Generales de RIOS por Objetivo

| Servicio | Datos |
|--|--|
| Control de la Erosión para Calidad del Agua Potable o mantenimiento del Reservorio | MDE Erosividad por lluvia Erosionabilidad del suelo Profundidad del suelo Localización y # de Beneficiarios por reservorio O Localización y # de Beneficiarios por fuente superficial de agua potable |
| Retención de fósforo para Calidad del Agua Potable | MDE Erosividad por lluvia Erosionabilidad del suelo Profundidad del suelo Localización y # de Beneficiarios por fuente superficial de agua potable |
| Retención de nitrógeno para Calidad del Agua potable | MDE Profundidad del suelo Localización y # de Beneficiarios por fuente superficial de agua potable |
| Mitigación de Inundaciones | MDE Profundidad de lluvia del evento O Precipitación media del mes más húmedo Textura del suelo Localización y # de Beneficiarios por pueblo o ciudad de interés |
| Mejora de la recarga de agua subterránea (solamente para sistemas no confinados) | MDE Precipitación media anual ETR media anual Profundidad del suelo Textura del suelo Localización y extensión de las áreas preferenciales de recarga Localización y # de Beneficiarios por punto de interés de extracción de agua subterránea |

| Tabla 3. Requerimientos de Datos del modelo InVEST | |
|--|--|
| Servicio | Datos |
| Control de la Erosión para Calidad del Agua Potable o Mantenimiento del Reservorio | MDE Erosividad por lluvia Erosionabilidad del suelo Mapa de uso y cobertura del suelo Cuencas Subcuencas Tabla biofísica Umbral de acumulación de caudal Umbral de pendiente Tabla de valoración de sedimentos Tabla de umbral de sedimentos |
| Retención de nutrientes (Nitrógeno) | MDE Precipitación anual Evapotranspiración potencial anual Profundidad del suelo Fracción de contenido de agua disponible en las plantas Cuencas Subcuencas Tabla biofísica Umbral de acumulación de agua Constante de estacionalidad Tabla de umbral de purificación de agua Tabla de valoración de nutrientes |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|------------|---|---|
| MDE | Un conjunto de datos SIG ráster con un valor de elevación para cada celda. Utilice el MDE de más alta calidad y mejor resolución que sea apropiado para su aplicación. Esto reducirá las posibilidades de que se produzcan sumideros y datos faltantes, y representará más precisamente el flujo de agua superficial de la zona, proporcionando la cantidad de detalle requerido para la toma de decisiones informada a su escala de interés. Asegúrese de que el MDE se corrija mediante el llenado de los sumideros, y si es necesario la 'quemá' de características hidrográficas en el modelo de elevación (recomendado cuando se usen corrientes inusuales). Puede usarse el mismo MDE para todos los modelos RIOS y los modelos InVEST de sedimentos. | <p>Los datos del MDE están disponibles para cualquier zona del mundo, aunque a diferentes resoluciones. Hay datos MDE mundiales crudos gratuitos disponibles en Internet en el Fondo Mundial para la Naturaleza - http://www.worldwildlife.org/freshwater/hydrosheds.cfm.</p> <p>La NASA provee datos gratis de MDE de 30m en http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem-wist.asp así como USGS en http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/Elevation_Products and http://hydrosheds.cr.usgs.gov/. O se pueden comprar a precios relativamente bajos en sitios como MapMart (www.mapmart.com).</p> |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|------------------------------|---|--|
| Erosividad por lluvia | <p>Un conjunto de datos SIG ráster, con un valor de índice de erosividad para cada celda. Esta variable depende de la intensidad y duración de las precipitaciones en el área de interés. Cuantos mayores sean la intensidad y la duración de la tormenta de lluvia, mayor será el potencial de erosión. El mismo conjunto de datos se puede usar para todos los modelos de nutrientes y sedimentos.</p> <p>El índice de erosividad es ampliamente utilizado, pero en caso de su ausencia, existen métodos y ecuaciones para ayudar a generar una cuadrícula utilizando los datos climáticos. R se debe obtener a partir de los valores publicados, ya que el cálculo es muy tedioso. Para el cálculo, R es igual a E (la energía cinética de la lluvia) por I₃₀ (máxima intensidad de lluvia en 30 minutos en cm/hr). Roose (1996) encontró que para África Occidental $R = a * \text{precipitación}$ donde $a = 0,5$ en la mayoría de casos, $0,6$ cerca del mar, $0,3-0,2$ en zonas tropicales de montaña, y $0,1$ en zonas montañosas mediterráneas.</p> <p>La siguiente ecuación se usa ampliamente para calcular el índice R (http://www.fao.org/docrep/t1765e/t1765e0e.htm):</p> $R = E * I_{30} = (210 + 89 \log_{10} I_{30}) * I_{30}$ <p>E: energía cinética de la lluvia expresada en métrico MJ * m/ha/cm de precipitación.</p> <p>I₃₀: intensidad máxima de la lluvia en 30 minutos expresada en cm por hora.</p> | <p>En Estados Unidos se pueden encontrar mapas de índice de erosividad a través de los sitios Web del Departamento de Agricultura (USDA) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA). El USDA publica un manual (http://www.epa.gov/npdes/pubs/ruslech2.pdf) que contiene una copia impresa del mapa de índice de erosividad de cada región. El uso de estos mapas necesita crear una nueva característica de clase de línea en SIG y convertirla a ráster. Por favor, note que también se necesita convertir las unidades (multiplicar por 17,02).</p> <p>Proveemos una versión ráster de este mapa en el sitio de apoyo InVEST http://invest.ecoinformatics.org/shared. La EPA ha creado un mapa digital disponible en http://www.epa.gov/esd/land-sci/emap_west_browser/pages/wemap_mm_sl_rusle_r_qt.htm. El mapa está en formato <i>shapefile</i> que debe ser convertido a ráster junto al ajuste de unidades.</p> |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|--|---|--|
| Erosion- abilidad del suelo | <p>Un conjunto de datos SIG ráster con valor de Erosionabilidad del suelo para cada celda. El mismo conjunto de datos puede usarse para todos los modelos de sedimentos y nutrientes.</p> <p>La erosionabilidad del suelo, (a veces anotada como K), es una medida de la susceptibilidad de las partículas del suelo a separarse y ser transportadas por la lluvia o la escorrentía. La textura es el principal factor que afecta a K, pero el perfil, la materia orgánica y la permeabilidad del suelo también contribuyen. Varía de 70/100 para el suelo más frágil y 1/100 para el suelo más estable. Se mide en cuadrantes de referencia descubiertos de 22,2 m de largo y en pendientes de 9%, labrados en la dirección de la pendiente y sin haber recibido materia orgánica por tres años. Valores de 0 – 0.6 son razonables, pero valores mayores deben ser analizados críticamente. K puede ser hallado como parte de mapas de datos de suelos estándar.</p> | <p>Datos globales gruesos pero gratuitos de características del suelo pueden hallarse en http://www.ngdc.noaa.gov/seg/cdroms/reynolds/reynolds/reynolds.htm. La FAO también provee datos de suelo globales en su base de datos global armonizada: http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/External-World-soil-database/HTML/.</p> <p>En Estados Unidos se encuentran datos de suelo gratuitos en la NRCS del USDA en dos conjuntos de datos: SSURGO http://soils.usda.gov/survey/geography/ssurgo/ y STATSGO http://soils.usda.gov/survey/geography/statsgo/. Donde estén disponibles, se deben usar los datos SSURGO, pues son mucho más detallados que STATSGO. Si hay vacíos en los datos SSURGO se pueden llenar con datos de STATSGO.</p> <p>La erosionabilidad del suelo debe calcularse como el promedio de todos los horizontes con una clase de componente de suelo, y luego se debe estimar una media ponderada de los componentes. Esto puede resultar en un análisis SIG complicado: en las categorías de suelo de EEUU, cada polígono de propiedad de suelo contiene una serie de componentes del suelo con propiedades únicas, y cada componente podría tener diferentes capas de horizontes de suelos, también con propiedades únicas. El procesamiento requiere de una cuidadosa ponderación a lo largo de los componentes y horizontes. El Visor de Datos de Suelo (http://soildataviewer.nrcs.usda.gov/), una extensión gratuita de NRCS para ArcMap, hace este procesamiento de dato de suelo y debería ser usado cuando sea posible.</p> <p>Se puede usar la siguiente ecuación para calcular (Wischmeier y Smith 1978):</p> $K = 27.66 * m^{1.14} * 10^{-8} * (12 - a) + (0.0043 * (b - 2)) + (0.0033 * (c - 3))$ |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|-------|-------------|--|
| | | <p>Donde K = factor de erosionabilidad del suelo ($t \cdot ha/MJ \cdot mm$)</p> <p>m = (limo (%) + arena muy fina (%)) (100-arcilla (%))</p> <p>a = material orgánica (%)</p> <p>b = código de estructura: (1) muy estructurado o particulado, (2) bastante estructurado, (3) ligeramente estructurado y (4) sólido</p> <p>c = código de permeabilidad del perfil: (1) rápida, (2) moderada a rápida, (3) moderada, (4) moderada a lenta, (5) lenta a muy lenta (6) muy lenta.</p> |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|---|--|--|
| Profundidad del suelo | <p>Un conjunto de datos SIG ráster con un valor promedio de profundidad del suelo para cada celda. Los datos de profundidad del suelo deben estar en milímetros. El mismo conjunto de datos se puede usar para los modelos de sedimentos, nutrientes y recarga de aguas subterráneas.</p> <p>La profundidad del suelo se debe calcular como la profundidad máxima de todos los horizontes del suelo dentro de un componente de clase, y luego se debe estimar una media ponderada de los componentes. Esto puede resultar en un análisis SIG complicado: en las categorías de suelo de EEUU, cada polígono de propiedad de suelo contiene una serie de componentes del suelo con propiedades únicas, y cada componente podría tener diferentes capas de horizontes de suelos, también con propiedades únicas. El procesamiento requiere de una cuidadosa ponderación a lo largo de los componentes y horizontes. El Visor de Datos de Suelo (http://soildataviewer.nrcs.usda.gov/), una extensión gratuita de NRCS para ArcMap, hace este procesamiento de dato de suelo y debería ser usado cuando sea posible.</p> <p>En última instancia debe producirse una capa cuadrículada. Los datos faltantes, tales como zonas urbanas o cuerpos de agua, deben recibir valores apropiados. Se puede pensar que las áreas urbanas y los cuerpos de agua tienen profundidad de suelo cero.</p> | <p>La profundidad del suelo puede obtenerse de mapas estándares de suelo. Datos globales gruesos pero gratuitos de características del suelo pueden hallarse en http://www.ngdc.noaa.gov/seg/cdroms/reynolds/reynolds/reynolds.htm. La FAO también provee datos de suelo globales en su base de tos global armonizada: http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/External-World-soil-database/HTML/.</p> <p>En Estados Unidos se encuentran datos de suelo gratuitos en la NRCS del USDA en dos conjuntos de datos: SSURGO http://soils.usda.gov/survey/geography/ssurgo/ y STATSGO http://soils.usda.gov/survey/geography/statsgo/. Donde estén disponibles, se deben usar los datos SSURGO, pues son mucho más detallados que STATSGO. Si hay vacíos en los datos SSURGO se pueden llenar con datos de STATSGO.</p> |
| Mapa de uso y cobertura del suelo (LULC) | <p>LULC es un conjunto de datos SIG ráster, con un código de LULC entero para cada celda.</p> <p><i>Nombre:</i> El archivo puede tener cualquier nombre, pero sin espacios en el nombre y menos de 13 caracteres.</p> <p><i>Formato:</i> estándar de archivo de SIG ráster (por ejemplo, cuadrícula ESRI, GRID o IMG), con código de clase de uso del suelo para cada celda (p. ej. 1 para bosque, 2 para pastizal, etc.). Estos códigos deben coincidir con los códigos de uso del suelo en la Tabla de</p> | <p>Varias clasificaciones mundiales y regionales de cobertura del suelo están disponibles (por ejemplo, Anderson et al. 1976), y muchas veces se ha desarrollado una clasificación de coberturas para el paisaje de interés. Los datos globales del uso del suelo se encuentran disponible en la Global Land Cover Facility de la Universidad de Maryland: http://glcf.umiacs.umd.edu/data/landcover/. Estos datos están disponibles en resoluciones de 1 grado, 8km and 1km. Los datos para los EEUU entre 1992 y 2001 son provistos por la EPA en su</p> |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|--|--|---|
| | <p>Clasificación US (más abajo).</p> <p>El mismo conjunto de datos se puede usar para todos los modelos RIOS y el modelo de sedimentos InVEST. El ráster debe ser una cuadrícula de uso del suelo espacialmente continua, es decir, dentro de una cuenca, se deberán definir todas las categorías de uso del suelo. Las brechas en los datos darán lugar a píxeles ignorados en el proceso de puntuación y de generación de portafolios. Las brechas de datos desconocidas deberán aproximarse.</p> <p>La categorización más simple de los uso del suelo en el paisaje supone solamente la delineación de la ocupación del suelo (por ejemplo, tierras de cultivo, bosques de coníferas templados, praderas). Una clasificación un poco más sofisticada podría implicar el dividir ciertos tipos de uso del suelo relevantes en categorías más significativas. Por ejemplo, las clases de tierras agrícolas podrían ser divididas en diferentes tipos de cultivos o un bosque podría ser dividido según las especies.</p> <p>La categorización de los tipos de uso del suelo depende del modelo y la cantidad de datos disponibles para cada uno de los tipos de suelo. El usuario/a sólo debe dividir un tipo de uso si eso le dará una mayor precisión en el modelado (es decir, si el usuario/a tiene la información para diferenciar la exportación o las tasas de retención de los diferentes usos de la tierra).</p> | <p>producto National Land Cover Data: http://www.epa.gov/mlrc/.</p> |
| <p>Tabla de Clasificación del Uso del Suelo</p> | <p>Tabla que contiene los nombres del uso y la cobertura del suelo generalizados que permiten el mapeo de las tablas de búsqueda proporcionadas al uso de su interés y el mapa de cobertura del suelo. NOTA: estos datos son atributos de cada clase de uso del suelo, no de cada célula en el mapa ráster.</p> <p><i>Nombre:</i> Los nombres de tablas sólo deben tener letras, números y subrayados, no espacios.</p> | <p>Dos tablas de ejemplo se proveen con este documento. Estas tablas muestran cómo las clases de uso del suelo pueden ser mapeadas para dos sistemas de clasificación (México y EU).</p> <p>LU_Classification_Table_sample_CONAFOR.csv</p> <p>LU_Classification_Table_sample_NLCD.csv</p> |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|--|---|---------|
| | <p><i>Formato:</i> *.csv</p> <p><i>Filas:</i> cada fila es una clase de uso o cobertura.</p> <p><i>Columnas:</i> Cada columna tiene un atributo diferente de cada uso o cobertura de uso y debe nombrarse así:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>lucode</i> (código de uso de suelo): Un entero único para cada clase de uso del suelo (P. Ej. 1 para bosque, 3 para pastizal, etc.), debe cuadrar con el ráster de uso del suelo señalado arriba. 2. <i>LULC_desc</i>: nombre descriptivo de la clase de uso o cobertura del suelo (del ráster original) 3. <i>LULC_general</i>: La designación general de cada categoría de uso o cobertura de suelo original. Esta columna permite el mapeo de las categorías de uso del suelo del usuario/a frente a los coeficientes de exportación y retención usados por los modelos. Una lista de categorías y descripciones generales de uso del suelo están en la Tabla 5. Ud. debe escoger que clases generales de uso del suelo pueden ser asignadas de manera más exacta para cada una de las clases originales de uso del suelo. Use solamente las clases de uso del suelo generales que tienen que ver con su área de estudio, es posible que no use todas las categorías. 4. hasta x. <i>Actividad1, 2, etc.</i>: El resto de las columnas se nombran según las actividades que se desean considerar en el portafolio. Para cada actividad y clase de uso del suelo los usuarios/as deben especificar dónde se permite la actividad. Ingrese un 1 en cada fila correspondiente a la clase de uso del suelo donde la actividad se permite, y un 0 para para cada clase de uso del suelo donde la actividad no es permitida. | |
| <p>Tabla de Coeficientes de Uso del Suelo</p> | <p>Tabla que contiene los coeficientes del modelo biofísico. Véanse detalles en la Tabla de Coeficientes de Uso del Suelo más abajo.</p> | |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|--|--|---------|
| Localización y # de Beneficiarios | <p>Un conjunto de datos SIG ráster que indica la ubicación y el número de beneficiarios. El desarrollo de datos sobre beneficiarios/as es relativo al objetivo que se modela y a las necesidades del usuario/a. En algunos casos, la ubicación y el número de beneficiarios se expresan como subcuencas superpuestas, en cuyo caso los valores se suman en las áreas de superposición para crear un valor único de ráster.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Control de erosión para mantenimiento de reservorios:</i> Los beneficiarios/as podrían ser el número y la ubicación de las personas que se benefician de las operaciones de un reservorio. Podrían incluir las personas que viven en o cerca del reservorio que se benefician del agua suministrada por el reservorio, recreativo, pesca u otros usos. Típicamente estos datos se suman por subcuencas y su contribución relativa al reservorio. • <i>Control de erosión para calidad de agua:</i> Los beneficiarios/as podrían ser el número de personas que se benefician del agua potable suministrada por el reservorio. Típicamente estos datos se suman por subcuencas y su contribución relativa al punto de extracción. • <i>Retención de nutrientes – Fósforo:</i> Los beneficiarios/as serán los mismos que en la caso de Control de erosión para calidad de agua. • <i>Retención de nutrientes – Nitrógeno:</i> Los beneficiarios/as serán los mismos que en la caso de Control de erosión para calidad de agua. • <i>Mitigación de Inundaciones:</i> Los beneficiarios/as podrían ser el número de personas que se benefician de las actividades de mitigación de inundaciones en el área del fondo de agua. Podría ser la población de una ciudad que se beneficia del control de inundaciones, la población de un área posiblemente inundada, o el valor de la infraestructura en el área inundada. Típicamente estos datos se resumirían en | |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-----|--------|-----|-------|-----|--------|-----|---------------|-----|--|
| | <p>las subcuencas que contribuyen con caudal al área de interés.</p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Mejora de la recarga de acuíferos</i>: Los beneficiarios/as podrían ser el número y la localización de personas que dependen del abastecimiento de agua de determinado punto de extracción. Típicamente estos datos se resumen sobre el área que posiblemente contribuya a la producción de agua en el punto de extracción.• <i>Caudal base</i>: Los beneficiarios/as podrían ser el número y localización de personas que dependen del caudal de un río para su abastecimiento doméstico o riego de cultivos durante la estación seca. | | | | | | | | | | | |
| Profundidad de lluvia del evento y Precipitación media del mes más húmedo | <p>Se trata de un conjunto de datos SIG ráster, con un valor para la altura de lluvia para cada célula en mm. La profundidad lluvia influye en la cantidad de escorrentía producida de un píxel dado. Este factor se puede expresar como la profundidad promedio de lluvia de una tormenta de cierto tamaño teniendo en cuenta que es probable que produzca inundaciones (es decir, 10 años de período de retorno de lluvia en mm). A menudo, estos datos no están disponibles, por lo que los usuarios/as pueden proporcionar alternativamente la precipitación media del mes más lluvioso (mm).</p> | <p>La precipitación media del mes más húmedo está disponible a nivel mundial a aproximadamente 1 km de resolución a través del producto WorldClim Datos Globales del Clima: http://worldclim.org/current.</p> <p>La precipitación media del mes más lluvioso está empacada con las variables Bioclim (más información en http://worldclim.org/bioclim).</p> | | | | | | | | | | |
| Textura del suelo | <p>Se trata de un conjunto de datos SIG ráster, con un valor índice (rango) para cada celda que representa la clase de textura del suelo. El Índice de Textura del Suelo puede derivarse de una capa de datos de suelos tal como la Base de Datos Mundial Armonizada de Suelos de la FAO. Cada tipo de suelos debe tener asignado un rango, basado en la textura:</p> <table><tr><td>Arenoso</td><td>0.2</td></tr><tr><td>Ligero</td><td>0.4</td></tr><tr><td>Medio</td><td>0.6</td></tr><tr><td>Pesado</td><td>0.8</td></tr><tr><td>Pesado a Roca</td><td>1.0</td></tr></table> | Arenoso | 0.2 | Ligero | 0.4 | Medio | 0.6 | Pesado | 0.8 | Pesado a Roca | 1.0 | <p>Datos gruesos pero gratuitos de características del suelo a escala global se encuentran en http://www.ngdc.noaa.gov/seg/cdroms/reynolds/reynolds/reynolds.htm. La FAO también provee de datos de suelo globales en su Base de Datos Mundial Armonizada de Suelos: http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/External-World-soil-database/HTML/.</p> <p>En Estados Unidos hay datos gratis sobre suelos en el Departamento de Agricultura (NRCS) en forma de dos conjuntos de datos: SSURGO http://soils.usda.gov/survey/geography/ssurgo/ y STATSGO http://soils.usda.gov/survey/geography/statsgo/. Si está disponible se deben usar los datos de SSURGO, ya que es mucho</p> |
| Arenoso | 0.2 | | | | | | | | | | | |
| Ligero | 0.4 | | | | | | | | | | | |
| Medio | 0.6 | | | | | | | | | | | |
| Pesado | 0.8 | | | | | | | | | | | |
| Pesado a Roca | 1.0 | | | | | | | | | | | |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|---|--|---|
| | El mismo conjunto de datos puede ser utilizado tanto para los modelos de inundación como de recarga de acuíferos. | más detallado que STATSGO. Donde haya vacíos en los datos de SSURGO, STATSGO puede ser usado para llenarlos. |
| Precipitación media anual | Se trata de un conjunto de datos SIG ráster con un valor promedio anual de profundidad de lluvia para cada célula en mm. La profundidad de lluvia influye en la cantidad de escorrentía producida en un píxel. La profundidad media de precipitación anual se utiliza para representar la magnitud relativa de la escorrentía potencial. | La precipitación media anual está disponible a nivel mundial a aproximadamente 1 km de resolución a través del producto WorldClim Datos Globales del Clima: http://worldclim.org/current |
| Evapotranspiración Real Media Anual (ETR) | Se trata de un conjunto de datos SIG ráster con un valor medio anual de ETR para cada celda en mm. La evapotranspiración real es importante para la recarga de las aguas subterráneas, ya que las zonas con alta ETR son menos propensas a almacenar agua para la recarga de acuíferos. | La ETR anual está disponible a nivel mundial a aproximadamente 1 km de CGIAR CSI: http://www.cgiar-csi.org/data/itemlist/category/11-data Estos datos se modelaron usando la base de datos WorldClim y Global-PET como entrada principal. El método utilizado para obtener estos datos se describe en la documentación del conjunto de datos, disponible en línea en el enlace que figura más arriba. |
| Evapotranspiración Potencial Media Anual (ETP) | Conjunto de datos SIG ráster con un valor para ETP anual para cada celda en mm. La evapotranspiración potencial es utilizada por el modelo de retención de nitrógeno en la estimación de la superficie anual de escorrentía. | Algunos productos globales están disponibles en el Internet, como el método FAO Penman - Monteith con datos climáticos limitados como se describe en el documento de la FAO sobre Riego y Drenaje 56 con datos de la Unidad de Investigación Climática. La evapotranspiración de referencia depende de la elevación, la latitud, la humedad y el aspecto de la pendiente. Hay un sinnúmero de metodologías que varían en requisitos de datos y precisión. Una forma sencilla de determinar la evapotranspiración de referencia es la ecuación 'modificado de Hargreaves', que genera resultados superiores a la Penman-Monteith cuando la información es incierta. $ET_o = 0.0013 \times 0.408 \times RA \times (T_{avg} + 17) \times (TD - 0.0123P)$ La 'Hargreaves modificada' utiliza el promedio de la media de las temperaturas máximas diarias y la media de las temperaturas mínimas diarias (T_{avg} en °C), la diferencia entre la media máxima diaria máxima y la media mínima diaria (TD), AR es la radiación extraterrestre (RA en MJm-2d-1 y la precipitación (P en mm por mes), todos los cuales se pueden obtener con relativa |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|---|--|---|
| | | <p>facilidad. Los datos de temperatura y precipitación a menudo están disponibles a partir de los gráficos regionales o por medición directa. Los datos de radiación, por otro lado, son mucho más caros de medir directamente, pero se pueden estimar con fiabilidad mediante herramientas, tablas o ecuaciones en línea.</p> |
| <p>Fracción del Contenido de Agua Disponible para las Plantas (CADP)</p> | <p>Un conjunto de datos SIG ráster con un valor de agua disponible para las plantas para cada celda. El CADP es la fracción de agua que puede ser almacenada en el perfil del suelo y que está disponible para el uso por las plantas y se indica como una fracción de 0 a 1.</p> | <p>El contenido de agua disponible para las plantas es una fracción obtenida de la mayoría de los mapas estándar de suelo. Se define como la diferencia entre la fracción de la capacidad de campo volumétrica y el punto de marchitamiento permanente. A menudo, el contenido de agua disponible para las plantas se presenta como un valor volumétrico (mm). Para obtener la fracción se divide por la profundidad del suelo. Las características de las capas de suelo se estiman mediante una media ponderada de todos los horizontes dentro de un componente del suelo. Si el CADP no está disponible, se necesitarán cuadrículas ráster obtenidas a partir de archivos de polígonos de peso promedio de texturas de suelo (% de arcilla, % de arena, % de limo%) y se requerirá de la porosidad del suelo.</p> <p>Véase Profundidad del suelo con una descripción de dónde hallar y cómo procesar los datos de suelo.</p> <p>http://hydrolab.arsusda.gov/SPAW/Index.htm tiene <i>software</i> para ayudar a estimar su PAWC si usted cuenta con datos de textura de suelo.</p> |
| <p>Ubicación y extensión de las áreas preferenciales de recarga</p> | <p>Un conjunto de datos SIG ráster que indica la presencia o ausencia de áreas de recarga preferenciales para cada píxel en el área de estudio. En los acuíferos kársticos, una gran proporción de la recarga puede ocurrir ya que el agua se precipita o fluye sobre áreas con desarrollo kárstico significativo. Por lo tanto, las actividades para intensificar la recarga son más eficaces si se realizan en zonas con afloramientos de capas geológicas kársticas. Para otros acuíferos no confinados, si hay estudios hidrogeológicos disponibles que identifiquen áreas de mayor recarga podrían utilizarse como insumos.</p> | <p>La ubicación y la extensión de las áreas de recarga preferenciales a menudo es muy variable dentro de un lugar de estudios determinado. La protección / restauración de áreas con un alto grado de desarrollo kárstico, u otras características geológicas propicias para la recarga, puede influir mucho para determinar el beneficio de las actividades para mejorar la recarga. Debido a la naturaleza heterogénea de la geología kárstica y la importancia del karst para la recarga de acuíferos, se recomienda que los usuarios/as obtengan datos locales de alta calidad a la mejor resolución posible.</p> |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|------------|--|---|
| Cuencas | Un <i>shapefile</i> de polígonos. Se trata de una capa de cuencas de modo que cada cuenca contribuye a un punto de interés dónde se analizará la calidad del agua. | La capa de cuencas debe ser derivada de la misma MDE que se utiliza para el modelado, para asegurarse que no haya inconsistencias entre los dos. |
| | Se requiere una columna: <i>ws_id</i> (ID de cuenca): valor entero usado para identificar cada cuenca de manera única. | Para crear las cuencas hidrográficas en ArcMap, utilice la herramienta Hydrology -> watershed, que requiere de una rejilla de entrada de dirección del flujo (creada a partir del MDE con la herramienta de Dirección de flujo) y datos de puntos para las ubicaciones de los puntos de interés (que representan puntos de cuencas, reservorios, centrales hidroeléctricas, etc.), ajustados a la corriente más cercana utilizando la herramienta Snap Pour Point. Si las cuencas del modelo son demasiado grandes o demasiado pequeñas, vuelva a Snap Pour Point y seleccione una distancia de ajuste diferente o pruebe un método alternativo de delineación. En ArcHydro el proceso es más largo y tiende a producir resultados más fiables que la herramienta de Cuencas hidrográficas. Utilice la herramienta Watershed Processing -> Batch Watershed Delineation, que requiere la creación de una rejilla de dirección del flujo, corrientes, cuencas y datos de puntos para las ubicaciones de los puntos de interés; todo se hace dentro del entorno ArcHydro. Consulte la documentación de ArcHydro para obtener más información. Después de generar las cuencas hidrográficas, verifique que representan las cuencas correctamente y que a cada cuenca se le ha asignado un identificador entero único. |
| Subcuencas | Un <i>shapefile</i> de polígonos. Esta es una capa de subcuencas contenidas dentro de las cuencas (descritas antes) que contribuyen a los puntos de interés donde se analizará la calidad del agua. Se requiere una columna: <i>subws_id</i> (sub-watershed ID): valor entero usado para identificar cada subcuenca de manera única. | Ahora las subcuencas son necesarias para todos los modelos de hidrología de InVEST. Cada subcuenca debe ser menor que el equivalente de aproximadamente 4000 x 4000 píxeles, debido a las limitaciones con Python y el modelo de memoria de ArcMap. Para crear sub-cuencas en ArcMap, utilice la herramienta Hydrology -> Watershed. En este caso, los datos de los puntos de entrada representarán varios puntos a lo largo de la red de corrientes dentro de la cuenca principal, de manera que una subcuenca se generará para cada uno. |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|------------------------|---|--|
| | | <p>En ArcHydro use la herramienta Watershed Processing -> Batch Subwatershed Delineation tool, con datos de entrada de puntos que representan múltiples puntos a lo largo de la red de corrientes de la Cuenca principal. Una subcuenca será generada para cada punto.</p> <p>Otra vez, después de que se generan las subcuencas, compruebe que representan las cuencas correctamente. Asegúrese de que a cada subcuenca se le ha asignado un identificador entero único y que no hay duplicados.</p> |
| Tabla biofísica | <p>Tabla de información del modelo que corresponde a cada una de las clases de uso del suelo. NOTA: estos datos son atributos de cada clase LULC, no de cada célula en el mapa ráster.</p> <p><i>Nombre:</i> Los nombres en la tabla deben tener solamente letras, números y subrayados, no espacios.</p> <p><i>Tipo de archivo:</i> *.csv</p> <p><i>Filas:</i> cada fila es una clase de uso/cobertura de suelo.</p> <p><i>Columnas:</i> Cada columna contiene un atributo diferente para cada clase de uso/cobertura de suelo y debe nombrarse así:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>lucode</i> (código de uso del suelo): entero único para cada clase de uso/cobertura (p. ej., 1 para bosque, 3 para pastizal, etc.), debe calzar con el ráster LULC de arriba. 2. <i>LULC_desc</i>: Nombre descriptivo del uso/cobertura del suelo (opcional) 3. <i>usle_c</i>: Factor de cobertura y manejo para USLE. El valor se da en la tabla como un número de coma flotante. 4. <i>usle_p</i>: Factor de práctica de manejo para USLE. El valor se da en la tabla como un número de coma flotante. 5. <i>sedret_eff</i>: El valor de retención de sedimentos para clase de uso/cobertura del suelo como un porcentaje entero entre cero y 100. Este campo identifica la capacidad de la vegetación de retener sedimentos | <p>Un conjunto de datos sencillo está empacado con la descarga del modelo InVEST y se puede encontrar en: \InVEST\Base_Data\Freshwater\Water_Tables.mdb\Biophysical_Models.</p> |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|--|---|---------|
| | <p>como un porcentaje de la cantidad de sedimento que baja por la pendiente hacia una celda. En el caso más sencillo, los datos de uso/cobertura son asignados a todos los tipos de vegetación natural (como bosques, pastizales naturales, humedales o praderas), indicando que 100% del sedimento es retenido. Un valor intermedio puede ser asignado a características como búferes de contorno. A cada clase de uso/cobertura que no tenga capacidad de filtración, tal como pavimento, debe asignársele un valor de cero.</p> | |
| Umbral de acumulación de caudal | <p>El número de celdas aguas arriba que deben fluir en una celda antes de que sean consideradas parte de una corriente. Se utiliza para definir los flujos desde MDE. El valor por defecto del modelo es 1000. Si el usuario/a dispone de un mapa de flujos en la cuenca de interés, habría que compararlo con el mapa Output\Pixel\v_stream (salida del modelo) para obtener una coincidencia cercana. Este valor también tiene que ser bien estimado en las cuencas donde haya zanjas. Este umbral expresa dónde se interrumpen las rutas hidráulicas y dónde se detiene la retención y el contaminante restante se exporta a la corriente.</p> | |
| Umbral de pendiente | <p>Un valor entero de la pendiente que describe características del paisaje tales como prácticas de gestión de pendientes incluyendo terrazas y técnicas de estabilización de taludes. Depende de la resolución en MDE y de las prácticas de terrazas utilizadas en el área. En muchos lugares se cultivan pendientes sin terrazas o estabilizaciones hasta determinada pendiente, y luego se inicia la implementación de estas prácticas o se deja la agricultura. Esta pendiente en la cual las prácticas se detienen o cambian a terrazas o estabilización debe ser ingresada como el umbral de pendiente. El umbral se introdujo, junto con la ecuación LS alternativa, tras la aplicación efectiva de nuestro modelo en China en una zona muy escarpada de la cuenca superior del río Yangtzé. Allí, el modelo funcionó bien cuando se utilizó</p> | |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|--|--|---|
| | <p>un umbral de pendiente del 75%, lo cual indica que la agricultura se extendía a zonas de muy fuerte pendiente, como fue el caso. En una implementación en el Valle del Cauca, Colombia (en los altos Andes) hemos utilizado un umbral de pendiente del 90%, básicamente desechando la ecuación de pendiente alternativa, y allí el modelo ha funcionado bien con este enfoque. Si no está seguro del valor de utilizar aquí, se recomienda ejecutar el modelo al menos dos veces, una vez con el valor predeterminado de 75% y otra vez con 90%, y comparar los resultados. Si los resultados son muy diferentes (por ejemplo, el modelo es muy sensible a esta entrada en su área) se recomienda la búsqueda de al menos una observación para comparar las salidas para guiar la decisión sobre el valor a utilizarse.</p> | |
| Constante de estacionalidad | <p>Valor de coma flotante entre 1 y 10 que corresponde a la distribución estacional de la lluvia.</p> | <p>Los valores se asignan de acuerdo con el momento en que se da la mayor parte de las precipitaciones en el año. Esta es una constante que abarca los efectos de los patrones climáticos y de precipitación. Sin embargo, su expresión analítica está siendo objeto de debate en la literatura (Donohue et al 2012; Li et al 2013; Gerrits et al 2009). Donohue et al. (2012) sugieren que w es una función lineal de AWC / κ, donde κ es la profundidad media de tormenta (mm). Tenga en cuenta que varios estudios (por ejemplo, Sánchez-Canales et al., 2012) concluyeron que la sensibilidad del modelo Z fue baja.</p> |
| Tabla de valoración de sedimentos | <p>Tabla que contiene la información de valoración para cada uno de los reservorios. Tiene que haber una fila para cada cuenca en la capa de Cuencas. <i>Nombre:</i> Los nombres de las tabla deben contener solamente letras, números y subrayados, no espacios. <i>Tipo de archivo:</i> *.csv <i>Filas:</i> Cada fila es un reservorio o una estructura que corresponde a un <i>shapfile</i> de las cuencas. <i>Columnas:</i> las columnas deben ser creadas así: 1. <i>ws_id</i> (ID de la cuenca): valor entero único para cada reservorio que debe corresponder a los valores de la capa Cuencas.</p> | <p>Un conjunto de datos sencillo está empacado con la descarga del modelo InVEST y se puede encontrar en: \InVEST\Base_Data\Freshwater\Water_Tables.mdb\Sediment_Valuation</p> |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|--------------------------------------|---|--|
| | <ol style="list-style-type: none"> 2. <i>dr_cost</i>: Costo del dragado del sedimento en \$ (Moneda) / m³ removidos. Valor de coma flotante. Usado para valorar la retención de sedimentos para dragado. 3. <i>dr_time</i>: Período de tiempo entero que se usará para calcular el Valor Actual (VA) de los costos de remoción. Este período debe ser el tiempo diseñado de vida restante de la estructura. Por ejemplo, si usted usa el mapa de uso y cobertura para el año 2000 y el reservorio de interés fue diseñado en 1950 con una vida útil de 100 años, el tiempo ingresado debe ser 50 años. Usado para evaluar la retención de sedimentos para dragado. 4. <i>dr_disc</i>: La tasa de descuento en el tiempo, usado para los cálculos de valor neto actual. Usado para valorar la retención de sedimentos para dragado. Valor de coma flotante. 5. <i>wq_cost</i>: Costo de remover sedimentos para calidad de agua en \$ (Moneda) / m³ removidos. Valor de coma flotante. Usado para valorar retención de sedimentos para calidad de agua. 6. <i>wq_time</i>: Período de tiempo entero que se usará para calcular el Valor Actual (VA) de los costos de remoción. Este período debe el tempo diseñado de vida restante de la estructura. Por ejemplo, si usted usa el mapa de uso y cobertura para el año 2000 y el reservorio de interés fue diseñado en 1950 con una vida útil de 100 años, el tiempo ingresado debe ser 50 años. Usado para evaluar la retención de sedimentos para calidad de agua. 7. <i>wq_disc</i>: La tasa de descuento en el tiempo, usado para los cálculos de valor neto actual. Usado para valorar la retención de sedimentos para calidad de agua. Valor de coma flotante. | |
| Tabla de umbral de sedimentos | <p>Tabla con información del umbral anual de sedimentos para cada reservorio. Debe haber una fila para cada cuenca en la capa de Cuencas.</p> <p><i>Nombre</i>: Los nombres de las tabla deben contener</p> | <p>Un conjunto de datos sencillo está empacado con la descarga del modelo InVEST y se puede encontrar en: \InVEST\Base_Data\Freshwater\Water_Tables.mdb\Sediment_Threshhold</p> |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|---|--|---|
| | <p>solamente letras, números y subrayados, no espacios. <i>Tipo de archivo:</i> *.csv <i>Filas:</i> Cada fila es un reservorio o una estructura que corresponde a un <i>shapefile</i> de las cuencas. <i>Columnas:</i> las columnas deben ser creadas así:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>ws_id</i> (ID de cuenca): valor entero único para cada reservorio que debe corresponder a los valores de la capa Cuencas. 2. <i>dr_time</i>: Período de tiempo entero que se usará para calcular el Valor Actual (VA) de los costos de remoción. Este período debe el tiempo diseñado de vida restante de la estructura. Por ejemplo, si usted usa el mapa de uso y cobertura para el año 2000 y el reservorio de interés fue diseñado en 1950 con una vida útil de 100 años, el tiempo ingresado debe ser 50 años. 3. <i>dr_deadvol</i>: El volumen de agua bajo la turbina es una dimensión de diseño bajo la cual el agua no está disponible para uso alguno y está diseñada para almacenar (depositar) sedimento si dañar las funciones de la turbina y el reservorio de hidroenergía Usado para calcular el servicio en términos biofísicos y valorar la retención por dragado. En metros cúbicos. 4. <i>wq_annload</i>: Carga anual de sedimento permitida, usada para valorar la retención de sedimentos para calidad de agua. Puede ser puesto por los estándares de calidad de agua locales o nacionales. En toneladas métricas. | |
| <p>Tabla de valoración de nutrientes</p> | <p>Tabla que contiene la información de valoración para cada uno de los puntos de interés. Tiene que haber una fila para cada cuenca en la capa de Cuencas. <i>Nombre:</i> Los nombres de las tabla deben contener solamente letras, números y subrayados, no espacios. <i>Tipo de archivo:</i> *.csv <i>Filas:</i> Cada fila es una planta de tratamiento de agua u otro punto de interés que se corresponda con el</p> | <p>Un conjunto de datos sencillo está empacado con la descarga del modelo InVEST y se puede encontrar en: \InVEST\Base_Data\Freshwater\Water_Tables.mdb\Water_Purification_Valuation</p> |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|---|---|---|
| | <p><i>shapefile</i> de cuencas.</p> <p><i>Columnas:</i> las columnas deben crearse así::</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>ws_id</i> (ID de cuenca): Valor entero único para cada reservorio que debe corresponder a los valores de la capa Cuencas. 2. <i>cost_n</i>: Costo de la remoción de nitrógeno en \$ (Moneda) / m3 removido. Valor de coma flotante. Usado para valorar la retención de nutrientes. 3. <i>time_span</i>: Período de tiempo entero que se usará para calcular el Valor Actual (VA) de los costos de remoción. Este período debe el tiempo diseñado de vida restante de la estructura. Por ejemplo, si usted usa el mapa de uso y cobertura para el año 2000 y el reservorio de interés fue diseñado en 1950 con una vida útil de 100 años, el tiempo ingresado debe ser 50 años. Usado para evaluar la retención de nutrientes. 4. <i>discount_n</i>: La tasa de descuento en un período de tiempo. Usado en el cálculo del valor actual neto. Usado para valorar la retención de nutrientes. Valor de coma flotante. | |
| <p>Tabla de umbral de purificación de agua</p> | <p>Tabla que contiene información sobre el umbral anual de carga de nutrientes para cada uno de los puntos de interés. Tiene que haber una fila para cada cuenca en la capa de Cuencas.</p> <p><i>Nombre:</i> Los nombres de las tabla deben contener solamente letras, números y subrayados, no espacios.</p> <p><i>File type:</i> *.csv</p> <p><i>Filas:</i> Cada fila es una planta de tratamiento de agua u otro punto de interés que se corresponda con el <i>shapefile</i> de cuencas.</p> <p><i>Columnas:</i> las columnas deben crearse así:</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. <i>ws_id</i> (ID de cuenca): Valor entero único para cada reservorio que debe corresponder a los valores de la capa Cuencas. | <p>Un conjunto de datos sencillo está empacado con la descarga del modelo InVEST y se puede encontrar en: \InVEST\Base_Data\Freshwater\Water_Tables.mdb\Water_Purification_Threshold</p> |

Tabla 4. Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos

| Datos | Descripción | Fuentes |
|--|---|---------|
| | 1. <i>thresh_n/thresh_p</i> : Carga permitida por año de nitrógeno/fósforo, usada para valorar la retención de nutrientes para nitrógeno. Puede ser dado por estándares locales o nacionales de calidad de agua. Dado en kilogramos. | |
| Áreas de Actividad Preferencial | <p><i>Shapefile</i> con polígonos que definen las áreas en que ya sea se prefiere o se previene una actividad.</p> <p><i>Filas</i>: Cada fila es un polígono que define un área donde se debe preferir o prevenir una actividad particular.</p> <p><i>Columnas</i>: Las columnas deben crearse así:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>activity_n</i> (nombre de actividad): Valor textual que especifica qué actividad se prefiere o se previene en este polígono. Debe coincidir con una de las actividades definidas en el CSV de Uso del Suelo con Actividades. 2. <i>action</i>: Valor textual que especifica si una actividad está siendo preferida o prevenida en este polígono. Los valores válidos son 'prefer' y 'prevent'. | |

La siguiente tabla muestra las Clases Generales de Uso del Suelo usadas por RIOS para asignar los valores de exportación y retención de los tipos de cobertura de suelo, así como otros coeficientes utilizados por los modelos. Los usuarios/as deben elegir la clase general de uso del suelo que mejor corresponda a la clasificación local de usos de suelo. No todas las clases generales de uso del suelo estarán presentes en todas las regiones. La [Tabla de Clasificación de Usos de Suelo](#) tiene más detalles.

Tabla 5. Clases Generales de Tipos de Usos de Suelo

| Clase General de Uso del Suelo | Descripción |
|---|---|
| Bare ground (Suelo desnudo) | Áreas caracterizadas por roca desnuda, grava, arena, limo, arcilla u otro material de tierra, con poca o ninguna vegetación "verde" presente. |
| Open water (Agua) | Todas las áreas de aguas abiertas, generalmente con menos del 25% de cobertura de suelo o vegetación. |
| Permanent crops (Cultivos permanentes) | Cultivos no anuales, es decir caucho, palma aceitera, bananos. |
| Temperate mixed forest (Bosque templado mixto) | Mezcla de tipos boscosos de hoja perenne, hojas caducas o no especificados en las regiones templadas. Ninguna de las especies de hoja caduca ni de hoja perenne |

| Clase General de Uso del Suelo | Descripción |
|--|---|
| | son más del 75 por ciento de la cobertura arbórea total. |
| Tropical/subtropical mixed forest (Bosque tropical/subtropical mixto) | Mezcla de tipos boscosos de hoja perenne, hojas caducas o no especificados en las regiones tropicales. Ninguna de las especies de hoja caduca ni de hoja perenne son más del 75 por ciento de la cobertura arbórea total. |
| Tropical montane/rain forest (Bosque tropical montano/lluvioso) | Bosque lluvioso de alta montaña, bosque nublado o similares. |
| Wetland (Humedal) | Áreas donde el suelo o sustrato está periódicamente saturado o cubierto de agua, incluidos los humedales tanto mareales como no mareales. Áreas dominadas por vegetación herbácea corta de humedales, macrófitas emergentes o vegetación de humedal no especificada. |
| Woody riparian vegetation (Vegetación ribereña leñosa) | Áreas donde el suelo o sustrato está periódicamente saturado o cubierto de agua, incluidos los humedales tanto mareales como no mareales. Áreas dominadas por arbustos y árboles de humedal más altos, manglares, etc. |
| Riparian grassland (Pradera ribereña) | Áreas donde el suelo o sustrato está periódicamente saturado o cubierto de agua, incluidos los humedales tanto mareales como no mareales. Vegetación dominada por pastos perennes o búferes ribereños con pasto. |
| Temperate grassland (Pradera templada) | Áreas templadas dominadas por vegetación graminoide o herbácea, generalmente mayor al 80% de la vegetación total. Estas áreas típicamente no son manejadas intensivamente para el pastoreo (sin fertilizantes u otros insumos). |
| Tropical grassland (Pradera tropical) | Áreas tropicales dominadas por vegetación graminoide o herbácea, generalmente mayor al 80% de la vegetación total. Estas áreas típicamente no son manejadas intensivamente para el pastoreo (sin fertilizantes u otros insumos). |
| Shrub/scrub (Arbustal/matorral) | Áreas dominadas por arbustos; de menos de 5 metros de altura con dosel arbustivo, típicamente mayor que 20% de la vegetación total. Esta categoría comprende los verdaderos arbustos, árboles jóvenes en una etapa de sucesión temprana o árboles achaparrados por condiciones ambientales. |
| Temperate mixed agriculture (Agricultura templada mixta) | Cultivos múltiples o sin especificar, en áreas templadas. |
| Tropical mixed agriculture (Agricultura tropical mixta) | Cultivos múltiples o sin especificar, en áreas tropicales. |
| Temperate pasture (Pastizal temperado) | Zonas templadas de gramíneas, leguminosas o mezclas de gramíneas y leguminosas sembradas para el pastoreo de ganado o la producción de cultivos de semillas o heno. Pastizal/heno representa mayor que 20 por ciento de la |

| Clase General de Uso del Suelo | Descripción |
|--|--|
| | vegetación total. |
| Tropical pasture (Pastizal tropical) | Zonas tropicales de gramíneas, leguminosas o mezclas de gramíneas y leguminosas sembradas para el pastoreo de ganado o la producción de cultivos de semillas o heno. Pastizal/heno representa mayor que 20 por ciento de la vegetación total. |
| Conifer forest or woodland (Bosque de coníferas) | Bosque siempreverde dominado en su mayoría por árboles o arbustos coníferos, gimnospermas de hoja de aguja o escama, de hoja perenne principalmente, o como, cipreses y abetos. |
| Temperate deciduous forest (Bosque templado deciduo) | Zonas templadas dominados por árboles generalmente superiores a 5 metros de altura, y más del 20% de la cobertura total de la vegetación. Más del 75 por ciento de las especies de árboles suelta el follaje simultáneamente en respuesta al cambio de estación. |
| Tropical deciduous forest (Bosque tropical deciduo) | Áreas tropicales dominadas por árboles generalmente superiores a 5 metros de altura, y más del 20% de la cobertura total de la vegetación. Más del 75 por ciento de las especies de árboles suelta el follaje simultáneamente en respuesta al cambio de estación. |
| Tropical evergreen broadleaf forest (Bosque tropical siempreverde latifoliado) | Áreas tropicales dominadas por árboles generalmente superiores a 5 metros de altura, y más del 20% de la cobertura total de la vegetación. Más del 75 por ciento de las especies de árboles mantienen sus hojas todo el año. El dosel nunca está sin follaje verde. |
| Temperate evergreen broadleaf forest (Bosque templado siempreverde latifoliado) | Zonas templadas dominadas por árboles generalmente superiores a los 5 metros de altura, y más del 20% de la cobertura total de la vegetación. Más del 75 por ciento de las especies de árboles mantienen sus hojas todo el año. El dosel nunca está sin follaje verde. |
| Mixed forest, agriculture (Mixto bosque, agricultura) | Una mezcla de bosque y agricultura no especificados, como en las zonas rurales o las interfaces rurales/urbanas. |
| Mixed forest, agriculture, pasture (Mixto bosque, agricultura, pastizal) | Una mezcla de bosque, agricultura y pastos no especificados, como en las zonas rurales o las interfaces rurales/urbanas. |
| Mixed forest, pasture (Mixto bosque, pastizal) | Una mezcla de bosque y pasto no especificados. |
| Mixed urban (Mixto urbano) | Desarrollo urbano de baja intensidad o urbano intercalado con otros tipos de vegetación nativa o no especificada, como en las interfaces rurales/urbanas. |
| Temperate urban (Templado urbano) | Zonas urbanas altamente desarrolladas en regiones templadas, con un alto nivel de |

| Clase General de Uso del Suelo | Descripción |
|---|--|
| | cobertura impenetrable. |
| Tropical urban (Tropical urbano) | Zonas urbanas altamente desarrolladas en regiones tropicales, con un alto nivel de cobertura impenetrable. |
| Páramo | Áreas de montaña de gran altitud dominadas por pastizales de alta montaña, pajonal, pantanos y praderas abiertas. |
| Savanna (Sabana) | Pastizal tropical salpicado de arbustos y árboles aislados. Los árboles son lo suficientemente pequeños o están muy separados entre sí de modo que hay dosel abierto. |
| Tundra | Áreas sin árboles dominados por juncos y brezales, así como arbustos enanos. La vegetación está generalmente dispersa, aunque puede ser en parches, lo que refleja cambios desiguales en gradientes de suelo y humedad. La mayor parte de la precipitación cae en forma de nieve durante el invierno, mientras que los suelos tienden a ser ácidos y saturados con agua donde no se han congelado. |
| Feedlot (Corral de engorde) | |
| Giant cane (Caña gigante) | |
| Swamp grass (Pantano hierba, Pantanal) | |
| Perennial ice/snow (Hielo/nieve perenne) | |
| Pine plantation (Plantación de pino) | |
| Coffee (Café) | |
| Sugarcane (Caña de azúcar) | |
| Alfalfa | |
| Barley (Cebada) | |
| Cotton (Algodón) | |
| Mine (Mina) | |
| Oats (Avena) | |
| Potatoes (Papas) | |
| Rapeseed (Colza) | |

| Clase General de Uso del Suelo | | Descripción |
|---|--|--|
| Soy beans (Soya) | | |
| Tea (Té) | | |
| Temperate corn (Maíz templado) | | |
| Tropical corn (Maíz tropical) | | |
| Wheat (Trigo) | | |
| Other high N export crops (Otros cultivos de exportación altos en N) | | maní, patatas, cacao, arroz o cultivos mixtos que requieren altos insumos de nitrógeno. |
| Other low N export crops (Otros cultivos de exportación bajos en N) | | habas, heno, mijo, alverjas, remolacha azucarera o cultivos mixtos que requieren pocos insumos de nitrógeno. |

ii. Preprocesamiento de los Datos Requeridos

Varios datos de entrada requeridos por RIOS requieren de un preprocesamiento de los datos en bruto antes de ser utilizados en el módulo Asesor de Portafolios de Inversión. Por ejemplo, el Índice de Fuente Aguas Arriba es calculado como una acumulación de flujo ponderada, teniendo en cuenta los factores de exportación y retención de todos los píxeles que contribuyen a cada área. Los usuarios/as pueden optar por realizar los pasos de preprocesamiento en el programa GIS de su elección. Como alternativa, el paquete de instalación de RIOS incluye una caja de herramientas de preprocesamiento compatible con ArcGIS10, que toma los datos en bruto y realiza los pasos necesarios para el cálculo de los índices de fuente aguas arriba, retención aguas abajo y continuidad ribereña requerido por RIOS.

La caja de herramientas de preprocesamiento de ArcGIS se puede encontrar en el directorio de programa de RIOS. Una vez que el programa RIOS se instala, usted puede cargar la caja de herramientas en ArcGIS. Para ejecutar la herramienta de preprocesamiento, abra ArcGIS y la ventana de la caja de herramientas. En la ventana de la Caja de Herramientas haga clic derecho en ArcToolbox, y elija la opción "Añadir caja de herramientas." Navegar al directorio del programa RIOS y localice la caja de herramientas de procesamiento previo. Para una máquina Windows, normalmente es C: Archivos de programa \ \ RIOS <versión> \ RIOS_Pre_Processing.tbx. La caja de herramientas se cargará en ArcGIS. Haga doble clic en la caja de herramientas RIOS Pre-procesamiento para ejecutar la herramienta. Elija el objetivo para todos los que usted necesita para procesar los datos, y proporcionar los datos de entrada necesarios. Haga clic en Aceptar para ejecutar el programa.

Cuando esté completo, la herramienta creará un directorio dentro del espacio de trabajo especificado llamado "*Output*" (Salida). Ahí dentro usted encontrará los conjuntos de datos de los índices de fuente aguas arriba, retención aguas abajo y continuidad ribereña que requiere RIOS. Cada salida se etiqueta con el nombre de objetivo para el que se aplica y el sufijo designado por el usuario/a, por ejemplo, "erosion_downslope_retention_index_1.tif".

No es necesario utilizar la herramienta de preprocesamiento en ArcGIS para preparar estas capas de datos. Cualquier programa SIG con herramientas de procesamiento similares puede utilizarse en su lugar. Las instrucciones paso a paso para el cálculo de estos insumos fuera de ArcGIS están disponibles bajo pedido.

Por favor, visite el [User Forum](#) (Foro de Usuarios) para mandar un mensaje pidiendo estas instrucciones.

iii. Entradas de Datos provistas con RIOS

Tabla de Coeficientes de Uso/Cobertura

RIOS necesita una tabla de coeficientes para cada cobertura de la tierra que representan parámetros tales como la exportación, la retención, la cubierta vegetal, etc. para cada clase general de uso/cobertura de suelo. Estos coeficientes se utilizan en los modelos de clasificación para determinar el impacto relativo de las diferentes transiciones en diferentes tipos de cobertura. La tabla incluida con RIOS con los valores de los coeficientes para cada clase general de uso/cobertura es la Tabla 5. RIOS utiliza esos valores y [Tabla de Clasificación de Usos de Suelo](#)

proporcionada por el usuario/a para determinar los valores de los coeficientes de cada clase de cobertura en el ráster de uso y cobertura proporcionada por el usuario/a. Alternativamente, los usuarios/as pueden modificar los valores o crear su propia tabla de coeficientes de uso/cobertura. La tabla debe ser un archivo de texto delimitado por comas llamado *general_lulc_coefficients.csv* y ubicado en el directorio principal de RIOS.

El formato de este archivo debería ser así:

Nombre: general_lulc_coefficients.csv

Formato: *.csv

Filas: Cada fila es la clase de uso/cobertura del suelo.

Columnas: Cada columna contiene un diferente atributo de clase de uso/cobertura del suelo y debe llamarse de la siguiente forma:

1. *description:* texto con descripción de la clase de uso/cobertura.
2. *lulc_general:* identificador único de texto para cada clase de uso/cobertura. Debe coincidir exactamente con el campo *lulc_general* provisto en la Tabla de Clasificación de Uso del Suelo.
3. *native_veg:* este campo es un entero que especifica si la clase de uso/cobertura es nativa (no convertida) o no. Se usa para determinar el punto final de las actividades restauración o revegetación. Ya que el objetivo de restauración es restaurar la tipos naturales o no convertidos, entonces solamente aquellas clases designadas como nativas serán consideradas como punto final de las actividades de restauración. Se deben ingresar los valores así:
0 = convertido (o sea, pastizal, cultivo, urbano)
1 = no convertido/nativo (o sea, bosque, pradera, humedal)
4. *Sed_Exp:* para el cálculo de la fuente de contribución para cada píxel aguas arriba necesitamos una manera sencilla para representar la capacidad de cada clase de uso/cobertura para servir como fuente de erosión. La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo utiliza el factor C o factor de recorte para representar el grado de susceptibilidad de cada tipo de uso/cobertura a la erosión. Debido a que este factor varía de 0 a 1, podemos utilizar una media directa de los valores de la literatura de C para indicar la capacidad relativa de cada tipo de uso/cobertura para actuar como una fuente de la erosión. Sin embargo, no hay suficientes estudios revisados por pares que nos permitan representar cualquier tipo de uso/cobertura posible en el mundo o en una región, por lo que sugerimos aquí una generalización de las categorías de uso/cobertura basadas en la representación de tipos de uso/cobertura en la literatura. Se incluyeron los tipos que estuvieran representados por al menos tres valores publicados en estudios de América del Sur, y si la desviación estándar (DE) era razonable en relación con el valor medio. Hicimos algunas excepciones a esta regla. Incluimos la minería a pesar de que sólo hay un valor publicado porque hay un consenso general de que las zonas mineras son altamente erosionables, a pesar de que los valores de C específicos no se han publicado ampliamente. También hemos mantenido el pasto y las clases de cultivos mixtos, aunque su DE es grande en relación con la media, debido a que el área de distribución mundial muestra patrones similares, incluso con muestras de mayor tamaño. Por último, se incluyen las clases urbanas y de agua basadas en los promedios mundiales porque estos

son tipos ubicuos de uso y cobertura, pero los datos regionales de América del Sur fueron muy variables.

5. *Sed_Ret*: para el cálculo de la capacidad del paisaje aguas abajo de un píxel para retener sedimentos necesitamos una manera simple que refleje la eficiencia de retención de cada clase de uso y cobertura. Muchos estudios han determinado experimentalmente la eficiencia de retención en las franjas búfer. Aunque los búferes no son equivalentes a la vegetación continua en el paisaje, hay muy pocos estudios que se refieren a lo segundo. Utilizamos el porcentaje promedio observado (en forma decimal) de las eficiencias de retención, determinadas a partir de una revisión global de la literatura, para establecer la capacidad relativa de retener sedimentos de cada tipo generales de uso/cobertura. Este se utiliza en el cálculo del Índice de Retención Aguas Abajo descrito anteriormente. Se utilizó el mismo método para dividir o agrupar las clases que se describen para sedimentos de exportación, más arriba. Las categorías de uso/cobertura más específicas con datos publicados que fueron amontonadas en nuestras clases generales fueron los siguientes: Hierbas son bromo, festuca, festuca mezclada con leguminosas, festuca mezclada con otras hierbas, hierba mixta, pasto ovinillo, paja escasa, paja y penachos. Bosque y plantación de coníferas incluyen bosques de coníferas, plantaciones de coníferas, plantaciones de coníferas taladas. Bosques caducifolios o mixtos incluyen bosques caducifolios y todos los tipos de bosques no especificados. Vegetación mixta incluye bosques mixtos y pastizales y bosques mixtos, pastizales y matorrales. Los cultivos son maíz, avena y sorgo. Vegetación de humedales incluye juncuales y juncias. El resto de categorías están como se reportan.
6. *N_Exp*: para el cálculo de la fuente contribuyente aguas arriba para cada píxel necesitamos una manera simple de representar la capacidad de cada clase de uso/cobertura para servir como fuente de nitrógeno.
7. *N_Ret*: para el cálculo de la capacidad del paisaje aguas abajo de un píxel de retener nitrógeno necesitamos una manera simple que refleje la eficiencia de retención de cada clase de uso/cobertura. Muchos estudios han determinado experimentalmente la eficiencia de retención en franjas búfer. Aunque los búferes no son equivalentes a la vegetación continua en el paisaje, hay muy pocos estudios con relación a lo segundo.
8. *P_Exp*: para el cálculo de la fuente de contribución aguas arriba para cada píxel, necesitamos una manera sencilla para representar la capacidad de cada clase de uso/cobertura de servir como una fuente de fósforo.
9. *P_Ret*: para el cálculo de la fuente de contribución aguas abajo para cada píxel necesitamos una manera sencilla para representar la capacidad de retención de cada clase. Muchos estudios han determinado experimentalmente las eficiencias de retención en franjas búfer. Aunque los búferes no son equivalentes a la vegetación continua en el paisaje, hay muy pocos estudios con relación a lo segundo.
10. *Rough_Rank*: para calcular la capacidad del paisaje de retardar el caudal necesitamos una manera sencilla de reflejar la rugosidad de la superficie de cada una de las clases de usos/cobertura.
11. *Cover_Rank*: para calcular la posibilidad de que un tipo de uso/cobertura produzca escorrentía necesitamos una manera sencilla de reflejar la clase de cobertura vegetal de cada clase de uso/cobertura del suelo.

12. *C_sed_factor*: este factor se usa en el modelo InVEST de retención de sedimentos y es el factor de cobertura y manejo de la ecuación USLE. El valor es dado como un número de coma flotante que está entre 0,0 y 1,0. En la mayoría de casos esto será idéntico a los valores de las columnas en Sed_Exp.
13. *P_sed_factor*: este factor se usa en el modelo InVEST de retención de sedimentos y es el factor de práctica de manejo para la ecuación USLE. El valor es dado como un número de coma flotante que está entre 0,0 y 1,0.
14. *root_depth*: este factor se usa en los modelos InVEST de retención de nutrientes y es la máxima profundidad de raíces para clases de uso del suelo con vegetación, dada en milímetros enteros. Los usos y coberturas sin vegetación deben recibir un valor de 1.
15. *etk*: este factor se usa en los modelos InVEST de retención de nutrientes y es el coeficiente de evapotranspiración para cada clase de uso/cobertura, usado para obtener la evapotranspiración real al usar las características de la planta en términos de energía/transpiración para modificar evapotranspiración de referencia, que se basa en alfalfa o pasto. Los coeficientes deben estar entre 0,01 y 1,5 (algunos cultivos evapotranspiran más que la alfalfa en ciertas regiones tropicales muy húmedas y donde el agua está siempre disponible).

Refiérase al *general_lulc_coefficients.csv* provisto con el último paquete de instalación de para ver los valores actualizados de las clases de uso del suelo y los valores por defecto. El archivo se encuentra en la carpeta del programa RIOS en la siguiente ubicación: C:\Program Files\RIOS <version>\rios_data\.

Sistema de Optimización de Inversión de Recursos

Guía Paso a Paso

Junio de 2013

Richard Sharp, Brynn McNally, Martin Lacayo, Adrian Vogl

Con la contribución de: Adrian Vogl¹, Heather Tallis, James Douglass¹, Rich Sharp¹, Fernando Veiga², Silvia Benítez³, Jorge León², Eddie Game⁴, Paulo Petry⁵, João Guimerães⁶, Juan Sebastián Lozano³

Natural Capital Project, ²Latin America Water Funds Platform, ³TNC Northern Andes Southern Central America Program, ⁴TNC Central Science Program, ⁵TNC Latin America Region, ⁶TNC Atlantic Rainforest and Central Savannahs Program

*La preparación de este material fue financiada a través de becas de la Gordon and Betty Moore Foundation.
Agradecimiento a Patricio Mena para la traducción de este documento.*

INTRODUCCIÓN Y DOCUMENTACIÓN TEÓRICA

| | | |
|------------|--|----------|
| I. | INTRODUCCIÓN | 2 |
| II. | ASESOR DE PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN DE RIOS..... | 3 |
| 1. | Inicie el Asesor de Portafolios | 3 |
| 2. | Seleccione los objetivos..... | 3 |
| 3. | Edite las Ponderaciones de los Factores | 5 |
| 4. | Ponderación de los Objetivos..... | 6 |
| 5. | Potencial de Transición..... | 7 |



| | | |
|-------------|---|-----------|
| 6. | Seleccione el Presupuesto | 8 |
| 7. | Resultados | 10 |
| III. | Traductor de Portafolios de RIOS | 13 |
| 1. | Inicie el Traductor de Portafolios | 13 |
| 2. | Definiciones del Espacio de Trabajo | 13 |
| 3. | Protección..... | 14 |
| 4. | Restauración | 14 |
| 5. | Agricultura | 15 |
| 6. | Resultados | 15 |
| IV. | ESTIMADOR DE BENEFICIOS DE RIOS | 17 |
| 1. | Inicie el estimador de Beneficios..... | 17 |
| 2. | Ingreso de Modelos | 18 |
| 3. | Resultados | 20 |

I. Introducción

Esta guía proporciona una orientación al software RIOS para personas que lo usan por primera vez. Proporciona un ejemplo de un análisis simple y presenta los tres módulos que comprende la herramienta. Para obtener información detallada acerca de la teoría de RIOS y apoyo para análisis más avanzados, consulte la Guía del Usuario completa.

Un análisis completo de RIOS tiene lugar en tres módulos:

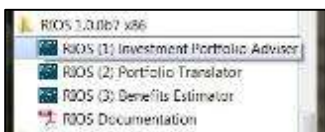
- El Asesor de Portafolios de Inversión de RIOS
- El Traductor de Portafolios de RIOS
- El Estimador de Beneficios de RIOS

A continuación están ejemplos paso a paso de cómo corre la herramienta RIOS.

II. Asesor de Portafolios de Inversión de RIOS

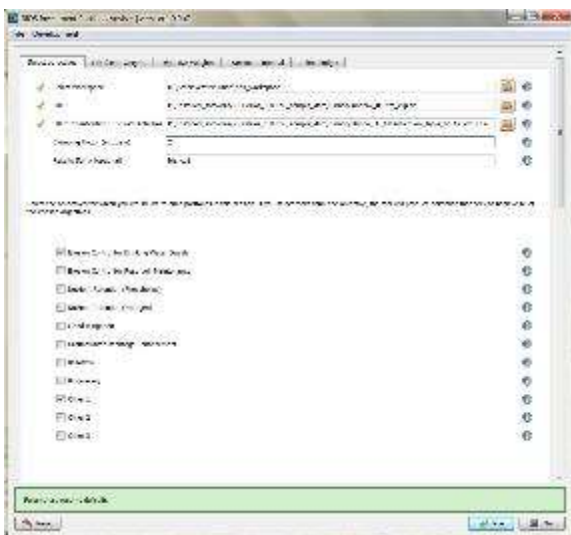
1. Inicie el Asesor de Portafolios

El módulo Asesor de Portafolios de Inversión utiliza datos biofísicos y sociales, información sobre el presupuesto y costos de implementación para producir portafolios de inversión para un área de inversión determinada en la cuenca. Los usuarios/as podrán introducir información sobre los objetivos de sus inversiones, las actividades de restauración o protección que están considerando, los costos de las actividades y los lugares posibles para llevarlas a cabo, y el presupuesto disponible para la distribución de los fondos entre las actividades. El portafolio de inversión que resulta proporciona un mapa que indica dónde producirán las inversiones en cada actividad el mejor rendimiento en términos de mejoras en todos los objetivos de servicio ecosistémico seleccionado. Inicie el Asesor de Portafolios de Inversión en el menú Inicio de Windows. La aplicación tendrá un aspecto similar al siguiente:



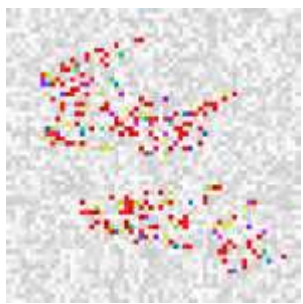
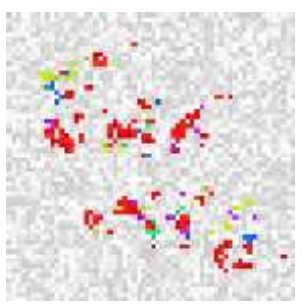
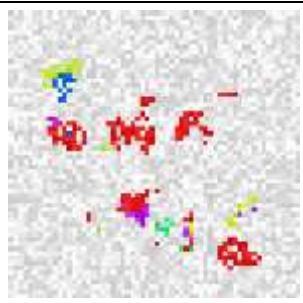
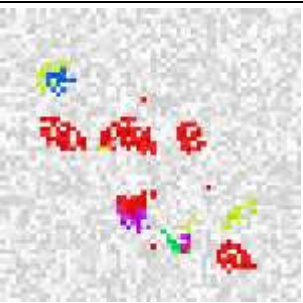
2. Seleccione los objetivos

Una vez iniciado, aparece la pantalla principal del Asesor de Portafolios de Inversión de RIOS, que se ve así:



En esta pantalla llene los siguientes datos:

- **Workspace (Espacio de trabajo):** la carpeta de sistema en el que todos los archivos de salida de la herramienta serán guardados. Asegúrese de que haya suficiente espacio en disco disponible y de que tenga los permisos que permiten leer y escribir datos en esta carpeta
- **LULC (Uso y Cobertura del Suelo):** capa ráster que contiene datos de uso y cobertura del suelo, con un entero único que es el valor asignado a cada clase de uso/cobertura del suelo.
- **LULC Classification CSV with Activities (Clasificación CSV de Uso y Cobertura de Suelo con Actividades):** tabla en formato csv. (valores separados por comas) que contiene el mapeo de cada clase de uso/cobertura del suelo en el ráster LULC a las clases LULC definidas por RIOS y las actividades que se permite que ocurran en dicha clase.
Véanse las entradas de datos de la [Tabla de Clasificación de Uso del Suelo](#) con detalles sobre los campos y valores requeridos.
- **Clumping Factor (Factor de agrupamiento):** valor de coma flotante, donde los valores mayores de cero hacen que los píxeles de las distintas actividades que se seleccionen cada vez estén más cerca unos de otros (amontonados en el espacio), agrupados en torno a píxeles de alta prioridad. Un valor de cero indica que no se debe producir la aglutinación intencional, por lo que las actividades sólo se seleccionarán sobre la base de la prioridad calculada, sin ser influenciadas por su proximidad a los píxeles de alta prioridad. Se recomiendan valores de 0 a 3. A continuación se presentan los resultados de muestras producidas con las mismas capas de entrada, sólo con diferentes valores del factor de agrupamiento, donde cada color representa una actividad diferente:

| | | | |
|---------------------|---|---------------------|---|
| Clumping factor = 0 |  | Clumping factor = 1 |  |
| Clumping factor = 2 |  | Clumping factor = 3 |  |

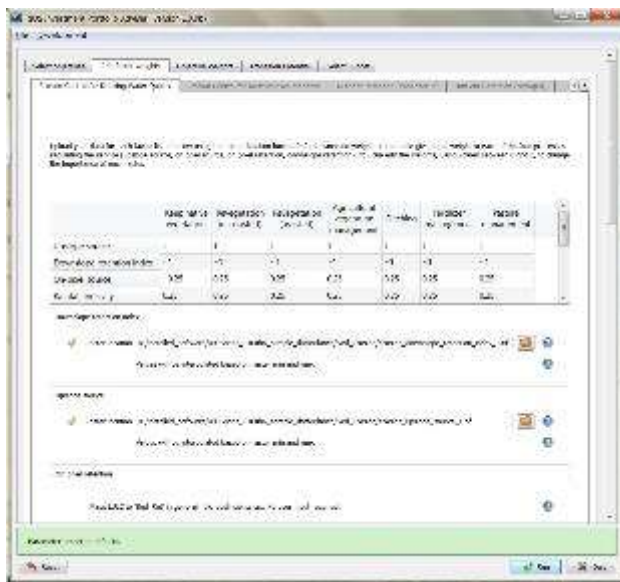
- **Results Suffix (Sufijo de resultados):** línea de texto opcional que será añadida al final de los nombres de archivos de salida con la forma <Filename>_<Suffix>. Esto puede usarse para generar nombres de archivos únicos que distingan entre múltiples escenarios o proyectos.
- **Objectives (Objetivos):** coloque una marca de verificación al lado de los objetivos del servicio ecosistémico que deben ser evaluados. Encuentre más información sobre los objetivos en la sección [Objetivos](#). Para cada objetivo seleccionado la herramienta solicita datos en el próximo paso. En la pantalla de arriba se han seleccionado los objetivos “Control de la Erosión para Agua Potable” y “Otro 1”.

3. *Edite las Ponderaciones de los Factores*

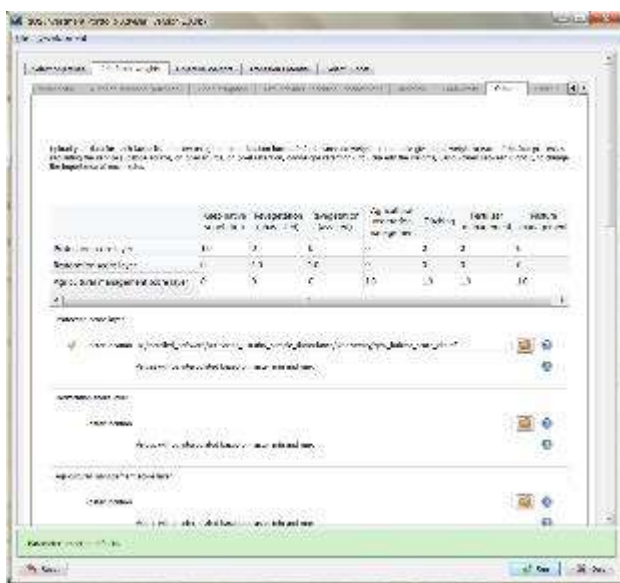
A continuación, seleccione la pestaña "*Edit factor weights*" (Editar ponderaciones de factores). Las pestañas que corresponden a los objetivos marcados en el paso de "Selección de objetivos" estarán activas, con el resto de color gris. Seleccione cada una de las fichas activas y llene los factores de objetivos requeridos. Algunos de estos factores son capas de datos básicos (como Profundidad del Suelo y Beneficiarios), mientras que otros son capas derivadas producidas mediante la ejecución del Preprocesador de RIOS (una herramienta de ArcGIS que ayuda para dar formato a los datos biofísicos para su ingreso en RIOS. Está incluido en la descarga de RIOS, y estará totalmente integrada en la herramienta RIOS en futuras versiones).

La tabla en la parte superior de la ventana define las ponderaciones asignadas a cada factor, sobre la base de la importancia del factor sobre cada tipo de transición, en relación con los otros factores enumerados. Estos valores se pueden ajustar, basándose en el objetivo y el contexto específico de un proyecto particular. Para obtener más información sobre los factores y ponderaciones objetivas, consulte la [Sección III, Descripción de los Modelos](#). Para obtener más información sobre la relación entre las actividades y las transiciones, consulte [Transiciones y Actividades](#).

El primer ejemplo muestra la pestaña del factor Control de la Erosión para la Calidad del Agua Potable, con dos de las salidas de preprocesamiento (Retención Aguas abajo y Fuente Aguas arriba) llenas:



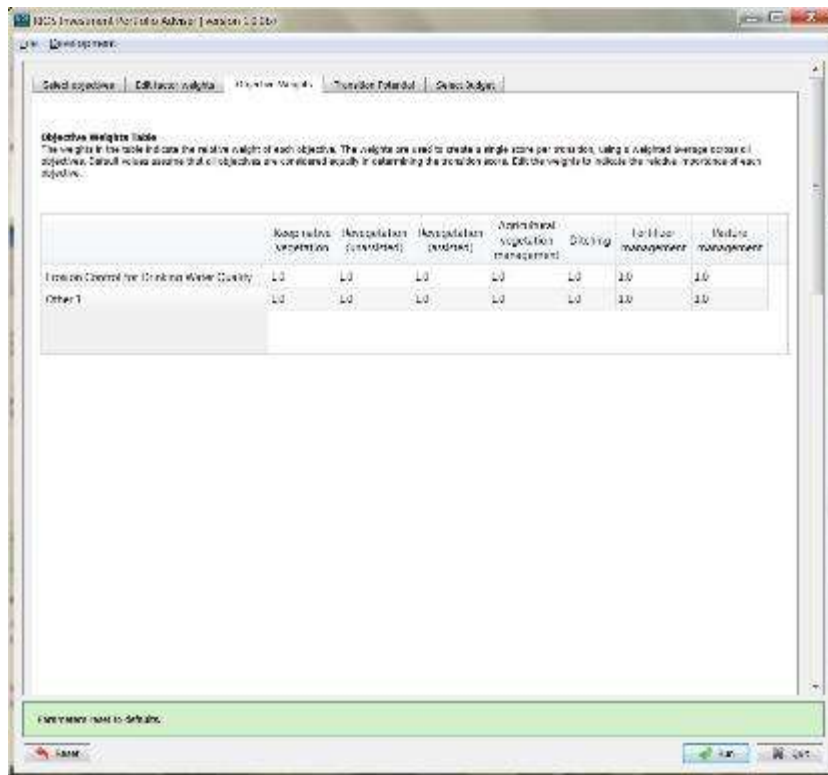
En el segundo ejemplo se ha elegido la pestaña del objetivo "Otro 1" y se ha llenado el factor "Capa de Calificación de Protección", lo que significa que "Otro" objetivo de entrada (definido por el usuario/a) ha sido previamente creado (fuera de RIOS), identificando áreas prioritarias para el mantenimiento de la vegetación actual para alcanzar el objetivo. Para obtener más información sobre los objetivos definidos por el usuario/a, consulte la sección [Otros](#).



4. Ponderación de los Objetivos

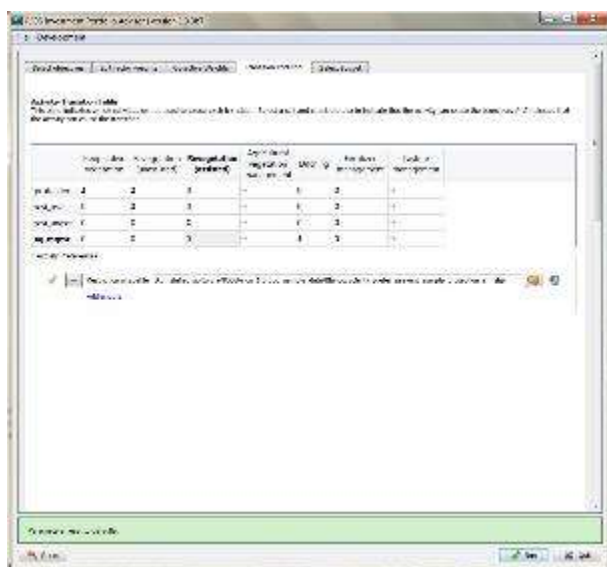
Ahora seleccione la pestaña Ponderación de Objetivos (*Objective Weights*). La ponderación de objetivos indica cuán efectiva es cada transición en alcanzar cada uno de los objetivos elegidos

por usuario/a. Estas ponderaciones pueden ser ajustadas según se desee y tienen un valor por defecto de 1.0. Más información puede verse en la sección [Ponderando Objetivos](#).



5. Potencial de Transición

En la Tabla de Transición de Actividades (*Activity Transition Table*) asigne el valor 1 a las transiciones que se esperan como causa de cada actividad, y un valor de 0 en caso contrario. Opcionalmente, en la sección Preferencias de Actividad (*Activity Preferences*) haga clic en "Add another" para incluir archivos *shapefile* con polígonos que definen las áreas en que o se prefiere una actividad o se desea prevenirla. Para obtener información adicional, consulte Áreas preferenciales de actividad, [página 15](#) para obtener una descripción general y la [página 55](#) para más detalles sobre el formato de tabla *shapefile*. En el siguiente ejemplo, la actividad "protección" sólo puede causar la transición "Mantener la vegetación nativa". El usuario/a también ha añadido un *shapefile* de actividad preferencial.



6. Seleccione el Presupuesto

Por último, haga clic en la pestaña "Seleccione Presupuesto" para llenar las preferencias presupuestarias y los costos de las actividades. Para obtener más información, consulte la sección de [Budget Allocation](#) (Asignación Presupuestaria). Tenga en cuenta que el tipo de moneda que se utiliza aquí no importa, siempre y cuando sea coherente en todas las entradas de presupuesto y costo. Introduzca la siguiente información:

- **Number of years (Número de años):** valor entero que especifica el número de años en que se deberá hacer el análisis. Si se introduce un valor de 1, los resultados se corresponden con el valor de los gastos del presupuesto especificado de un año. Si el valor es mayor que 1, el presupuesto especificado se gastan cada año, y una cartera independiente se creará cada año, así como una cartera combinada que contenga actividades recomendadas que cubran todos los años.
- **If activity money cannot be spent (Si el dinero de la actividad no se puede gastar):** si hay más dinero presupuestado para una actividad del que se puede gastar, el monto del superávit puede ser simplemente puesto en el informe final HTML sin gastarse (correspondiente a "Report remainder", "Informe de remanente") o redistribuidos entre otras actividades, en base a la proporción del presupuesto originalmente asignados a cada actividad (correspondiente a "Proportionally reallocate", "Reasignar proporcionalmente").
- **Yearly floating budget (Presupuesto anual flotante):** valor de coma flotante que especifica la cantidad de dinero que se debe gastar en las actividades, basándose exclusivamente en la rentabilidad de la inversión. Tenga en cuenta que asignar solamente un presupuesto flotante (sin cantidades específicas otorgadas a cada actividad en la Tabla de Asignación de Actividad Anual) puede dar lugar a que sólo

las actividades más baratas sean seleccionadas, es decir, no todas las actividades representadas en el portafolio final.

- **Yearly Activity Allocation Table (Tabla de Asignación Anual de Actividades):** valores de coma flotante que especifican la cantidad de dinero que debe ser gastado exclusivamente en cada actividad por año.
- **Activity cost (Costo de Actividades):** Valores de coma flotante que especifican cuánto cuesta implementar cada actividad. Tres piezas de información se requieren para cada actividad:
 - Cost per unit (Costo por unidad):** valor de coma flotante para el costo de implementación por área unitaria.
 - Measurement unit (Unidad de medida):** si el costo es dado por unidad de área, seleccione 'area', y si es dado en unidad de longitud 'length'.
 - Length (m) or Area (m^2) (longitud o área):** valor de coma flotante que especifica el tamaño del área (en metros cuadrados) o la longitud (en metros).

Por ejemplo, si una actividad cuesta \$100/hectárea, ingrese '100' para 'Cost per unit', 'area' para 'Measurement unit' y '10000' para 'Length (m) or Area (m^2)'

En el siguiente ejemplo, el usuario/a ha ingresado como presupuesto la cantidad de 100.000 como *Floating Budget* a ser gastado en un solo año, ha asignado presupuestos específicos a las actividades individuales y ha ingresado costos de las actividades por hectárea (10000m^2).

The screenshot shows a software window titled "Activity Allocation". It contains several input fields and a table.

Input Fields:

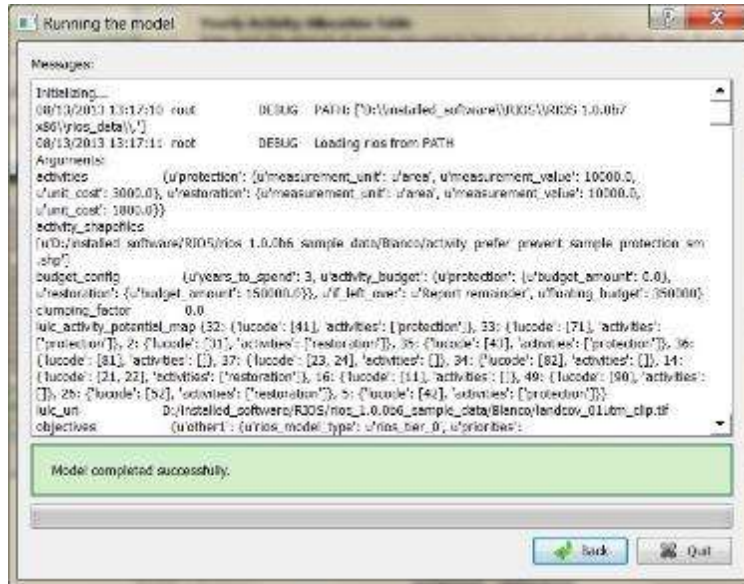
- Floating Budget:** 100,000
- Activity Cost:** 100,000
- Measurement unit:** area
- Length (m) or Area (m^2):** 10,000

Activity Cost Table:

| Activity | Cost per unit | Measurement unit | Length (m) or Area (m^2) |
|------------|---------------|------------------|--------------------------|
| Activity 1 | 100 | area | 10,000 |
| Activity 2 | 100 | area | 10,000 |
| Activity 3 | 100 | area | 10,000 |
| Activity 4 | 100 | area | 10,000 |

7. Resultados

Una vez que todas las pestañas hayan sido llenadas, haga clic en el botón 'Run' y aparecerá una ventana que muestra la información sobre el tiempo de ejecución (*runtime*):



Cuando la corrida esté completa, se abrirá una página Web que mostrará un informe local en HTML en el que se describe cómo se distribuyó el dinero del presupuesto entre las actividades.

The screenshot shows a window titled 'ipa_report.html' with a browser address bar. The report content includes a title 'IPA Report', a timestamp 'Run on 2013-05-28 13_48_37', and two links: 'IPA Total Summary' and 'IPA Year 1 Summary'. Below these are two tables: 'Total Budget Report' and 'Budget Report For Year 1'. Both tables have three columns: 'Actual Spent', 'Total Budgeted', and 'Area Converted (Ha)'. The data rows include 'Floating Budget', 'ag_mgmt', 'protection', 'rest_asst', 'rest_uasst', and a 'Total' row.

| | Actual Spent | Total Budgeted | Area Converted (Ha) |
|-----------------|----------------------|-----------------|---------------------|
| Floating Budget | n/a | 123123.0 | n/a |
| ag_mgmt | 23.4 | 0.0 | 7.02 |
| protection | 67504.8000003 | 0.0 | 20251.44 |
| rest_asst | 972.0 | 0.0 | 291.6 |
| rest_uasst | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Total | 68500.2000003 | 123123.0 | 20550.06 |

| | Actual Spent | Total Budgeted | Area Converted (Ha) |
|-----------------|----------------------|-----------------|---------------------|
| Floating Budget | n/a | 123123 | n/a |
| ag_mgmt | 23.4 | 0.0 | 7.02 |
| protection | 67504.8000003 | 0.0 | 20251.44 |
| rest_asst | 972.0 | 0.0 | 291.6 |
| rest_uasst | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Total | 68500.2000003 | 123123.0 | 20550.06 |

La sección de *Total Budget Report* (Informe Presupuestario Total) muestra los gastos combinados a lo largo de los años para el **Presupuesto Flotante**, cada actividad definida por el usuario/a y el **Total** para ambos. Las columnas son las siguientes:

- **Actual Spent (Gasto Real)**: cantidad de dinero que la herramienta que realmente gastó en cada actividad, lo que puede implicar una combinación de Presupuesto flotante y asignación específica de la actividad.
- **Total Budgeted (Total Presupuestado)**: cantidad de dinero que estaba originalmente asignada a cada actividad.
- **Area Converted (Ha) (Área convertida en hectáreas)**: área en hectáreas que se convirtió en una nueva actividad en el nuevo portafolio.

Los Informes Presupuestarios Anuales (*Annual Budget Reports*) incluyen una información similar al Informe Presupuestario Total (*Total Budget Report*), sólo que dividido en valores distintos para cada año. Si se ha especificado un solo año, el Informe Presupuestario Anual será el mismo que los Informes Anuales de Presupuesto.

Una ventana del Explorador de Windows se abrirá para mostrar el contenido de la carpeta del área de trabajo definido por el usuario/a. Dentro del espacio de trabajo, hay una carpeta llamada **1_investment_portfolio_adviser_workspace**, que contiene las siguientes salidas:

- **activity_portfolios (portafolios de actividad)**: carpeta que contiene los portafolios de actividad seleccionados. El archivo de interés principal es **activity_portfolio_total.tif**,

- que contiene todas las áreas de actividad seleccionadas para el primer año del análisis. Si se ha especificado más de un año en la pestaña Budget de la herramienta. Los portafolios separados correspondientes a cada año se guardan en la carpeta **yearly_activity_portfolios**, y los portafolios acumulativos (donde, por ejemplo, el portafolio del año 2 contiene actividades seleccionadas en ambos años 1 y 2), se guardan en la carpeta **continuous_activity_portfolios**.
- **activity_scores (puntuación de actividades)**: carpeta que contiene rásters que muestra la puntuación final calculada a través del paisaje para cada actividad. Los píxeles de alto valor-en estos rásters son los seleccionados para su inclusión en el portafolio final.
 - **html_report (informe html)**: carpeta que contiene la página Web que se muestra cuando la herramienta termina, con información detallada sobre cómo se gastó el dinero en todas las actividades.
 - **objectives**: carpeta que contiene salidas para cada objetivo seleccionado por el usuario/a. Dentro de cada carpeta de objetivo hay otras dos carpetas:
 1. **normalized_input_factors (factores de entrada normalizados)**, con versiones normalizadas de los factores de los objetivos.
 2. **objective_level_transitions (transiciones a nivel de objetivo)**, con las capas de puntuación final calculadas para cada tipo de transición para cada objetivo especificado. Si un tipo de transición no se usó en el análisis, el ráster resultante contendrá solamente ceros.
 - **transition_scores (puntuación de transiciones)**: carpeta con las capas finales de puntuaciones calculadas para cada tipo de transición a lo largo de todos los objetivos.
 - **general_lulc_coefficients.csv**: copia de la tabla de coeficientes generales proporcionada por RIOS, que contiene mapeos de los tipos LULC generales hacia los factores biofísicos utilizados por la herramienta.
 - **general_lulc.tif**: mapa ráster que muestra el ráster LULC provisto por el usuario/a, mapeado para las clases generales LULC de RIOS, según se define en *LULC Classification CSV with Activities* (csv de Clasificación LULC con actividades).

Los usuarios/as pueden explorar los resultados del SIG indicados antes cargando una herramienta GIS de escritorio como QuantumGIS o ArcGIS. Las salidas CSV se pueden ver en herramientas de texto como Notepad ++, o herramientas de hojas de cálculo como Excel u OpenOffice.

Dentro de la carpeta del área de trabajo, los archivos de registro se guardan para cada corrida de la herramienta RIOS, que contienen todos los mensajes de salida escrito en la pantalla de la consola mientras la herramienta está abierta y funcionando. Para el Asesor de Portafolios (*Portfolio Advisor*), el archivo de registro se llama **rios-log-<date>-<time>.txt**.

Cuando se comunique con el grupo del proyecto Natural Capital Project con respecto a errores u otros problemas con la ejecución del modelo, por favor háganos llegar ese archivo.

III. Traductor de Portafolios de RIOS

El módulo Traductor de Portafolios guía al usuario/a a través de un conjunto de opciones para generar escenarios que reflejan la condición futura de la cuenca si el portafolio de inversiones se implementa. Considera la eficacia de las actividades y el horizonte temporal para la evaluación como un paso intermedio entre el portafolio de inversiones y el mapa de estimación cuantitativa de los beneficios de los servicios ecosistémicos. Para obtener más información, consulte la [Sección II, Traductor de Portafolios de RIOS](#).

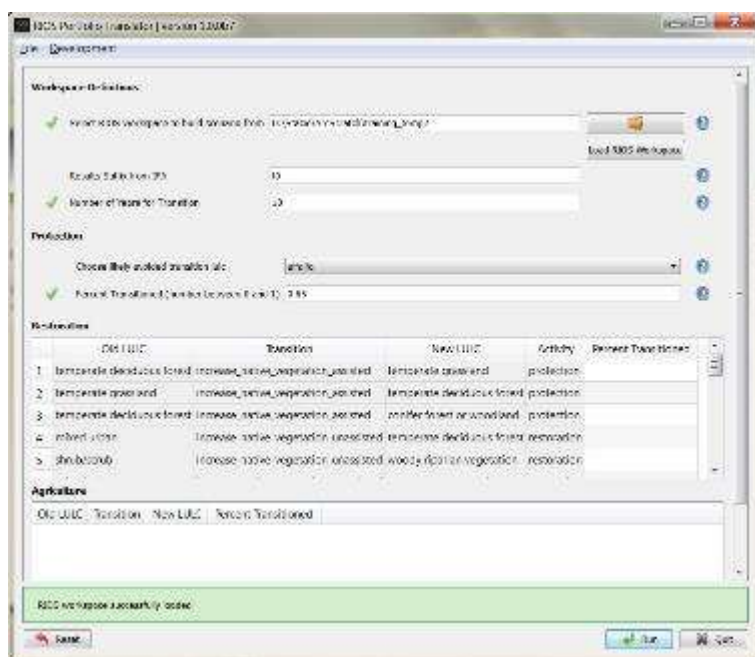
1. Inicie el Traductor de Portafolios

Tras completar la ejecución del Asesor de Inversiones de RIOS, inicie el menú de entrada al Traductor de Portafolios de RIOS desde el menú de inicio de Windows. Debería verse así:



2. Definiciones del Espacio de Trabajo

Cuando se inicia el Traductor, escoja el espacio de trabajo de RIOS al espacio de trabajo previo anterior del Asesor de Inversiones de RIOS, e ingrese el Sufijo de Resultados (*Results Suffix*) que se utilizó en la ejecución del Asesor (si no se usó, deje en blanco). Haga clic en el botón “*Load RIOS Workspace*” (“Cargue el espacio de trabajo de RIOS”). Tal vez la carga sea lenta, pero usted puede ver actualizaciones del estado en la ventana negra de la consola que se abre al mismo tiempo. A continuación vea una imagen de la pantalla del Traductor de Portafolios de RIOS tras hacer clic en “*Load RIOS Workspace*”:



Tras la carga del espacio de trabajo, se llenarán, si se aplican, las secciones de Protección, Restauración y Agricultura.

Ingrese el **Número de Años para la Transición (*Number of Years for Transition*)**, que es un valor entero que especifica el número de años en que se espera que ocurra la transición. Este valor no es calculado por RIOS, solamente se incluye en el informe final como referencia para ayudar a pensar en la información sobre la transición que viene a continuación.

3. Protección

- **Escoja la transición de uso/cobertura del suelo probablemente evitada (*Choose likely avoided transition lulc*)** que define el tipo de cobertura que podría desplazar a los tipos de cobertura naturales/nativos si no están protegidos. Por ejemplo, si un bosque no está protegido, la gente puede cortarlo para establecer pastos o agricultura.
- **Porcentaje en transición (*Percent transitioned*)** es un valor entre 0 y 1 que indica la proporción en que se espera que el tipo de cobertura natural sufra la transición *durante el número de años* especificado anteriormente. Mayor información en [Proteger Vegetación Nativa](#) en la sección de Traduct5or de Portafolios de RIOS.

4. Restauración

En la tabla **Restoration**, todos los tipos antiguos de uso y cobertura del suelo (*Old LULC*) en el mapa base de cobertura de suelo (mapeado en clases generales de RIOS) que fueron

elegidos en el portafolio para una *Actividad* de restauración se enumeran junto con su tipo de transición asociado. La nueva clase de uso/cobertura (*New LULC*) hacia la que se prevé experimentará la transición el antiguo uso/cobertura (*Old LULC*) como resultado de la restauración, se determina por la herramienta observando los píxeles del antiguo uso y seleccionando el tipo de cobertura de suelo nativa (de nuevo, una clase general de RIOS) que es dominante en las inmediaciones.

En la columna Porcentaje en Transición (*Percent Transitioned*), ingrese un valor entre 0 y 1 que indica la proporción de *Old LULC* que podría experimentar la transición hacia *New LULC* en el *Número de años* especificado. Más información en [Revegetación – asistida y](#) [Revegetación – no asistida](#) en la sección del Traductor de Portafolios de RIOS.

5. Agricultura

La tabla **Agriculture** es similar a Restoration, donde los tipos de uso *Old LULC* en el mapa base de cobertura (con las clases generales de RIOS) que fueron escogidos para una actividad de Agricultura se enumeran, junto con el tipo de transición. *Percent Transitioned* se llena con valores de 0 a 1 que indican la efectividad de la actividad de manejo.

Aquí, la columna *New LULC* es definida por el usuario/a como referencia a una clase de cobertura de suelo (una clase general de RIOS) que representa la situación ‘ideal’ si es que la parcela ha sido perfectamente manejada. Más información en [Zanjas, Manejo de fertilizantes y manejo de pastizales](#) en la sección del Traductor de Portafolios de RIOS.

6. Resultados

Una vez que todas las entradas han sido ingresadas, haga clic en el botón *Run* (Ejecutar). Cuando la herramienta termina de ejecutarse, una ventana del explorador de Windows se abre en la ubicación del área de trabajo. Las salidas del Traductor de Portafolios se encuentran en la carpeta **2_portfolio_translator_lulc_scenarios**. Dentro de esta carpeta están los siguientes archivos de salida:

- **base_lulc.tif**: ráster del mapa base LULC, con tipos de uso de suelos dentro de las clases generales de RIOS.
- **transitioned_lulc.tif**: ráster que combina el mapa base LULC y las áreas seleccionadas en el portafolio generado por IPA-para las transiciones de restauración y agricultura solamente. Los valores de los píxeles corresponden a los códigos de uso del suelo. Véase **transitioned_coefficients.csv** más adelante para tener más información sobre los códigos de transiciones de uso del suelo.
- **unprotected_lulc.tif**: ráster que combina el mapa base LULC y las áreas seleccionadas en el portafolio generado por IPA para la protección las transiciones de protección solamente. Los valores de los píxeles corresponden a los códigos de

uso del suelo. Véase **unprotected_coefficients.csv** más adelante para tener más información sobre los códigos de transiciones de uso del suelo. Se llama *unprotected* (desprotegido) porque en este mapa las áreas seleccionadas para protección se transforman en *transición a usos probablemente evitados* (likely avoided transition lulc).

- **base_coefficients.csv**: tabla que contiene coeficientes biofísicos para todos los tipos base de usos generales de RIOS.
- **transitioned_coefficients.csv**: tabla que contiene coeficientes del modelo biofísico tanto para los tipos base y de transición de coberturas para transiciones de restauración y agrícolas (no protección.) Los tipos de cobertura de suelo de transición se describen en el campo *LULC_desc* como <Old LULC>,<transition code>,<New LULC>. Y se les asigna nuevos códigos únicos *lucodes* como <Old lucode><transition code><New lucode>, donde *Old* y *New lucodes* son tomados de los mapeos de las clases generales de RIOS, y los códigos de transición son:
 - **00**: *Keep native vegetation* (Mantener vegetación nativa)
 - **01**: *Increase native vegetation, unassisted* (Incrementar vegetación nativa, no asistido)
 - **02**: *Increase native vegetation, assisted* (Incrementar vegetación nativa, asistido)
 - **03**: *Agricultural vegetation management* (Manejo de vegetación agrícola)
 - **04**: *Ditching* (Zanjas)
 - **05**: *Fertilizer management* (Manejo de fertilizantes)
 - **06**: *Pasture management* (Manejo fertilizantes)

Un ejemplo de *LU_desc* podría leerse:

“baresoil,increase_native_vegetation_unassisted,temperate_grassland” con un código lucode correspondiente de “201033”, donde “2” es el lucode “bare soil” (suelo desnudo), “01” es el código de transición para “increase native vegetation, unassisted” (incrementar vegetación nativa, no asistido y “033” es el lucode para “temperate grassland” (pastizal temperado).

Los detalles sobre los cálculos y los coeficientes de transición se dan en la [sección II. Traductor de Portafolios de RIOS](#).

- **unprotected_coefficients.csv**: similar a transitioned_coefficients.csv, pero con coeficientes biofísicos del modelo para áreas donde ha habido una transición desde vegetación nativa no protegida hacia el *uso más posiblemente evitado* seleccionado por el usuario/a. Nuevamente, se incluyen los tipos base y coeficientes de uso del suelo, así como los tipos de uso nuevos tipos de uso y lucodes hacia los que ha habido transición. Un ejemplo de LULC_desc podría ser “temperate grassland,keep_native_vegetation,alfalfa” (pastizaltemplado,mantener_vegetación_nativa,alfalfa) con un código lucode de “33000001”.

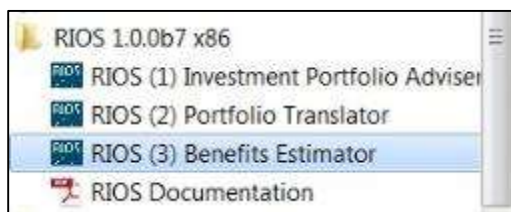
Dentro de la carpeta del área de trabajo se guardan archivos de registro para cada herramienta de ejecución de RIOS, que contienen todos los mensajes de salida escritos en la pantalla de la consola mientras la herramienta está abierta y funcionando. Para el Traductor de Portafolios, el archivo de registro se denomina **rios_porter-log-<date>-<time>.txt**. Cuando se comunique con el Proyecto Natural Capital con respecto a errores y otros problemas al ejecutar el modelo, por favor háganos llegar este archivo.

IV. Estimador de Beneficios de RIOS

El módulo Estimador de Beneficios de RIOS utiliza la suite de modelos InVEST para estimar los retornos de los servicios ecosistémicos de la inversión de un portafolio. Estas estimaciones dan a los y las inversionistas una idea de la cantidad de cuánto mejora en los servicios ecosistémicos pueden esperar de un determinado nivel de inversión en actividades de restauración o protección. La versión actual de RIOS incluye modelos InVEST que pueden estimar los rendimientos en el control de la erosión y la regulación de la calidad del agua (para nitrógeno y fósforo). Para obtener información general sobre la ejecución de modelos de invertir, consulte [la Guía del Usuario de InVEST](#).

1. Inicie el estimador de Beneficios

Tras la ejecución del Traductor de Portafolios de RIOS, inicie el Estimador de Beneficios de RIOS del menú de inicio de Windows. Debe verse así:



2. Ingreso de Modelos

Cuando se carga el Estimador de Beneficios de RIOS, mire las cajas al lado de los modelos InVEST que deberían ejecutarse (*Run Sediment Analysis* [Ejecute análisis de Sedimento] y/o *Run Nutrient Analysis* [ejecute Análisis de Nutrientes]) e ingrese los datos del modelo requeridos. A continuación viene una descripción corta de cada entrada. Las explicaciones detalladas se pueden encontrar en las secciones [Requerimientos de Datos del Modelo InVEST](#) y [Detalles y Fuentes para los Datos Requeridos](#) de este documento, así como en la [Guía de Uso de InVEST](#).

- **Punto en la raíz del espacio de trabajo de RIOS (*Point at the root RIOS workspace*):** carpeta donde el producto del Asesor de Portafolios y el Traductor de Portafolios para este análisis está ubicado.
- **Sufijo de Resultados de IPA (*Results Suffix from IPA*):** (opcional) sufijo que fuera especificado durante la ejecución del Asesor de Portafolios. Si no se especificó, déjelo vacío.
- **Ráster MDE (*MDE ráster*):** ráster SIG que contiene los datos del Modelo Digital de Elevación (en metros).
- **Shapefile de cuencas (*Watersheds shapefile*):** *shapefile* con polígonos que definen la cuenca o cuencas bajo análisis.
- **Umbral de Acumulación de Caudal (*Threshold Flow Accumulation*):** valor entero que especifica cuántos píxeles de MDE deben fluir en determinado píxel en el paisaje para que tal píxel sea considerado parte de la red de la corriente. Usado para definir corrientes.
- **Tabla de Umbral de Purificación de Agua (*Water Purification Threshold Table*):** tabla en formato .csv con información sobre los niveles permitidos de nutrientes en cada punto de desagüe en la cuenca.

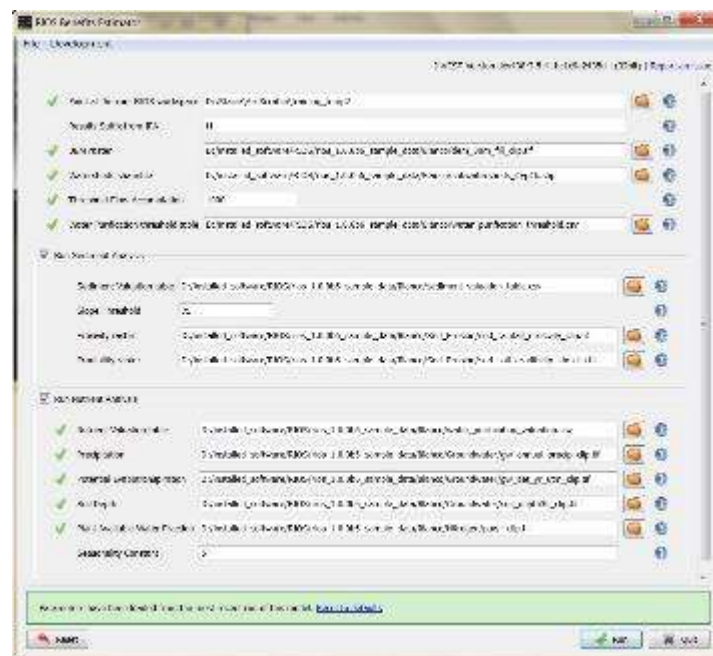
Si la caja **Run Sediment Analysis** está marcada, también se debe ingresar lo que sigue:

- **Tabla de Valoración de Sedimentos (*Sediment Valuation table*):** tabla en formato .csv con información económica para cada punto de desagüe en la cuenca, necesario para correr la porción de valoración monetaria del modelo InVEST de Sedimentos.
- **Umbral de Pendiente (*Slope Threshold*):** valor entero que especifica la pendiente en la cual las prácticas de estabilización de la erosión empiezan a ser usadas por los agricultores/as.
- **Ráster de erosividad (*Erosivity raster*):** ráster SIG con datos numéricos sobre Erosividad por lluvia, según se usa en la ecuación USLE (en $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot (\text{ha} \cdot \text{h} \cdot \text{yr})^{-1}$).
- **Ráster de erosionabilidad (*Erodibility raster*):** Ráster SIG con datos numéricos de Erosionabilidad del suelo, según se usa en la ecuación USLE (in $\text{T} \cdot \text{ha} \cdot \text{h} \cdot (\text{ha} \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm})^{-1}$).

Si la caja **Run Nutrient Analysis** está marcada, también se debe ingresar lo que sigue:

- **Tabla de Valoración de Sedimentos (*Sediment Valuation table*):** tabla en formato .csv con información económica para cada punto de desagüe en la cuenca, necesario para correr la porción de valoración monetaria del modelo InVEST de Nutrientes.
- **Precipitación (*Precipitation*):** ráster de SIG con datos numéricos de la precipitación anual media (en mm).
- **Evapotranspiración Potencial (*Potential Evapotranspiration*):** ráster SIG con datos numéricos de la evapotranspiración potencial media anual (en mm).
- **Profundidad del suelo (*Soil Depth*):** ráster SIG con datos numéricos de la máxima profundidad del suelo (en mm).
- **Fracción de Agua Disponible para las Plantas (*Plant Available Water Fraction*):** ráster SIG con datos numéricos de la cantidad de agua en el suelo que está disponible para el uso de las plantas (fracción sin unidades).
- **Constante de estacionalidad (*Seasonality Constant*):** valor entero (1-10) para caracterizar la estacionalidad de la precipitación en la cuenca.

Si hay un problema con los datos de entrada introducidos, una X roja aparecerá en lugar de las marcas de color verde a la izquierda de la entrada, y si se hace clic allí se proporciona información acerca de lo que está mal. El siguiente es un ejemplo de la interfaz del Estimador de Beneficios con todos los valores modelo ingresados:



3. Resultados

Haga clic en el botón *Run*. Después de una ejecución exitosa, el Estimador Beneficios abre un informe HTML en un explorador Web, y una ventana del explorador de Windows se abre en la ubicación del área de trabajo. El informe HTML se parece a esto (solamente resultados parciales):

Sediment

Returns after 10 years

| | Total Sed Export (tons) | Retention (dredging) | Retention (water quality) | Value of Sediment Retention (dredging) | Value of Sediment Retention (water quality) | shapefile_url (drag link to GIS program to visualize) |
|--------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|--|---|---|
| Base | 2200 | 4200 | 4100 | 90000 | 190000 | watershed_base.shp |
| Transitioned | 2200 | 4200 | 4200 | 90000 | 190000 | watershed_transitioned.shp |
| Unprotected | 2200 | 4200 | 4100 | 90000 | 190000 | watershed_unprotected.shp |

Base Per Watershed

| Watershed ID | Total Sed Export (tons) | Retention (dredging) | Retention (water quality) | Value of Sediment Retention (dredging) | Value of Sediment Retention (water quality) |
|--------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|--|---|
| 24 | 540.0 | 1500 | 500 | 25000 | 40000 |
| 25 | 500.0 | 500 | 500 | 25000 | 5000 |
| 26 | 480.0 | 500.0 | 500.0 | 16000 | 18000 |
| 27 | 420.0 | 340.0 | 540.0 | 15000 | 36000 |
| 28 | 360.0 | 1800 | 1800 | 45000 | 82000 |

Si el modelo de **sedimentos** se ha ejecutado, se mostrará la salida de este modelo. La primera tabla (*Retornos después de 10 años* en el ejemplo) proporciona salida desde el modelo de sedimentos que representa el retorno total proyectado de la inversión en términos de mejoras en el control de la erosión, y el valor monetario asociado. También es una compilación de las tres tablas siguientes, con los totales en toda la cuenca de interés. Las tres filas de esta tabla (así como los tres cuadros siguientes) se basan en los siguientes escenarios:

- **Base:** Resultados de la ejecución del modelo de sedimentos en el paisaje base (actual).
- **Transitioned (de transición):** resultados de la ejecución del modelo de sedimentos en la cartera seleccionada por IPA que contiene las actividades de Restauración y Agrícolas.
- **Unprotected (sin protección):** resultados de la ejecución del modelo de sedimentos en la cartera de protección seleccionado por IPA donde la cubierta vegetal nativa sin

protección ha hecho la transición al uso/cobertura probablemente evitada seleccionada por el usuario/a.

Las columnas presentan salidas biofísicas y económicas del modelo de sedimentos InVEST:

- **Total Sed Export (tons)**: cantidad de sedimento que escurre del paisaje y termina en la corriente, en toneladas métricas.
- **Retention (dredging)**: cantidad de sedimento que es retenido por el paisaje (manteniéndolo fuera de la corriente), ajustada al umbral de sedimento provisto por el usuario/a.
- **Retention (water quality)**: cantidad de sedimento que es retenido por el paisaje (manteniéndolo fuera de la corriente), ajustada al umbral de sedimento para calidad de agua provisto por el usuario/a.
- **Value of Sediment Retention (dredging)**: el valor monetario de **Retention (dredging)**, basado en los costos de dragado evitados.
- **Value of Sediment Retention (water quality)**: el valor monetario de **Retention (dredging)**, basado en los costos de tratamiento de agua evitados.

El valor monetario de **Retention (water quality)**, basado en los costos de tratamiento de agua evitados.

- **shapefile_uri**: *shapefile* generado por el Estimador de Beneficios, donde aparece cada subcuenca, junto con información generada por el modelo para cada una. Véase [watershed_outputs.shp](#) más abajo para obtener una lista de las columnas.

Las tres tablas siguientes proporcionan una salida más detallada de los tres escenarios (Base, De transición y Sin protección); se presentan totales por subcuenca en vez de por cuencas como en la primera tabla. Las columnas son las mismas que para la primera tabla, con la adición de **Watershed ID**, que enumera los identificadores únicos para cada subcuenca dentro de la cuenca principal de interés.

Si el modelo de **Nutrientes** se ha ejecutado, su salida será similar a la de los **Sedimentos**, con tablas separadas para **Retornos**, **Base**, **De transición** y **Sin protección**. Las columnas son también similares, con salidas biofísicas y económicas actuales del modelo InVEST de Nutrientes:

- **Nitrogen Export (Exportación de nitrógeno)**: la cantidad de alimento que se escurre del paisaje y termina en la corriente, en kilogramos.
- **Nutrient Retention (mass) (Retención de nutriente [masa])**: la cantidad de alimento que se queda en el paisaje y no termina en la corriente, en kilogramos.

- **Nutrient Retention (value) (Retención de nutriente [valor]):** el valor monetario de **Nutrient Retention (mass)**, basado en los costos de tratamiento de agua evitados.
- **shapefile_uri:** *shapefile* generado por el Estimador de Beneficios, donde cada subcuenca está listada junto a información generada por el modelo para cada una. Véase [watershed_outputs.shp](#) abajo con la lista de columnas.

Los resultados del Asesor de Portafolios también se incluyen en la parte baja del informe HTML como referencia.

Los archivos de salida del Estimador de Beneficios se encuentran en la carpeta **3_benefits_estimator_workspace**. Dentro de esta carpeta hay carpetas para cada corrida del modelo (**nutrient_workspaces** y **sediment_workspaces**) así como el informe HTML final que se mostró en el navegador Web (**benefits_estimator_report.html**.) Dentro de las carpetas de los modelos hay carpetas separadas para cada uno de los tres escenarios (**base**, **transitioned**, **unprotected**.)

Dentro del escenario **nutrient_workspaces** están las siguientes carpetas y archivos. Véase en el modelo InVEST de Nutrientes la sección [Interpreting Results](#) (Interpretación de resultados), que tiene más información.

- **intermediate:** durante la ejecución del modelo, varios archivos intermedios se generan en esta carpeta, los que no se utilizan por lo general para la toma de decisión final, pero pueden ser de interés para alguien que quiera aprender más sobre los detalles de los modelos. La mayoría de ellos no se detallarán aquí, a excepción de *stream.tif*, que es un SIG ráster que muestra la red de la corriente generada por el modelo, basado en la acumulación umbral de caudal definida por el usuario/a. Para que los resultados del modelo representen más de cerca el funcionamiento de la cuenca que se está analizando, es importante que esta red de la corriente coincida cercanamente con la red de la corriente real.
- **output:** Carpeta que contiene los archivos de salida de interés primario, como sigue:
 - **n_export.tif:** ráster de SIG que muestra la cantidad de nutrientes que se escurren de cada píxel en el paisaje y termina en la corriente (no se conserva en el paisaje intervenido). Este resultado se da por píxel en el paisaje, y se proporciona solamente como referencia y no para ser utilizado para la toma de decisiones, ya que la salida del modelo InVEST está destinada a ser utilizada solamente a escala de subcuenca. En kilogramos/año.
 - **watershed_outputs.shp:** *shapefile* que contiene una variedad de información generada por el modelo, agregada en cada subcuenca definida por el usuario/a, incluyendo lo siguiente:

- **mn_run_ind:** índice de escorrentía media que indica la cantidad relativa de la escorrentía de agua que es probable que provenga de la subcuenca, basándose en las características geomorfológicas. Valor sin unidades.
 - **n_ret_tot:** cantidad total de nutrientes retenida en la subcuenca. En kilogramos/año.
 - **n_exp_tot:** cantidad total de nutrientes exportada por la subcuenca. En kilogramos/año.
 - **n_adjl_tot:** cantidad total de carga de nutrientes ('carga ajustada') que deja cada píxel en cada subcuenca. En kilogramos/año.
 - **value_n:** valor monetario total de la retención de nutrientes en la subcuenca en términos de costos de tratamiento de agua evitados en el desagüe de la cuenca mayor. El valor es en la moneda provista por el usuario/a.
- **water_yield_workspace\output:** carpeta que contiene las salidas del modelo de Producción de Agua de InVEST que se ejecuta como parte de modelo de Nutrientes. Contiene los siguiente carpetas y archivos:
 - **pixel:** carpeta que contiene los resultados de los modelos por píxel. Estos son generados como parte de los cálculos del modelo, y se proporcionan aquí sólo para su uso como referencia, o para saber más sobre cómo funciona el modelo; no son para usarse directamente para la toma de decisiones pues las salidas del modelo InVEST pretenden ser utilizadas solamente a escala de subcuenca.
 - **aet.tif:** evapotranspiración real, en mm/año.
 - **fractp.tif:** fracción de la precipitación que deja el Sistema como evapotranspiración, valor sin unidad.
 - **wyield.tif:** cantidad de agua que se escurre del píxel, en mm/año.
 - **water_yield_watershed.csv:** Tabla en formato .csv (valores separados por comas), con los resultados del modelo de Producción de Agua agregados para cada subcuenca suministrada por el usuario/a. Las columnas son las siguientes:
 - **ws_id:** ID de la subcuenca
 - **precip_mn:** precipitación media anual en la subcuenca, en mm/año.
 - **PET_mn:** evapotranspiración potencial media en la subcuenca, en mm/año.
 - **AET_mn:** evapotranspiración real media en la subcuenca, en mm/año.

- **wyield_mn**: producción media de agua en la subcuenca, en mm/año.
- **wyield_vol**: volumen total de producción de agua en la subcuenca, en m³/año.
- **wyield_sheds.shp**: *Shapefile* que contiene una versión espacial de los datos contenidos en **water_yield_watershed.csv**. También están las siguientes columnas:
 - **hectare_mn**: producción media de agua por hectárea en la subcuenca, en mm/año.
 - **num_pixels**: número de píxeles de ráster contenidos dentro de la subcuenca Entero.
 - **wyield_ha**: producción total de agua en la subcuenca, por hectárea, en mm/ha/año.

Dentro de las carpetas del escenario **sediment_workspaces** están las siguientes carpetas y archivos. En la sección del modelo InVEST de sedimentos [Interpreting Results](#) (Interpretación de resultados) hay más detalles.

- **intermediate**: durante la ejecución del modelo, varios archivos intermedios se generan en esta carpeta, los que no se utilizan por lo general para la toma de decisión final, pero pueden ser de interés para alguien que quiera aprender más sobre los detalles de los modelos. La mayoría de ellos no se detallarán aquí, a excepción de **v_stream.tif**, que es un SIG ráster que muestra la red de la corriente generada por el modelo, basado en la acumulación umbral de caudal definida por el usuario/a. Para que los resultados del modelo representen más de cerca el funcionamiento de la cuenca que se está analizando, es importante que esta red de la corriente coincida cercanamente con la red de la corriente real.
- **output**: carpeta que contiene los archivos principales de salida de interés (así como algunos otros de menor interés general, que no se describen aquí.) Al igual que con las otras salidas por píxel ya descritas, los ráster aquí listados no están destinados a ser utilizados para la toma de decisiones, solamente se proporcionan para referencia, ya que el resultado del modelo InVEST debe ser utilizado solamente en la escala de subcuenca. Los archivos de salida primarios son las siguientes:
 - **usle.tif**: cantidad de sedimento que sale de cada píxel del paisaje, según se calcula en USLE. En toneladas/año.
 - **sed_export.tif**: cantidad de sedimento USLE que se escurre abajo, no es retenido por el paisaje y termina en la corriente. En toneladas/año.
 - **sed_ret.tif**: cantidad de sedimento USLE que se escurre abajo y es retenido por el paisaje y no termina en la corriente. En toneladas/año.

- **watershed_outputs.shp**: *shapefile* con una serie de informaciones generada por el modelo y agregada para cada subcuenca definida por el usuario/a, incluyendo lo siguiente:
 - **sret_mn_dr**: cantidad media de sedimento retenido en el conjunto de la subcuenca, ajustada al umbral de dragado definido por el usuario/a.
 - **upret_mean**: cantidad media de sedimento que se retiene de lo que llega de arriba de cada píxel en la subcuenca (no tiene en cuenta la cantidad de sedimentos generados por cada píxel en sí). En toneladas/año.
 - **usle_mean**: cantidad media de sedimento que se origina en los píxeles en la subcuenca, según los cálculos de USLE. En toneladas/año.
 - **upret_tot**: cantidad total de sedimentos que se retiene de lo que llega de arriba de cada píxel en la subcuenca (no tiene en cuenta la cantidad de sedimentos que genera cada píxel en sí). En toneladas/año.
 - **sret_sm_dr**: cantidad total de sedimentos retenidos en toda la subcuenca, ajustada para el umbral de dragado definido por el usuario/a.
 - **sed_export**: cantidad total de los sedimentos exportados a la corriente. En toneladas/año.
 - **sed_val_dr**: valor total de los sedimentos retenidos en la subcuenca, en términos de costos de dragado evitados. En la moneda especificada por el usuario/a.
 - **sret_sm_wq**: cantidad total de los sedimentos retenidos en toda la subcuenca, ajustado para el umbral de calidad del agua definido por el usuario/a.
 - **sed_val_wq**: valor total de los sedimentos retenidos en la subcuenca, en términos de costos de dragado evitados. En la moneda especificada por el usuario/a.
 - **sret_mn_wq**: cantidad media de sedimento retenido en toda la subcuenca, ajustada para el umbral de calidad del agua definido por el usuario/a.
 - **usle_tot**: cantidad total de sedimentos que se origina en cada píxel de la subcuenca, según los cálculos de USLE. En toneladas/año.

Dentro de la carpeta del área de trabajo, se guardan archivos de registro para cada herramienta de ejecución de RIOS, con todos los mensajes de salida por escrito en la

pantalla de la consola mientras la herramienta está abierta y funcionando. Para el Estimador Beneficios, el archivo de registro se llama rios_beer-log-<date>-<time>.txt. Cuando se comunique con el personal del Proyecto Natural Capital en relación con errores u otros problemas al ejecutar el modelo, por favor proporcione este archivo.