

Laboratorio Vivo de MIPaisaje



S E R I E
TÉCNICA
FUNDECOR

02

Priorización de inversiones para la conservación del recurso hídrico en iniciativas público-privadas: el caso de Agua Tica, Costa Rica

Manuel Guerrero Hernández.
Bernal Herrera Fernández.
Felipe Carazo Ortíz.

2019



333.72

G934p Guerrero Hernández, Manuel

Priorización de inversiones para la conservación del recurso hídrico en iniciativas público-privadas : el caso de Agua Tica, Costa Rica / Manuel Guerrero Hernández, Bernal Herrera Fernández, Felipe Carazo Ortiz - Primera edición - San José, C.R. Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), 2019.

Formato digital PDF : 38,3 Mb (Serie Técnica 02: Laboratorio Vivo de Mi Paisaje)

Descripción del contenido: proteger las fuentes de agua en las subcuencas de los ríos Grande y Virilla.

ISBN 978-9968-501-03-3

1. Recursos hídricos. 2. Cuencas hidrográficas. 3. Ecosistemas.
4. Desarrollo sostenible-Costa Rica. 5. Conservación del agua. I. Título

Acerca de esta publicación:

Laboratorio Vivo de MI Paisaje de Fundecor, es una serie técnica que desarrolla publicaciones en temáticas afines a nuestras áreas temáticas entre ellas: manejo de ecosistemas forestales y gestión integrada de paisajes. Los estudios se basan en información científica y son promovidos con el propósito de mejorar el conocimiento en manejo y conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos, para contribuir a incidir de manera positiva en la toma de decisiones e incrementar la participación efectiva de los diferentes grupos y actores claves mediante la disponibilidad y acceso a la información. Las denominaciones empleadas en este documento y la forma en que aparecen presentados los datos no implican de parte de Fundecor y sus socios juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Coordinador serie técnica: Bernal Herrera -Fernández.

Revisión y edición técnica: Bernal Herrera-Fernández, Manuel Guerrero -Hernández.

Edición filológica y estilo: Lorena Orozco V.

Diagramación: William Chavarría Camacho. y Cristina Weidlich Hidalgo.

Impresión digital: William Chavarría Camacho. y Cristina Weidlich Hidalgo.

Fotografía de portada: Danny Córdoba.

Citar como:

Guerrero, M; Herrera-F.; B. Carazo, F. 2019. Priorización de inversiones para la conservación del recurso hídrico en iniciativas público-privadas: el caso de Agua Tica, Costa Rica. San José, Costa Rica, Fundecor. 43 p. (Serie Técnica no. 2: Laboratorio Vivo de Mi Paisaje).

Se permite la reproducción parcial o total de este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

AGRADECIMIENTOS

Este documento no hubiera sido posible sin el apoyo y dirección del grupo promotor de Agua Tica, compuesto por el Ministerio de Ambiente y Energía (Minae) a través del Viceministerio de Agua, Mares y Humedales, así como por la Dirección de Agua, la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), Acueductos y Alcantarillados (AyA), la Asociación de Acueductos Comunales de Grecia (Unaguas), la Fundación Crusa, el bufete de abogados BLP, el Banco Nacional de Costa Rica (BNCR), la empresa FEMSA, la Fundación FEMSA, Coca Cola Company, Florida Bebidas (Fifco), la Universidad Nacional a través del Laboratorio de Isotopos Estables (UNA-SIL) y The Nature Conservancy (TNC), a los cuales quisiéramos agradecer por la confianza y apoyo durante todo el proceso de generación y validación de los productos obtenidos en este documento. Además, queremos reconocer y agradecer las contribuciones de Laura Valverde y Andrea Camacho.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	ii
ABREVIATURAS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUCCIÓN	9
2. LA INICIATIVA AGUA TICA	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1. Área de estudio.....	12
3.2. Procedimiento para la priorización de inversiones	15
3.2.1 Información geoespacial utilizada.....	16
3.2.2 Priorización <i>a priori</i> de sitios de importancia para la provisión del recurso hídrico.....	19
3.2.3 Generación del portafolio de inversión	19
4. PORTAFOLIO DE INVERSIONES PRIORIZADO.....	22
4.1. Implementación del programa de educación ambiental.....	26
4.2. Implementación de buenas prácticas agrícolas.....	27
4.3. Protección del bosque	27
4.4. Establecimiento de plantaciones forestales.....	28
4.5. Implementación de buenas prácticas pecuarias	28
4.6. Establecimiento de sistemas agroforestales.....	30
4.7. Prácticas de restauración mediante la regeneración natural	30
4.8. Prácticas de restauración mediante la regeneración asistida	31
5. IMPLICACIONES PARA EL MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y EL RECURSO HÍDRICO.....	33
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
7. LITERATURA CITADA	37
9. ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales componentes y funcionamiento de la iniciativa para la conservación del recurso hídrico Agua Tica, Costa Rica.....	11
Figura 2. Ubicación de las subcuencas Grande y Virilla del río Grande de Tárcoles, Costa Rica.....	12
Figura 3. Áreas prioritarias dentro del área de influencia de la iniciativa para la conservación del recurso hídrico Agua Tica, Costa Rica.....	14
Figura 4. Insumos para la aplicación de RIOS y priorizar áreas de intervención de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	15
Figura 5. Ejemplo de un mapa de continuidad riparia dentro del área de estudio de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.	17
Figura 6. Índice de retención de pendiente en una microcuenca de la zona de estudio de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.	18
Figura 7. Índice de pendiente arriba generado en una microcuenca de la zona de estudio de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	18
Figura 8. Mapa de priorización de áreas en el área de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	19
Figura 9. Portafolio de inversión de actividades para la conservación del recurso hídrico de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	23
Figura 10. Contribución de cada línea de inversión al portafolio en términos del área intervenir en la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.	23
Figura 11. Distribución de las acciones de conservación del recurso hídrico dentro de las áreas protegidas presentes dentro del área de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	24
Figura 12. Distribución de las actividades priorizadas dentro de las áreas protegidas dentro del área de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.	25
Figura 13. Porcentaje de las actividades que se encuentran cerca de los centros de población del área de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	25
Figura 14. Áreas priorizadas para realizar actividades de educación ambiental dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	26
Figura 15. Áreas priorizadas para realizar buenas prácticas agrícolas dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	27
Figura 16. Áreas priorizadas para realizar actividades de protección dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	28
Figura 17. Áreas priorizadas para el establecimiento de plantaciones forestales dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	29
Figura 18. Áreas priorizadas para realizar buenas prácticas pecuarias dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	29
Figura 19. Áreas priorizadas para el establecimiento de sistemas agroforestales dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	30
Figura 20. Áreas priorizadas para realizar prácticas de restauración natural dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	31
Figura 21. Áreas priorizadas para realizar prácticas de restauración asistida dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	32

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Información geoespacial utilizada en el proceso de priorización de sitios de inversión de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	16
Cuadro 2. Costos estimados de las inversiones estratégicas para el año 2014 en el área de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	20
Cuadro 3. Actividades priorizadas para la conservación del recurso hídrico en las subcuencas de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.....	22

ABREVIATURAS

AyA	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
ASP	Área Silvestre Protegida
Crusa	Fundación Costa Rica- Estados Unidos de América
DEM	Modelo de elevación digital, por sus siglas en inglés
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
ESPH	Empresa de Servicios Públicos de Heredia
Fifco	Florida Ice and Farm Company, Costa Rica
Femsa	Embotelladora Tica
Fundecor	Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central
GAM	Gran Área Metropolitana
IMN	Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica
Intel	Empresa de chips para computadora
InVEST	Integrate Valuation for Ecosystem Services and Tradeoffs
ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica
Minae	Ministerio de Ambiente y Energía
NatCap	The Natural Capital Project
PN	Parque nacional
RIOS	Resource Investment Optimization System
RF	Reserva forestal
Senara	Sistema Nacional de Riego y Avenimiento
SE	Servicios ecosistémicos
TNC	The Nature Conservancy
Unaguas	Unión de Acueductos Comunes de Grecia
ZP	Zona protectora

RESUMEN

Desde el 2015, en Costa Rica se estableció “Agua Tica”, el primer fondo de agua gestionado mediante una alianza público-privado y de la sociedad civil, que abarca las subcuencas de los ríos Grande y Virilla. Este fondo ha llevado a gran número de instituciones (públicas y privadas) a conciliar acuerdos relacionados con el uso sostenible del recurso hídrico. El fondo utiliza herramientas tecnológicas como parte de la definición de prioridades de inversión.

Bajo un escenario inicial de inversión fijado en \$US2 M para el primer año de implementación en el área de influencia, así como para algunas de las microcuencas, se aplicaron técnicas de priorización mediante el programa RIOS, rutinas que permitieron la definición de sitios prioritarios dentro del área de influencia de acuerdo a objetivos de conservación de cuencas predeterminados.

Este proceso de priorización y definición del portafolio de inversiones implicó la identificación de cuatro objetivos específicos relacionados con la gestión de la cuenca: mantenimiento de la capacidad de recarga acuífera, control de erosión en nacientes, control de erosión en aguas superficiales y regulación del caudal. Además, se logró establecer ocho líneas de inversión estratégica con el fin de propiciar y aumentar estos objetivos.

El portafolio de inversión se convierte en una herramienta útil para demostrar de manera técnico-científica dónde, cómo y cuándo invertir. De esta manera es más atractivo para los actores dentro del área de influencia que se sumen con inversiones directas que se van a traducir en un aumento en la calidad y cantidad de agua para sus procesos productivos.

ABSTRACT

Since 2015, Costa Rica has established “Agua Tica”, the first water fund in Costa Rica managed by a public-private and civil society alliance, which covers the sub-basins of the Grande and Virilla watersheds. This fund is composed by many institutions (public and private) to establish agreements related to water resource management and conservation. The fund is using technological tools as part of the definition of investment priorities, based on watershed conservation objectives.

Under an initial investment scenario set at \$ US2 M for the first year of implementation in the area of influence of the water fund, as well as for some of the micro-basins, the prioritization technique was applied through the RIOS program, routines that allowed the definition of priority sites within the area of influence according to predetermined watershed conservation objectives. To complete this prioritization process and generate detail in the investment portfolio, four specific objectives were identified: aquifer recharge, erosion control in springs, erosion control in surface waters, and flow regulation, and eight lines of control were established. Strategic investment in order to promote and increase these objectives that come to be ecosystem services that will be generated from the interventions. The investment portfolio becomes a useful tool to demonstrate in a technical-scientific way where, how and when to invest and in this way it becomes more attractive for the actors within the area of influence and that they are added with direct investments that are going to translate into an increase in the quality and quantity of water for their production processes.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional en Costa Rica y la falta de políticas para el ordenamiento territorial, aunado al mal manejo de desechos sólidos, líquidos, prácticas agrícolas intensivas y una explotación desmedida de los recursos naturales, han provocado un desequilibrio significativo en los ecosistemas, ejerciendo una fuerte presión sobre la diversidad biológica y el ciclo del agua.

Los cambios en el uso del suelo, la degradación y la variabilidad hidrológica asociada al cambio en el patrón del clima están generando transformaciones irreversibles en la provisión de los servicios ecosistémicos (SE) ligados con los ecosistemas lóticos. En ausencia de esta capacidad de los ecosistemas de proveer SE, las empresas y corporaciones y los grandes usuarios del agua en las zonas bajas de una cuenca hidrográfica, tales como los administradores de los acueductos, las empresas hidroeléctricas y los distritos de riego, así como las poblaciones inmersas dentro de la cuenca podrían incurrir en gastos incrementales significativos en el tratamiento del agua, tales como tareas de dragado e inversiones cuantiosas para reemplazar infraestructuras de captación de agua (Calvache *et al.* 2012).

Para el 2012, sólo un 20,5% de la población costarricense contaba con servicio de alcantarillado sanitario y más del 75% utilizaba tanque séptico (Mora *et al.* 2012). Este último método es la opción disponible en ausencia de sistemas de alcantarillado sanitario y plantas de tratamiento, o bien ante las deficiencias de la infraestructura existente, pero a la vez representa un creciente riesgo de contaminación de las aguas subterráneas. Se estima que esta situación pone en riesgo el consumo de agua de más de un millón de personas que se abastecen de agua de origen subterráneo en la gran área metropolitana (GAM) (Reynolds y Fraile 2002).

Para el año 2013, el Informe del Estado de la Nación (Programa Estado de la Nación 2013) reveló que sólo un 4% del total de las aguas residuales del país eran tratadas antes de ir a los ríos. Actualmente, el río Virilla es la “alcantarilla” de la zona urbana; recibe un equivalente a 100 piscinas olímpicas de agua sin tratamiento proveniente de la zona urbana, según el Instituto de Acueductos y Alcantarillados. Esta institución desde hace unos años atrás ha venido trabajando en la puesta en marcha de la planta de tratamiento de aguas residuales Los Tajos, que aumentará a un 26% la población del área de influencia con tratamiento de aguas residuales, cifra que no es suficiente para solventar la problemática ambiental. A marzo del 2010 conecta a 36 000 usuarios, pero se espera que pueda tratar el agua residual de al menos 1 070 000 habitantes. Con el inicio de operaciones impedirá que se viertan más de 2,70 toneladas de materia orgánica en términos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) al cauce del río Grande de Tárcoles (Gobierno de Costa Rica 2016).

Es imperativo, por lo tanto, realizar inversiones para revertir y detener los procesos de degradación en la provisión de agua para la población que depende del área de influencia de las subcuencas de los ríos Grande y Virilla. Estas inversiones, tanto públicas como privadas, deben destinarse a aquellos sitios y estrategias que logren un mayor impacto en el objetivo de recuperación de este servicio ecosistémico para que de esta forma el uso de los recursos, de por sí escasos, resulte más efectivo y eficiente. Dentro de estas estrategias se encuentran la conservación y restauración de zonas de recarga de acuíferos, el control de erosión en captaciones de nacientes y en aguas superficiales, control y regulación de los cauces en los ríos, para citar algunos ejemplos. Esta necesidad de priorización obedece también a que el área de interés para la inversión es relativamente extensa y presenta una gama amplia de intervenciones potenciales, un presupuesto limitado, así como limitaciones institucionales involucradas en estos procesos de gestión.

2. LA INICIATIVA AGUA TICA

Los fondos de agua son cada vez más utilizados en América Latina, encontrándose iniciativas en Ecuador, Colombia, Bolivia y Perú (Goldman et al. 2012). La característica central que define un fondo de agua es un modelo financiero de fondo fiduciario que se rige independientemente por beneficios a largo plazo. Además, los fondos de agua cuentan con un marco institucional integrado por actores clave que priorizan el uso de pagos que, al menos en parte, se destinan a la gestión de la conservación de la cuenca y la protección de la biodiversidad (Goldman *et al.* 2012).

La iniciativa Agua Tica funciona como un mecanismo financiero público-privado innovador cuyo objetivo primordial es proteger las fuentes de agua en las subcuencas de los ríos Grande y Virilla, que son parte de la cuenca del río Grande de Tárcoles, donde se estima que habrá 1 173 820 beneficiarios directos (59% de la población de 33 cantones) y un total de 2 300 000 beneficiarios indirectos (incluyendo la parte baja de la cuenca). Los miembros constituyentes de Agua Tica son el Ministerio de Ambiente y Energía (Minae), la Fundación Crusa, Coca Cola Femsa, Florida Bebidas (Fifco), The Nature Conservancy (TNC), la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (Fundecor), la Asociación de Acueductos Comunes de Grecia (Unaguas), la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y Acueductos y Alcantarillados (AyA).

Los miembros constituyentes, en conjunto con la firma de abogados BLP, han redactado el contrato de fideicomiso donde cada uno de ellos aportaron a su creación; el documento ya ha sido firmado por todas las partes y se sometió a consulta ante la Contraloría General de la República. Agua Tica se encuentra constituida desde diciembre del 2018 donde se firma el contrato de fideicomiso y se celebra la primera asamblea constituyente con el fin de conformar la Junta Directiva de Agua Tica y nombrar a su secretaría técnica, la cual recae sobre Fundecor como el ente técnico líder de la iniciativa.

La Junta Directiva quedó constituida de la siguiente forma: la presidencia quedó a cargo de la Fundación Crusa, la vicepresidencia a cargo de Unaguas, la secretaria a cargo de la EspH, la tesorería a cargo de TNC, y las vocalías a cargo de Coca Cola Femsa, Fifco y la Dirección de Aguas del Minae, así como un presidente del comité de vigilancia que está a cargo del AyA.

Los resultados esperados de la gestión de esta iniciativa se resumen en una mayor cantidad y calidad del recurso hídrico, así como una mayor adhesión de instituciones públicas y empresas a la iniciativa, invirtiendo en infraestructura verde a través de un mecanismo eficiente de implementación.

Para poder llevar a cabo estas inversiones es necesario capitalizar el fondo de agua a través de distintas fuentes de financiamiento; dos de ellas son de índole privada y una pública. La primera fuente de tipo privado proviene de los aportes que realizarían las empresas privadas que se sumen a la iniciativa a partir de sus programas de responsabilidad social empresarial o responsabilidad social corporativa (RSE/RSC). La otra fuente de capitalización privada consta de aportes individuales provenientes de diferentes fuentes, tales como campañas de recaudación específicas. En todos los casos los recursos irán destinados a capitalizar el fondo.

En el caso de los aportes públicos, como por ejemplo el canon de aprovechamiento hídrico, la tarifa hídrica, o el canon de vertidos, al provenir de instituciones públicas y de usuarios, no es posible capitalizarlos dentro del fideicomiso. En este caso existe un compromiso por parte de las instituciones públicas de invertir estos recursos utilizando la métrica y priorización de actividades propuestas en el portafolio de inversión. De esta manera se complementan los aportes de inversión privada

y se suman a la iniciativa. Las actividades que deberán implementarse son parte del portafolio de inversión y responden a la planificación de esas inversiones por parte de la secretaría técnica por medio de un plan operativo anual que deberá ser aprobado por la junta administrativa y validado por el comité técnico (Figura 1).



Figura 1. Principales componentes y funcionamiento de la iniciativa para la conservación del recurso hídrico Agua Tica, Costa Rica.

El presente trabajo tiene como principal objetivo la identificación de áreas prioritarias para la inversión en las subcuencas de los ríos Grande y Virilla de tal forma que sirva de insumo para la toma de decisiones dentro de la alianza pública-privada “Agua Tica”, dirigida a la conservación y restauración del recurso hídrico de estas subcuencas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El ejercicio de priorización de inversiones se realizó en las subcuencas de los ríos Grande y Virilla (Figura 2), con el fin de establecer un portafolio de inversión para implementar acciones de conservación y restauración en un área que alberga a más del 57% de la población del país, el 75% de la industria y que se abastece en un 95% de agua subterránea (OUGAM 2017). Estas subcuencas forman parte de la gran área metropolitana, la cual alberga casi la mitad de la población del país; por lo tanto, tienen una alta y creciente demanda por recursos naturales, entre los que destaca el hídrico (OUGAM 2017).

Características biofísicas

La iniciativa Agua Tica comprende un área de 164 000 ha aproximadamente y está inmersa en cuatro provincias del país: Alajuela (48%), San José (31%), Heredia (16%) y Cartago (5%) que conforman al GAM y se circunscriben a las subcuencas de los ríos Grande y Virilla.



Figura 2. Ubicación de las subcuencas Grande y Virilla del río Grande de Tárcoles, Costa Rica.

El límite noreste de las dos subcuencas que son parte de esta cuenca es la Cordillera Volcánica Central, orientada también en sentido noroeste - sureste, la cual tiene cuatro macizos volcánicos principales: Poás y Barva con elevaciones superiores a los 2500 msnm; y los volcanes Turrialba e Irazú con elevaciones superiores a los 3300 msnm. Las rutas más importantes de comunicación entre el Valle Central y las zonas Norte y Caribe del país deben atravesar esta cordillera por las zonas bajas (pasos) que existen entre los volcanes. Otras elevaciones importantes son los cerros

de Tapezco y Palmira, los cuales albergan a comunidades del cantón de Alfaro Ruiz. Las faldas de esta cordillera brindan un clima que, conjuntamente con la riqueza del suelo de origen volcánico, favorecen la agricultura la cual se desarrolla intensamente (Orozco 2007).

El límite en la parte sureste de la cuenca lo conforma la Cordillera de Talamanca, la cual posee las mayores elevaciones del país. Esta cordillera se extiende hasta Panamá y no posee volcanes en territorio costarricense. Alberga al Parque Internacional La Amistad el cual cuenta con territorios en los países vecinos de Costa Rica y Panamá. Su máxima elevación es el Cerro Chirripó que supera los 3800 msnm (Orozco 2007). La precipitación en esta región es de tipo convección térmica en donde en la época lluviosa, durante las mañanas, el sol evapora grandes cantidades de agua que conforman la nubosidad normal que impera en horas siguientes al medio día; posteriormente se da la lluvia tradicional en las tardes y noches (Orozco 2007).

La precipitación media anual oscila entre los 1500 a los 1800 mm. Los meses de setiembre y octubre suelen ser los más lluviosos, aportando aproximadamente entre un 17% y 18% respectivamente de la precipitación promedio anual. Durante el período seco en promedio se registran lluvias de hasta 60 mm, aunque existen años con cero mm de lluvia. En esta cuenca se registra un promedio anual de 173 días con lluvia (un 49% del año). Las lluvias se presentan, por lo general, en horas de la tarde y en las primeras horas de la noche (IMN 2017).

La mayor parte del área de influencia del Fondo Agua Tica se encuentra en zonas con temperaturas promedio anuales cercanas a los 20°C; es decir que se puede identificar como una zona de transición debido a su ubicación (Orozco 2007).

En esta región se localizan trece zonas de vida de acuerdo con la clasificación de Holdridge (Holdridge 1983). Las más representativas son el bosque muy húmedo premontano con biotemperaturas de 18 a 24° y precipitaciones de 4000 a 8000 mm y el bosque húmedo premontano, con biotemperaturas de 18 a 24° y precipitaciones de 2000 a 4000 mm (Holdridge 1983).

Dentro del área total de Agua Tica (subcuencas de los ríos Grande y Virilla), existe un sector que corresponde a zonas de recarga acuífera y áreas silvestres protegidas que no están en la categoría de parque nacional (Figura 3). Estas áreas son de suma importancia y, por ende, es ahí donde se pretende enfocar los esfuerzos para la implementación de las actividades o líneas de inversión estratégica.

Características socioeconómicas

En las subcuencas de los ríos Grande y Virilla, que son parte de la GAM y que se encuentran dentro del área de influencia de Agua Tica, existen cantones en donde hay concentración de pobreza y de riqueza que están creciendo. Sin embargo, son menos segregados socialmente en comparación con otras ciudades latinoamericanas, y la clase media predomina en casi todos los cantones que la componen (OUGAM 2013).

En el 2011, el 56% de los trabajadores del país vivían en la GAM. De estos, el 75% realizaba trabajos en el sector servicios, el 20,5% en la industria y el restante 3,5% en la agricultura. Dentro de la GAM vive el 62% de todos los empleados del país que trabajan en el sector terciario y el 65% de los que laboran en la industria (OUGAM 2013).

En el área de influencia de Agua Tica se llevan a cabo la mayoría de las actividades económicas del país con algunas excepciones. Alberga el 80% de las industrias, incluyendo las de alta tecnología, bebidas, químicas, agroindustriales, metalúrgicas, así como el principal comercio y la mayor prestación de servicios del país. Todavía hoy tiene un importante sector agrícola que va disminuyendo (OUGAM 2013).

La cuenca del río Grande de Tárcos en la cual está inmersa Agua Tica, procesa más del 50% de la producción de café y las actividades agrícola y pecuaria ocupan un lugar preponderante (Espinoza y Villalta 2004).

La dominancia que se da en cuanto al desarrollo de actividades productivas en la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica se debe a la presencia del gobierno central y sus múltiples instituciones. Se espera que la desconcentración y descentralización facilitada por la telemática contribuirá a disminuir esta situación.

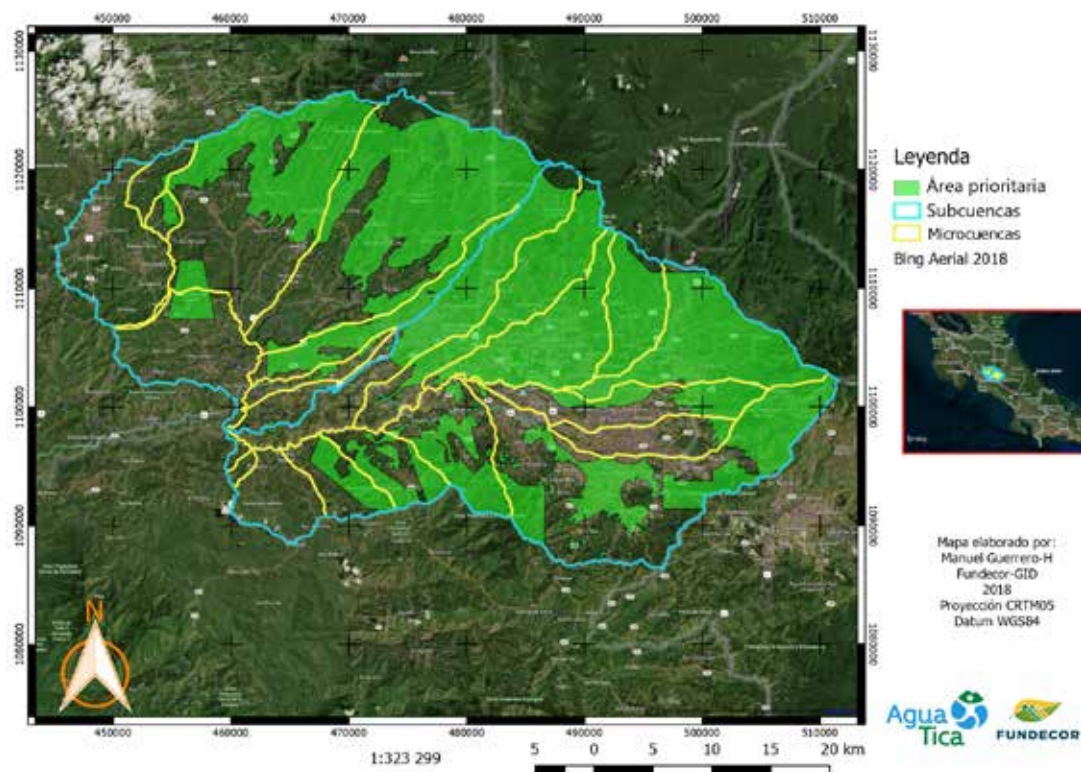


Figura 3. Áreas prioritarias dentro del área de influencia de la iniciativa para la conservación del recurso hídrico Agua Tica, Costa Rica.

3.2. Procedimiento para la priorización de inversiones

Para la priorización de los sitios de inversión se utilizó el programa Sistema de Optimización de Inversiones (RIOS) (NatCap y TNC 2017). Este es un sistema de información que utiliza datos espacialmente explícitos; consta de un pre-módulo para ARCGIS y de dos módulos principales. RIOS fue desarrollado por The Natural Capital Project de la Universidad de Stanford en conjunto con TNC para trabajar específicamente con la estrategia de fondos a nivel global y apoyar así la conservación y protección de los sistemas hídricos a lo largo del planeta (Vogl *et al.* 2016).

RIOS logra estos objetivos combinando las variables consideradas con aquellas que determinan la conservación del recurso hídrico. Dentro de la información considerada en el proceso de priorización se incluye aquella de carácter biofísico (ej., suelos, geología, topografía.), información socioeconómica que describe los cambios viables del uso de la tierra, las preferencias de las partes interesadas para llevar a cabo esas actividades y datos económicos asociados con los costos de implementación, así como proyecciones ecológicas de sus impactos en diferentes partes de la cuenca (Figura 4).



Figura 4. Insumos para la aplicación de RIOS y priorizar áreas de intervención de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

La premisa subyacente del método de diagnóstico utilizado por la herramienta RIOS es que un pequeño conjunto de factores biofísicos y ecológicos determinan la efectividad de diferentes estrategias de conservación para alcanzar diferentes objetivos. Se definen un conjunto de factores críticos para cada objetivo (Vogl *et al.* 2016) y a su vez se identifica un subconjunto de factores que se determinan como los de mayor importancia para establecer la eficacia de las actividades que afectan el control de la erosión, la retención de suelo y la recarga acuífera, entre otros. Gran parte del impacto de las actividades será determinado por las condiciones del paisaje circundante, por lo que la herramienta captura los procesos que afectan los servicios en este contexto. Finalmente, el número y el alcance de las áreas prioritarias está determinado por el tamaño del presupuesto y/o los objetivos fijados por el usuario (Vogl *et al.* 2016).

3.2.1 Información geoespacial utilizada

El programa RIOS se alimenta de datos espaciales en formato Raster; específicamente se requieren un modelo de elevación digital (DEM), la erosividad, erodabilidad, profundidad del suelo, uso del suelo, una tabla de clasificación del uso del suelo y otra de coeficientes del uso del suelo, una capa de los beneficiarios potenciales del proyecto, la precipitación anual, textura del suelo, evapotranspiración, profundidad de las raíces en el suelo y la capa de ubicación de las cuencas o la de beneficiarios.

La resolución espacial de esta información fue de 30x30 metros; se obtuvo a través de convenios específicos y reuniones con las distintas instituciones que poseían la información (Cuadro 1). Para el procesamiento de la misma se utilizó el sistema de proyección de coordenadas CRTM05.

Cuadro 1. Información geoespacial utilizada en el proceso de priorización de sitios de inversión de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

Capas	Año	Fuente
Erosividad de lluvia	2005	IMN
Erodabilidad	2005	IMN
Profundidad del suelo	2005	MAG-IMN
Evapotranspiración	2005	IMN
Precipitación	2005	IMN
Textura del suelo	2005	MAG-IMN
Pendiente	2005	Fundecor
Límite de las cuencas	2008	ITCR
Uso del suelo	2005	Fundecor
Áreas de recarga	1991-2008-2010	Senara-Fundecor-ESPH
Índice de retención pendiente abajo	2015-2016	Pre-Módulo de RIOS Arc GIS.
Fuente pendiente arriba	2015-2016	Pre-Módulo de RIOS Arc GIS.
Continuidad riparia	2015-2016	Pre-Módulo de RIOS Arc GIS.

Además de esta información, la herramienta requiere de información adicional para completar las rutinas de priorización. A continuación, se detalla el procedimiento utilizado en la preparación de la misma.

Raster: mapa digital formado por una matriz de celdas de igual tamaño que contienen un único valor y que se considera representativo para la superficie que abarca.

Continuidad riparia

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 (Vogl et al. 2016) (Figura 5).

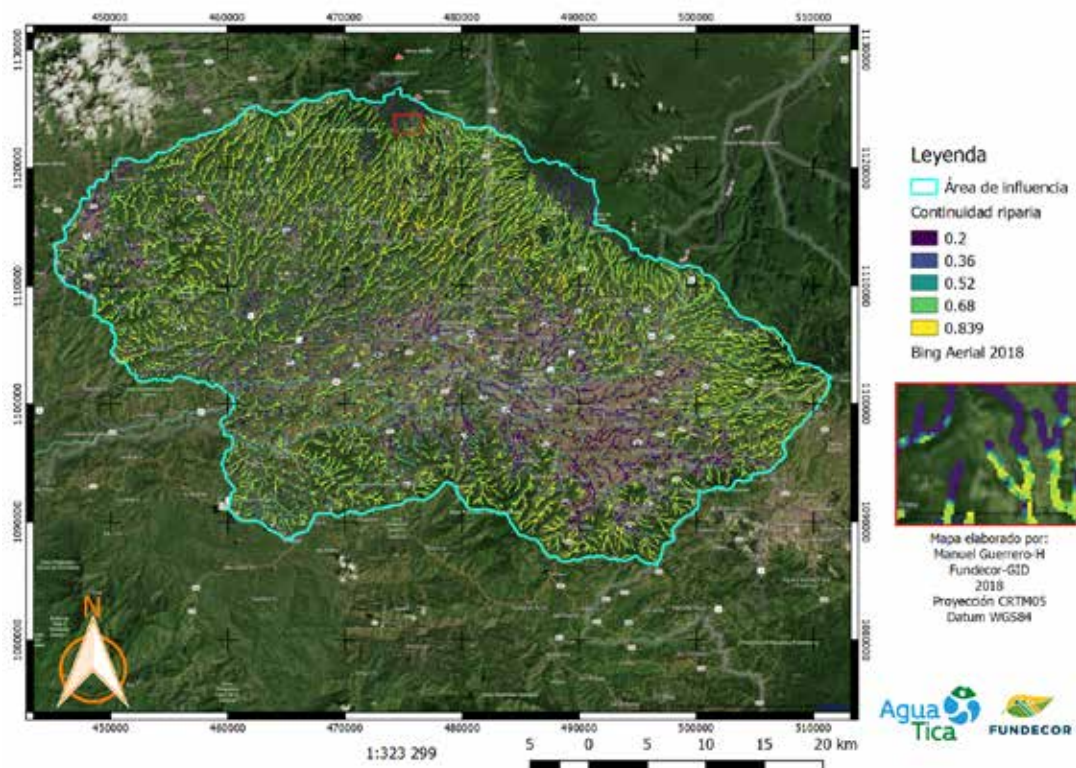


Figura 5. Ejemplo de un mapa de continuidad riparia dentro del área de estudio de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

Índice de retención de aguas pendiente abajo

El índice de retención aguas abajo (IRAA), 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, es necesario minimizar este factor. El IRAA se calcula como una longitud del caudal ponderada, utilizando los factores de la pendiente y la retención de sedimentos como ponderaciones (Vogl et al. 2016) (Figura 6).

Índice de fuente aguas pendiente arriba

El índice de fuente aguas arriba describe el área fuente y su magnitud 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 realizan en una zona con una gran fuente de sedimentos de arriba, este factor se debe maximizar. Este índice se calcula como una acumulación de flujo ponderado, utilizando un promedio de todos los factores de fuente en píxeles, los factores de retención y la pendiente (Vogl et al. 2016) (Figura 7).

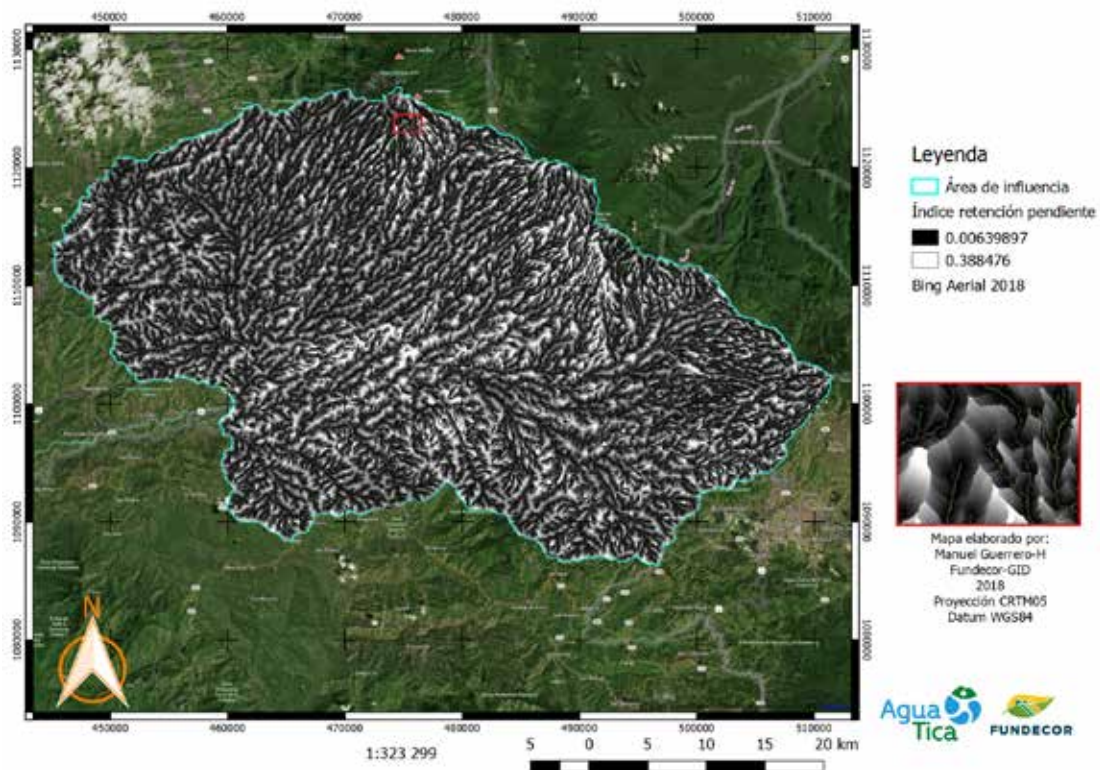


Figura 6. Índice de retención de pendiente en una microcuenca de la zona de estudio de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

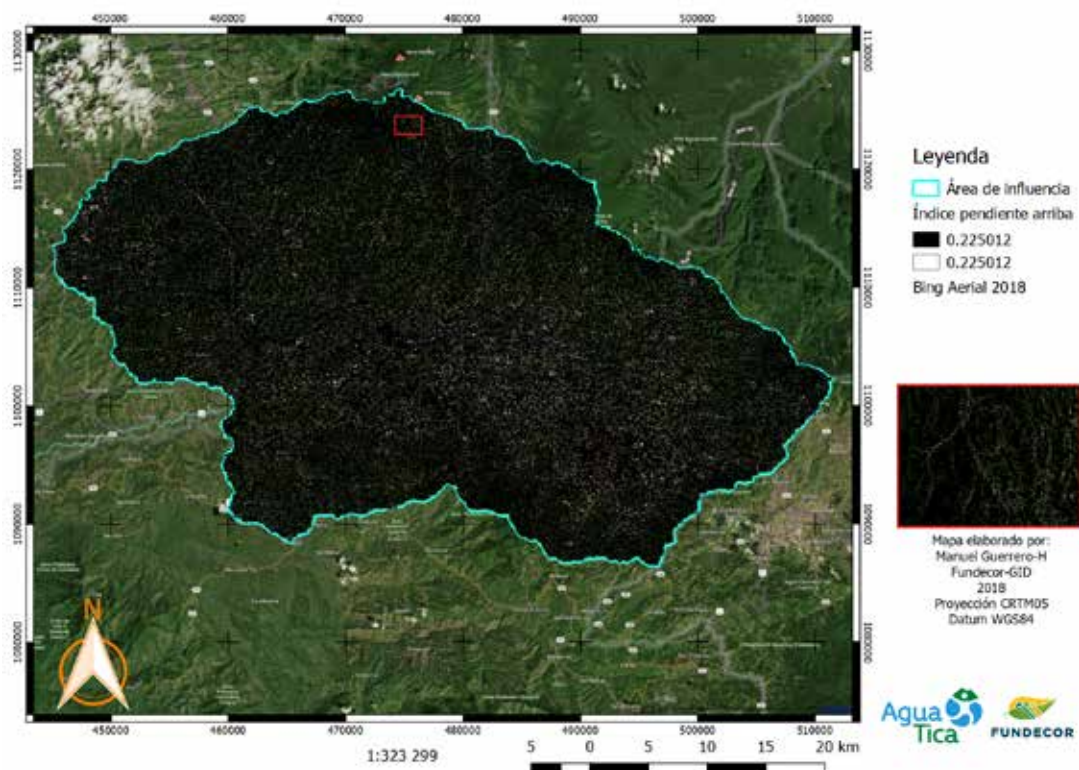


Figura 7. Índice de pendiente arriba generado en una microcuenca de la zona de estudio de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

3.2.2 Priorización *a priori* de sitios de importancia para la provisión del recurso hídrico

Se realizó una priorización de áreas a partir de las zonas de recarga acuífera de las cuencas de los ríos Grande y Virilla, las nacientes y sus zonas de protección (100 m de radio para nacientes que no se utilizan para consumo humano y 200 m de radio para las que sí se utilizan) y la información de áreas silvestres protegidas (excluyendo la categoría de manejo correspondiente a parque nacional) (Figura 8), con el fin de incluir esta capa como un insumo más para que la herramienta, además de la priorización realizada por los factores biofísicos y económicos, priorice aún más en estas áreas de interés del proyecto.

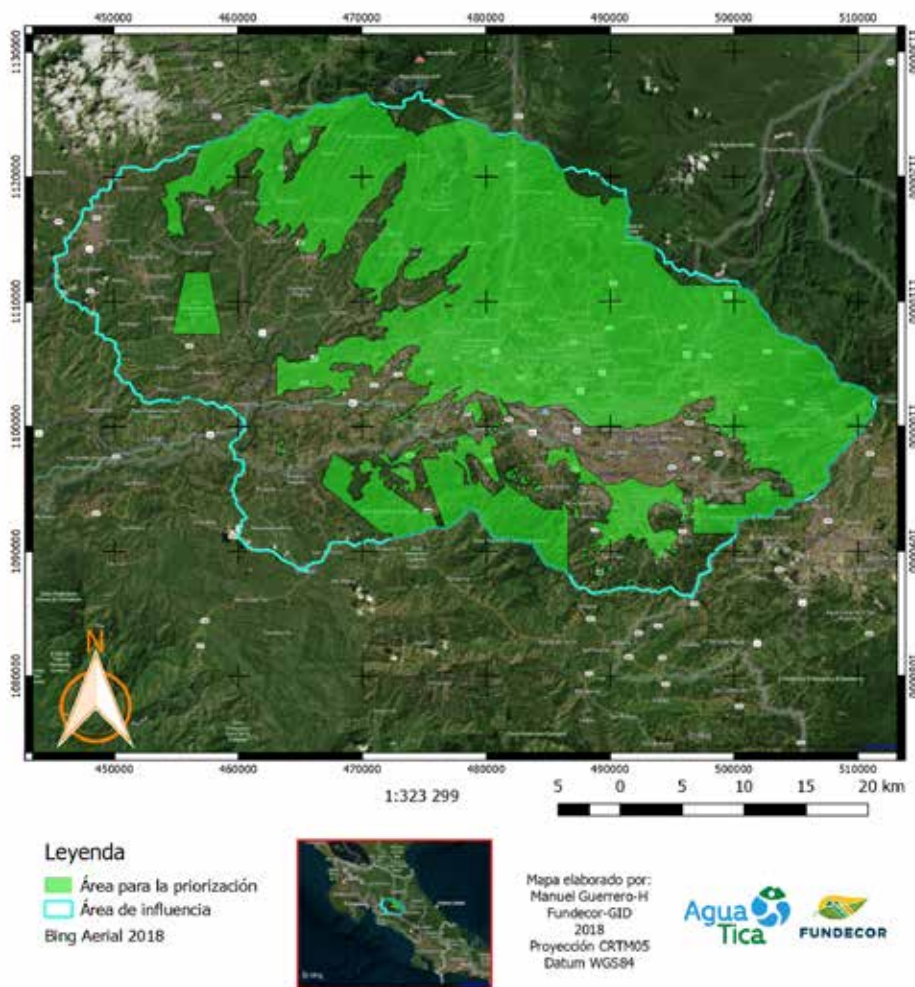


Figura 8. Mapa de priorización de áreas en el área de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

3.2.3 Generación del portafolio de inversión

El portafolio de inversión corresponde a una priorización de áreas basada en un algoritmo matemático que toma en cuenta las variables biofísicas del sitio a intervenir, así como el número de años en los que se va a realizar la intervención y el presupuesto destinado por año, así como un costo por cada actividad a realizar, lo cual resulta en un mapa de priorización de actividades en los sitios donde se vaya a obtener el mayor rédito posible por cada dólar invertido.

Mediante un proceso de consulta del Grupo Promotor del Proyecto (i.e. Crusa, Fundecor, ESPH, Unaguas, TNC, Dirección de Aguas Minae, Florida Bebidas, Femsa), se priorizaron los siguientes servicios ecosistémicos como parte del proceso de priorización :

- Control de erosión para agua potable
- Control de erosión para reservorios de agua
- Recarga acuífera
- Control y regulación del caudal hidrológico

Adicionalmente, mediante un proceso de consulta a expertos, se identificaron aquellas actividades que generarían el mayor impacto para alcanzar los resultados propuestos para cada uno de los objetivos seleccionados (Anexo 1) que se podrían desarrollar con el fin de mantener estos servicios ecosistémicos.

El proceso de priorización implicó un proceso de ponderación de los servicios ecosistémicos de acuerdo con las actividades escogidas y las transiciones del ecosistema identificadas por los desarrolladores de la herramienta RIOS. Este proceso también fue incluido dentro de la consulta a expertos con el fin de establecer la correlación existente entre estos servicios y la implementación de las actividades en el campo que generarían mayor impacto para este servicio. Por ejemplo, para que haya un aumento en la recarga de acuíferos la actividad que tuvo un mayor peso fue la reforestación, seguida por la protección de los bosques (Anexo 1).

Con esta consulta se logró identificar 8 líneas de inversión estratégica: protección de bosque, reforestación, regeneración asistida, educación ambiental, buenas prácticas pecuarias, regeneración natural, sistemas agroforestales y buenas prácticas agrícolas. A estas prácticas se les realizó una valoración económica en el 2014 (Sánchez y Reyes 2014) (Cuadro 2) que permitió, conjuntamente con un presupuesto de US\$2 millones por un año de inversión, hacer una corrida de RIOS en el área de influencia de Agua Tica. Además, se logró identificar las áreas que eran de alta prioridad de acuerdo con cada actividad propuesta, ya que el programa genera un mapa por actividad con valores que van de 0 (áreas menos importantes) a 11,5 (áreas más importantes). Conforme el número sea mayor, así será la importancia de priorizar en esa actividad y en ese lugar específico.

Cuadro 2. Costos estimados de las inversiones estratégicas para el año 2014 en el área de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

Inversiones estratégicas determinadas para Agua Tica	Costo (US\$/ha)
Regeneración asistida	547
Reforestación	1549
Sistemas agroforestales	549
Regeneración natural	106
Protección de bosque	90
Buenas prácticas agrícolas	18 676
Buenas prácticas pecuarias	20 321
Educación ambiental	35

Fuente: Sánchez y Reyes (2014)

Debe señalarse que la herramienta RIOS puede además considerar retención de nutrientes, mitigación de inundaciones y biodiversidad.

La selección del monto de \$2M es un primer escenario de inversión para el caso específico de Agua Tica.

Como parte de la información necesaria para la priorización y del proceso de la consulta a expertos, se estimaron pesos adicionales para la determinación de la magnitud de la correlación entre los servicios ecosistémicos y las transiciones preestablecidas en el programa (Anexo 3). Además, entre las líneas de inversión estratégicas propuestas y su relación absoluta con las transiciones (Anexo 4).

Dado que los recursos financieros para las inversiones son finitos, se requiere realizar un análisis de costos de las actividades que componen las inversiones estratégicas para elaborar un presupuesto acorde. Es recomendable diseñar varios escenarios a nivel del cambio del uso del suelo, variaciones climáticas, áreas de interés, presupuesto y número de años y hacer varias corridas que permitan vincular los modelos hidrológicos de RÍOS con las inversiones en las que se estime el mayor retorno de acuerdo con las actividades de cambio de uso del suelo y de conservación (costo-efectivas) propuestas, para mostrar así alternativas de cómo pueden ser invertidos los recursos. Con esto es posible identificar de manera espacial las áreas donde se podrá obtener el mayor rédito en el tiempo debido a estas intervenciones.

4. PORTAFOLIO DE INVERSIONES PRIORIZADO

Las actividades de inversión priorizadas para la iniciativa Agua Tica en el área de intervención se detallan en el Cuadro 3. Estas actividades son aquellas que, de acuerdo con el modelaje de RIOS, aportan al cumplimiento de los objetivos de manejo de estas subcuencas, a saber: **conservación de la recarga acuífera, control de erosión en nacientes, control de erosión en aguas superficiales y regulación del caudal.**

Cuadro 3. Actividades priorizadas para la conservación del recurso hídrico en las subcuencas de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

Líneas de inversión estratégicas	Presupuesto (US\$)	Área a intervenir		Área priorizada*	
		(ha)	(%)	(ha)	(%)
Protección de bosque	300 000	2308	1,41	7826,1	4,8
Buenas prácticas pecuarias	300 000	40	0,02	35 446,1	21,6
Buenas prácticas agrícolas	300 000	40	0,02	36 308,7	22,2
Reforestación	400 000	258	0,16	36 308,7	22,2
Regeneración asistida	200 000	366	0,22	36 308,7	22,2
Sistemas agroforestales	200 000	363	0,22	36 308,7	22,2
Regeneración natural	200 000	1887	1,15	43 272,3	26,4
Educación ambiental	100 000	1000	0,61	44 134,8	26,9
Total	2 000 000	6262	3,8	163 862	

* El área priorizada puede sobreponerse o repetirse en líneas de inversión por esta razón la sumatoria del % de área supera el 100% que corresponde a 163 862 ha la cual si se suma todas las líneas de inversión el total superaría el total del área del proyecto, lo cual se atribuye a la sobreposición de áreas entre las diferentes inversiones.

El portafolio de inversión resultante es la combinación de todas las actividades de conservación de cuencas propuestas y el escenario de presupuesto teórico de US\$2 000 000 000 para un periodo de un año. El programa realiza la priorización a través de la sobreposición de las áreas de más alto índice por cada línea de inversión estratégica y espacialmente explícitas para que se puedan ejecutar con el presupuesto disponible y en el tiempo establecido para la intervención (Figura 9).

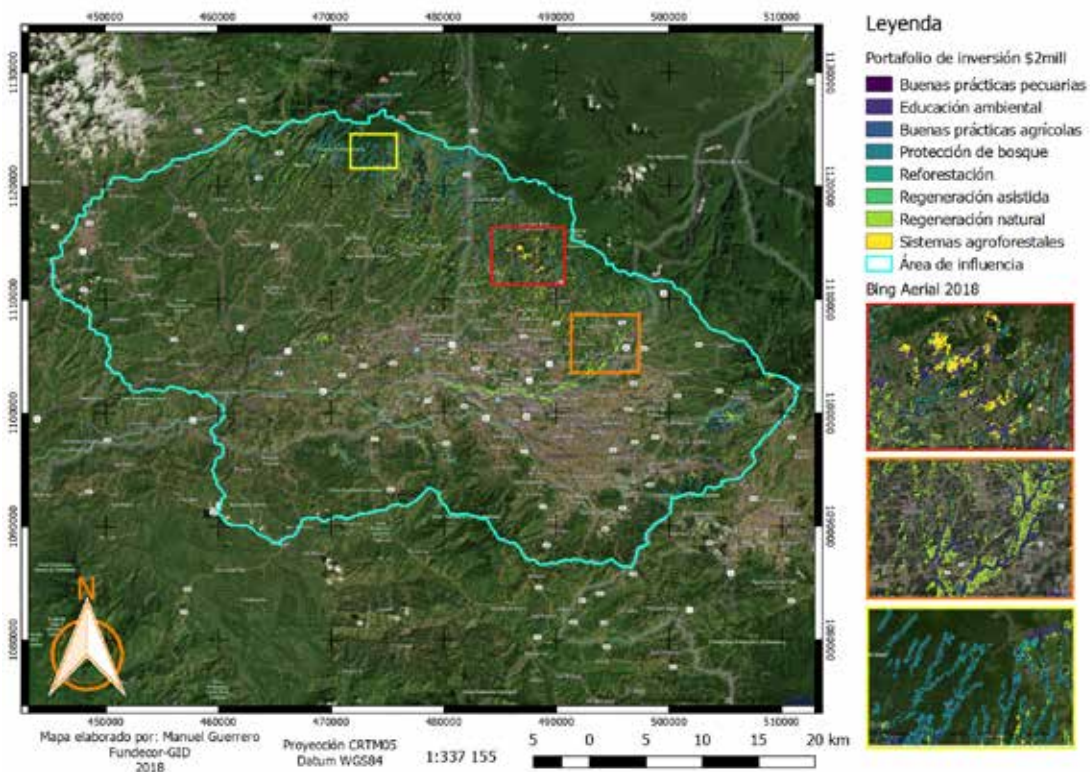


Figura 9. Portafolio de inversión de actividades para la conservación del recurso hídrico de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

El área efectiva de inversión de todas las actividades con el presupuesto asignado para un año es de 6262 ha aproximadamente (Cuadro 3 y Figura 10).

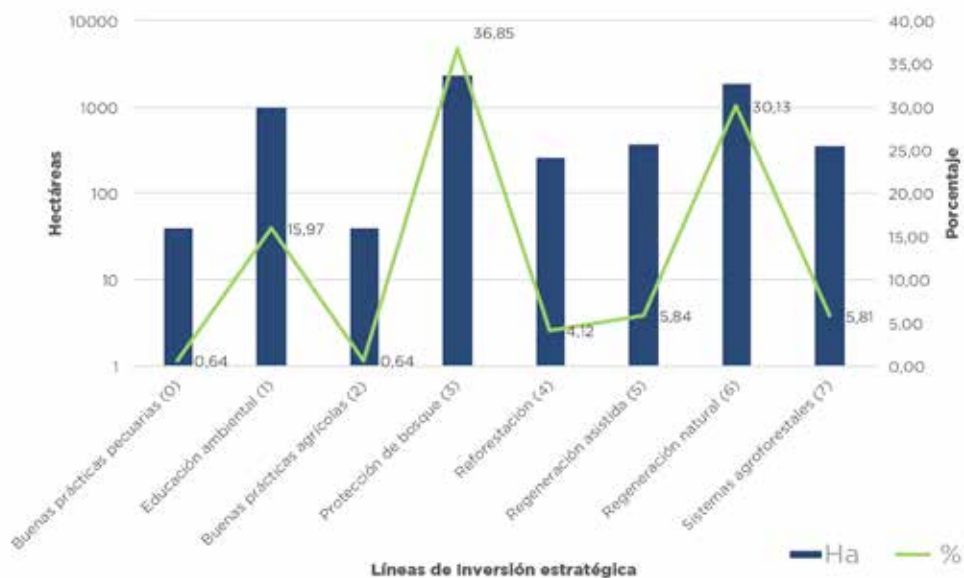


Figura 10. Contribución de cada línea de inversión al portafolio en términos del área intervenir en la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

Las líneas de inversión estratégica a las que se les asignó más presupuesto fueron las de reforestación y buenas prácticas pecuarias y agrícolas por ser las actividades más onerosas y son las que presentan menos área a intervenir e impactar. La línea protección de bosque es la que más área impacta (36,8 %, seguido por las de regeneración natural y educación ambiental con áreas a impactar de 30,1% y 16% respectivamente de las 6262 ha delimitadas en el portafolio de inversión.

Según la información del Cuadro 3, podría indicarse que hay tres grupos de actividades priorizadas: 1) Educación ambiental y regeneración natural con un área muy similar (44 134,8 y 43 272,3 ha y 26,9% y 26,4% respectivamente); 2) sistemas agroforestales, regeneración asistida, reforestación, buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas pecuarias con áreas muy similares (36 308,7 ha las cuatro primeras y 35 446,1 ha la quinta) y 3) protección de bosque con la menor área con apenas 7826,1 ha).

A nivel de subcuencas, en la del río Grande se implementarán acciones en un área de 2 865,7 ha que corresponde a un 4% del territorio total de la subcuenca, y en el río Virilla se impactará un total de 3 396,1 ha (3,70% del área total). Desde el punto de vista administrativo, la mayor área intervenida se encuentra en el cantón de Santo Domingo (16%), seguido de Santa Bárbara (11%) y San Isidro (10,2%); el área a intervenir en los demás cantones no supera el 10% de su área total.

Además, mediante un análisis rápido se pudo comprobar cuál sería el área en donde se priorizan actividades para la conservación del recurso hídrico dentro de las áreas protegidas presentes en el área de estudio, excluyendo los parques nacionales. Así, el 62% de todas las actividades propuestas se encuentran dentro de tres áreas protegidas: la Zona Protectora río Tiribí (32,8% del área total del ASP), la Reserva Forestal Grecia (19,7% de su área total), y la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central (9,2% de su área total). El 6% restante de las intervenciones se realizarán en ocho áreas protegidas presentes dentro del área de estudio (Figura 11).



Figura 11. Distribución de las acciones de conservación del recurso hídrico dentro de las áreas protegidas presentes dentro del área de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

Las actividades con un mayor porcentaje de implementación dentro de las ASP son protección de bosque, regeneración natural y educación ambiental en la zona protectora del río Tiribí y la Reserva Forestal Grecia (31% de las actividades de protección de bosque en conjunto) y un 5% de las actividades de educación ambiental y regeneración natural se van a desarrollar dentro de la zona protectora río Tiribí (Figura 12).

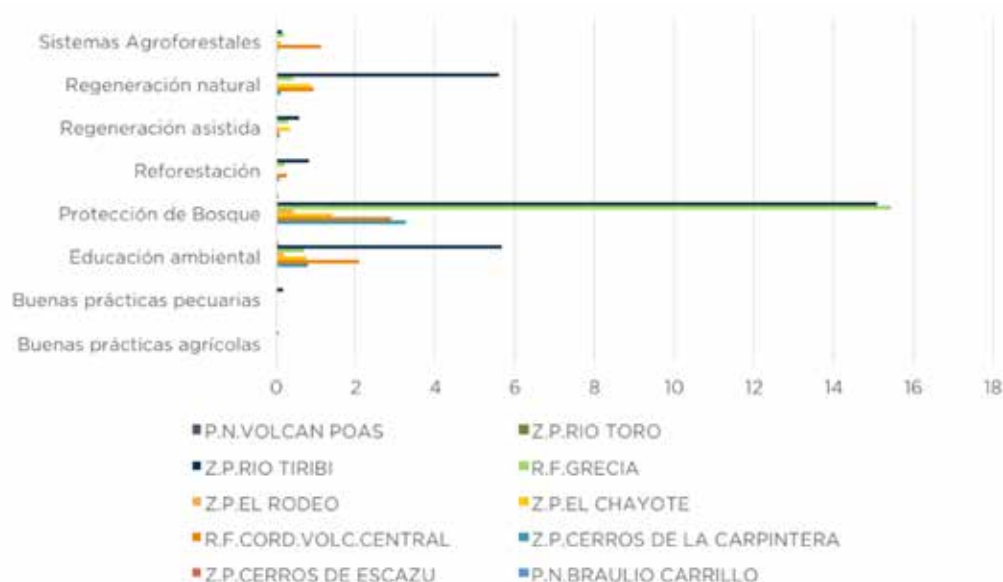


Figura 12. Distribución de las actividades prioritizadas dentro de las áreas protegidas dentro del área de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

Además, si se analiza la implementación de las actividades en función de su cercanía a los poblados se tiene que, en el total de los casos, entre un 19 y 39% de las actividades se ejecutarían dentro de un radio de 500 m de los poblados más cercanos (Figura 13). Esto puede interpretarse como un factor asociado a la factibilidad, ya que esta cercanía a poblados implica facilidad de acceso y menores costos asociados a la implementación.

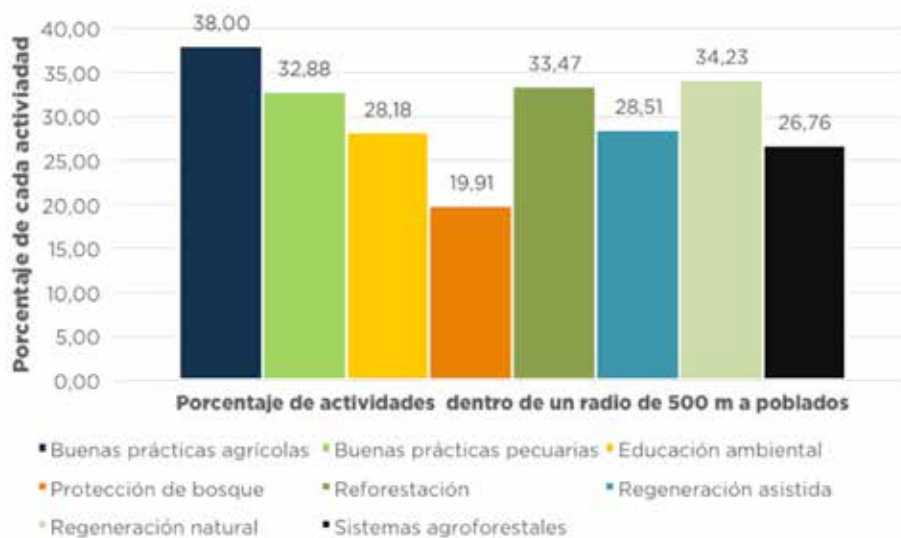


Figura 13. Porcentaje de las actividades que se encuentran cerca de los centros de población del área de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

Los resultados obtenidos se representan espacialmente en mapas de priorización que se detallan en la siguiente sección. Los mapas elaborados corresponden a cada línea de inversión estratégica e indican las zonas de mayor importancia o interés para establecer las actividades propuestas y así tener mayor efectividad a la hora de realizar los trabajos en busca de obtener los objetivos propuestos. No obstante, para efectos de este trabajo solo se resaltan las áreas donde se debería priorizar de acuerdo con los factores biofísicos, sin tomar en cuenta los factores de tiempo, presupuesto y el costo de las actividades.

Las áreas priorizadas para la inversión obedecen a una priorización de acuerdo con factores biofísicos, espaciales, de tiempo y presupuesto que se resumen en una ubicación espacial de los mejores sitios para implementar estas líneas de inversión con sus actividades. A continuación, se describen esas actividades y se muestran las áreas de mayor factibilidad para su implementación.

4.1. Implementación del programa de educación ambiental

El mapa de priorización de la actividad de educación ambiental resalta sitios de relevancia en zonas altas y en algunas áreas silvestres protegidas; el grupo meta corresponde a las comunidades inmersas en estos sitios. Se pretende trabajar por medio de un programa que incluye talleres y actividades participativas que involucren a las comunidades, escuelas y asociaciones comunales con el fin de que alcancen los objetivos propuestos por Agua Tica; se busca que la población meta logre empoderarse de los aprendizajes obtenidos y los internalice dentro de su diario vivir (Figura 14).

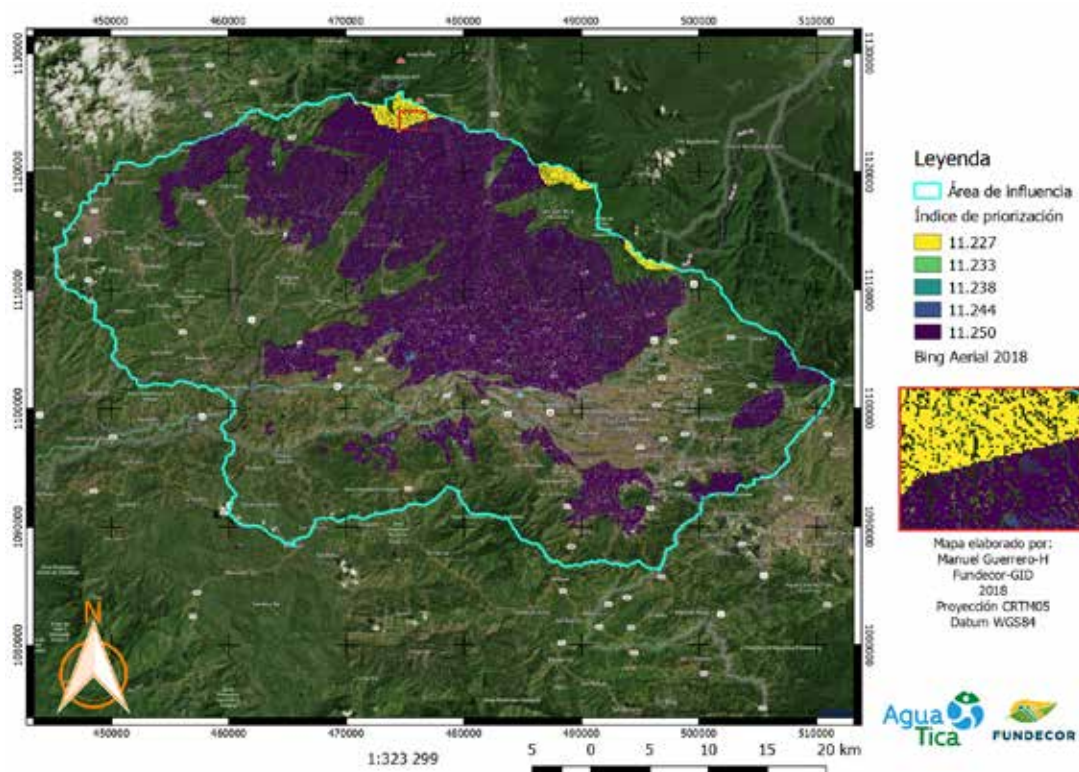


Figura 14. Áreas priorizadas para realizar actividades de educación ambiental dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

4.2. Implementación de buenas prácticas agrícolas

Esta línea de inversión centra sus esfuerzos en la implementación de proyectos que contribuyan a reducir las amenazas asociadas a las prácticas agropecuarias. Su accionar se centrará en las prácticas agrícolas extensivas nocivas. Mediante esta línea de acción se pretende desarrollar algunas prácticas agrícolas amigables con el ambiente, como por ejemplo la agricultura climáticamente inteligente como lo es aquella baja en emisiones de carbono, orgánica e hidropónica (Figura 15).

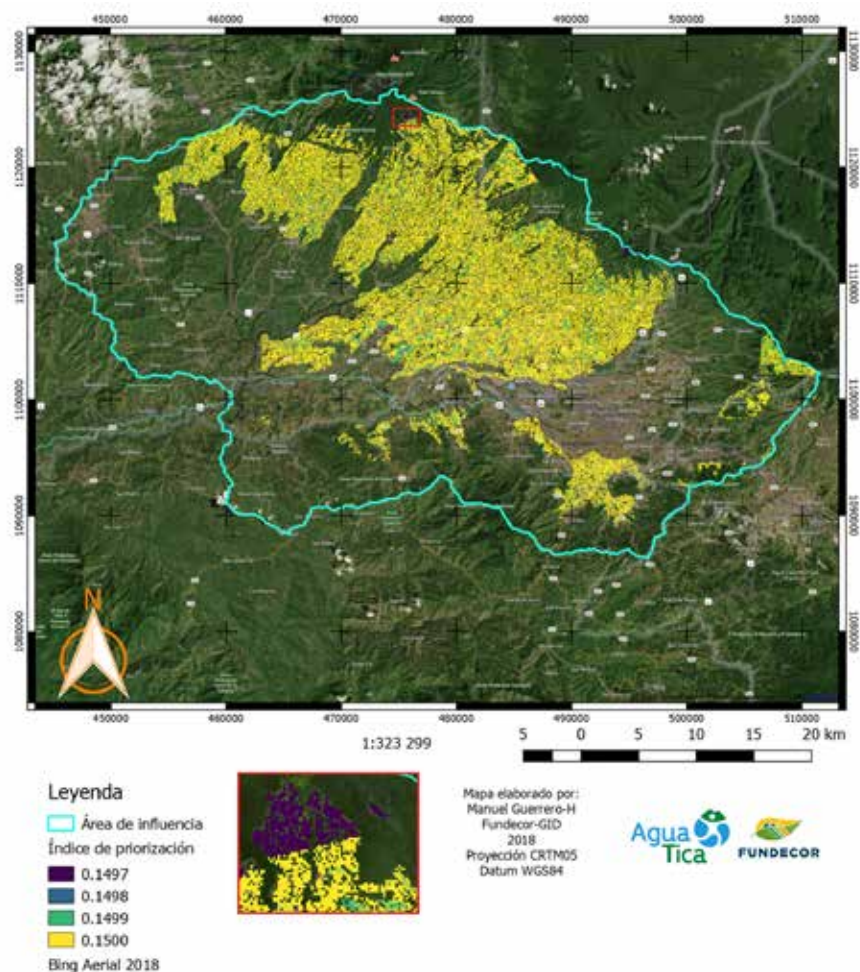


Figura 15. Áreas priorizadas para realizar buenas prácticas agrícolas dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

4.3. Protección del bosque

La protección del bosque busca garantizar la conservación de las subcuencas y las riberas de los ríos y demás cursos de agua para proteger de la erosión a los terrenos susceptibles. Las áreas prioritarias que deben someterse a la protección de bosques por medio de acciones de conservación y valoración (social, económica y cultural) de los servicios ecosistémicos que brindan los remanentes de bosque se observan en la Figura 16. Las partes alta - media y alta de las subcuencas mantienen los mayores relictos de bosque que deben ser protegidos; sin embargo, también se deben realizar acciones en las partes bajas. Para llevar a cabo las acciones definidas será necesario que los dueños de finca suscriban contratos donde se les reconozcan los servicios brindados por su bosque, por ejemplo.

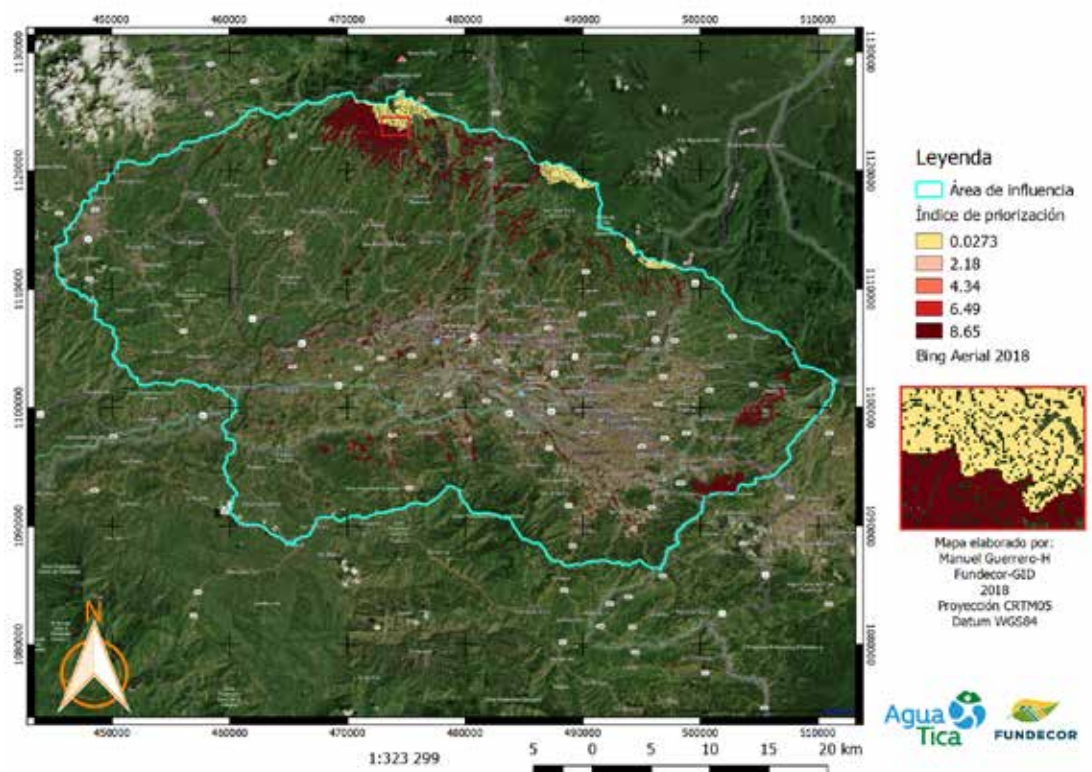


Figura 16. Áreas prioritizadas para realizar actividades de protección dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

4.4. Establecimiento de plantaciones forestales

Con esta actividad se pretende establecer vegetación arbórea en terrenos con aptitud forestal, mediante plantaciones de especies autóctonas específicas para las áreas prioritarias de las dos subcuencas (Figura 17). Sin embargo, es posible que no en todas las áreas identificadas como de alta prioridad para esta actividad se concrete el establecimiento de plantaciones forestales, ya que existen otras actividades productivas asociadas a esos sitios tales como agricultura, ganadería, asentamientos urbanos, entre otras. Por esta razón, los mapas de priorización por actividad se vuelven una herramienta espacial para identificar áreas potenciales de intervención, mientras que el impacto va a depender de la realidad asociada al paisaje. Las zonas reforestadas pueden ser con fines de protección o de interés comercial; en el caso de las plantaciones con fines comerciales, la madera se puede comercializar después del turno de corta de la especie en cuestión y después volver a iniciar el proceso.

4.5. Implementación de buenas prácticas pecuarias

Mediante estas prácticas lo que se pretende es recuperar suelos degradados, devolviéndoles su fertilidad y estructura mediante prácticas conservacionistas de pastoreo, tales como el manejo de ganado en apartos, incorporación de microorganismos eficientes, plantas para alimento como la morera, algunas coberturas vegetales que enriquezcan el suelo, lombricompost, biodigestores, compost y mulch, entre otras. En el mapa se evidencian las áreas en las que se debe invertir para lograr este objetivo con el fin de maximizar los servicios ecosistémicos que se van a desarrollar en el área (Figura 18).

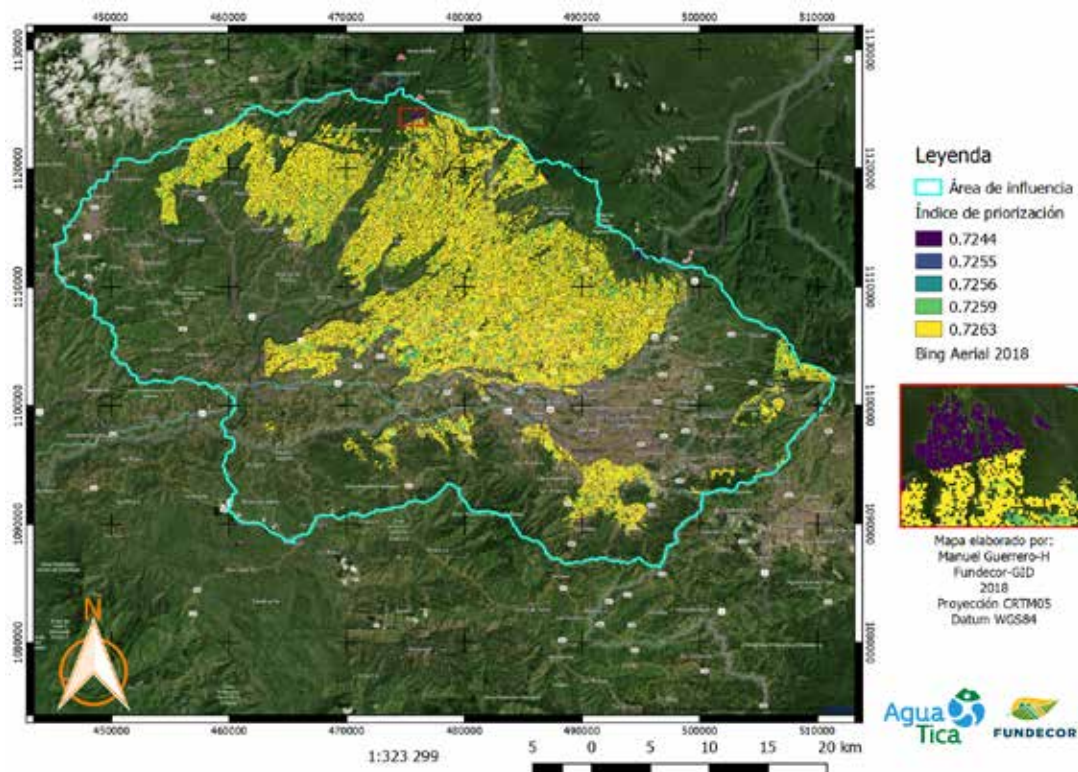


Figura 17. Áreas priorizadas para el establecimiento de plantaciones forestales dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

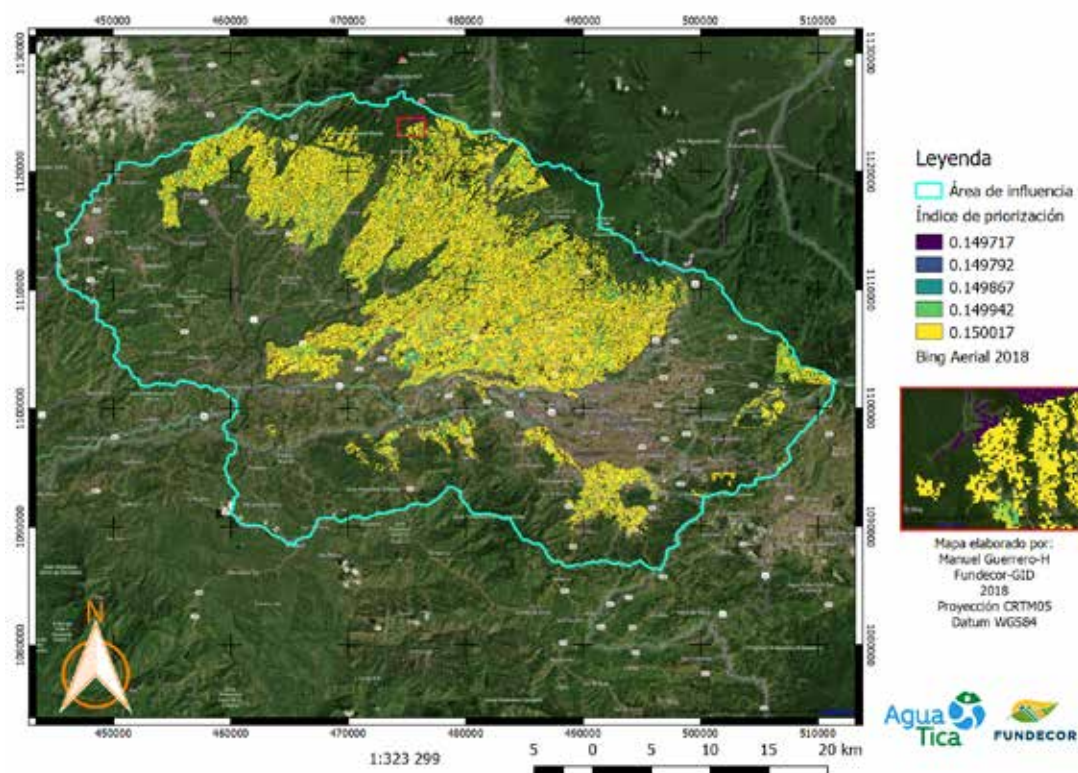


Figura 18. Áreas priorizadas para realizar buenas prácticas pecuarias dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

4.6. Establecimiento de sistemas agroforestales

En las dos subcuencas de influencia de la iniciativa Agua Tica existen áreas con el potencial para establecer este tipo de sistemas que buscan diversificar y optimizar la producción respetando el principio de sostenibilidad, con el fin de propiciar servicios como la recarga de acuíferos y regulación de los caudales, entre otros (Figura 19). La implementación de este tipo de inversión estratégica es beneficiosa para los productores de la zona y sus núcleos familiares ya que amplía el modelo productivo mediante la utilización de la tierra para la producción de más de un producto, combinando cultivos con esquemas forestales como la forestería análoga, lo que contribuye a solventar la economía bajo un esquema de mutuo beneficio para el productor y el ambiente.

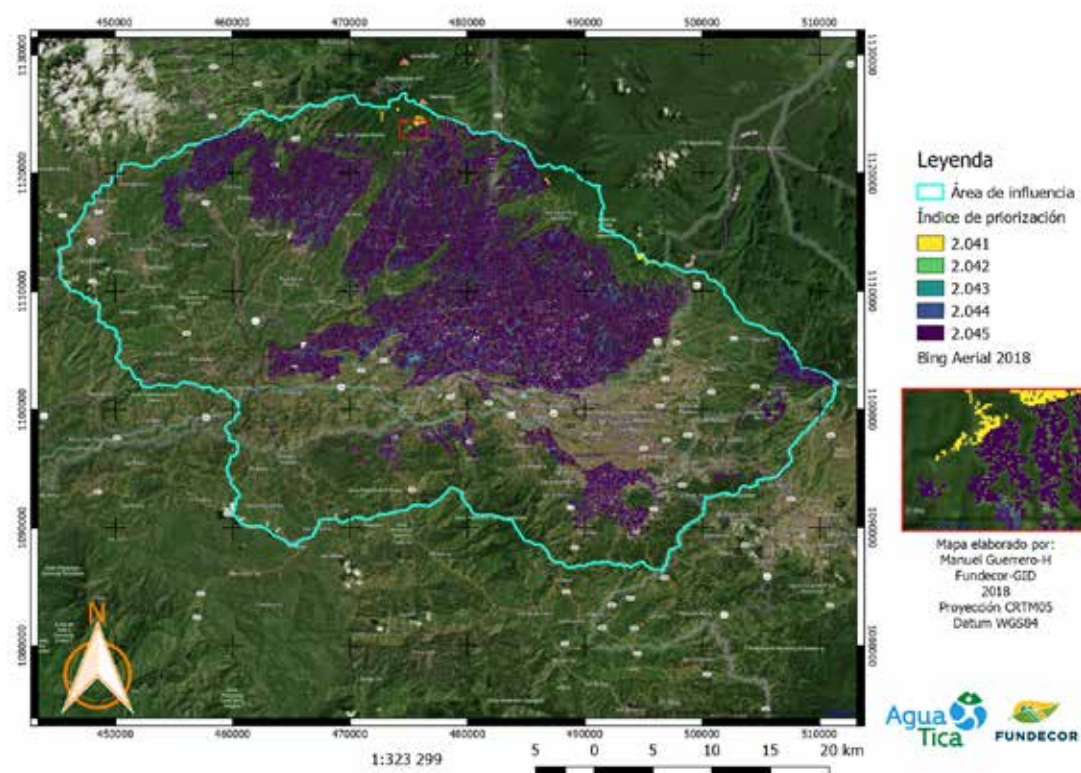


Figura 19. Áreas prioritizadas para el establecimiento de sistemas agroforestales dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

4.7. Prácticas de restauración mediante la regeneración natural

Los sitios prioritizados como zonas a restaurar son aquellas áreas donde es necesario realizar obras para controlar taludes y pendientes para evitar la erosión. Es necesario implementar prácticas de restauración que sirvan para amarrar el terreno y de esta manera ayudar a mejorar la calidad del agua superficial y a controlar el caudal y la escorrentía superficial del área de influencia con el fin de proteger las riberas de los ríos (Figura 20).

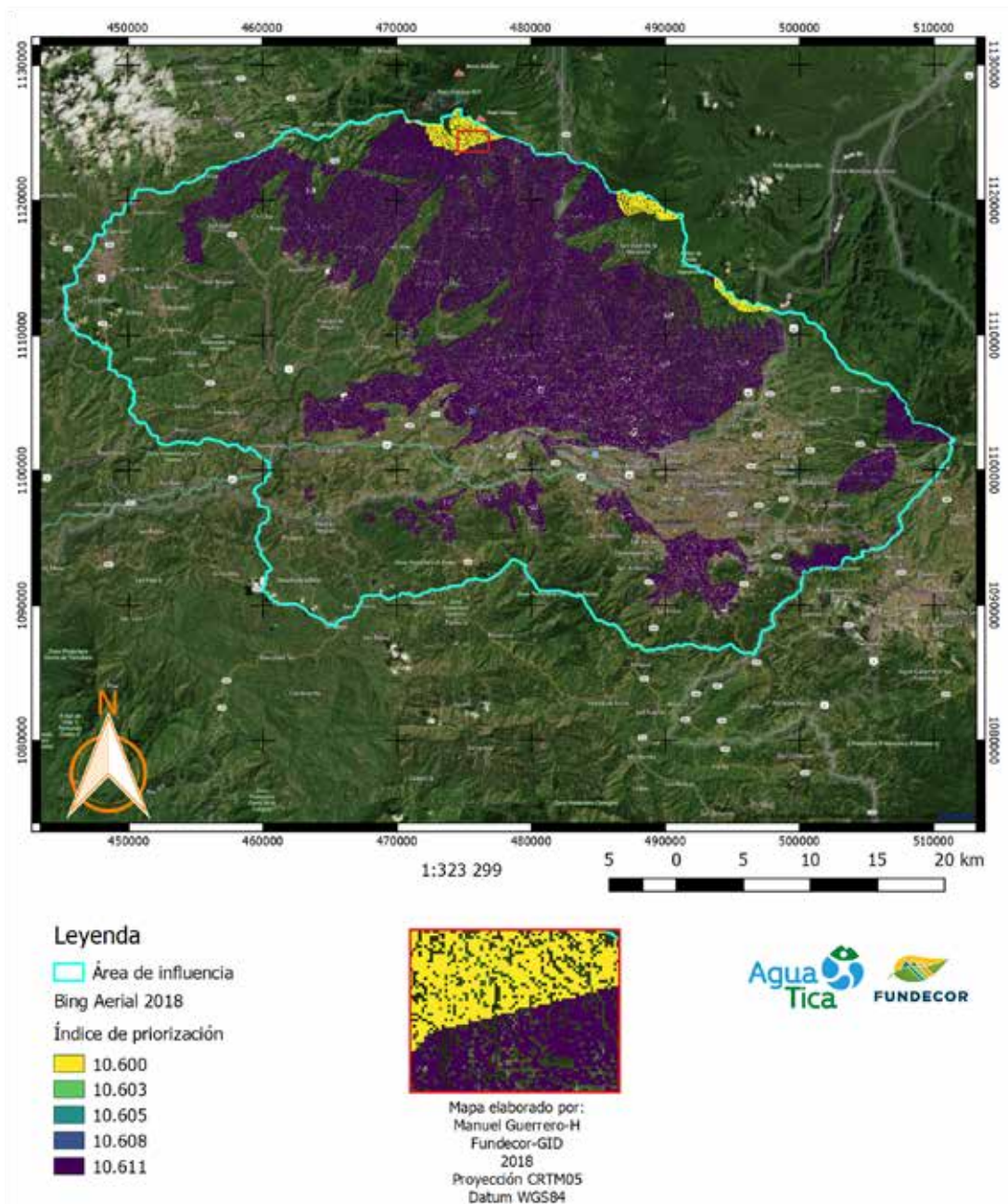
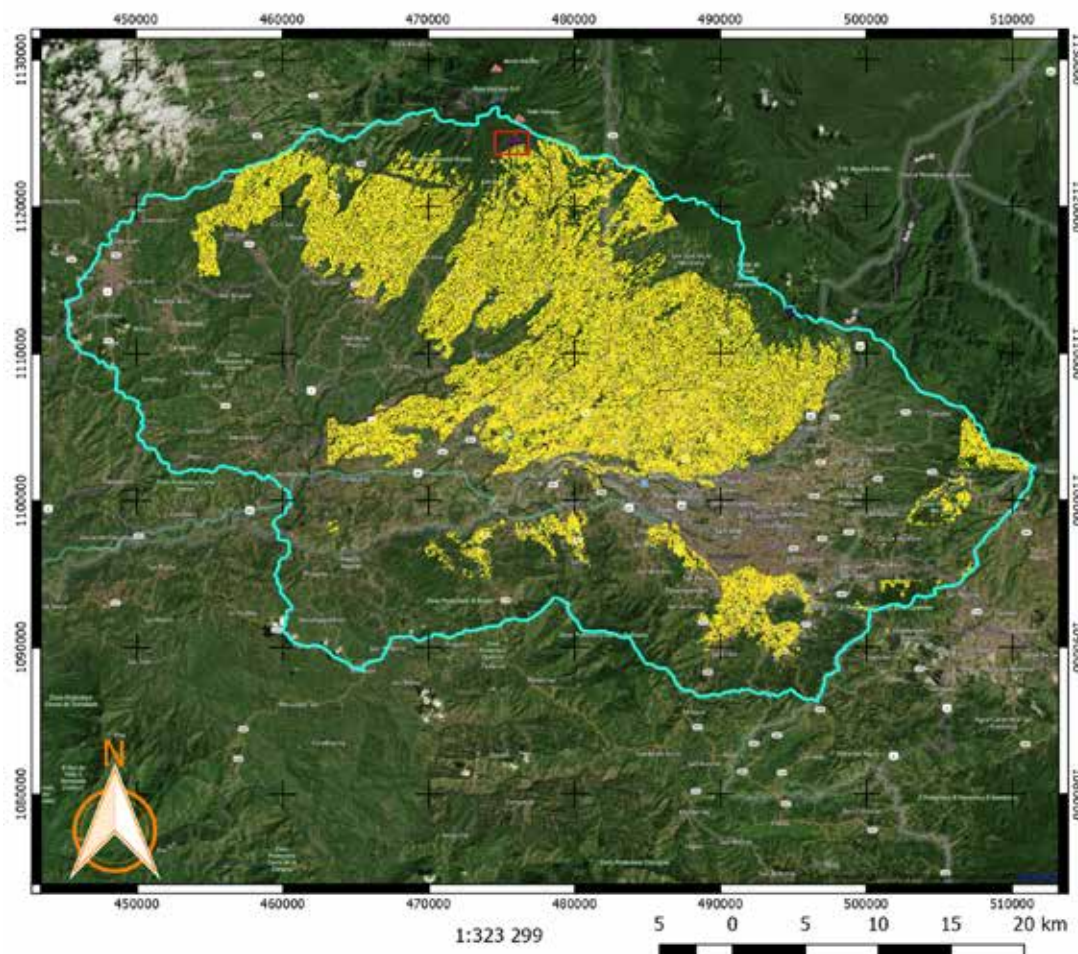


Figura 20. Áreas prioritizadas para realizar prácticas de restauración natural dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.


4.8. Prácticas de restauración mediante la regeneración asistida

Las prácticas de regeneración asistida buscan aumentar la cobertura vegetal mediante la incorporación de materia vegetal que se adapte a las zonas desprotegidas de vegetación. Estas prácticas buscan contribuir a reducir el desgaste del suelo y propiciar la infiltración del recurso hídrico de muchas áreas de las subcuencas destinadas a usos no forestales, como por ejemplo pastos, agricultura, urbanismo, entre otros (Figura 21).



Leyenda

-  Área de influencia
- Índice de priorización
-  2.0543
-  2.0548
-  2.0553
-  2.0558
-  2.0564
- Bing Aerial 2018



Mapa elaborado por:
Manuel Guerrero-H
Fundecor-GID
2018
Proyección CRTM05
Datum WGS84



Figura 21. Áreas priorizadas para realizar prácticas de restauración asistida dentro de la zona de influencia de la iniciativa Agua Tica, Costa Rica.

5. IMPLICACIONES PARA EL MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y EL RECURSO HÍDRICO

La priorización de inversiones es una de las tareas urgentes en la conservación y restauración de servicios ecosistémicos asociados a los bosques tropicales. Otras herramientas (e.j. MARXAN), que han sido utilizadas para optimizar metas de conservación de la biodiversidad han sido exitosas para identificar sitios prioritarios de conservación (ej. Alvarado et al. 2011). La herramienta RIOS ha sido utilizada también en otros estudios con objetivos similares al presente. Por ejemplo, en el marco del proyecto WaterClima se desarrolló el estudio “Priorización de áreas para implementar buenas prácticas de manejo en cuencas costeras: un enfoque de optimización hidrológica y económica en función de los servicios ecosistémicos” (Benegas et al. 2017).

Lo anterior indica que de alguna forma, la escasez de recursos y la necesidad de inversiones que sean efectivas y eficientes son cada vez mayores. La utilización de estos modelos, entre otras herramientas, han permitido que los fondos de agua puedan captar contribuciones importantes de capital provenientes de usuarios grandes, tanto a nivel público como privado. Estos fondos son una forma efectiva de generar sinergias exitosas que permiten una mejor y más focalizada inversión de recursos financieros y la conservación de los recursos naturales que giran en torno al agua. La canalización de estas voluntades puede realizarse de manera ágil y pragmática mediante un instrumento como Agua Tica, el cual se apoya en un sustento técnico para colocar sus inversiones utilizando herramientas innovadoras y de tecnología de punta que van a permitir focalizar los esfuerzos de una manera eficaz y eficiente con el fin de obtener el mayor rédito posible por cada colón invertido. Además, la integración del conocimiento generado permitirá el desarrollo de medios de verificación del impacto de estas inversiones.

Los problemas de gestión del recurso hídrico en el área de intervención de Agua Tica son complejos y estructurales. Los procesos de priorización, tal y como se desarrollaron en este trabajo, implican la participación de actores locales interesados y que generan impacto en la conservación o restauración del recurso. Los modelos espaciales pueden ser una herramienta muy útil para generar información para que los usuarios tomen decisiones basadas en el mejor conocimiento disponible.

Específicamente, las líneas de inversión estratégicas en esta investigación representan oportunidades concretas para los diferentes usuarios y beneficiarios alrededor del recurso hídrico. Por ejemplo, para los grandes usuarios de agua, como las empresas de los acueductos de las ciudades Costa Rica y específicamente de la GAM (AyA y la ESPH), los resultados potenciales de las líneas estratégicas a implementar contribuyen al aprovechamiento del recurso hídrico de mejor calidad que se ve reflejado en las estructuras financieras de las empresas pues la obtención de agua de mejor calidad implica una reducción en los costos de tratamiento para el abastecimiento de las ciudades (Calvache et al. 2012).

Las inversiones de los fondos de agua también contribuyen a mejorar las actividades productivas de empresas del área de influencia de la iniciativa Agua Tica que aprovechan este recurso en los procesos de producción tales como las empresas Femsá, Fifco, Intel, o usuarios como los acueductos comunales.

Según los resultados obtenidos del modelo, tenemos que las áreas priorizadas para todas las líneas de inversión estratégica no supera el 15% del área total y el presupuesto del portafolio de inversiones (US\$2 000 000) solamente logra impactar un 3,8% del área total de la iniciativa.

Sin embargo, este es un punto de partida. Es posible ir planificando año con año las intervenciones de acuerdo con el presupuesto disponible y así ir aumentando el área impactada por las líneas de inversión estratégicas. Por esta razón es necesario realizar las actividades identificadas como prioritarias derivadas de la aplicación de la herramienta para propiciar las condiciones para que se den los servicios ambientales deseados. Este proceso debe conducirse de la mano con los actores locales, procurando que entiendan por qué se realizan las actividades y que su éxito depende del compromiso de quienes las ejecutan. Las actividades prioritarias realizadas resultan en proyectos piloto que se establecen como puntos claves y que sirven de línea base para poder evaluar los impactos posteriormente y capitalizar el fondo a través de su promoción como proyectos exitosos ante otras instituciones y empresas dentro del área de influencia de la iniciativa.

Desde el punto de vista de planificación, el modelo propuesto ofrece la posibilidad de incluir diferentes escenarios de inversión en función del presupuesto del proyecto. Dado que los recursos son limitados, es posible aplicar el modelo para diferentes niveles de presupuesto con el fin de determinar cuál sería el punto óptimo de inversión en una cuenca. Si el presupuesto del fondo de inversión aumentará aún más, el modelo empezaría a buscar áreas prioritarias fuera de las áreas de factibilidad social (Ramos et al. 2013), permitiendo redefinir áreas de intervención y de interés de acuerdo con el presupuesto y las necesidades de la comunidad circundante.

Según lo indican Peterson et al. (2003), la planificación por escenarios es un marco conceptual y práctico muy útil en el marco de la gestión de cuencas hidrográficas. La generación de posibles modelos de inversión permite a los tomadores de decisión valorar riesgos e impactos bajo escenarios factibles, incluyendo también consideraciones de los grupos de interés ya sea dentro de la gobernanza del Fondo de Agua o de los grupos de interés dentro de las subcuencas. En el presente caso, por ejemplo, se construyeron escenarios de priorización en función de diferentes montos de inversión y tiempo.

En el contexto de grandes ciudades, los costos para mitigar desastres a través de infraestructura gris pueden representar grandes cantidades de dinero que perfectamente podrían sobrepasar las inversiones en actividades de conservación necesarias para mantener los ecosistemas de las cuencas en buen estado y brindando servicios ecosistémicos que contribuyen a su integridad y buen funcionamiento. En otras palabras, se puede indicar que en lugar de hacer inversiones anuales en costos de filtros, energía para remoción de sedimentos, químicos para purificación del agua o nuevas plantas de tratamiento (infraestructura gris), es más eficiente y beneficioso invertir en la conservación de las cuencas (infraestructura verde) (Calvache *et al.* 2012).

El desarrollo de acciones en el marco de una infraestructura verde tal como lo describe Calvache *et al.* (2012), está directamente relacionado con la gestión integral del recurso hídrico enfocado en el manejo de cuencas hidrográficas. Este es un proceso que se debe plantear con miras a mantener inversiones a largo plazo; en este sentido, debe indicarse que los fondos de agua han sido creados para mantener inversiones en las cuencas a futuro, con el objetivo de contar con fondos permanentes en el tiempo a través de los rendimientos de capital.

Para el éxito de los proyectos que conforman los fondos de agua es necesaria la capacitación permanente de los actores directamente involucrados en el campo

con el fin de que se apropien de las diferentes actividades que se implementen en campo. Estas deben ser el fundamento de cualquier modelo de extensión en las comunidades y, la concertación entre actores, la base de los acuerdos de conservación con los propietarios y las comunidades (Ramos *et al.* 2013). Es necesario además que exista una comprobación de campo sobre la información generada a través de la herramienta para asegurar que las áreas designadas para desarrollar las actividades efectivamente sean las de mayor prioridad.

La implementación de las actividades propuestas requiere de una planificación detallada y sistemática. La definición precisa de los sitios de intervención debe ser parte de este plan, así como el análisis respectivo de los actores con los cuales se va a trabajar y dar seguimiento a estas actividades. En el caso de la línea de inversión asociada con acciones de educación ambiental, es necesario que su alcance se haga considerando las capacidades actuales y las necesarias en el marco del plan de manejo. Además, es fundamental que la educación ambiental se considere como una línea transversal con respecto a las otras líneas considerando su alcance temático y espacial. Todo lo anterior contribuye a que los sitios priorizados sean indicativos de las zonas que mayor impacto tendrían en la consecución de los objetivos relacionados con la gestión integrada de los recursos hídricos.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En contextos de recursos escasos, es indispensable desarrollar e integrar el conocimiento necesario que permita la optimización de las inversiones. En este sentido, la identificación de las áreas con mayor retorno a la inversión garantiza optimizar los recursos y obtener los mejores resultados en el mediano y largo plazo, enfocándose en la limitación de los recursos financieros y los servicios ecosistémicos. Para ello existen herramientas que pueden ser utilizadas para establecer un portafolio de inversión relacionado con servicios ecosistémicos. Una de estas herramientas es el programa RIOS, un modelo cuya flexibilidad permite ser aplicado para diferentes casos, usando diferentes escenarios de manera relativamente sencilla.

Los resultados obtenidos por este modelo en el caso de la iniciativa Agua Tica, no han sido validados en el campo y por lo tanto deben ser considerados con reserva en el proceso de toma de decisiones.

El plan de inversiones permite la articulación de su implementación de una forma transparente y consensuada entre los inversionistas y las instituciones involucradas. Para ello es indispensable diseñar procesos de monitoreo de las inversiones de tal forma que pueda cuantificarse su impacto y a su vez, establecer mecanismos de comunicación eficiente entre los respectivos actores involucrados.

Con acciones de monitoreo de impacto de las inversiones propuestas por el modelo, así como con procesos de planificación por escenarios, los actores institucionales e inversionistas podrían disminuir la incertidumbre asociada a los modelos de planificación y aumentar así el impacto de los recursos.

Además, es importante considerar en los procesos de priorización variables de carácter dinámico. Fenómenos tales como el cambio de uso de la tierra o escenarios del cambio del clima, son sin duda componentes determinantes que deberán incorporarse en el diseño de estrategias de inversión alrededor de los servicios ecosistémicos.

7. LITERATURA CITADA

- Alvarado, JJ; Herrera, B; Corrales, L; Asch, J; Paaby, P. 2011. Identificación de las prioridades de conservación de la biodiversidad marina y costera en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 59(2):829-842.
- Benegas Negri, L; Watler, W; Ríos, N. 2017. Priorización de áreas para implementar buenas prácticas de manejo en cuencas costeras: un enfoque de optimización hidrológica y económica en función de los servicios ecosistémicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE/Fundecor. 61 p. (Serie técnica. Informe técnico no. 411).
- Calvache, A; Benítez, S; Ramos A. 2012. Fondos de Agua: Conservando la Infraestructura Verde. Guía de Diseño, Creación y Operación (en línea). Bogotá, Colombia, Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua, The Nature Conservancy, Fundación FEMSA, Banco Interamericano de Desarrollo. 144 p. Consultado 29 may. 2017. Disponible en https://extrema.mg.gov.br/conservadorasaguas/trabalhos/livro/Livro%20LAWFP_ESP_low%20050312.pdf
- Espinoza, C; Villalta, R. 2004. Estudio de caso sobre la contaminación de la Cuenca del Río Tárcoles (Cuenca 24) (en línea). San José, Costa Rica, EGIRH-MINAE. 28 p.
- Gobierno de Costa Rica. 2016. Planta de Tratamiento Los Tajos genera beneficios adicionales al saneamiento (en línea, sitio web). Presidencia de la República de Costa Rica. Consultado jul. 2017. Disponible en <http://presidencia.go.cr/comunicados/2016/03/planta-de-tratamiento-los-tajos-genera-beneficios-adicionales-al-saneamiento/>
- Goldman-Benner, RL; Benitez, S; Boucher, T; Calvache, A; Daily, G; Kareiva, P; Ramos, A. 2012. Water funds and payments for ecosystem services: practice learns from theory and theory can learn from practice. *Oryx* 46(1):55-63.
- Holdridge, LR. 1983. Life Zone Ecology. San José, Costa Rica, Tropical Science Center. San José, Costa Rica: IICA.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica). 2017. Estación Meteorológica, San José (en línea, sitio web). Consultado 27 jul. 2017. Disponible en <https://www.imn.ac.cr/estaciones-automaticas>
- Mora, D; Mata A; Portuguez, C. 2012 Agua para consumo y saneamiento: Situación de Costa Rica en el contexto de las Américas: 1961-2011. San José: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Laboratorio Nacional de Agua. 27p. (en línea, sitio web). Consultado 27 jul. 2017. Disponible en https://www.paho.org/cor/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=salud-y-ambiente&alias=219-agua-para-consumo-y-saneamiento-situacion-de-costa-rica-en-el-contexto-de-las-americas-1960-2011&Itemid=222
- NatCap (Natural Capital Project); TNC (The Nature Conservancy). 2013-2017. RIOS (Resource Investment optimization System) (en línea, programa informático). NatCap, Wood Institute, Stanford University. Consultado 27 jul. 2017. Disponible en <https://www.naturalcapitalproject.org/software/#rios>
- Orozco, E. 2007. Zonificación Climática de Costa Rica para la Gestión de Infraestructura Vial. Proyecto de Graduación Ingeniería Civil San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 290 p.
- OUGAM (Observatorio Urbano de la Gran Área Metropolitana, Costa Rica). 2013. Datos de la GAM (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 29 may. 2017. Disponible en <http://ougam.ucr.ac.cr/>

- Programa Estado de la Nación. 2013. Capítulo Armonía con la Naturaleza (en línea). In Programa Estado de la Nación 2013. Decimonoveno Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano. San José, Costa Rica, Conare. . p. 177-227. Consultado 22 may. 2017. Disponible en http://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/019/Cap%204-Estado%20Nacion%2019.pdf
- Peterson, GD; Cumming, G S; Carpenter, SR. 2003. Scenario planning: a tool for conservation in an uncertain world. *Conservation Biology* 17(2), 358-366.
- Ramos, A; Benítez, S; Hurtado, C; Ortiz, S; Guzmán, A. 2013. Reconocimiento de los Servicios Ecosistémicos Ambientales Hídricos en Latinoamérica. Quito, Ecuador, The Nature Conservancy, Fundación FEMSA; Banco Interamericano de Desarrollo. Puntoaparte bookvertising. 160 p.
- Reynolds, J; Fraile, J. 2002. Presente y Futuro de las Aguas Subterráneas en el Valle Central. In Manejo Integrado de Aguas Subterráneas: Un reto para el futuro. San José, Costa Rica, Editorial UNED. p. 19-32.
- Sánchez, R; Reyes V. 2014. Modelo de costos de actividades y proyectos del Instrumento de Compensación Público-Privado de la GAM. San José, Costa Rica, Fundecor. 27 p. (Informe final. Consultoría para el fondo Agua Tica).
- Vogl, A; Tallis, H; Douglas, J; Sharp, R; Veiga, F; Benitez, S; León, J; Game, E; Petry, P; Guimaraes, J; Lozano, J. 2016. Resource Investment Optimization System. Introducción y documentación. Stanford University. The Natural Capital Project. 103 p. Consultado 29 may. 2017. Disponible en http://data.naturalcapitalproject.org/rios_releases/RIOSGuide_Combined_May2016_Espanol.pdf

9. ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de actividades propuestas por los expertos para desarrollar cada servicio ecosistémico

Control de erosión para mejorar la calidad de agua superficial	Control de erosión para la protección de nacientes captadas (mejoramiento del entorno)	Control y regulación de caudal	Recarga de acuíferos
3. Reforestación (14)	4. Protección de zonas de recarga acuífera (12)	1. Protección de bosque (11)	3. Reforestación (11)
1. Protección de bosque (11)	1. Protección de bosque (10)	3. Reforestación (9)	1. Protección de bosque (10)
15. Buenas prácticas agrícolas (ABC) (11)	16. Restauración de zonas degradadas (10)	16. Restauración de zonas degradadas (8)	4. Protección de zonas de recarga acuífera (10)
7. Control de taludes (9)	3. Reforestación (9)	14. Reforestación en los cauces de los ríos (6)	15. Buenas prácticas agrícolas (ABC) (8)
14. Reforestación en los cauces de los ríos (8)	15. Buenas prácticas agrícolas (ABC) (7)	2. Creación de ambientes verdes en áreas urbanas (6)	5. Sistemas agroforestales (7)
16. Restauración de zonas degradadas (7)	5. Sistemas agroforestales (6)	7. Control de taludes (5)	16. Restauración de zonas degradadas (4)
13. Regeneración de suelos (7)	9. Educación ambiental (5)	4. Protección de zonas de recarga acuífera (5)	6. Capacitación a asadas y comunidades sobre gestión RH (instrumentos legales, monitoreo, tecnologías) (4)
4. Protección de zonas de recarga acuífera (6)	14. Reforestación en los cauces de los ríos (5)	Ordenamiento territorial (5)	Ordenamiento territorial (4)
5. Sistemas agroforestales (6)	12. Control y cuidado de áreas prioritarias (4)	19. Dragado del cauce del río (4)	13. Regeneración de suelos (3)
9. Educación ambiental (4)	Ordenamiento territorial (4)	15. Buenas prácticas agrícolas (ABC) (4)	12. Control y cuidado de áreas prioritarias (3)
11. Permeabilización de suelos (4)	6. Capacitación a asadas y comunidades sobre gestión RH (3)	5. Sistemas agroforestales (3)	2. Creación de ambientes verdes en áreas urbanas (3)
Ordenamiento territorial (3)	13. Regeneración de suelos (3)	18. Asesoría técnica (3)	18. Asesoría técnica (3)

Anexo 2. Lista de expertos consultados

	Experto Consultado	Institución
1.	Moisés Bermudez	AyA
2.	Leonardo Merino	Estado Nación
3.	Magda Campos*	IMN
4.	Tobías García*	InBio
5.	German Obando	UICN
6.	Luis Gámez*	ESPH
7.	Carlos Henríquez	CIA
8.	Ricardo Russo*	UCR
9.	Pia Paaby	OET
10.	César Sabogal*	FAO
11.	Rolando Marín*	UNAGUAS
12.	Miguel Cifuentes*	CATIE
13.	Vannesa Dubios*	FANCA
14.	Yamileth Astorga*	UCR
15.	Andrea Borel*	TNC
16.	Andrea Suárez*	HIDROCEC
17.	Christian Golcher*	HIDROCEC
18.	Renato Jimenez	INTA
19.	Alban Rosales	INTA
20.	Fainier Gúzman*	ACCVC
21.	Rosylín Valverde	Municipalidad de Sarapiquí
22.	Wilfredo Segura	ICE
23.	Zaidett Barrientos*	UNED
24.	Aurelia Víquez	ACCVC
25.	Jorge Faustino*	CATIE
26.	Jenny Ash	SINAC
27.	Andrea Barrantes	Dirección de Agua
28.	José Joaquín Chacón*	Dirección de Agua
29.	Virginia Reyes*	CEDARENA
30.	Francisco Alpízar	CATIE
31.	Lenín Corrales	CONSULTOR
32.	Bernal Herrera	CATIE
33.	Rolando Castro	CEDARENA
34.	Natalie Montiel	ESPH
35.	Maureen Ballestero	JUNTA
36.	Francisco Parrado	ARCA
37.	Bernal Soto	SENARA
38.	Roberto Villalobos	IMN
39.	Franz Ulloa	ESPH
40.	Rafael Sanchez	UNA
41.	Angela Gonzalez	ULATINA
42.	Carlos Romero	SENARA

Anexo 3. Correlación entre los servicios ecosistémicos y los procesos pre-establecidos por RIOS

Proceso/ SE	Protección del bosque	Regeneración natural	Regeneración asistida	Manejo de agroquímicos	Canalización	Buenas prácticas agrícolas	Manejo de pastos
Control de erosión para mejorar la calidad de agua superficial	9,6	9,3	9,4	5,2	2,9	8,1	6,4
Control de erosión para la protección de nacientes captadas (mejoramiento del entorno)	9,9	9,2	9,4	5,0	3,1	8,0	6,3
Control y regulación de caudal	9,6	8,1	8,4	2,5	5,4	5,8	4,6
Recarga de acuíferos	9,9	9,6	9,6	4,9	2,4	7,2	6,9

Anexo 4. Correlación absoluta entre las actividades y los procesos pre-establecidos en RIOS

Proceso/Actividad	Protección del bosque	Regeneración natural	Regeneración asistida	Manejo de agroquímicos	Canalización	Buenas prácticas agrícolas	Manejo de pastos
3. Reforestación (14)	0	0	1	0	0	0	0
1. Protección de bosque (11)	1	1	1	1	0	0	0
15. Buenas prácticas agrícolas (ABC) (11)	0	0	0	1	1	1	1
7. Control de taludes (9)	1	1	1	0	1	1	0
14. Reforestación en los cauces de los ríos (8)	1	1	1	0	0	1	0
16. Restauración de zonas degradadas (7)	1	1	1	0	0	1	1
13. Regeneración de suelos (7)	0	1	1	1	1	1	1
4. Protección de zonas de recarga acuífera (6)	1	1	1	1	0	1	1
5. Sistemas agroforestales (6)	0	0	1	0	1	1	1
9. Educación ambiental (4)	1	1	1	1	1	1	1
11. Permeabilización de suelos (4)	0	1	1	0	0	1	1
6. Capacitación a asadas y comunidades sobre gestión RH (4)	1	1	1	1	1	1	1



FUNDECOR

LABORATORIO VIVO DE MI PAISAJE

www.fundecor.org

Más documentos de interés:



ISBN: 978-9968-501-03-3



9 789968 501033