

Manual de Usuario

2022

Jefferson Valencia, Herlin Espinosa, David Garzón, Edward Guevara, Sindy Leverón y Marcela Quintero
Alianza de Bioversity International y el CIAT

Luis Loyola
FAO







Regional Américas
Km 17 Recta Cali-Palmira CP 763537
Apartado Aéreo 6713
Teléfono: (+57 60 2) 4450000
Cali, Colombia

La **Alianza de Bioersity Internacional y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)** brinda soluciones científicas que aprovechan la biodiversidad agrícola y transforman los sistemas alimentarios de manera sostenible para mejorar la vida de las personas. Las soluciones de la Alianza abordan las crisis mundiales de malnutrición, cambio climático, pérdida de la biodiversidad y degradación ambiental.

La Alianza es parte de **CGIAR**, un consorcio mundial de investigación para un futuro sin hambre.

<https://alliancebioersityciat.org>

www.cgiar.org

Cita:

Valencia J; Loyola L; Espinosa H; Garzón D; Guevara E; Leverón S; Quintero M. 2023. Manual de Usuario de AGRI-Fuentes Mundiales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 61 p.

Autor para correspondencia:

Jefferson Valencia, Research Fellow, Paisajes Multifuncionales, Alianza de Bioersity Internacional y el CIAT - j.valencia@cgiar.org

Febrero 2023

Derechos de autor © CIAT 2023. Todos los derechos reservados.

Prefacio

La agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC) pretende transformar y reorientar el desarrollo agropecuario frente al cambio climático. En este contexto, depende de las lluvias y aprovecha al máximo cada gota, para intensificar de manera sostenible la producción agrícola, dentro de un enfoque ecosistémico, el cual tiene como objetivo reducir los efectos del cambio climático en los sistemas agrícolas. Dentro de los enfoques de la ASAC, la recolección de agua lluvia puede asegurar los recursos hídricos en regiones con precipitaciones irregulares, y en aquellas que enfrentan una variabilidad creciente en sus regímenes pluviales. Los agricultores que utilizan la recolección de agua lluvia pueden almacenarla en reservorios o tanques durante la temporada de invierno, y luego hacer uso del recurso almacenado en tiempo de verano. Estas prácticas les permiten a los agricultores suplir las necesidades hídricas de sus cultivos y evitar, de este modo, pérdidas significativas en la producción.

En algunas regiones del mundo, factores como el paisaje montañoso, la agricultura a pequeña escala, las características climáticas – como las precipitaciones limitadas durante largas temporadas secas y las lluvias concentradas en temporadas cortas – y la vulnerabilidad de los productores a los efectos del cambio climático, evidencian el potencial de la recolección de agua lluvia y la toma de esta desde los ríos. Estas prácticas de la ASAC pueden proveer el recurso hídrico necesario para los sistemas de riego a pequeña escala y, así, ayudar a lograr una producción agrícola sostenible. Sin embargo, un desafío relevante para la implementación exitosa de estas prácticas es la identificación eficaz de las fuentes de agua y de los sitios ideales para establecerlas.

A nivel global, hay una necesidad visible de implementar prácticas de ASAC, incluida la recolección o cosecha de agua lluvia, con inversiones mínimas y grandes impactos. Los gobiernos, las instituciones financieras y los inversores en estas regiones están buscando soluciones para garantizar una identificación adecuada de las fuentes de agua, con el fin de abastecer los sistemas de riego a pequeña escala ya instalados, o los nuevos sistemas que se implementarán.

Por lo tanto, se necesitan herramientas y metodologías que ayuden a orientar las inversiones en la gestión del agua para la agricultura de forma eficaz y sostenible. AGRI (AGua para Riego) es una herramienta para la toma de decisiones implementada para este propósito en algunos departamentos de Honduras (Da Silva et al., 2016; Monserrate et al., 2016; Valencia, 2016; Valencia et al., 2020) y El Salvador con resultados exitosos. AGRI fue desarrollada como una herramienta SIG (Sistemas de Información Geográfica) automatizada que integra información disponible del terreno, suelo y clima, junto con modelos matemáticos e hidrológicos, los cuales permiten identificar fuentes de agua para riego a pequeña escala. Esta aplicación fue desarrollada originalmente para el occidente de Honduras por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) – ahora parte de la Alianza de Bioersity International y el CIAT – con el respaldo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional-USAID/Honduras.

Iniciando en la parcela a ser irrigada, AGRI escanea los alrededores para identificar los sitios potenciales de toma y cosecha de agua. AGRI también despliega las rutas viables para el transporte de agua por gravedad, desde la fuente hasta el lugar donde será utilizada, e identifica el área de captación de cada sitio potencial.

En la actualidad, basada en software libre y código abierto, AGRI es una herramienta web que reduce, de meses a pocos días, el tiempo necesario para identificar fuentes de agua viables por medio de información útil que facilita una mejor toma de decisiones. AGRI identifica sitios con potencial biofísico para la toma y cosecha de agua. No obstante, depende del usuario el validarlos en campo y cumplir con las regulaciones locales. Este sitio web fue desarrollado con la colaboración técnica de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): **agri-worldsources.com**

A circular inset image showing two men in a field setting. One man, wearing a white cap, is looking at a laptop screen. The other man is pointing at the screen, which displays a map with various colored regions and a legend. The man pointing is wearing a dark blue shirt. The background shows a blurred outdoor environment with trees and a fence.

**Aspectos
generales y
enfoque
metodológico**

AGRI nace con el reto de incrementar la disponibilidad de agua para la agricultura a pequeña escala durante tiempos de sequía y, a su vez, como una estrategia para incrementar la resiliencia climática. Por lo tanto, AGRI se enfoca en tres componentes principales: sitios adecuados para la recolección de agua lluvia, sitios adecuados para la toma de agua y rutas viables para el transporte de esta por gravedad. Estos elementos permiten al usuario llevar a cabo análisis de oferta y demanda hídrica, al igual que análisis para viabilidad de reservorios, y generar información relacionada a las áreas de drenaje.

Sitios adecuados para la recolección de agua lluvia

Estos se caracterizan por tener las condiciones biofísicas y climáticas que permitan la recolección de agua lluvia, a partir de la construcción de reservorios, los cuales servirán para irrigar las parcelas de los agricultores durante épocas de verano o sequía. Por tanto, AGRI utiliza una serie de criterios de selección (escorrentía, pendiente, arcilla, índice de humedad, curvatura y unidades hidrogeológicas) y factores restrictivos biofísicos (flujo acumulado, zonas ribereñas, coberturas/uso del suelo, distancia a límite internacional y distancia a fallas geológicas) que se analizan en conjunto con condiciones climáticas (precipitación y evapotranspiración) para identificar los sitios con alto potencial de cosecha de agua. Todas estas relaciones se presentan en la Figura 1.

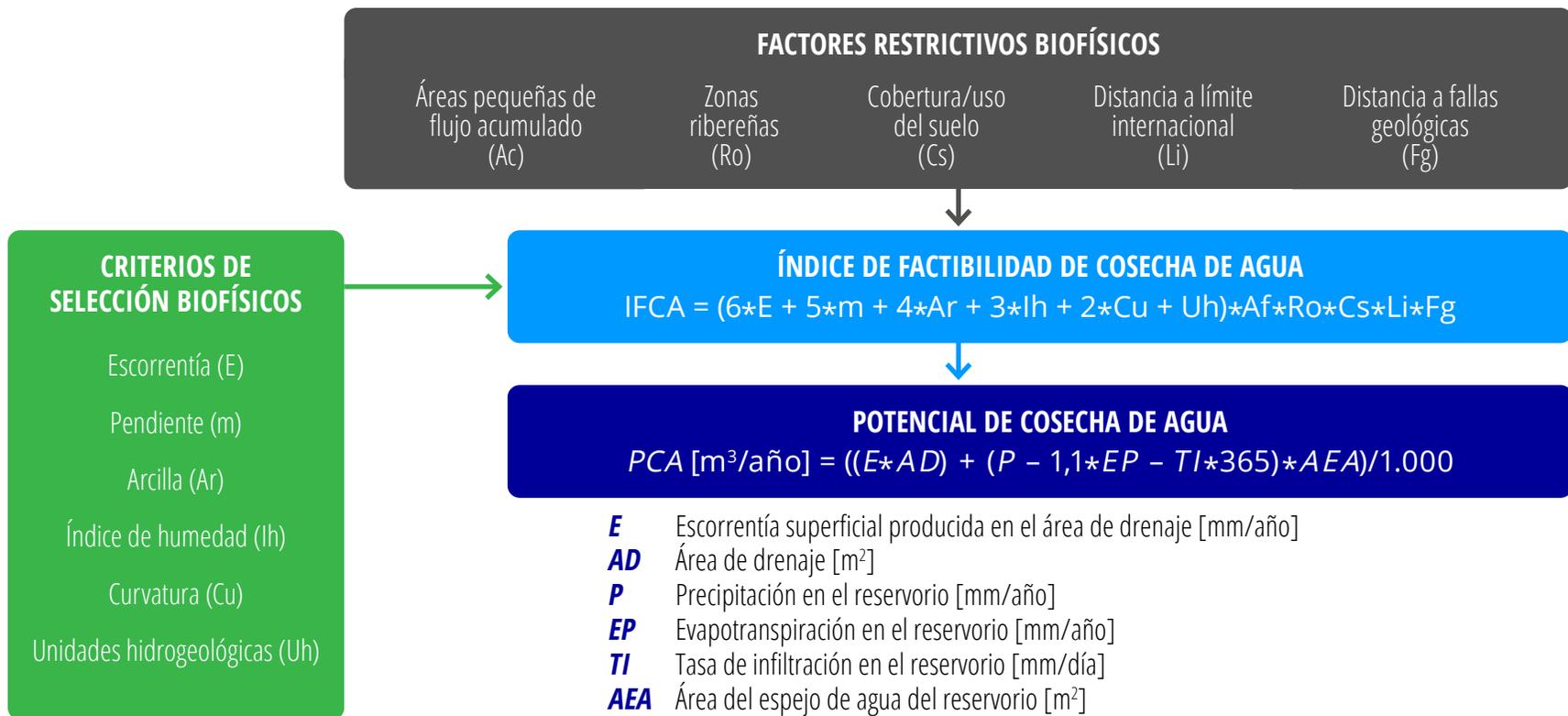


Figura 1. Diagrama de la relación entre condiciones biofísicas y condiciones climáticas para identificar sitios con potencial de cosecha de agua.

La Figura 1 muestra todos los parámetros utilizados por AGRI para la identificación de sitios con potencial de cosecha de agua. Dichos parámetros son calculados a partir de datos públicos a nivel global (ver Tabla 1), los cuales fueron estandarizados de acuerdo con las condiciones de cada región disponible en la plataforma AGRI – Fuentes Mundiales. Como caso de estudio, y al considerar que AGRI – Fuentes Mundiales fue inicialmente implementada en Centroamérica (CA), este manual de usuario se enfocará en los parámetros e información usada para esta región. En particular, los parámetros de CA fueron estandarizados con una resolución espacial de 30 metros, durante un período de estudio de 15 años (2000-2014), el cual fue seleccionado según la disponibilidad de datos. Sin embargo, la plataforma y sus desarrollos permiten la expansión a nuevos territorios; así mismo, las subsecuentes descripciones son extensivas a ellos. Por favor refiérase a la sección de Anexos para los parámetros e información usada en otras regiones.

Tabla 1. Grupos de datos públicos utilizados para el cálculo de los parámetros empleados por AGRI.

CAPA	RESOLUCIÓN ESPACIAL	PERÍODO	FUENTE	FORMATO	SISTEMA COORDENADO
Arcilla	≈ 250 m	1950-2015	ISRIC	TIFF	WGS 84
Áreas protegidas	≈ 10 km	2007	UNEP - WCMC	TIFF	
Cobertura/Uso del suelo	≈ 300 m	2009	GlobCover	TIFF	
Cuerpos de agua	-	2015	UCLA	shp	
Escorrentía	≈ 4 km	1958-2018	TerraClimate	NetCDF	
Evapotranspiración potencial	≈ 1 km	2000-2014	MODIS	TIFF	
Fallas geológicas	-	desde 2018	GEM Science	shp	
Límites administrativos	-	desde 2018	GADM	shp	
Modelo Digital de Elevación (MDE)	≈ 30 m	desde 2000	NASA - USGS	TIFF	
Precipitación	≈ 5 km	2000-2019	CHIRPS	TIFF	
Red hídrica	-	desde 2018	Hydro SHEDS	shp	
Ríos	-	2009	Hydro SHEDS	shp	
Unidades hidrogeológicas	-	2011	WHYMAP	shp	

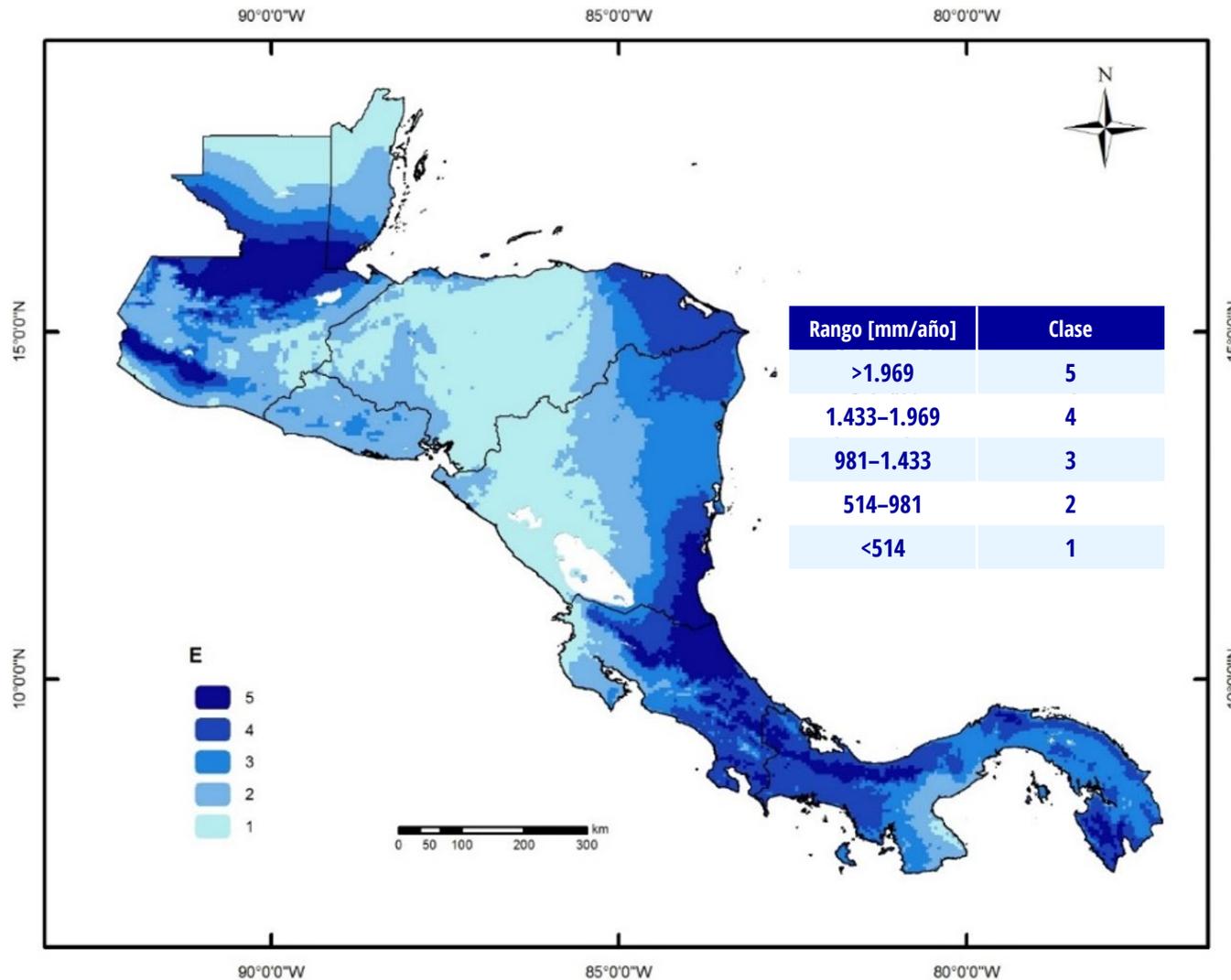
shp: ESRI Shapefile

TIFF: Tagged Image File Format – raster

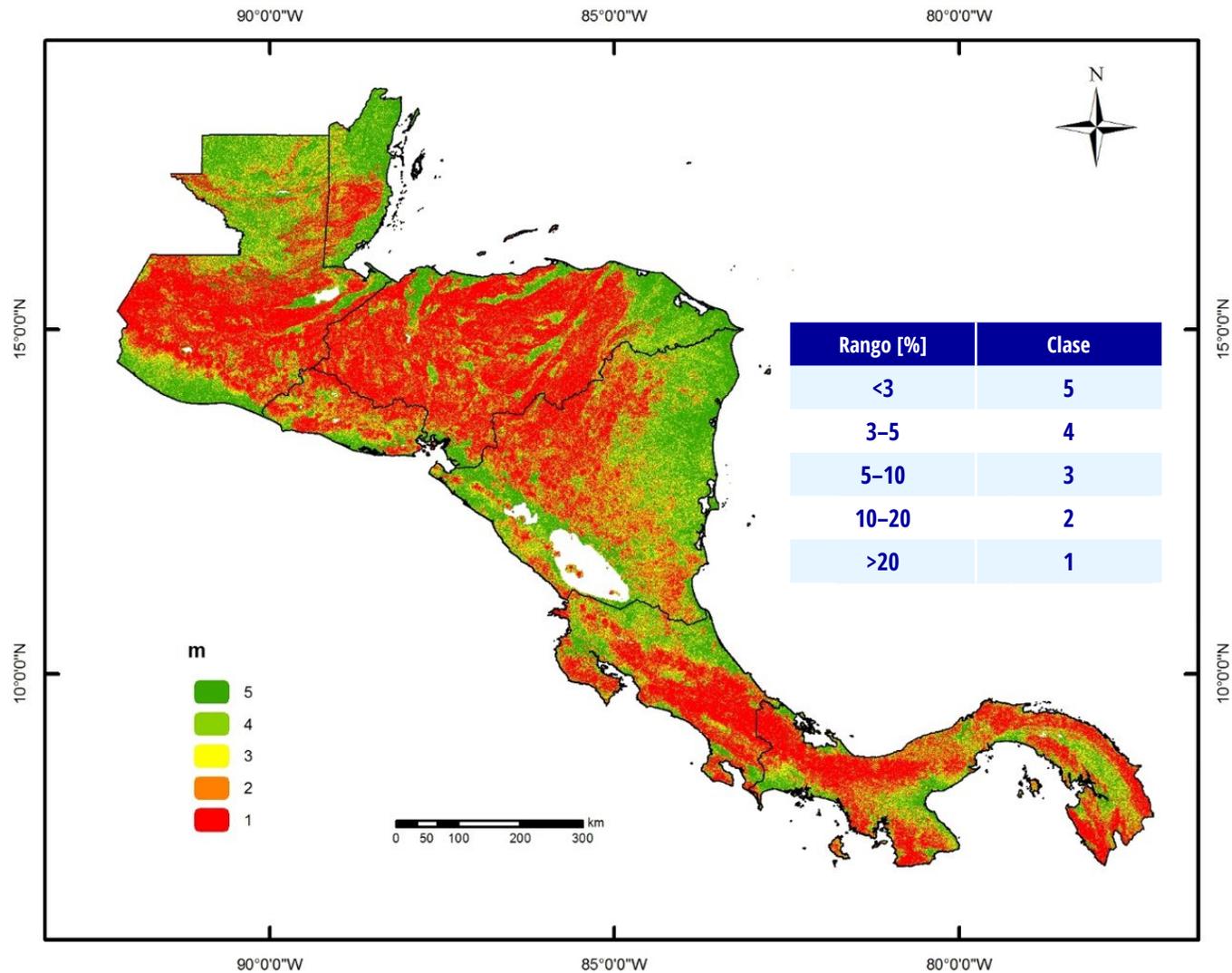
NetCDF: Network Common Data Form – raster stack

Con respecto a los **criterios de selección biofísicos**, estos se componen de seis parámetros que son reclasificados en una escala de 1 a 5 (la escala puede variar para otras regiones; ver Anexos), según la factibilidad de cada parámetro para la ubicación de reservorios y captación de agua lluvia. Estos parámetros son explicados a continuación por orden de importancia:

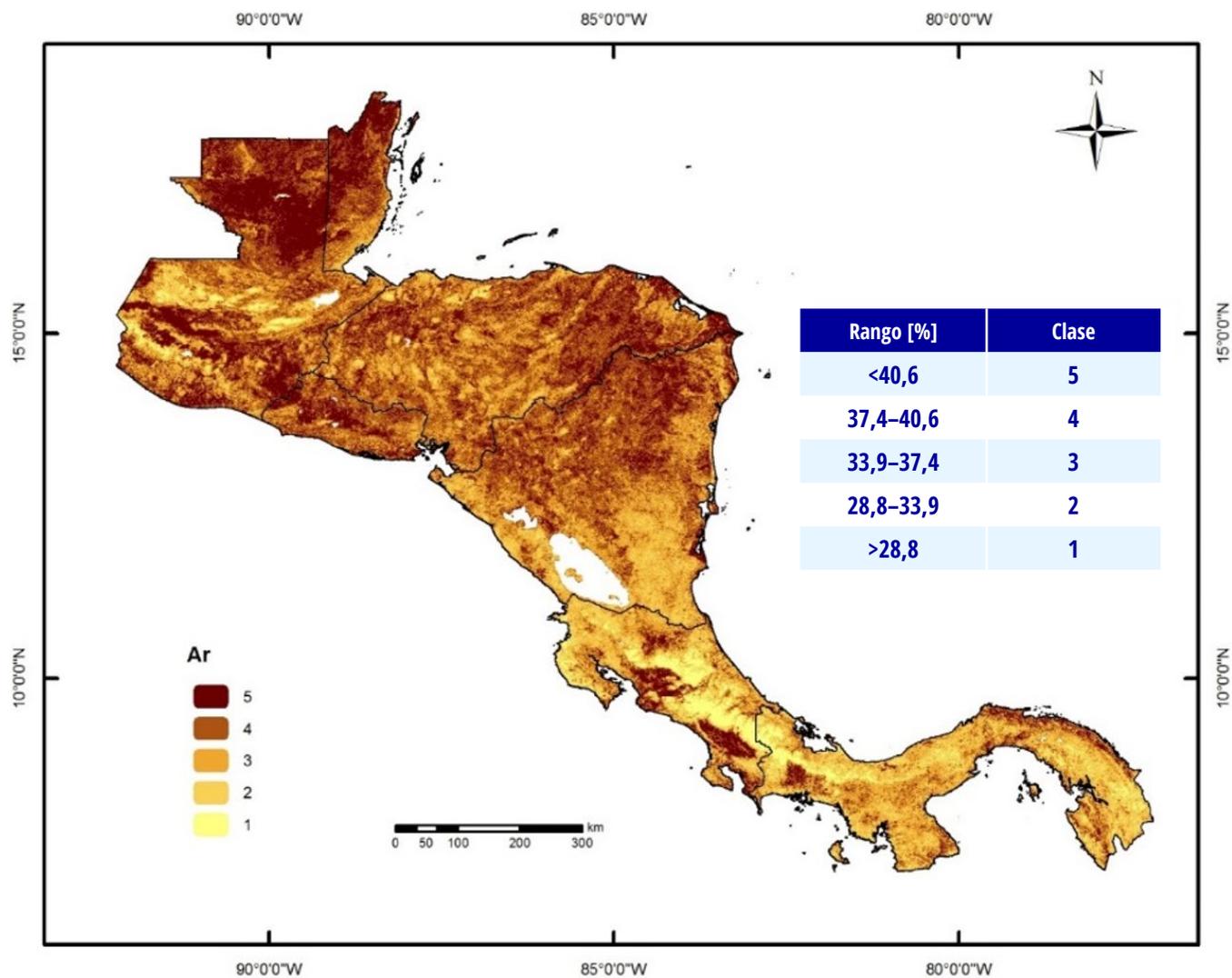
Esorrentía (E): Este es el parámetro más importante para definir aquellos sitios con potencial de cosecha de agua lluvia, debido a que, a mayor cantidad de esorrentía superficial en la zona, mayor cantidad de agua se podrá almacenar en el reservorio.



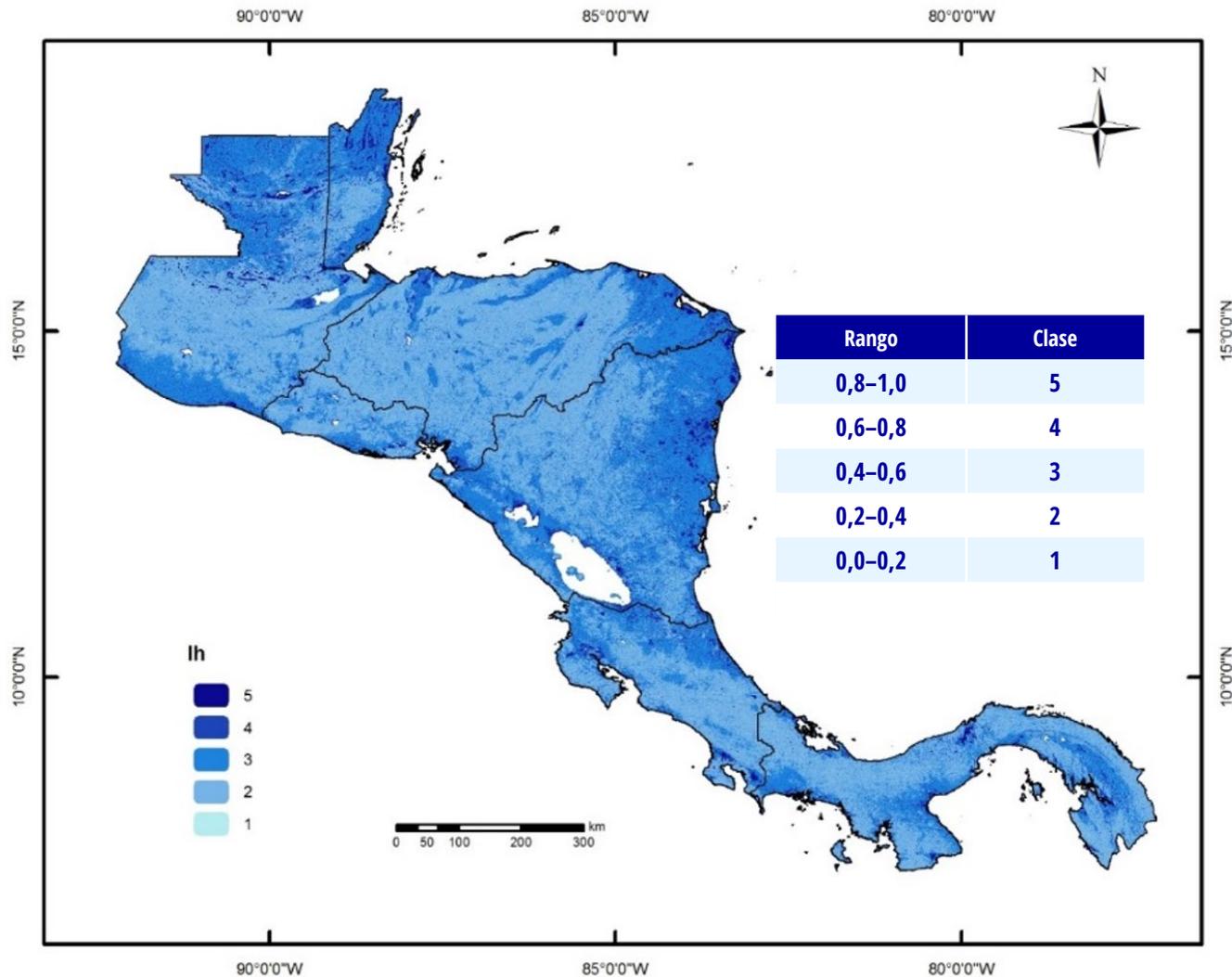
Pendiente (m): La construcción de reservorios para cosecha de agua lluvia no debe llevarse a cabo en áreas con pendientes mayores al 5% (Al-Adamat, Diabat, & Shatnawi, 2010). Las zonas con menor porcentaje de pendiente tienen mayor factibilidad para la recolección de agua lluvia. Este parámetro es derivado del MDE (Modelo Digital de Elevación).



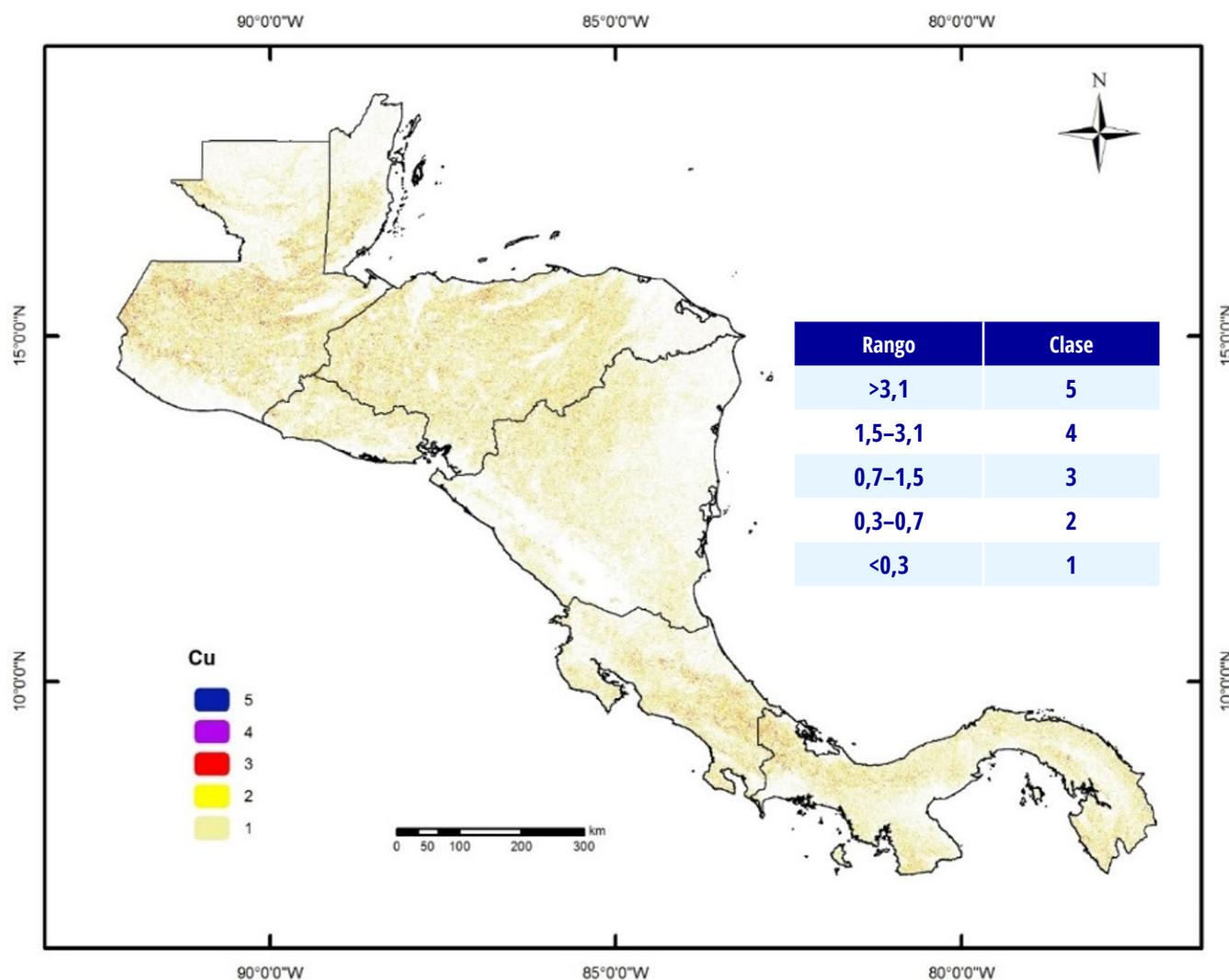
Arcilla (Ar): Los suelos con mayor contenido de arcilla son menos permeables, lo cual garantiza que la tasa de infiltración de agua, en los perfiles del suelo, sea menor. Las zonas con suelos arenosos fueron descartadas.



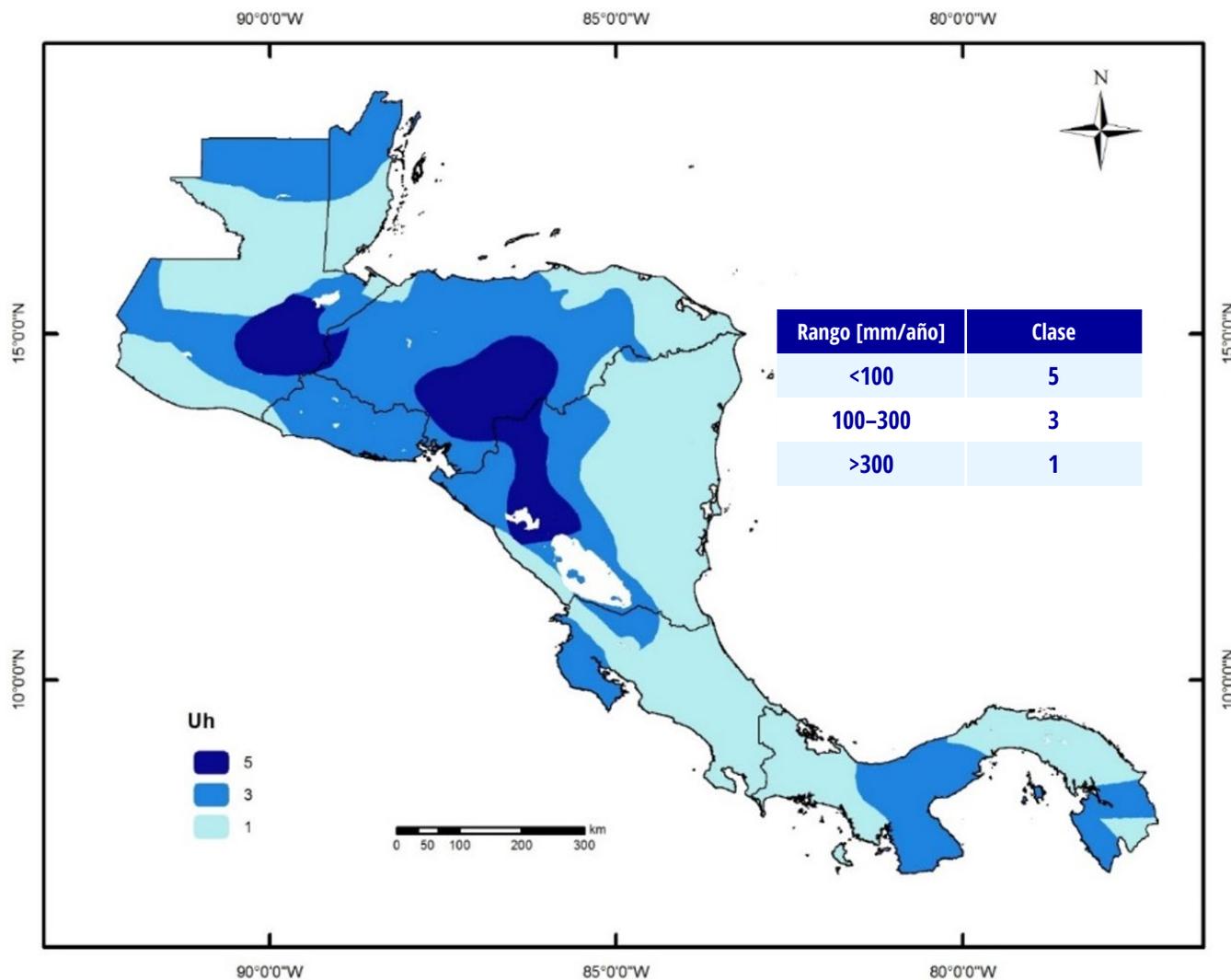
Índice de humedad (Ih): Este parámetro es un derivado del MDE y permite identificar zonas con potencial de humedad, de acuerdo con sus características topográficas. Así mismo, las áreas con un índice de humedad alto indican una alta probabilidad de saturación del flujo superficial.



Curvatura (Cu): Este parámetro indica la concavidad del terreno. Entre mayor concavidad presente el terreno, mayor factibilidad para cosecha de agua se presenta en la zona. Por lo tanto, las partes convexas y planas del terreno no fueron consideradas. Esta variable es derivada del MDE.



Unidades hidrogeológicas (Uh): Este parámetro representa el comportamiento de las unidades hidrogeológicas en Centroamérica, a partir de la tasa de recarga de los acuíferos. Es decir, las zonas con menor tasa de recarga tienen mayor factibilidad para la ubicación de reservorios de cosecha de agua.



Por otra parte, los **factores restrictivos biofísicos**, utilizados por AGRI, son factores que determinan las áreas disponibles (1) y las áreas restringidas (0), para la ubicación de reservorios. Estas áreas se definen a partir de cinco factores restrictivos (dichos factores pueden variar para otras regiones; ver la sección de Anexos) como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores restrictivos para la identificación de sitios potenciales para cosecha de agua lluvia en centroamérica.

Parámetro	Abrev.	Rango/Clase	Valor*	Comentario
Áreas pequeñas de flujo acumulado [celdas]	Af	≤33	0	<ul style="list-style-type: none"> Este parámetro define el número de celdas que le drenan aguas arriba a la celda analizada. Solo se consideran sitios con áreas mayores a 3 ha.
		>33	1	
Zonas ribereñas (m)	Ro	≤50	0	<ul style="list-style-type: none"> Las zonas ubicadas a menos de 100 m de los ríos y cuerpos de agua fueron descartadas. Las zonas ubicadas a menos de 50 m de los drenajes fueron descartadas.
		>50	1	
		≤100	0	
		>100	1	
Coberturas/Usos del suelo	Cs	Arbustal	1	<ul style="list-style-type: none"> Conservación vegetal, zonas urbanas y cuerpos de agua son coberturas/ usos del suelo que por su naturaleza deben ser descartadas para la identificación de sitios con potencial de cosecha de agua. Zonas agrícolas o de vegetación natural son aptas para cosecha de agua.
		Bosque caducifolio	0	
		Bosque o matorral inundado	0	
		Bosque semicaducifolio	0	
		Cuerpos de agua	0	
		Cultivos de secano	1	
		Mosaico de bosque o matorral	0	
		Mosaico de cultivos	1	
		Mosaico de pastos	1	
		Mosaico de vegetación	1	
		Nieve	0	
		Pradera inundada	0	
		Suelo desnudo	1	
		Vegetación dispersa	1	
Vegetación herbácea	1			
Zona urbana	0			
Distancia a límites internacionales (m)	Li	≤1.000	0	<ul style="list-style-type: none"> Áreas alrededor de límites internacionales fueron descartadas debido a posibles problemas de seguridad (Al-Adamat et al., 2012, 2010).
		>1.000	1	
Distancia a fallas geológicas (m)	Fg	≤100	0	<ul style="list-style-type: none"> Resulta importante excluir las áreas alrededor de fallas geológicas, ya que el agua superficial se puede perder debido a la recarga de acuíferos (Prasad, Bhalla & Palria, 2014).
		>100	1	

* 0: Áreas restringidas; 1: Áreas disponibles

Posteriormente, con los criterios de selección y factores restrictivos biofísicos definidos, se calculó el índice de factibilidad de cosecha de agua lluvia (IFCA), el cual relaciona los criterios de selección (según su orden de importancia se le asigna el respectivo peso) y los factores restrictivos como se muestra en la ecuación 1.

$$IFCA = (6 * E + 5 * m + 4 * Ar + 3 * Ih + 2 * Cu + Uh) * Af * Ro * Cs * Li * Fg \quad (1)$$

Donde E = escorrentía [1-5]; m = pendiente [1-5]; Ar = contenido de arcilla [1-5]; Ih = índice de humedad [1-5]; Cu = curvatura [1-5]; Uh = unidades hidrogeológicas [1-5]; Af = áreas pequeñas de flujo acumulado [0,1]; Ro = zonas ribereñas [0,1]; Cs = coberturas/ usos del suelo [0,1]; Li = distancia a límites internacionales [0,1] y Fg = distancia a fallas geológicas [0,1].

Luego de calcular el IFCA se procedió a realizar las delimitaciones hidrográficas (microcuencas y red de drenaje ajustada) con un tamaño mínimo de 100 ha (este umbral puede variar en otras regiones; ver sección de Anexos). Así mismo, se estimó el sitio potencial con el máximo índice de factibilidad de cosecha y flujo acumulado por microcuenca (no todas las microcuencas cuentan con un sitio). Como resultado, se obtuvieron los sitios potenciales iniciales (65.902), de acuerdo con las condiciones biofísicas y, a partir de los cuales, se calculó el balance hídrico a nivel de reservorio.

Este balance se define por medio del potencial de cosecha de agua lluvia (PCA), que estima la cantidad de agua a almacenar en la ubicación del reservorio, al tener en cuenta la precipitación en el sitio, la evapotranspiración potencial, tasa de infiltración y área del espejo de agua. Este potencial de cosecha se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$PCA[m^3/año] = \frac{(E * AD) + (P - 1,1 * EP - TI * 365) * AEA}{1.000} \quad (2)$$

Donde E = escorrentía superficial en el área de drenaje [mm/año]; AD = área de drenaje [m²]; P = precipitación en el reservorio [mm/año]; EP = evapotranspiración potencial en el reservorio [mm/año]; TI = tasa de infiltración en el reservorio [mm/día]; AEA = área del espejo de agua en el reservorio [m²].

En la ecuación 2, se asume que el factor 1,1 refleja la asunción de que la evaporación de cuerpos de agua a cielo abierto es 10% más alta que la evapotranspiración potencial (Teka et al., 2013). Además, se constató con expertos en la construcción de reservorios para cosecha de agua lluvia en Centroamérica (Pulver et al., 2012) y se estableció que la tasa de infiltración del suelo, después de un proceso de compactación, está alrededor de 0,7 mm/día, y que un área aproximada del espejo de agua de un reservorio en promedio puede ser 1 ha (10.000 m²). Por último, se seleccionaron aquellos sitios potenciales que tuvieran valores de PCA mayores a **5.000 m³/año** (este umbral puede variar en otras regiones, ya que las validaciones en campo han demostrado la necesidad de reducirlo para usos como agricultura familiar, ganadería no extensiva, etc.; ver Anexos) y que se encontraran por fuera de áreas naturales protegidas. Estos sitios son los sitios potenciales finales (42.797) que son consultados en la plataforma (Figura 2) (para observar los resultados en otras regiones, por favor, refiérase a la sección de Anexos).

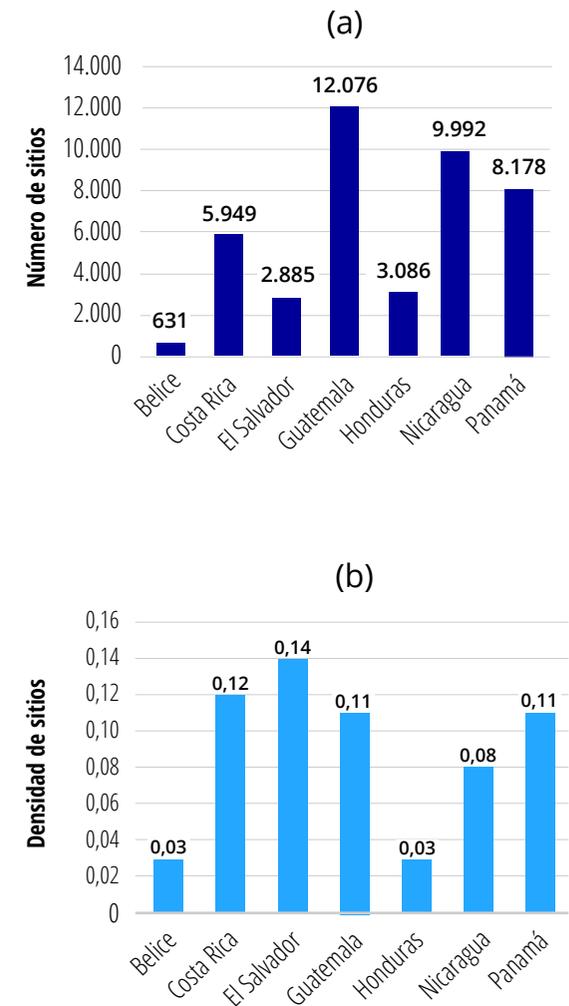


Figura 2. Sitios potenciales finales en Centroamérica: (a) número de sitios por país y (b) densidad de sitios por país.

Sitios adecuados para la toma de agua

Con relación a los sitios de toma, estos fueron generados a partir de la red de drenaje obtenida durante el proceso de delimitación hidrográfica de CA. Esta red fue ajustada con un MDE hidrocondicionado (30 metros), el cual ofrece una red hídrica bien detallada con alta probabilidad de que los canales contengan agua durante épocas secas. Sin embargo, no todos los drenajes generados se deben considerar, ya que algunos pueden ser intermitentes; por esta razón, los drenajes inferiores al orden 3 no fueron tenidos en cuenta. Además, los drenajes ubicados en áreas protegidas también fueron descartados. En total, 107.228 sitios potenciales de toma de agua (estos resultados varían para otras regiones; ver sección de anexos) fueron identificados a partir de los puntos medios y finales de cada uno de los drenajes seleccionados. Los sitios finales mencionados pueden ser consultados en la plataforma [AGRI-Fuentes Mundiales](#).

Rutas viables para el transporte de agua por gravedad

AGRI traza la mejor ruta para llevar el agua por gravedad a través de una manguera o tubería desde la fuente; en este caso, un sitio potencial hasta el punto en el que se hará uso de ella. Por lo tanto, se construyó una superficie de dificultad, la cual determina el “costo/esfuerzo” de transportar agua desde un punto a otro. Esta superficie se puede generar mediante el uso de las capas de coberturas/ usos del suelo, pendiente y áreas naturales protegidas (ANP). Para este caso, se generaron dos superficies: la primera incluye las tres capas mencionadas anteriormente y una segunda superficie que contiene adicional las curvas de nivel con equidistancia de 30 m generadas a partir del MDE.

Las superficies de costo son el resultado de un proceso de superposición ponderada que toma como entradas las capas criterio (coberturas/ usos del suelo, pendiente y áreas naturales protegidas). Es decir, la suma de los pesos asignados a todas las capas de entrada en el proceso debe ser igual a 100%. Por ejemplo, para la primera superficie de costo se asumió un peso de 45% para la capa de coberturas/ usos del suelo, 35% para la pendiente y 20% para las ANP. En contraste, para la segunda superficie de costo, se utilizó un peso de 35% para la capa de coberturas/ usos del suelo, 25% para la pendiente y 20% para las ANP y curvas de nivel.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que cada una de las capas asociadas a las superficies cuenta con unos atributos a los cuales se les asocia un valor de escala de 1 a 10, el cual indica el nivel de dificultad que puede presentar el trazar una ruta por esas zonas. Por ejemplo, en el caso de las coberturas/ usos del suelo se asignaron los valores mayores a las clases con vegetación más densa; a su vez, a las pendientes más empinadas, a las áreas protegidas y a las curvas de nivel se les asignaron el mayor valor de escala (10).

A partir de este proceso, se generaron dos superficies de costo que pueden ser seleccionadas como parámetros de entrada en la plataforma [AGRI-Fuentes Mundiales](#). Esta selección se debe llevar a cabo según las capas que decida utilizar el usuario para identificar las mejores rutas en la zona de interés.



Nuevos desarrollos

Los nuevos desarrollos y análisis estimativos incluidos en AGRI – Fuentes Mundiales están destinados a respaldar:

- Toma de decisiones sobre la viabilidad hidrológica de sitios alternativos identificados y microcuencas (áreas de drenaje).
- Generación de información estimativa para el análisis de factibilidad de propuestas, con base en la caracterización de infraestructura, según las longitudes de las tuberías y el predimensionamiento del tamaño del reservorio requerido para satisfacer una demanda de agua propuesta.

Cabe mencionar que las estimaciones son indicativas con el único propósito de brindar información para la evaluación, comparación y selección de alternativas y, que tanto las longitudes estimadas de las tuberías como los volúmenes aproximados de los reservorios, deben ajustarse a la topografía real y condiciones geotécnicas, así como considerar el uso/ cobertura del suelo en las áreas del proyecto.

De esta forma, AGRI – Fuentes Mundiales no pretende reemplazar otras herramientas más rigurosas y específicas para el análisis de los requerimientos hídricos de los cultivos, el dimensionamiento detallado de tuberías y embalses, u obras complementarias.





Análisis de oferta y demanda hídrica

El análisis de oferta y demanda hídrica provee información para la selección del mejor sitio de acuerdo con las condiciones de demanda de agua del usuario. El análisis se basa en cinco pasos o componentes: áreas de drenaje por sitio, datos climáticos en la parcela del usuario, oferta hídrica, demanda hídrica y, finalmente, un balance hídrico.

Áreas de drenaje

Un área de drenaje es generada con base en la dirección de flujo y el punto que representa la salida de la cuenca, en este caso, cada sitio potencial. El ráster de dirección de flujo fue transformado del método D8 de ArcGIS al método de GRASS. Debido a las limitaciones de geoprocesamiento para archivos ráster de gran tamaño en GRASS, se hizo necesario subdividir los países en macrocuencas y ejecutar el análisis de forma separada. Esta subdivisión se llevó a cabo para todas las regiones disponibles en la plataforma. En consecuencia, las áreas de drenaje fueron determinadas previamente para todos los sitios potenciales (42.797 para cosecha de agua y 107.228 para toma en CA) (para ver los resultados de otras regiones, por favor, refiérase a la sección de Anexos).

Datos climáticos en la parcela del usuario

Algunos datos climáticos deben ser estructurados de antemano, con el fin de proveer la información necesaria para los cálculos realizados al vuelo, a nivel de la parcela. Superficies mensuales a largo plazo (2000-2014) de precipitación, escorrentía y evapotranspiración potencial fueron estructuradas respectivamente y son consultadas en tiempo real durante el cálculo de la demanda de agua del sistema de cultivo definido por el usuario. Por favor, considere que el período a largo plazo puede variar para otras regiones (ver Anexos).

Oferta hídrica

La oferta hídrica fue estimada para los dos tipos de sitios potenciales suministrados por AGRI: cosecha de agua (WH) y sitios de toma (WI). Para los sitios de cosecha, las estimaciones de oferta hídrica se basan en el potencial de cosecha de agua (PCA) mensual a largo plazo (2000-2014), el cual fue calculado al usar la siguiente ecuación:

$$OH_{WH} = PCA[m^3/mes] = \frac{(E*AD) + (P - 1,1*EP - TI*30,42)*AEA}{1.000} \quad (3)$$

Donde OH_{WH} = oferta hídrica para un sitio de cosecha de agua lluvia [m^3/mes], E = escorrentía superficial del área de drenaje correspondiente [mm/mes], AD = tamaño del área de drenaje [m^2], P = precipitación en el sitio [mm/mes], EP = evapotranspiración potencial en el sitio [mm/mes], TI = tasa de infiltración en el sitio [$mm/día$], y AEA = área del espejo de agua [m^2]. Las últimas dos son definidas por defecto de 0,7 $mm/día$ y 10.000 m^2 (1 ha), respectivamente; no obstante, pueden ser modificados manualmente por el usuario en la plataforma.

En el caso de los sitios de toma, la oferta hídrica fue estimada con base en la correspondiente área de drenaje y las superficies mensuales de escorrentía a largo plazo (2000-2014). La ecuación implementada se muestra a continuación:

$$\frac{OH_{WH} [m^3/mes] = (E*AD)}{1.000} \quad (4)$$

Donde OH_{WH} = oferta hídrica para un sitio de toma, E = escorrentía superficial del área de drenaje correspondiente [mm/mes], y AD = tamaño del área de drenaje [m^2].

Demanda hídrica

La demanda hídrica es definida al vuelo a partir de dos formas diferentes: el usuario puede proveerla directamente al representar los usos tales como el suministro, la ganadería o ambos (consumo humano y ganadería), o ser calculada con base en la demanda hídrica del sistema de cultivo definido por el usuario. Para esta última, en primer lugar, es necesario calcular el requerimiento de riego del sistema de cultivo (RR) por cada mes, el cual es calculado a partir de las siguientes ecuaciones:

$$ET_{crop} \left[\frac{mm}{mes} \right] = \frac{\sum_{i=1}^n AC_i * (EP * Kc_i)}{\sum_{i=1}^n AC_i} \quad (5)$$

$$P_{efec} \left[\frac{mm}{mes} \right] = P - E \quad (6)$$

$$RR_{crop} \left[\frac{mm}{mes} \right] = ET_{crop} - P_{efec} \quad (7)$$

Donde ET_{crop} = evapotranspiración del sistema de cultivo [mm/mes], AC_i = área del cultivo i [m²], EP = evapotranspiración potencial en la parcela [mm/mes], Kc_i = coeficiente de evapotranspiración del cultivo i [adimensional], P_{efec} = precipitación efectiva en la parcela [mm/mes], P = precipitación en la parcela [mm/mes], E = escorrentía en la parcela [mm/mes], y RR_{crop} = requerimiento de riego del sistema de cultivo.

La evapotranspiración potencial, precipitación y escorrentía superficial son extraídas al vuelo de las correspondientes superficies climáticas para la ubicación de la parcela (coordenadas ingresadas por el usuario). El coeficiente de evapotranspiración es asignado con base en la selección realizada por el usuario desde una lista de cultivos¹.

Como el requerimiento de riego del sistema de cultivo es definido en unidades de profundidad de agua [mm], entonces la demanda hídrica bruta en unidades de volumen [m³/mes] es obtenida a partir de la siguiente ecuación:

$$DHB_{crop} \left[\frac{m^3}{mes} \right] = \frac{RR_{crop} * \sum_{i=1}^n AC_i}{1000} \quad (8)$$

Donde DHB_{crop} = demanda hídrica bruta del sistema de cultivo [m³/mes], RR_{crop} = requerimiento de riego del sistema de cultivo [mm/mes], y AC_i = área del cultivo i [m²].

Al final, la demanda hídrica neta (DH) del sistema de cultivo es calculada al tener en cuenta un factor de eficiencia (FE) del sistema de irrigación. Este valor (90%) es configurado por defecto, pero el usuario puede modificarlo con base en su conocimiento del sistema. En este contexto, un factor de eficiencia del 90% asume que el 10% del agua se pierde debido a inconvenientes asociados a la conducción del sistema de riego desde la captura hasta la irrigación *in-situ*. Por tanto, la demanda hídrica final es obtenida a través de la siguiente ecuación:

$$DH \left[\frac{m^3}{mes} \right] = \frac{DHB_{crop}}{FE} \quad (9)$$

¹ Valores tomados de FAO. El valor máximo (Kc_{max}) es usado para cada cultivo como el peor escenario (extremo), es decir, la condición que requiere mayor agua.

Luego de calcular, tanto la oferta hídrica de los sitios potenciales, como la demanda hídrica del sistema de cultivo, se pueden estimar las diferencias entre ambas. Las diferencias mencionadas son las entradas clave para el análisis de reservorios.

Balance hídrico

Con base en la escorrentía mensual o el PCA calculado para cada uno de los sitios identificados, el balance hídrico es calculado cada mes; de este modo, se identifica la viabilidad de cada alternativa. La oferta hídrica de un sitio potencial se reduce a partir de un porcentaje definido por el usuario de la oferta hídrica del mes más seco; este será conservado en la microcuenca como flujo ambiental.





Análisis del reservorio

Algunos análisis específicos se realizan con el objetivo de proveer información útil, para apoyar al usuario en la selección del o los mejores sitios que cumplan con las condiciones de demanda hídrica.

Cálculo del volumen mínimo del reservorio

El cálculo del volumen a ser represado consiste en determinar la capacidad de almacenamiento mínima necesaria para satisfacer la demanda hídrica requerida, según las posibles entradas y salidas del reservorio analizado. Por lo tanto, la capacidad mínima del reservorio es calculada a partir de un balance hídrico a nivel mensual, el cual considera tanto la demanda hídrica acumulada como la demanda a ser satisfecha.

El balance comienza al final de la temporada de lluvias, cuando la máxima disponibilidad de agua potencialmente almacenable satisface la demanda hídrica del período de déficit subsiguiente. De este modo, es factible estimar la capacidad mínima de regulación requerida para satisfacer la demanda durante el período seco o deficitario, a partir del recurso almacenado en el reservorio.

Cuando se determina el volumen mínimo de un reservorio para cosecha de agua, las tasas de infiltración y la evaporación del espejo de agua son descontadas (ver ecuación 3).

Comportamiento del reservorio

Una vez el tamaño de reservorio requerido para cada sitio alternativo es definido, el comportamiento del reservorio es analizado con base en el volumen almacenado al final de la temporada de lluvias. De esta forma, el volumen restante de cada mes es calculado por medio de un balance del agua entrante (aportes) y las extracciones, con el fin de satisfacer la demanda correspondiente a ese período.

En este contexto, los volúmenes capturados (cosecha de agua) o derivados (sitios de toma) son determinados durante cada período. Estos son representados en unidades volumétricas y como porcentaje del total de la oferta hídrica (luego de ser reducida por el porcentaje a ser descontado a partir de la oferta hídrica del mes más seco).

Los análisis anteriores permiten aportar elementos clave para el análisis de impactos ambientales, así como de los volúmenes consumidos, que pueden tener connotaciones sobre concesiones o derechos de agua, según sea el caso.

Información del área de drenaje

Información relevante como elevación, pendiente, contenido de arcilla del suelo, precipitación, escorrentía superficial, número de curvas y cobertura de vegetación se proporciona para las áreas de drenaje de sitios potenciales que resultan de una ejecución de AGRI.



Toda esta información puede ser útil para un análisis posterior, tal como la estimación de eventos extremos de inundaciones, que pueden contribuir al diseño de obras como derivaciones de ríos, vertederos, muros de protección o contención, etc. Además, mediante el uso de los polígonos resultantes (KML) de las áreas de drenaje generadas por AGRI – Fuentes Mundiales y al consultar la plataforma *Earth Map* (<https://earthmap.org>), se pueden realizar análisis probabilísticos o de ocurrencia histórica de los diferentes eventos. Por último, con base en esta información proporcionada, también se puede lograr la implementación de prácticas de manejo estratégicas para la conservación del agua y la protección de las fuentes hídricas.



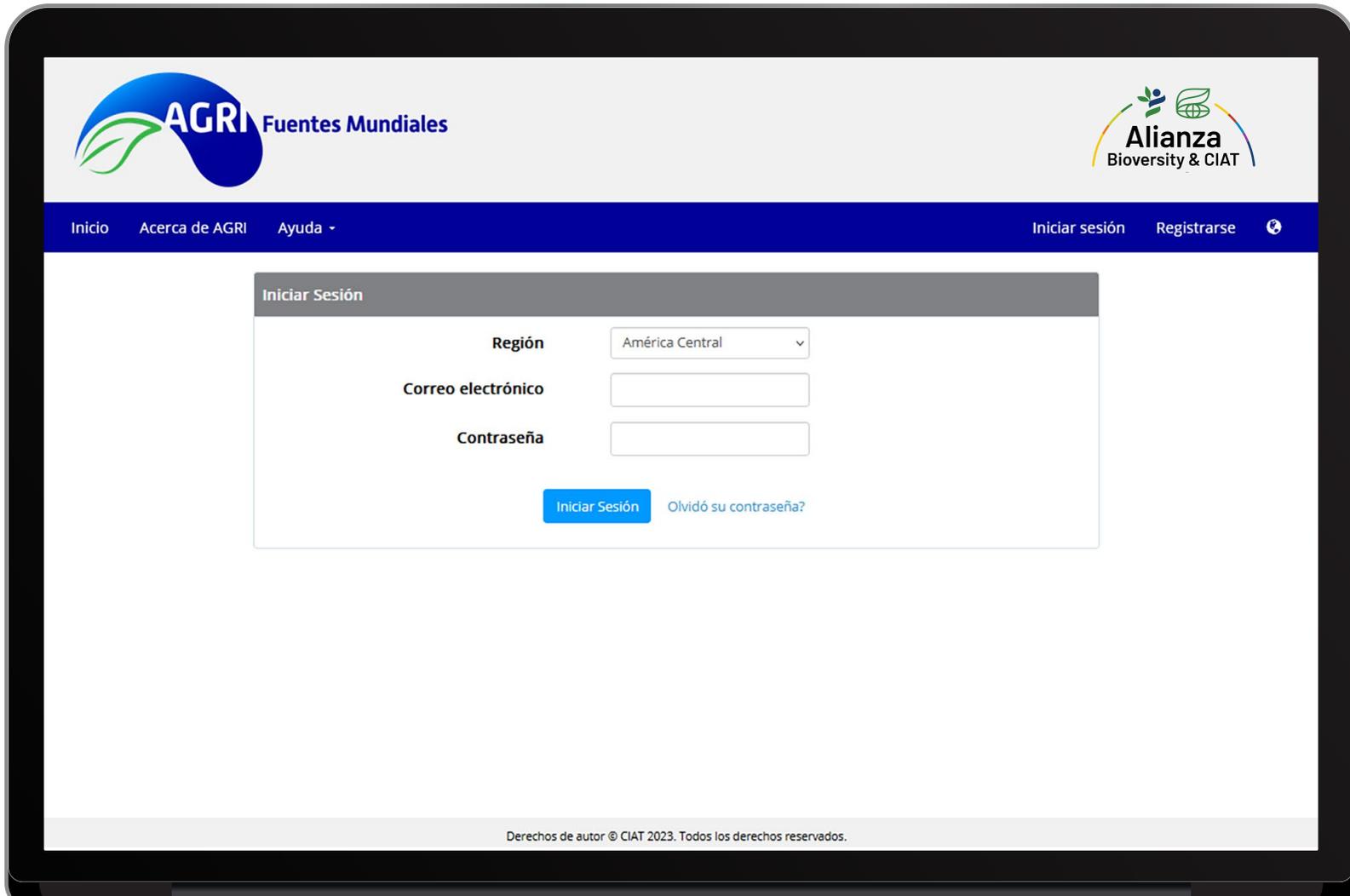


Guía paso a paso para el uso de la plataforma

En esta sección, se presenta una guía paso a paso para el uso de *AGRI – Fuentes Mundiales*. Aunque la interfaz de la plataforma se adapta a cualquier dispositivo móvil, las imágenes o tomas de pantalla del presente manual son de un computador de escritorio o portátil.

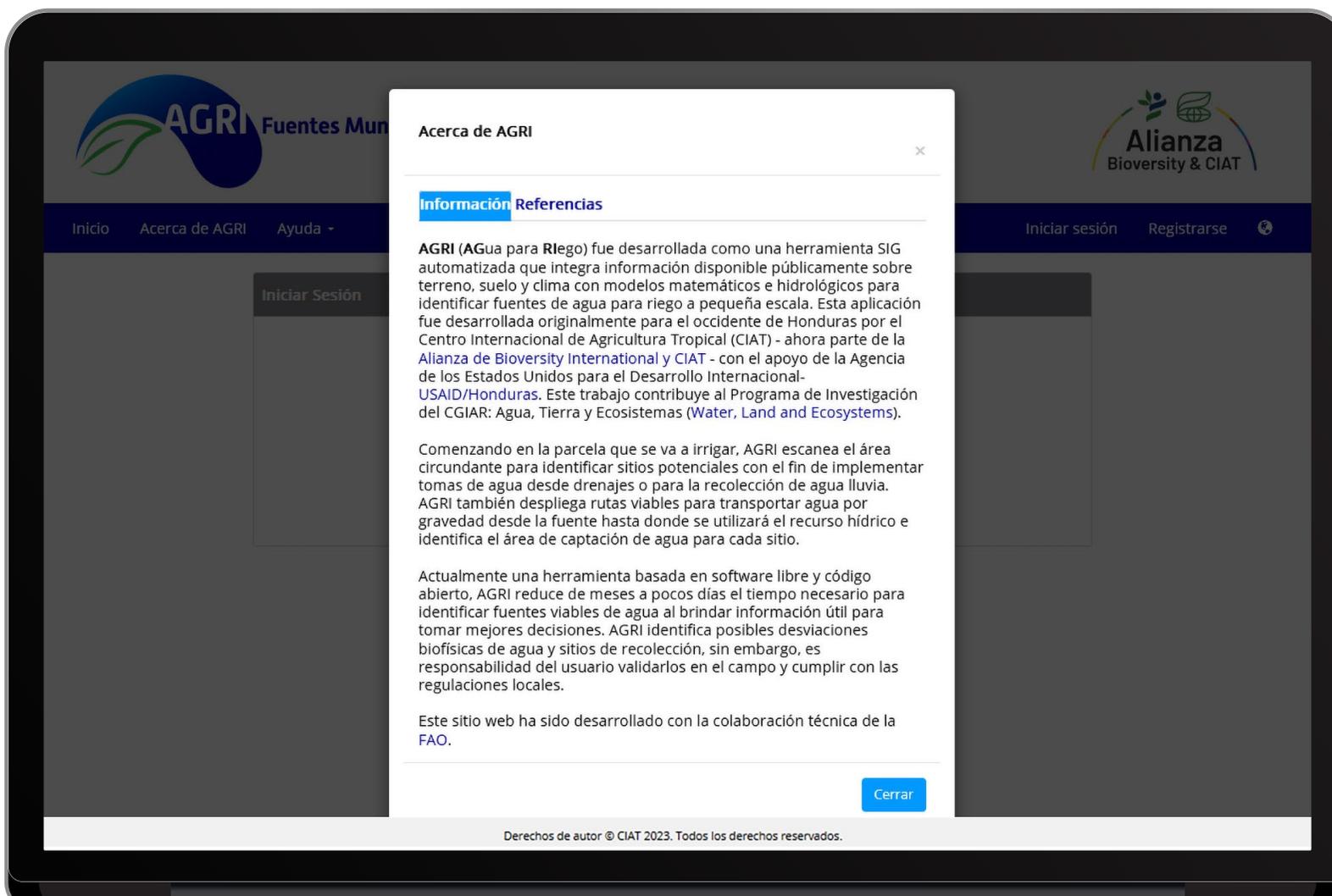
Ingreso a la plataforma AGRI – Fuentes Mundiales

Para ingresar a la plataforma, utilice un navegador web para visitar: <https://agri-worldsources.com>. Una vez haya ingresado, encontrará la página inicial que contiene una barra de menú con opciones para conocer acerca de la plataforma, registrarse, iniciar sesión y cambiar el idioma.



Acerca de AGRI

En el menú principal, se encuentra la opción **Acerca de AGRI**, con información relacionada con el origen de la plataforma, tecnologías utilizadas en el desarrollo y las organizaciones que han brindado apoyo económico y técnico. Esta ventana emergente contiene, además, una pestaña para referencias multimedia y científicas, que describen los antecedentes de la plataforma y el fundamento científico que la sustenta.



Registro y validación del usuario

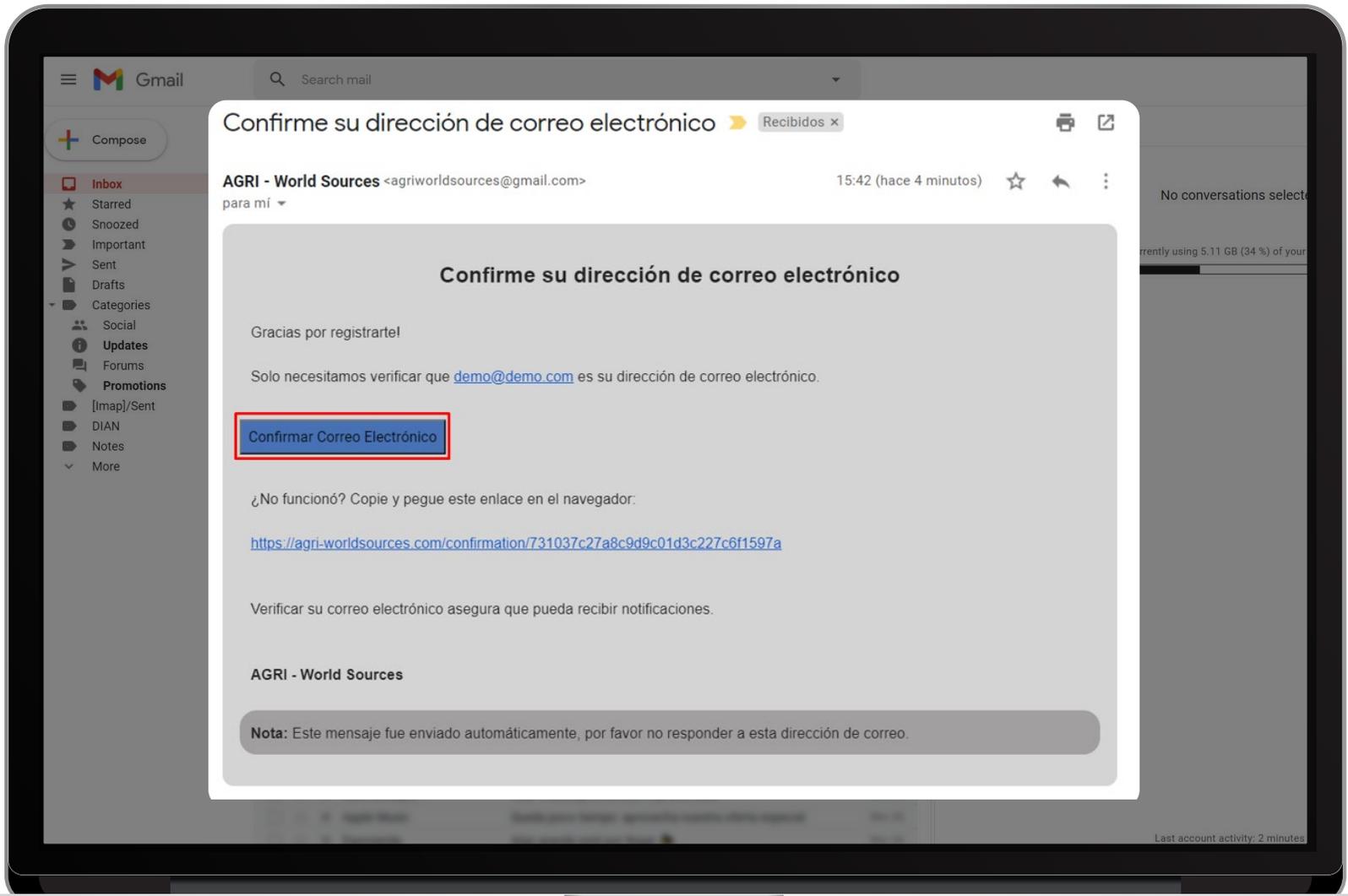
Para tener acceso a las herramientas principales de la plataforma, es necesario crear una cuenta de usuario con la opción **Registrarse**, que se encuentra en la barra de menú. En el formulario que se despliega, es necesario ingresar todos los datos que se solicitan de forma veraz y consistente, tal como se aprecia en la siguiente figura:

The image shows a laptop displaying the registration page of the AGRI Fuentes Mundiales platform. The page layout includes a header with the AGRI logo and the Alianza Bioversity & CIAT logo. A navigation bar at the top right contains the links 'Iniciar sesión' and 'Registrarse', with the latter highlighted by a red box. The main content area is a registration form titled 'Regístrese' with the following fields and values:

Field	Value
Correo electrónico	demo@demo.com
Nombre	Demo
Dirección	NA
Teléfono	000 0000000
Celular	000 0000000
Institución	NA
Posición	NA
Contraseña	•••••
Confirmar contraseña	•••••

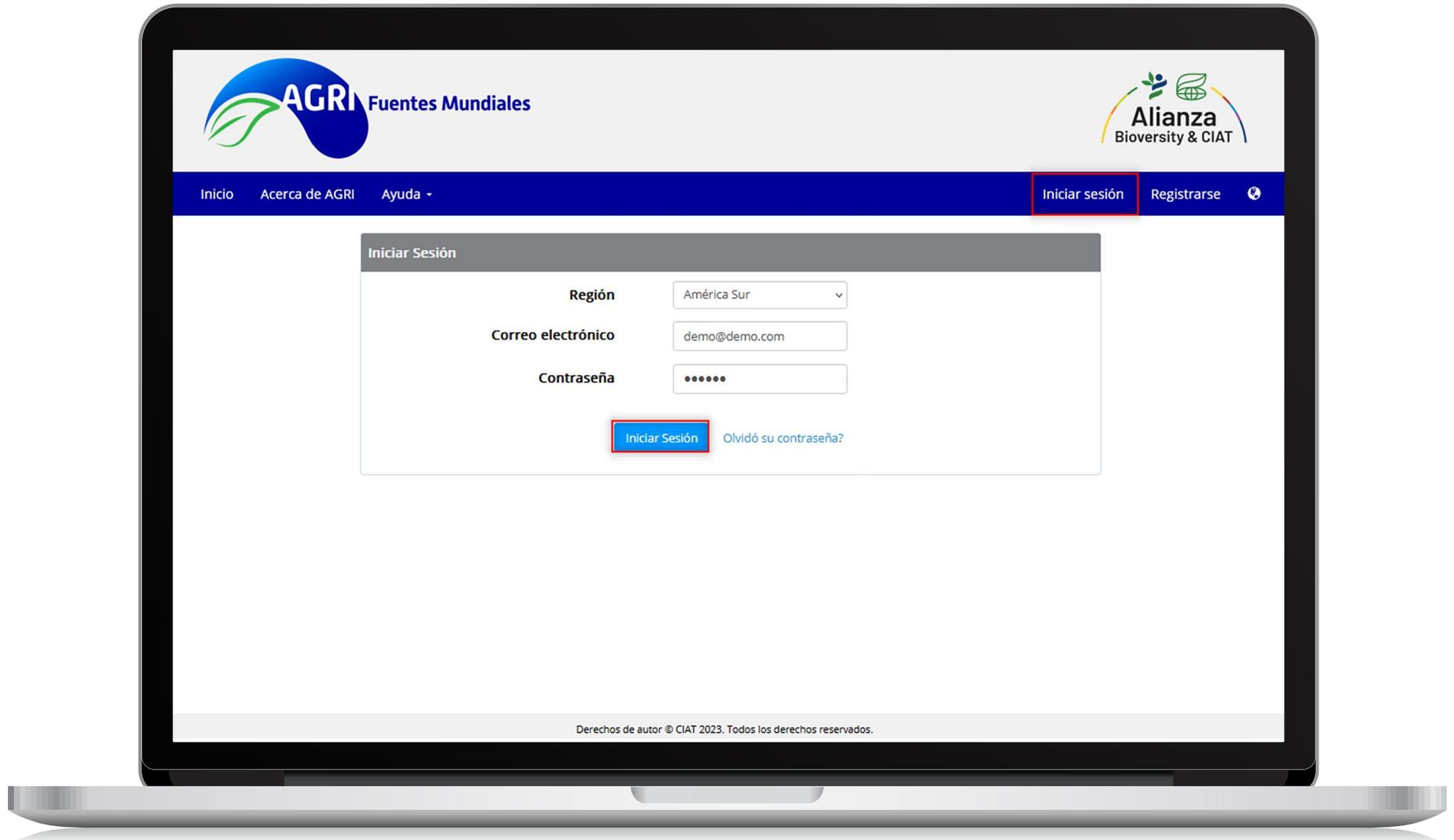
At the bottom of the form is a blue button labeled 'Regístrese'. The footer of the page contains the text: 'Derechos de autor © CIAT 2023. Todos los derechos reservados.'

Luego de hacer clic en el botón **Regístrese**, la plataforma enviará un correo electrónico de confirmación a la dirección que se ingresó en el formulario. En el buzón de correo de la dirección remitida, llegará un mensaje con un botón de confirmación. La siguiente imagen muestra un ejemplo del tipo de correo que recibirá:



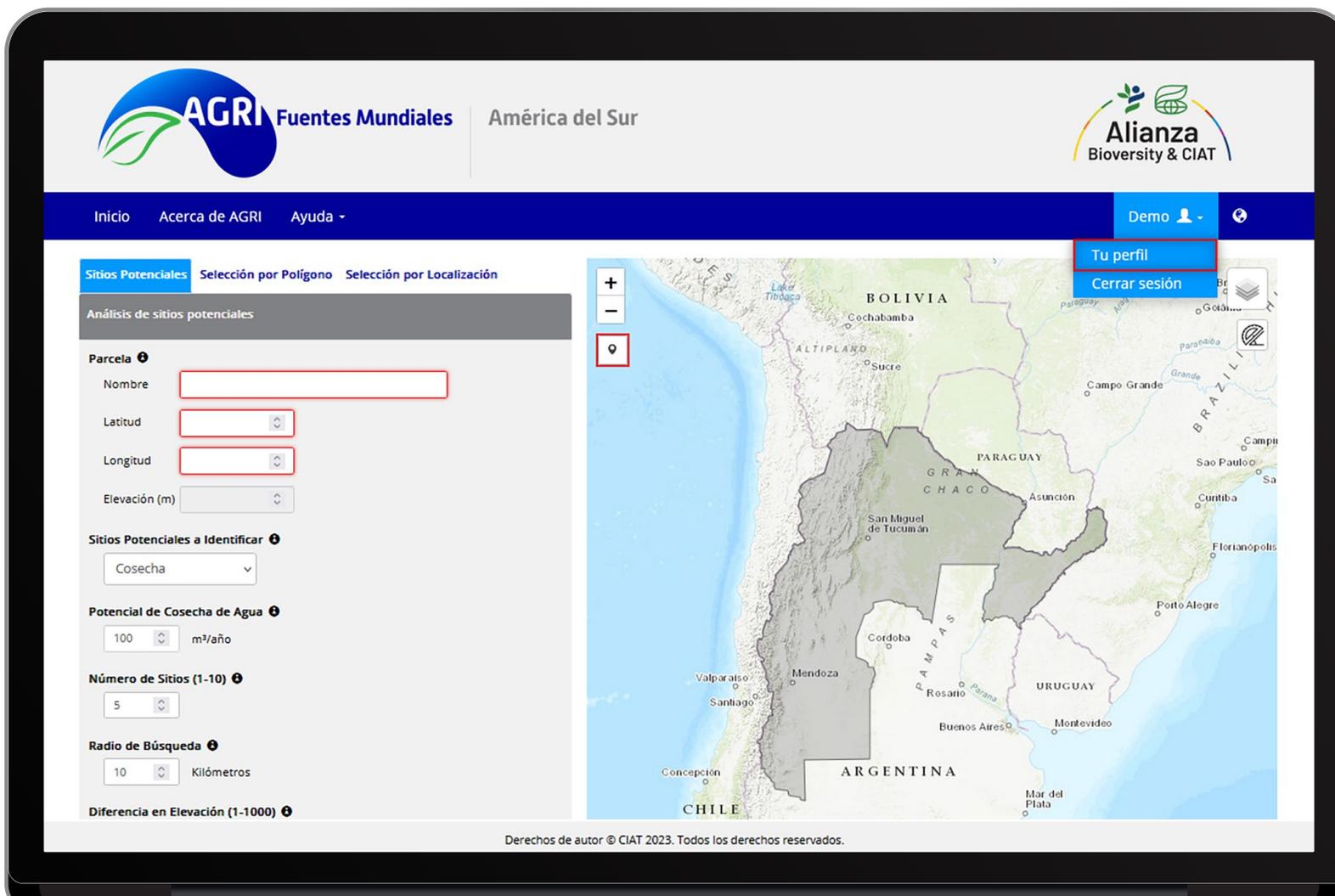
Inicio de sesión

Con la cuenta de usuario creada y confirmada, podrá dirigirse a la opción **Iniciar sesión** de la barra de menú. Enseguida, se desplegará un formulario para ingresar las credenciales de la cuenta creada anteriormente, tal como se aprecia en la siguiente figura:



Información de la cuenta de usuario

Una vez realizado el inicio de sesión en la plataforma, se habilitan opciones para el manejo de la cuenta de usuario, las cuales pueden ser visualizadas como se aprecia en la siguiente imagen:



Información del usuario

Al seleccionar la opción **Tu perfil** se despliega un formulario en el que se pueden realizar los cambios deseados:

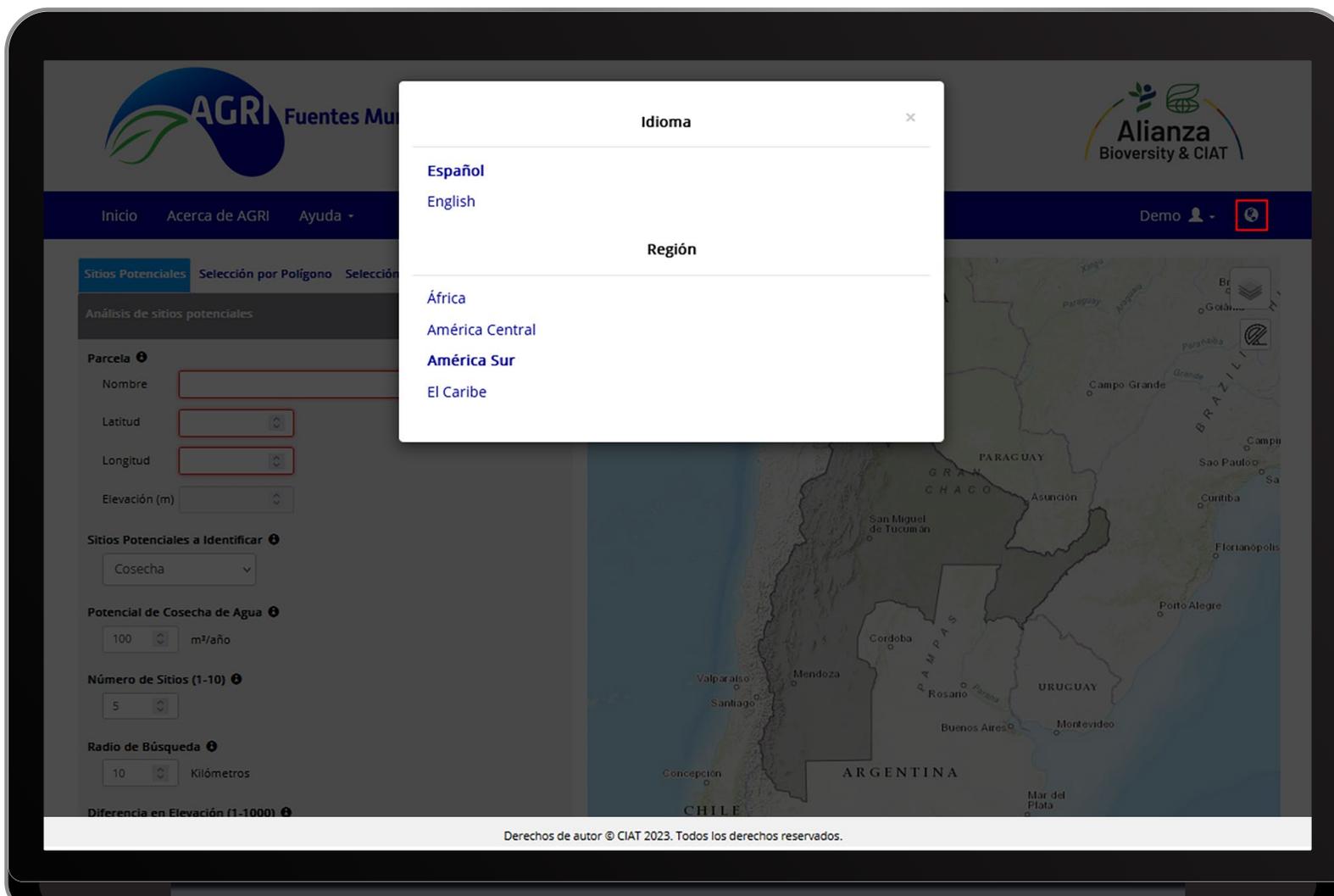
The screenshot shows a laptop displaying the 'Tu perfil' (Your profile) page. The page header includes the AGRI Fuentes Mundiales logo and 'América del Sur' on the left, and the Alianza Bioversity & CIAT logo on the right. A navigation bar contains 'Inicio', 'Acerca de AGRI', 'Ayuda -', 'Demo', a user icon, and a globe icon. The main content area is titled 'Tu perfil' and contains the following fields:

- Correo electrónico:** demo@demo.com
- Nombre:** Demo
- Dirección:** N/A
- Teléfono:** 0000000000
- Celular:** 0000000000
- Institución:** N/A
- Posición:** N/A
- Última visita:** [field partially obscured]

At the bottom of the page, there is a footer: 'Derechos de autor © CIAT 2023. Todos los derechos reservados.'

Cambio de lenguaje y región

La plataforma se puede visualizar en dos tipos de lenguajes, español e inglés. Usted puede seleccionar fácilmente su lenguaje preferido con las opciones correspondientes desplegadas al hacer clic en el ícono  ubicado en la barra de menú. Así mismo, puede seleccionar la región de interés como se muestra a continuación:

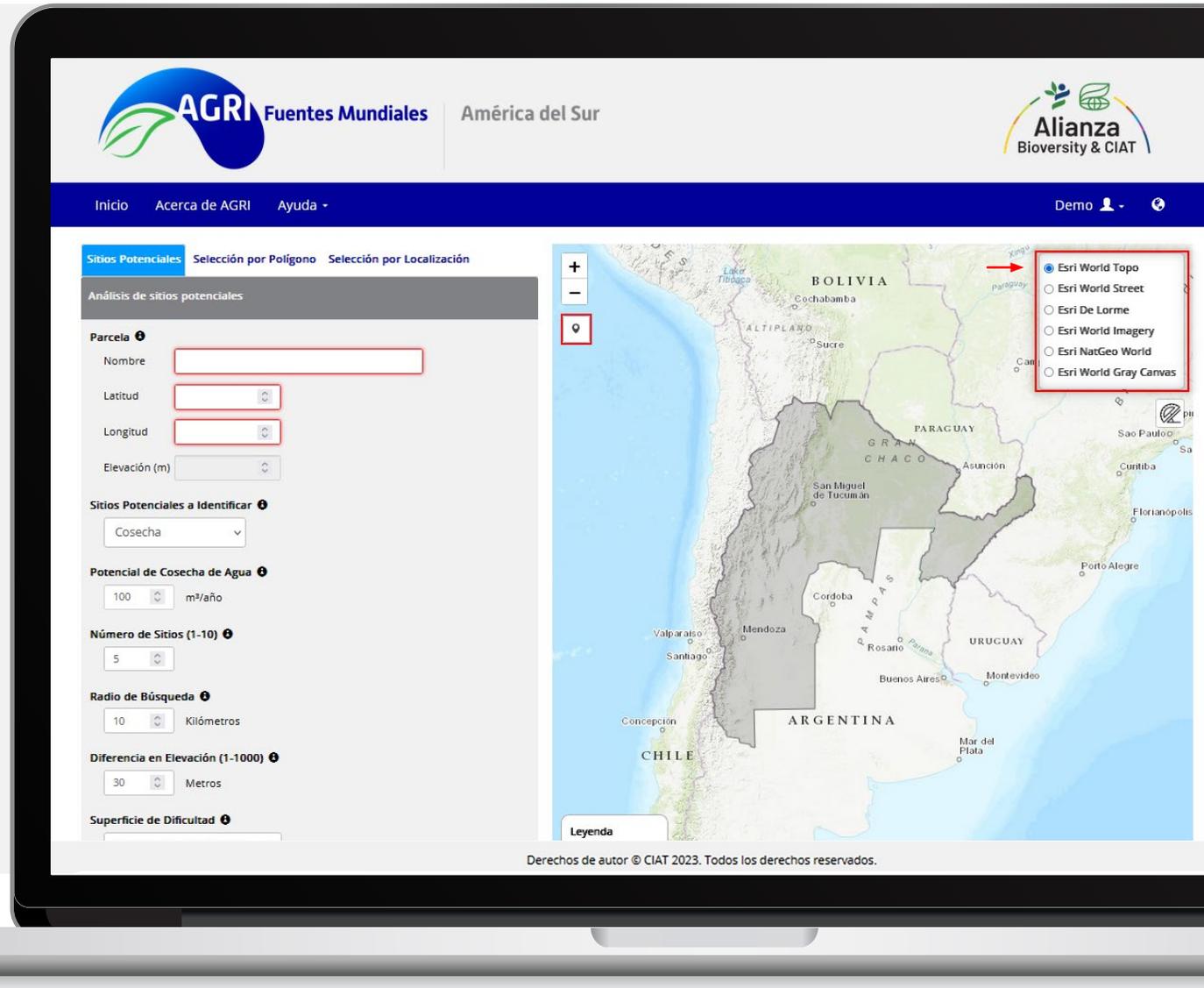


Mapa interactivo

La plataforma contiene un mapa interactivo para el despliegue y visualización de información resultante de la ejecución de cualquiera de sus herramientas. Para esto, dicho mapa presenta los siguientes componentes:

Galería de Mapas

El mapa base puede ser seleccionado desde seis (6) diferentes opciones que se despliegan al presionar el **ícono** , el cual está ubicado en la parte superior derecha del mapa interactivo. Se han incluido los mapas base más utilizados y que permiten una mejor interpretación de los resultados, los cuales se aprecian en la siguiente imagen:



Mapa interactivo

Medición

Componente que permite realizar trazos de forma manual y calcular distancias lineales y ángulos de un vector. Este componente está ubicado en la parte superior derecha del mapa interactivo, debajo del componente **Galería de Mapas**. Para iniciar la medición, se debe hacer clic sobre el **ícono**  y realizar trazos sobre el mapa e inmediatamente aparecerá información de cada uno de ellos. Para terminar la medición, se debe hacer doble clic en el último punto y si se presiona de nuevo el ícono de medición, los trazos dibujados se borrarán.



AGRI Fuentes Mundiales | América del Sur

Alianza Bioersity & CIAT

Inicio Acerca de AGRI Ayuda - Demo

Sitios Potenciales Selección por Polígono Selección por Localización

Análisis de sitios potenciales

Parcela 

Nombre

Latitud

Longitud

Elevación (m)

Sitios Potenciales a Identificar 

Cosecha

Potencial de Cosecha de Agua 

m³/año

Número de Sitios (1-10) 

Radio de Búsqueda 

Kilómetros

Diferencia en Elevación (1-1000) 

Metros

Superficie de Dificultad 

Legenda

Derechos de autor © CIAT 2023. Todos los derechos reservados.

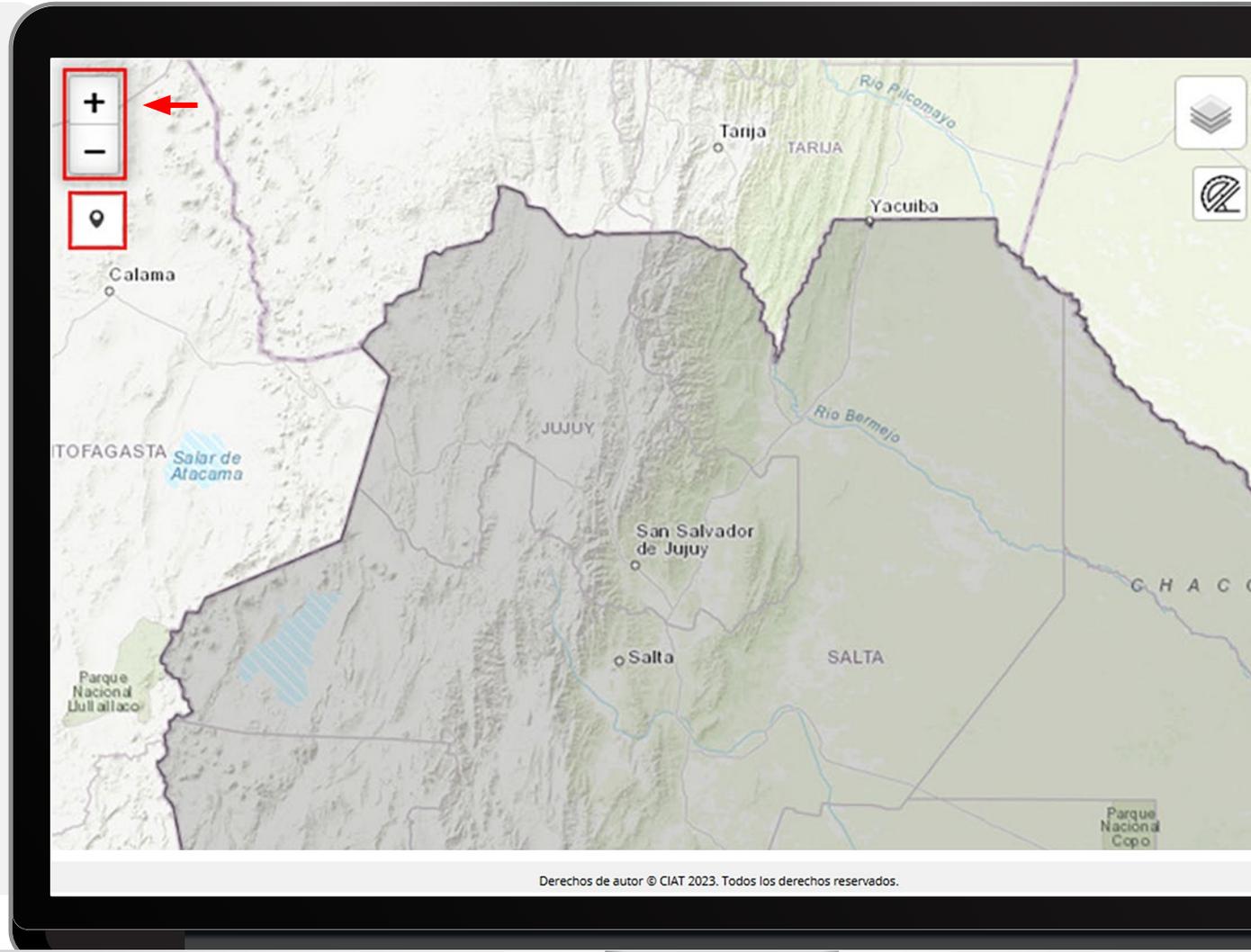
Ángulo	Distancia
53.07°	1512.63 km
22.87°	1041.71 km
24.19°	635.00 km
0.67°	354.71 km

Mapa interactivo

La plataforma contiene un mapa interactivo para el despliegue y visualización de información resultante de la ejecución de cualquiera de sus herramientas. Para esto, dicho mapa presenta los siguientes componentes:

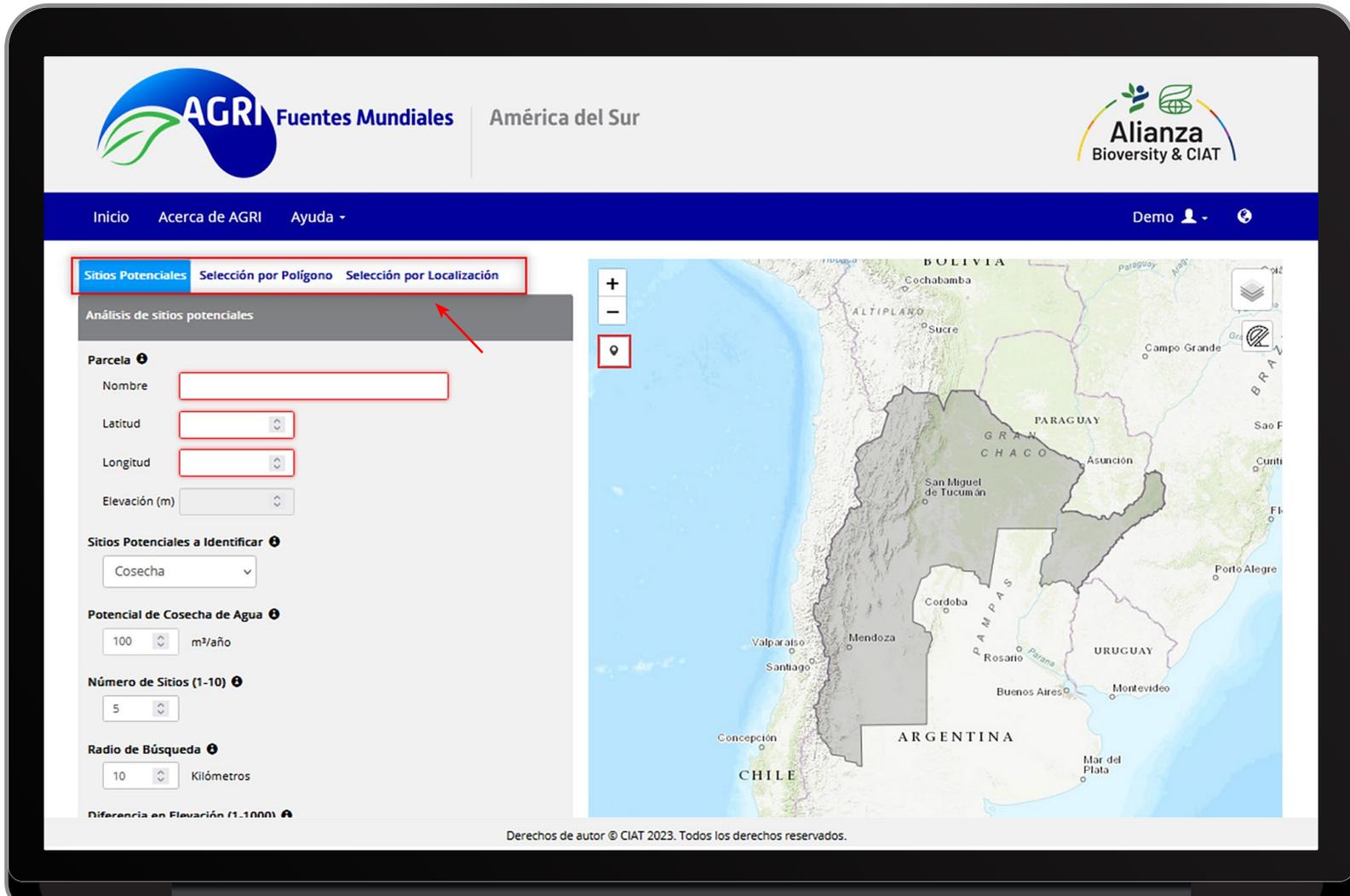
Enfoque

El mapa interactivo tiene habilitado el componente de enfoque, el cual permite al usuario tener acercarse o alejarse y, de este modo, tener una perspectiva diferente del mapa. Para hacer uso de este componente, se debe hacer clic en cualquiera de los íconos como se muestra en la siguiente imagen:



Herramientas principales de geoprocесamiento

La plataforma está conformada por tres herramientas principales, estas son las siguientes: **Sitios Potenciales**, **Selección por Polígono** y **Selección por Localización**, las cuales serán descritas a continuación:



Herramientas principales de geoprocésamiento

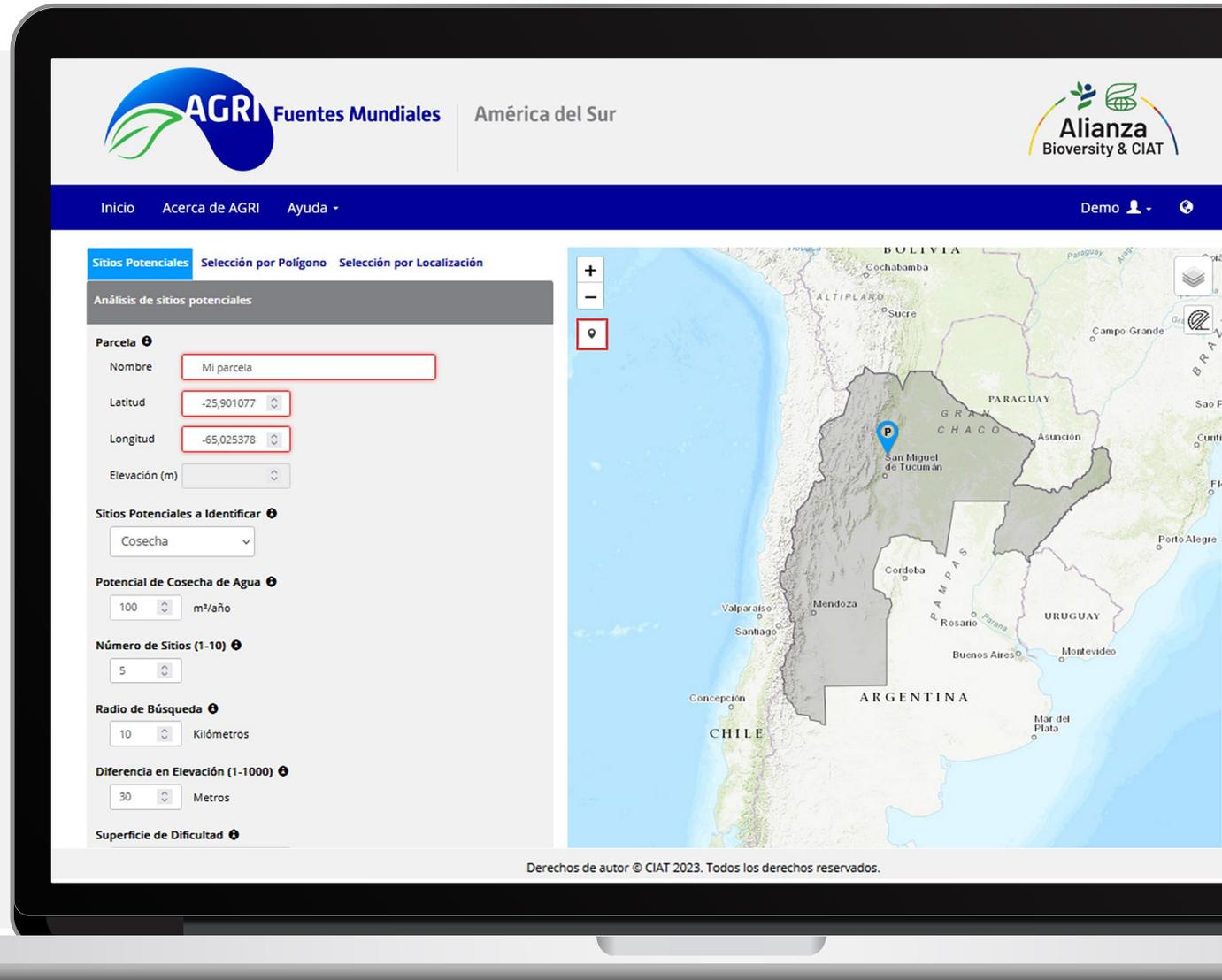
1. Sitios potenciales

La herramienta de sitios potenciales está conformada por cuatro componentes: análisis de sitios potenciales, análisis de oferta y demanda hídrica, análisis del reservorio e información del área de drenaje.

1.1. Análisis de sitios potenciales

Esta herramienta permite determinar cuáles son las mejores rutas, desde los sitios posibles de toma o cosecha de agua hasta la localización de la zona de interés de cultivo, en un radio especificado. Todos los procesos están basados en superficies de dificultad creadas previamente mediante una superposición ponderada de la vegetación, la pendiente, las áreas protegidas y/o las curvas de nivel.

Para ejecutar esta herramienta, es obligatorio completar los campos que se encuentran resaltados en color rojo, los cuales corresponden a la información de la parcela (nombre, latitud y longitud), como se visualiza en la siguiente imagen:



1. Sitios potenciales

Los parámetros habilitados para la ejecución de la herramienta son los siguientes:

Nombre: Nombre de la parcela a la que quiere llevar agua.

Latitud-Longitud: Ubicación geográfica de la parcela. Esta información puede ser provista por el usuario de dos formas diferentes: ingresando las coordenadas geográficas (latitud y longitud) en las cajas de texto del panel de parámetros de la herramienta o al ubicar interactivamente un punto en el mapa mediante el botón . El punto final definido deberá estar ubicado dentro de la zona de interés que se encuentra sombreada en el mapa.

Sitios Potenciales a Identificar: Sitios para cosecha de agua o toma desde drenajes.

Potencial de cosecha de agua: potencial mínimo de cosecha de agua para analizar usos que requieren menos agua como agricultura familiar, ganadería no extensiva, etc.

Número de Sitios: Número máximo de sitios potenciales a identificar por la herramienta que cumplen las condiciones de búsqueda definidas. Es posible definir este número en un rango de 1 a 10.

Radio de Búsqueda: Distancia lineal utilizada para encontrar los sitios potenciales más cercanos a la parcela. El valor por defecto es 10 km.

Diferencia en Elevación: Diferencia en elevación entre los sitios potenciales y la parcela. Con el fin de traer agua por gravedad a la parcela, la diferencia de altura entre cada sitio potencial posible y la parcela debe ser mayor a cero (0 m). Se recomienda utilizar el valor por defecto (30 m) o uno mayor.

Superficie de Dificultad: Usted puede seleccionar entre dos superficies de dificultad², las cuales representan el “costo” de moverse a través del terreno y que fueron generadas previamente a partir de capas criterio tales como la vegetación, pendiente, áreas protegidas y/o curvas de nivel.

Generar Áreas de Drenaje: Esta opción le permite generar las áreas de drenaje correspondientes a los sitios potenciales encontrados.

Formato del Archivo Resultante: Usted tiene la opción de exportar los resultados en tres diferentes formatos (KML, GPX o GeoJSON).

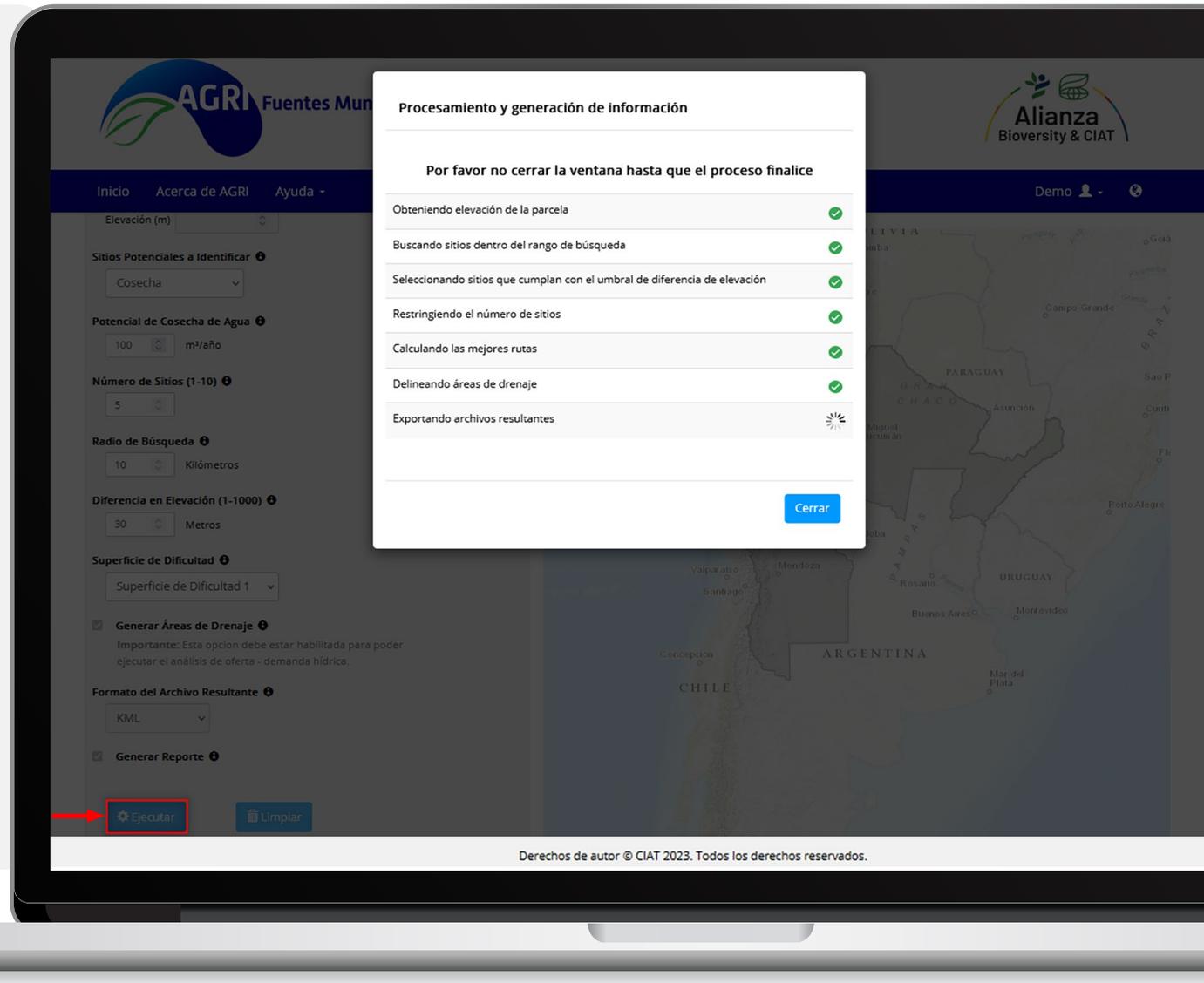
² Para la creación de estas dos superficies, se llevó a cabo una superposición ponderada de dichas capas, las cuales a su vez habían sido reclasificadas en una escala de 1 a 10, donde los valores más altos representan una mayor dificultad de moverse sobre el terreno. Para la generación de la “Superficie de Dificultad 1”, se utilizaron la cobertura vegetal, la pendiente y las áreas protegidas, a las cuales se les asignaron los pesos 45%, 35% y 25%, respectivamente. Para la “Superficie de Dificultad 2”, los pesos para esas mismas capas fueron 35%, 25% y 20% y se adicionaron curvas de nivel, a las cuales se les asignaron un peso de 20%.

1. Sitios potenciales

La herramienta cuenta con una ayuda en cada uno de sus parámetros, esta brinda mayor información y puede ser consultada al mover el cursor sobre el ícono ⓘ, así como se visualiza en el rectángulo verde de la imagen anterior.

Para la ejecución de la herramienta, debe ingresar o seleccionar los parámetros en el panel y posteriormente presionar el botón **Ejecutar**. El tiempo de ejecución del proceso dependerá de las opciones seleccionadas y la combinación de los parámetros ingresados.

Durante la ejecución de la herramienta aparecen diferentes mensajes que informan el estado del proceso. Es importante tener en cuenta que, durante la ejecución de cualquiera de las herramientas, no se debe cerrar la ventana del navegador.



1. Sitios potenciales

Finalizada la ejecución de la herramienta, se habilita en la parte inferior del panel de parámetros, la información correspondiente al número de sitios potenciales encontrados y la opción para descargar los resultados. Por otro lado, en el mapa interactivo, se despliegan los resultados encontrados, los cuales pueden ser visualizados en la siguiente imagen:

Luego de hacer clic en el enlace **Descargar Resultado**, se inicia la descarga de la información resultante de la ejecución en un archivo comprimido (*.zip), el cual contiene internamente lo siguiente:

0-Info.txt: Contiene la información de los parámetros ingresados para la ejecución de la herramienta.

1-Parcela.*: Este archivo está conformado por un único punto, el cual representa la ubicación de la parcela.

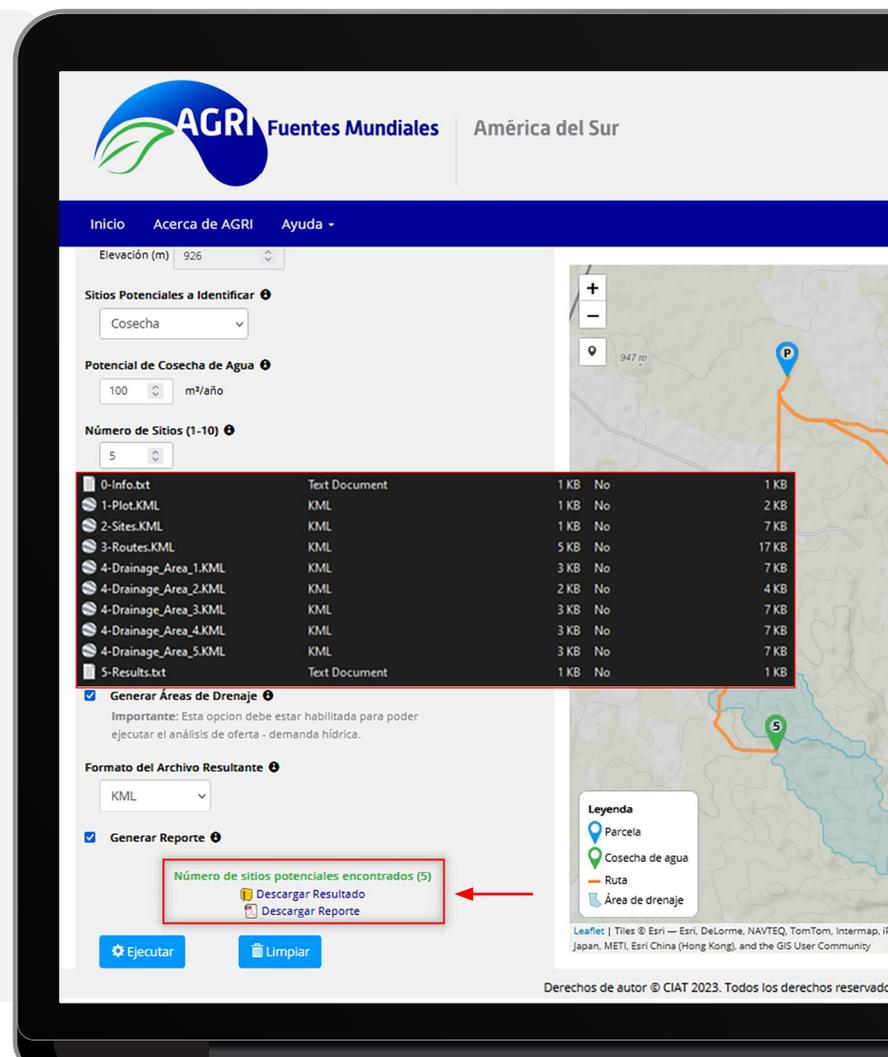
2-Sitios.*: Contiene la información de los sitios potenciales encontrados, los cuales pueden ser de toma o cosecha de agua.

3-Rutas.*: Este archivo está conformado por las diferentes rutas definidas desde los sitios potenciales encontrados hasta la parcela.

4-Area_Drenaje_x.*: Contiene la información de las áreas de drenaje correspondientes a los sitios potenciales encontrados. En este caso, el sistema genera un archivo por cada una de las áreas delimitadas (p. ej., 4-Area_Drenaje_1, 4-Area_Drenaje_2, ... 4-Area_Drenaje_n).

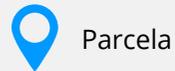
5-Resultados.txt: Archivo que contiene información básica sobre cada sitio potencial en formato de columnas separado por comas.

* La extensión de estos archivos dependerá del formato que usted seleccione en el momento de ejecutar la herramienta. Estos archivos contienen las geometrías espaciales de las capas a las que hacen referencia.



1. Sitios potenciales

A continuación, se explica la representación gráfica de cada una de las capas resultantes de la ejecución de la herramienta y que son desplegadas en el mapa interactivo:



Parcela



Sitio potencial para cosecha de agua



Sitio potencial para toma de agua desde drenajes

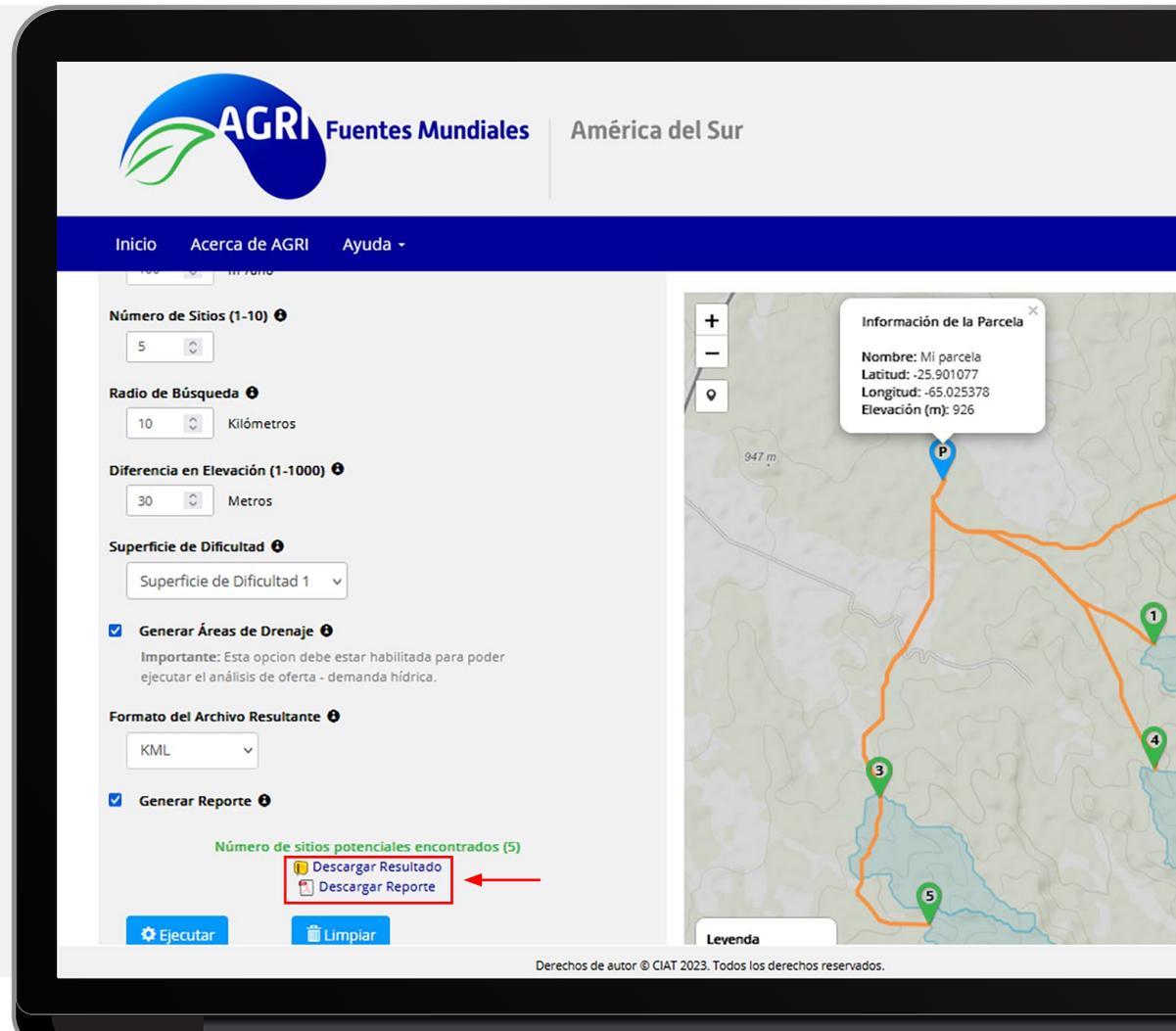


Ruta para transportar el agua por gravedad desde un sitio potencial hasta la parcela



Área de drenaje de un sitio potencial

En la siguiente imagen, se visualizan los elementos gráficos explicados anteriormente y que representan las capas resultantes de la ejecución de la herramienta descrita en esta sección:



1. Sitios potenciales

Al hacer clic sobre cualquiera de los elementos gráficos desplegados en el mapa interactivo, se abrirá una ventana emergente con información correspondiente a la capa que ese elemento gráfico representa. A continuación, se describen todos los posibles atributos que puede contener una ventana emergente:

Id: Identificador único del sitio potencial que, a su vez, representa el orden de la cercanía a la parcela.

País: País donde se encuentra ubicado el sitio potencial.

Nivel 1: Primera división administrativa después de país donde se ubica el sitio potencial.

Nivel 2: Segunda división administrativa después de país donde se ubica el sitio potencial.

Latitud: Latitud de la ubicación geográfica donde se localiza el sitio potencial.

Longitud: Longitud de la ubicación geográfica donde se localiza el sitio potencial.

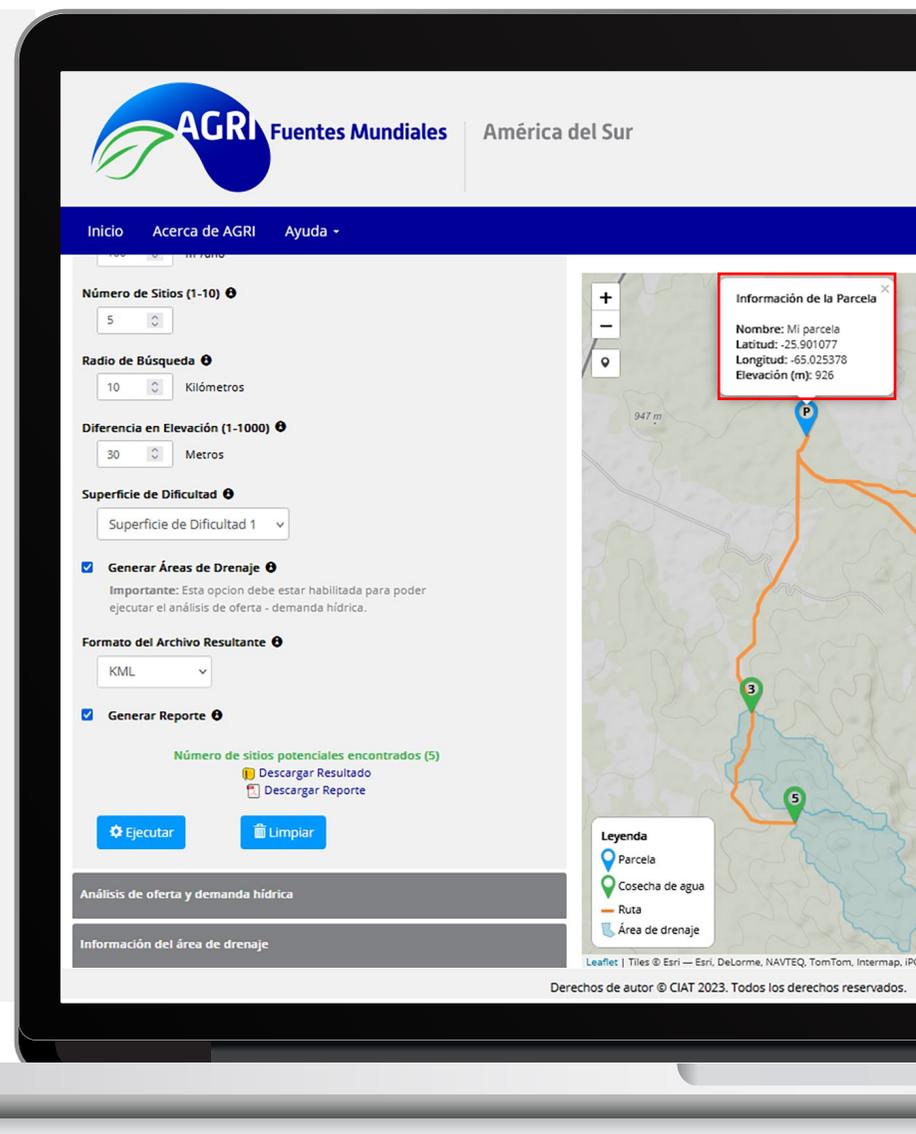
Elevación (m): Altura del sitio potencial sobre el nivel del mar.

Precipitación (mm/año): Milímetros de lluvia anuales en el sitio potencial.

Potencial de Cosecha de Agua: Clasificación del sitio según su potencial de cosecha de agua.

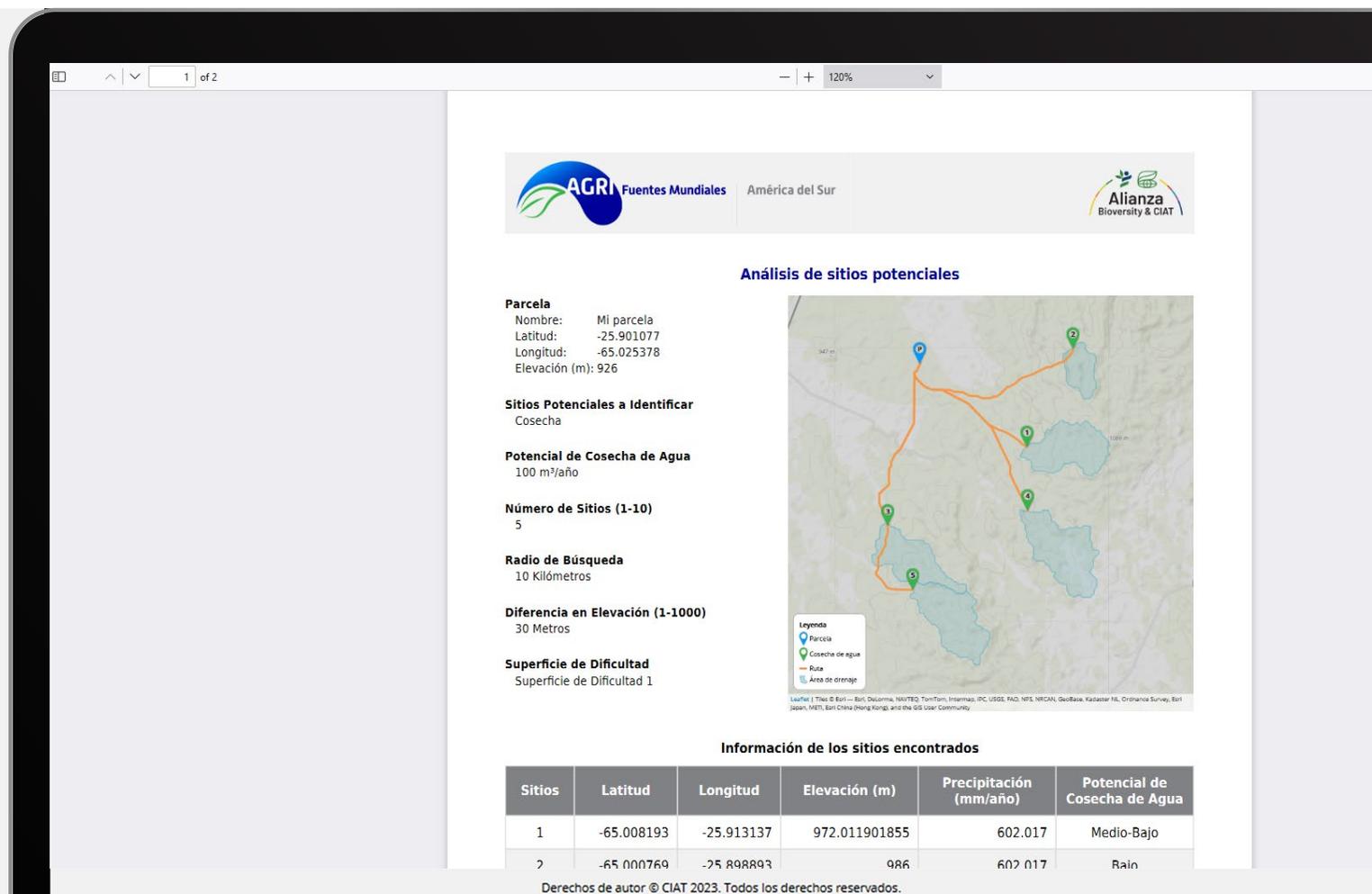
Longitud Superficial (m): Longitud de la ruta entre la parcela y el sitio potencial teniendo en cuenta la topografía del terreno, también llamada longitud 3D.

Área (km²): Corresponde al área del polígono que representa un área de drenaje.



1. Sitios potenciales

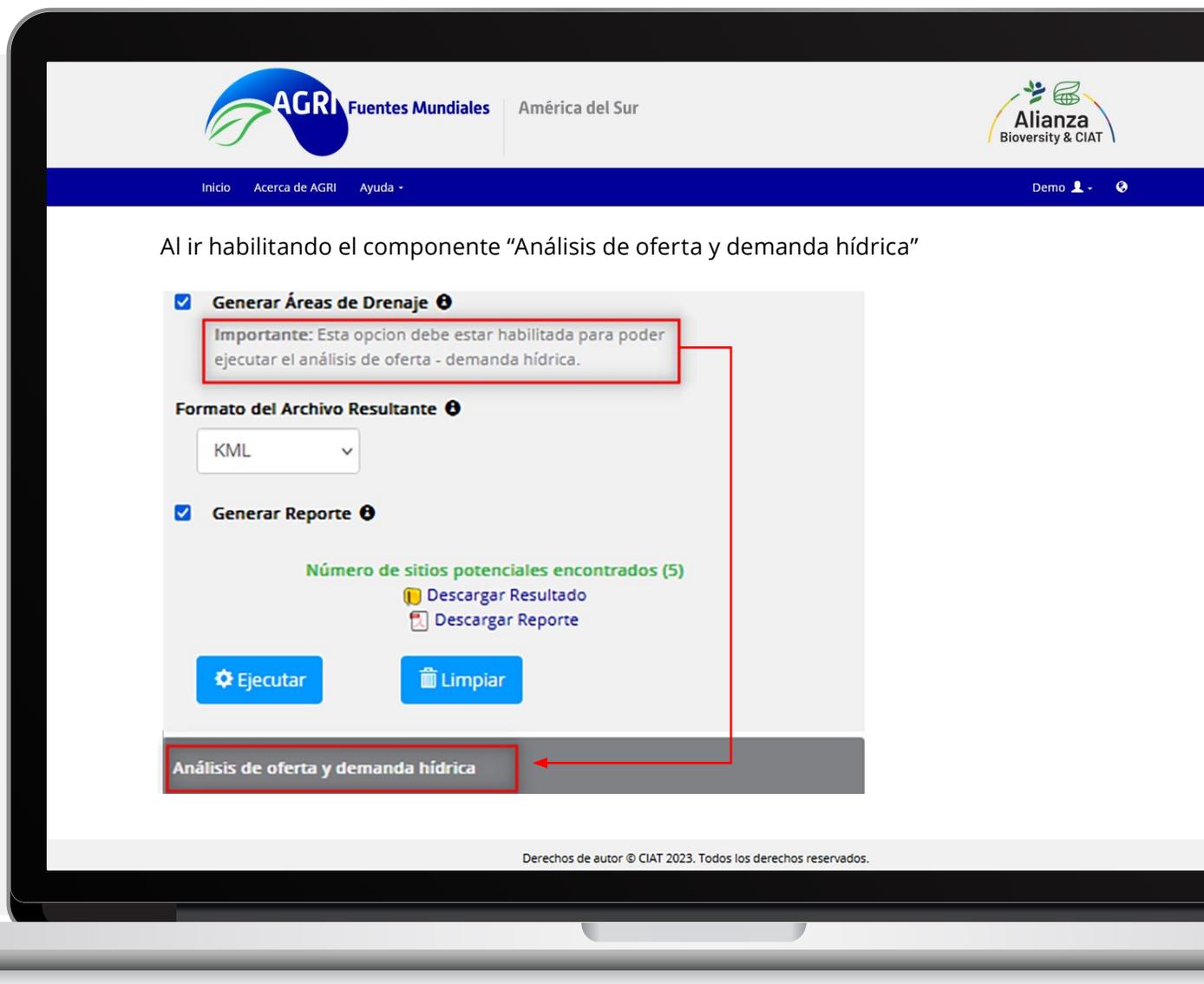
Por último, usted puede hacer clic sobre el enlace **Descargar Reporte** para obtener un informe en formato PDF con toda la información generada por este componente. La siguiente figura muestra los resultados:



1. Sitios potenciales

1.2. Análisis de oferta y demanda hídrica

Este componente provee información estratégica de los sitios potenciales seleccionados (sitios de cosecha o sitios de toma) que cumplan con la demanda hídrica de los cultivos del usuario. En este caso, la herramienta se ejecutó nuevamente con los mismos parámetros excepto para el potencial de cosecha de agua, el cual fue modificado a 5,000 m³/año para probar la nueva opción. Además, para ejecutar este componente, es necesario correr previamente el componente “Análisis de sitios potenciales” y tener habilitado el campo **Generar Áreas de Drenaje**, como se puede ver en la siguiente figura:



1. Sitios potenciales

Cuando el componente es habilitado, usted tiene la opción de hacer clic sobre este para definir la demanda hídrica a través de dos formas diferentes: puede ingresarla directamente o ser calculada con base en la demanda hídrica del sistema de cultivo definido por el usuario. Además, usted puede modificar otros parámetros, tales como el factor de eficiencia del sistema de riego y el mínimo flujo/volumen de agua a ser conservado en las áreas de drenaje resultantes. En el caso específico de los sitios de cosecha, obtenidos a partir de la herramienta previa "Análisis de sitios potenciales", otros dos parámetros pueden ser modificados: el área del espejo de agua de los reservorios potenciales y la tasa de infiltración del suelo en los sitios potenciales, luego de un proceso de compactación adecuado del terreno.

Ingresar demanda hídrica

Puede ingresar los valores mensuales de demanda hídrica (en m³ o litros) relacionados con cualquier uso del agua; entre estos, el suministro, la ganadería o ambos (consumo humano y ganadería). Cuando complete la información puede **ejecutar** el componente, como se muestra en la siguiente figura:

AGRI Fuentes Mundiales América del Sur

Inicio Acerca de AGRI Ayuda - Demo

Análisis de oferta y demanda hídrica

Ingresar demanda hídrica
 Determinar requerimiento hídrico del sistema de cultivo(s)

Eficiencia del sistema (%) 90

m³ litros

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
700	200	500	1000	800
778	222	556	1111	889

Área del espejo de agua (m²) 10000

Tasa de infiltración del suelo en el sitio (mm/día) 0,7

Caudal/volumen mínimo a conservar en el área de drenaje (%) 20

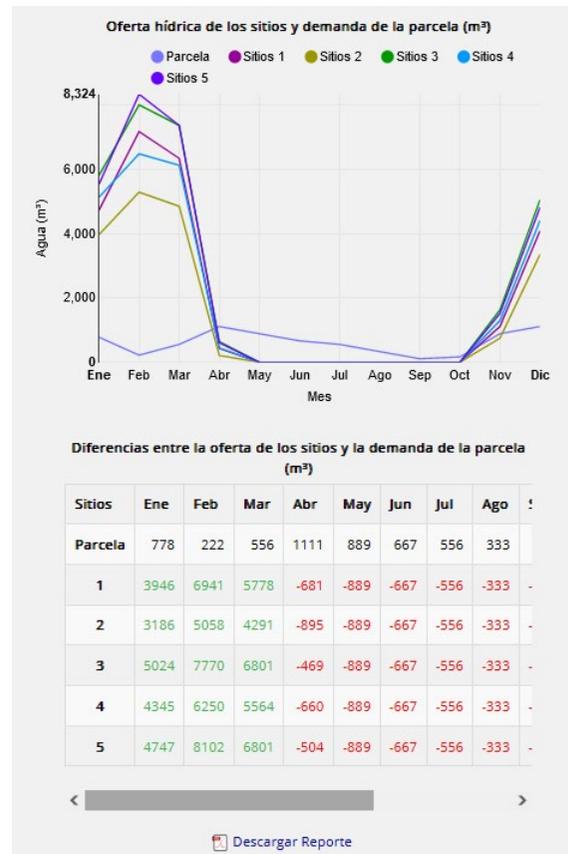
Ejecutar **Limpiar**

Derechos de autor © CIAT 2023. Todos los derechos reservados.

1. Sitios potenciales

Después de la ejecución del componente, una gráfica es desplegada con la información sobre la oferta hídrica de los sitios potenciales y la demanda hídrica en la ubicación de la parcela definida por el usuario. Además, la tabla desplegada debajo de la gráfica muestra las diferencias (m³) entre la oferta hídrica de los sitios y la demanda de la parcela.

Resultados de la ejecución con el ingreso manual de los valores de demanda hídrica



Finalmente, puede descargar un reporte con toda la información suministrada por la plataforma, para este componente, al hacer clic sobre el enlace **Descargar Reporte**

Derechos de autor © CIAT 2023. Todos los derechos reservados.

1. Sitios potenciales

Determinar requerimiento hídrico del sistema de cultivo(s)

También, puede definir un sistema de cultivo(s) basado en la parcela, para el cual se calcula la demanda hídrica al usar la ecuación 9 (ver sección aspectos generales y enfoque metodológico). Por tanto, usted puede seleccionar múltiples cultivos de una lista y debe asignar a cada uno el área correspondiente y sus meses de cultivo. Si el cultivo no es encontrado en la lista, puede seleccionar de otra lista la clase de cultivo que mejor represente el cultivo buscado. La siguiente figura muestra un ejemplo de la configuración de un sistema de cultivos compuesto por dos cultivos (arroz y maíz) con diferentes áreas y meses. Posteriormente, puede modificar el factor de “eficiencia del sistema de riego” y hacer clic en la opción **Calcular demanda hídrica (m³)** para calcular al vuelo la demanda hídrica mensual del sistema de cultivos especificado.

The screenshot displays the AGRI Fuentes Mundiales web application interface. The header includes the AGRI logo, 'Fuentes Mundiales', 'América del Sur', and the Alianza Bioversity & CIAT logo. The navigation bar contains 'Inicio', 'Acerca de AGRI', 'Ayuda', and 'Demo'. The main content area is titled 'Configuración del sistema de cultivos definido por el usuario'. The 'Análisis de oferta y demanda hídrica' section is active, showing options for 'Ingresar demanda hídrica' and 'Determinar requerimiento hídrico del sistema de cultivo(s)'. The 'Cultivo' section is selected, and a search bar is present. Below the search bar is a table with columns for 'Cultivo', 'Área (ha)', 'Mes inicio', and 'Mes fin'. The table contains two rows: 'Maíz, (dulce)' with an area of 1.5 ha, starting in September and ending in April; and 'Arroz' with an area of 2 ha, starting in April and ending in October. Below the table is a slider for 'Eficiencia del sistema (%)' set to 90. A blue button labeled 'Calcular demanda hídrica (m³)' is visible. Below the button is a table with columns for 'Enero', 'Febrero', 'Marzo', 'Abril', and 'Mayo'. At the bottom, there is a field for 'Área del espejo de agua (m²)' set to 10000. The footer contains the text 'Derechos de autor © CIAT 2023. Todos los derechos reservados.'

1. Sitios potenciales

Si el análisis está basado en sitios potenciales para cosecha de agua y la demanda hídrica ya fue calculada, puede modificar los valores por defecto de los parámetros de “Área del espejo de agua (m²)” y “Tasa de infiltración del suelo en el sitio (mm/día)” según sus suposiciones o conocimiento y **ejecutar** la herramienta como se muestra a continuación:

The screenshot displays the AGRI Fuentes Mundiales web application interface. The header includes the AGRI logo, 'Fuentes Mundiales', 'América del Sur', and the Alianza Bioversity & CIAT logo. The navigation bar contains 'Inicio', 'Acerca de AGRI', 'Ayuda', 'Demo', and user profile icons. The main content area is titled 'Configuración previa del componente antes de la ejecución'. It features a 'Calcular demanda hídrica (m³)' button and a table of monthly precipitation values:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
867	312	794	2731	1643

Below the table are navigation arrows and three input fields:

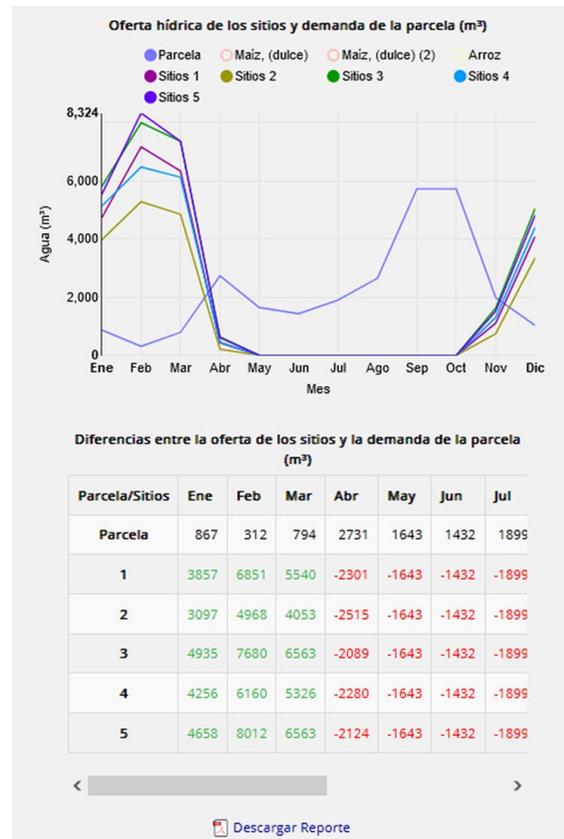
- Área del espejo de agua (m²): 10000
- Tasa de infiltración del suelo en el sitio (mm/día): 0,7
- Caudal/volumen mínimo a conservar en el área de drenaje (%): 20

At the bottom of the configuration panel are 'Ejecutar' and 'Limpiar' buttons. The footer of the application reads 'Derechos de autor © CIAT 2023. Todos los derechos reservados.'

1. Sitios potenciales

Luego de la ejecución del componente, un gráfico es desplegado con información sobre la oferta hídrica de los sitios potenciales y la demanda hídrica del sistema de cultivos definido por el usuario. Además, una tabla muestra las diferencias en m³ entre la oferta hídrica de los sitios y la demanda hídrica del sistema de cultivos.

Resultados de la ejecución basada en la demanda hídrica calculada de un sistema de riego definido por el usuario



Finalmente, como usuario, también puede descargar un reporte con toda la información al hacer clic sobre el enlace **Descargar Reporte**

1. Sitios potenciales

1.3. Análisis del reservorio

Después de que obtenga los resultados desde el componente de “Análisis de oferta y demanda hídrica”, el siguiente componente “Análisis del reservorio” es habilitado como se muestra a continuación:

Diferencias entre la oferta de los sitios y la demanda de la parcela (m³)

Parcela/Sitios	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Parcela	867	312	794	2731	1643	1432	1891
1	3857	6851	5540	-2301	-1643	-1432	-1891
2	3097	4968	4053	-2515	-1643	-1432	-1891
3	4935	7680	6563	-2089	-1643	-1432	-1891
4	4256	6160	5326	-2280	-1643	-1432	-1891
5	4658	8012	6563	-2124	-1643	-1432	-1891

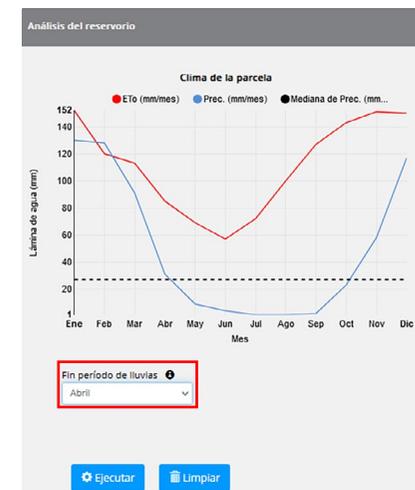
[Descargar Reporte](#)

[Ejecutar](#) [Limpiar](#)

Análisis del reservorio

Información del área de drenaje

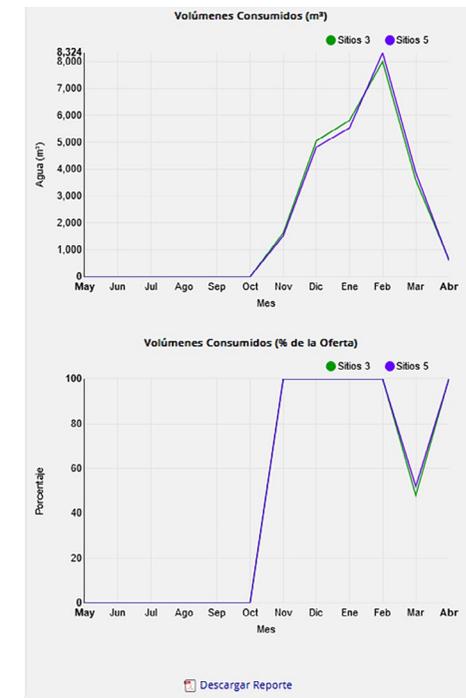
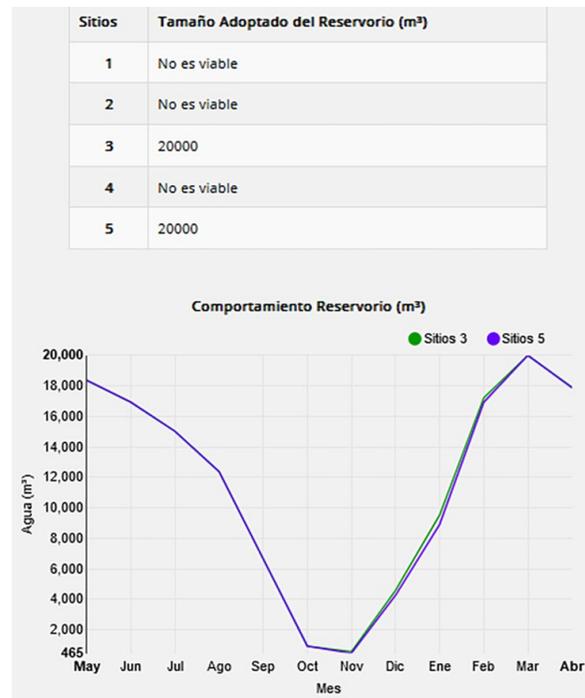
Debe hacer clic sobre la pestaña “Análisis del reservorio” para desplegar el componente y sus elementos. Entonces, seleccione el final de la temporada de lluvias (mes) para el cual, se muestra una gráfica climática con evapotranspiración potencial mensual (ETo) y precipitación (Prec.) que ayuda en dicha selección. El componente puede ser ejecutado de la siguiente forma:



Derechos de autor © CIAT 2023. Todos los derechos reservados.

1. Sitios potenciales

Luego de la ejecución de este componente, se obtiene información útil para la selección de los sitios viables. Una tabla muestra la viabilidad del sitio con el tamaño sugerido del reservorio (m^3) y múltiples gráficos con información por sitio (comportamiento del reservorio (m^3) y volumen consumido en m^3 y como porcentaje de la oferta) son desplegados. La tabla de viabilidad del reservorio muestra si cada sitio potencial es viable o no (ver sección *aspectos generales y enfoque metodológico*) y, basado en esto, la información solo de aquellos sitios considerados como viables son desplegados en los gráficos; esto facilita su análisis como lo muestran las figuras siguientes:



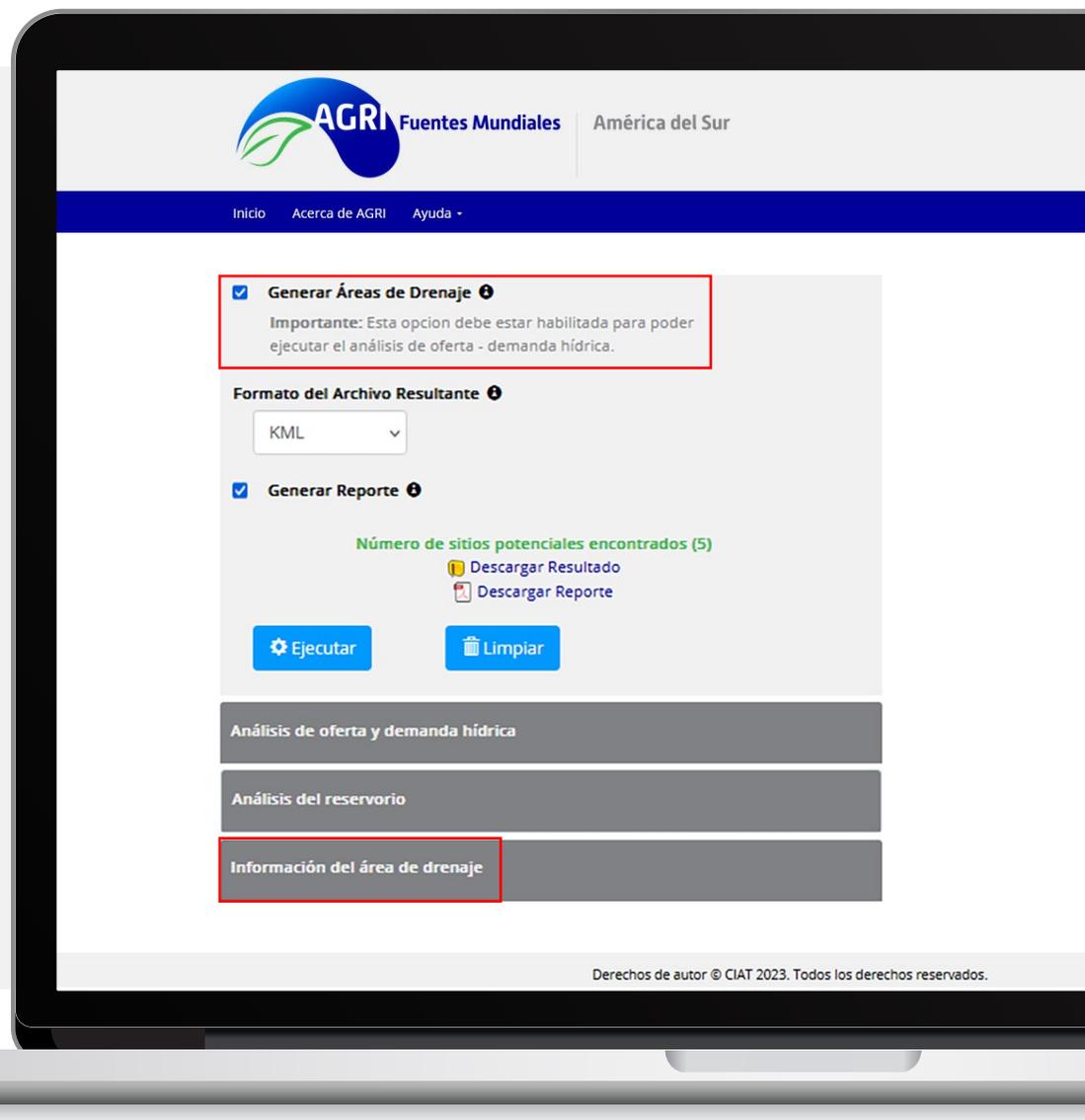
Finalmente, usted puede descargar un reporte al hacer clic sobre el enlace de **Descargar Reporte**.

Derechos de autor © CIAT 2023. Todos los derechos reservados.

1. Sitios potenciales

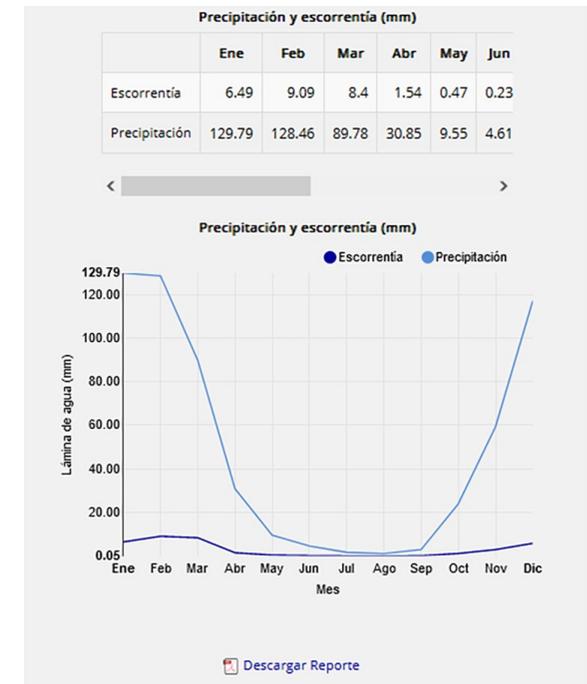
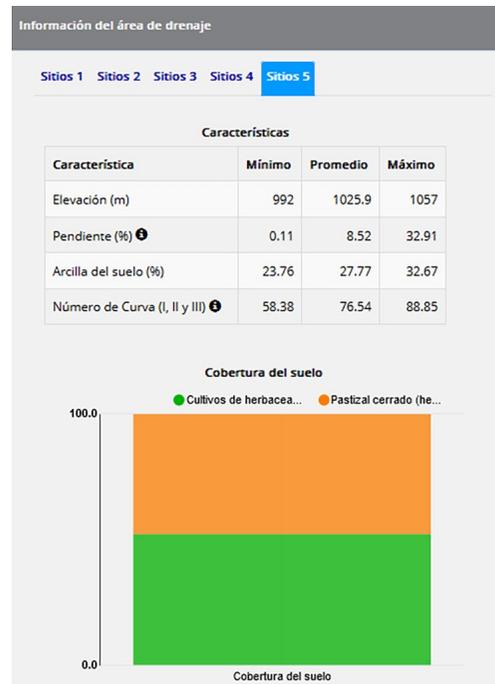
1.4. Información del área de drenaje

Este componente proporciona información relevante (elevación, pendiente, contenido de arcilla en el suelo, precipitación, escorrentía superficial, números de curva, y cobertura vegetal) de las áreas de drenaje correspondientes a los sitios potenciales (sitios de cosecha o toma) obtenidos a través del componente de “Análisis de sitios potenciales”. Toda esta información puede ser útil para estimar eventos extremos de inundación y determinar prácticas de manejo estratégicas para la conservación de los recursos hídricos, entre muchos otros posibles análisis. Para ejecutar esta herramienta, es necesario correr previamente el componente de “Análisis de sitios potenciales” y tener habilitado el campo **Generar Áreas de Drenaje**, como se puede observar en la siguiente figura:



1. Sitios potenciales

Luego de hacer clic sobre la pestaña de “Información del área de drenaje”, usted puede ver las características de cada área de drenaje identificada como se muestra a continuación:



Al final, puede descargar un reporte con información relevante de las áreas de drenaje al hacer clic sobre el enlace de **Descargar Reporte**.

Derechos de autor © CIAT 2023. Todos los derechos reservados.

2. Selección por polígono

Esta herramienta permite dibujar un polígono o un rectángulo en el mapa interactivo con un área no superior a 130.000 km². Así como la herramienta anterior, con esta es posible seleccionar los sitios potenciales a obtener (cosecha/sitios de toma) y el formato de los archivos resultantes (KML, GPX o GeoJSON) de la ejecución.

Se debe tener en cuenta que la herramienta solo permite realizar dibujos dentro de la zona de interés que se encuentra sombreada en el mapa y el usuario es capaz de seleccionar el potencial de cosecha de agua según su interés. Como resultado de la ejecución de la herramienta, se despliegan en el mapa interactivo los sitios potenciales encontrados dentro de la geometría dibujada.

El polígono a ser dibujado puede ser de forma irregular o un rectángulo. Para el primero, se debe hacer clic en el ícono  y empezar a ubicar puntos que conformarán el polígono en el mapa. Para cerrar el polígono, se puede hacer clic en el punto inicial, en el botón **Finalizar** que se despliega al activar este componente o haciendo doble clic sobre el último punto que conformaría el polígono. Por otro lado, si se desea dibujar un rectángulo, debe hacer clic sobre el ícono , ubicar el punto inicial en el mapa y manteniendo el clic sostenido, mover el puntero desde ese punto hasta la esquina opuesta.

En la siguiente imagen, se presenta el resultado obtenido después de dibujar un polígono irregular y ejecutar la herramienta:

2. Selección por polígono

Así como se explicó en la herramienta anterior (1. Sitios Potenciales), el número de sitios encontrados es reportado y la opción de descarga de los resultados se habilita en la parte inferior del panel de parámetros.

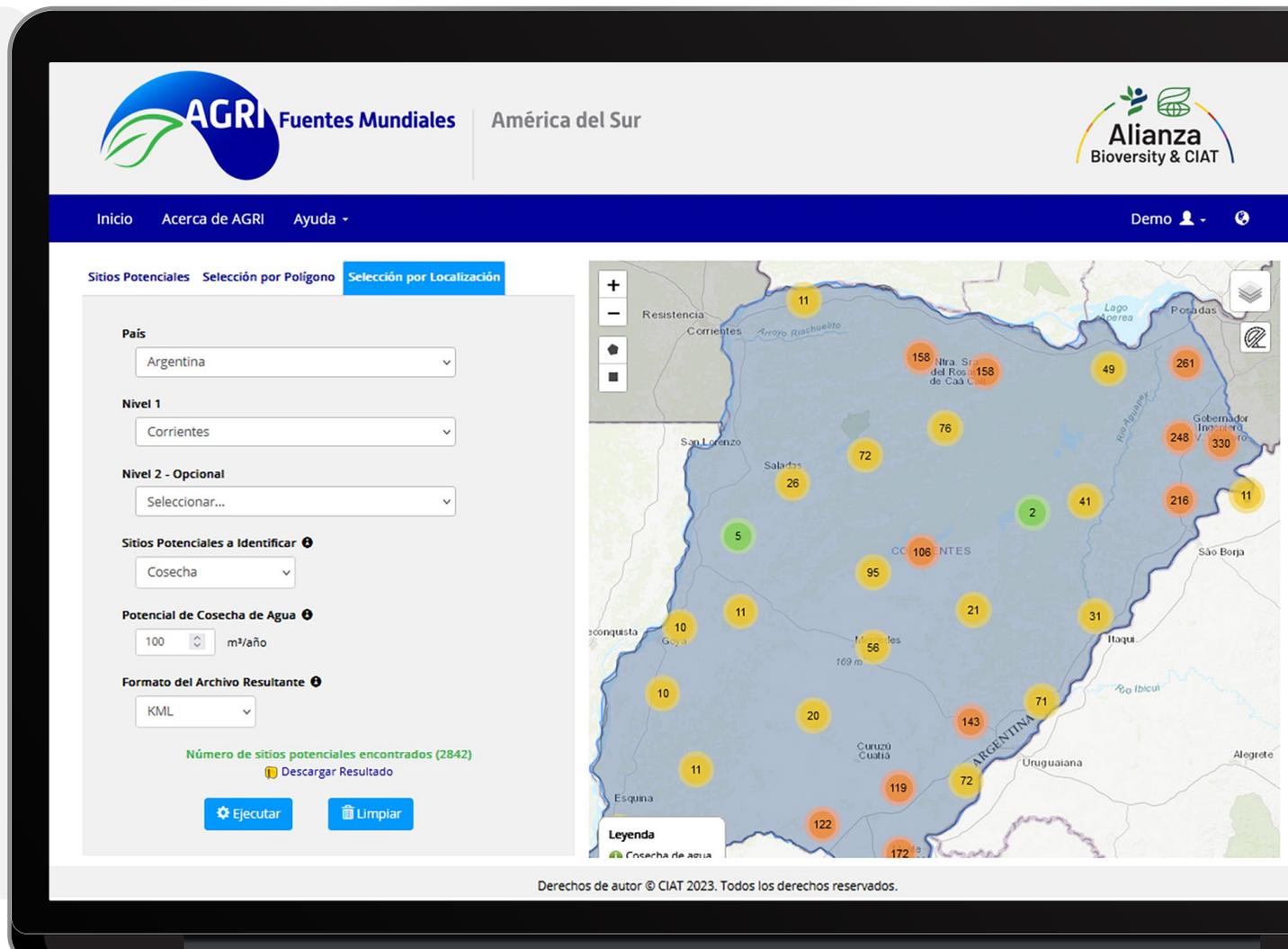
En el mapa interactivo, se visualizan los resultados obtenidos dentro del polígono dibujado. Los sitios potenciales encontrados son representados en agrupamientos con el fin de obtener una mejor visualización. La etiqueta sobre cada agrupamiento, indica el número de sitios que lo conforman. Al desplazar el puntero sobre cualquier agrupamiento, se dibujará el polígono que contiene todos los sitios de dicho agrupamiento. A medida que se realiza un acercamiento en el mapa, los agrupamientos se dispersan, lo cual permite visualizar elementos individuales que representan los sitios potenciales encontrados.

The screenshot displays the AGRI Fuentes Mundiales web application interface. The header includes the AGRI logo, 'Fuentes Mundiales', 'América del Sur', and the Alianza Biodiversity & CIAT logo. The navigation bar contains 'Inicio', 'Acerca de AGRI', and 'Ayuda'. The main content area is divided into three tabs: 'Sitios Potenciales', 'Selección por Polígono' (active), and 'Selección por Localización'. The 'Selección por Polígono' panel includes a 'Polígono / Rectángulo' section with a polygon icon and 'Área del polígono (km²): 10869'. Below this is a 'Sitios Potenciales a Identificar' dropdown menu set to 'Cosecha', a 'Potencial de Cosecha de Agua' input field set to '100 m³/año', and a 'Formato del Archivo Resultante' dropdown menu set to 'KML'. A green status bar indicates 'Número de sitios potenciales encontrados (150)' with a 'Descargar Resultado' button. At the bottom of the panel are 'Ejecutar' and 'Limpiar' buttons. The map on the right shows a topographic view of a region in Argentina with a blue polygon overlaid. Numbered circles (3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 17, 22, 27, 28) are placed on the map, representing potential sites. A legend at the bottom left of the map shows a green circle icon for 'Cosecha de agua'. The footer of the application reads 'Derechos de autor © CIAT 2023. Todos los derechos reservados.'

3. Selección por localización

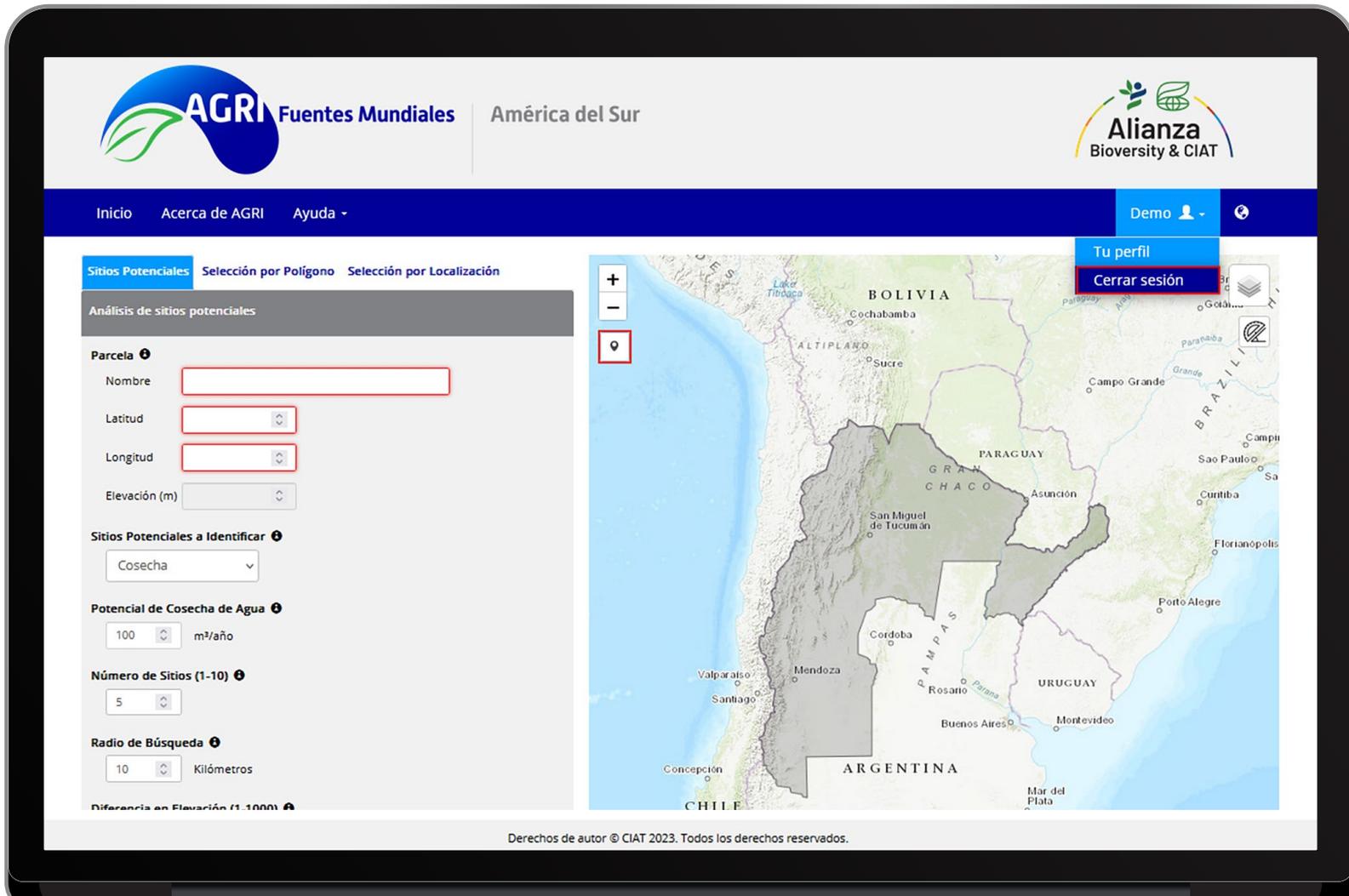
Esta herramienta permite seleccionar divisiones administrativas de hasta tres niveles diferentes. Da inicio a partir del nivel 0, que corresponde al país, donde usted puede seleccionar hasta un orden municipal (nivel 2). Sin embargo, para algunos países (p. ej., Belice, países del Caribe), es posible seleccionar solo hasta el nivel 1, que representa un orden departamental.

Del mismo modo, al igual que las dos herramientas anteriores, también es posible seleccionar el potencial de cosecha de agua y el formato de los archivos en el que usted desee descargar los resultados y el tipo de sitios potenciales a identificar. A medida que se van seleccionando los diferentes niveles en el panel de parámetros, el mapa interactivamente va realizando el acercamiento al nivel seleccionado. En la siguiente imagen, se presenta un ejemplo de la ejecución de esta herramienta:



Cerrar sesión

Podrá salir de la sesión haciendo clic en la cuenta de usuario, la cual habilita la opción para **Cerrar sesión**. La plataforma cerrará automáticamente su sesión si, pasados 60 minutos, no se registra ninguna actividad en la plataforma.



Referencias

- Al-Adamat R; AlAyyash A; Al-Amoush H; Al-Meshan O; Rawajfih Z; Shdeifat A; Al-Harahsheh, A; Al-Farajat M. 2012. The Combination of Indigenous Knowledge and Geo-Informatics for Water Harvesting Siting in the Jordanian Badia. *Journal of Geographic Information System* 04 (04):366-76. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.07.001>
- Al-Adamat Rida; Diabat A; Shatnawi G. 2010. Combining GIS with Multicriteria Decision Making for Siting Water Harvesting Ponds in Northern Jordan. *Journal of Arid Environments* 74(11):1471-77. <https://doi.org/10.4236/jgis.2012.44042>
- Da Silva M; Monserrate F; Valencia J; Quintero M; Jarvis A. 2016. *Digital mapping of soil properties in the West of Honduras, Central America*. Harvard Dataverse. <https://doi.org/doi/10.7910/DVN/QVXA7U>
- Monserrate F; Valencia J; Quintero M; Hyman G; Da Silva M; Coppus R; Bautista O; Rivera O; León J; Manueles A. 2016. Aumentando la resiliencia climática en el occidente de Honduras: explorando fuentes de agua para pequeños productores rurales. In *CGSpace: A Repository of Agricultural Research Outputs*. United States Agency for International Development (USAID); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Escuela Agrícola Panamericana Zamorano (EAP Zamorano). p 44. <http://hdl.handle.net/10568/73454>
- Prasad H; Bhalla P; Palria S. 2014. Site Suitability Analysis of Water Harvesting Structures Using Remote Sensing and GIS - A Case Study of Pisangan Watershed, Ajmer District, Rajasthan. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XL-8 (8):1471-82. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-8-1471-2014>
- Pulver E; Jaramillo S; Moreira S; Zorrilla G. 2012. Transformation of Upland to Irrigated Agriculture through Use of Water Harvesting In Costa Rica, Mexico and Nicaragua. Cali, Colombia.
- Teka D; van Wesemael B; Vanacker V; Poesen J; Hallet V; Taye G; Deckers J; Haregeweyn N. 2013. Evaluating the performance of reservoirs in semi-arid catchments of Tigray: Tradeoff between water harvesting and soil and water conservation. *Catena* 110:146-154. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.06.001>
- Valencia J. 2016. *Siting feasible water catchments for small irrigation projects in Western Honduras* [Universitat Jaume I]. <http://hdl.handle.net/10234/160899>
- Valencia J; Monserrate F; Casteleyn S; Bax V; Francesconi W; Quintero M. 2020. A GIS-based methodological framework to identify superficial water sources and their corresponding conduction paths for gravity-driven irrigation systems in developing countries. *Agricultural Water Management* 232:106048. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106048>



www.agri-worldsources.com



<https://alliancebioversityciat.org>