

“CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE RECARGA HÍDRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS” SLV-056-B”

Contrato MARN/AECID/SLV-056-B N° 14/2018

Producto 4: Mapa de recarga hídrica potencial



FECHA: NOVIEMBRE 2018

AUTORES:

FEDERICO I. CASTELLANOS

CONSTANCIO AMURRIO

PABLO BLANCO

PRODUCTO 4: MAPA DE RECARGA HÍDRICA POTENCIAL

INDICE

1. ANTECEDENTES	3
2. OBJETIVOS.....	4
3. ESTRUCTURA DESCRIPTIVA DE LA GEODATABASE	6
3.1. CONTENIDO DE LA GEODATABASE DE ENTRADA.....	8
3.2. CONTENIDO DE LA GEODATABASE DE SALIDA.....	8
3.3. EJEMPLOS DE LOS MAPAS GENERADOS.....	9
4. CONCLUSIONES.....	13

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Rásters de la geodatabase de datos de entrada	6
Figura 2. Raster de la geodatabase con los resultados	7
Figura 3. Recarga potencial anual.....	9
Figura 4. Humedad del suelo a final del mes de noviembre	9
Figura 5. Precipitación infiltrada en el mes de agosto	10
Figura 6. Evapotranspiración real en el mes de marzo	10
Figura 7. Humedad disponible en el mes de junio	11
Figura 8. Coeficiente antes que ocurra ETR del mes de diciembre	11

1. ANTECEDENTES

Los trabajos de la presente consultoría se están desarrollando dentro del marco del *Proyecto Integrado de Agua, Saneamiento y Medio Ambiente*, que ejecuta el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y que persigue contribuir al incremento de cobertura, calidad y sostenibilidad de los servicios de agua potable y saneamiento, así como el fortalecimiento de la gestión integrada del recurso hídrico. Cuenta con el apoyo del Fondo para la Cooperación en Agua y Saneamiento (FCAS), gestionado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

Las actividades que engloba dicho proyecto incluyen la generación de herramientas para el conocimiento del estado y protección del recurso hídrico subterráneo, así como para su automatización. En este caso, el mapa de recarga y la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos. Para ello, el procesado de los datos se realiza empleando herramientas GIS. También se ha realizado trabajo de campo para generar algunos de los insumos necesarios para poder definir esos mapas.

Vielca Ingenieros, S.A. resulta adjudicataria de los servicios de consultoría, recibiendo el 16 de julio de 2018 la correspondiente *Orden de Inicio* de los mismos.

Con fecha 23 de julio de 2018 se presenta el *Producto 1. Plan de trabajo*, sobre el que se hicieron algunas observaciones por parte del MARN que fueron atendidas, consiguiéndose la recepción favorable del producto el día 27 de julio de 2018.

Con fecha 14 de septiembre de 2018 tiene lugar la entrega del *Producto 2. Insumos para la recarga hídrica*. Sobre este documento también se hicieron algunas observaciones, que fueron atendidas y entregadas en nuevo informe con fecha 05 de octubre de 2018.

Con fecha 14 de octubre tuvo lugar la entrega del *Producto 3: capacidad de infiltración básica de suelos*. Este producto fue aprobado sin observaciones.

2. OBJETIVOS

El **objeto de los trabajos** es la actualización del mapa de recarga potencial de los acuíferos del país mediante la aplicación de la metodología de *Gunter Schosinsky* (2006), con el propósito de obtener una herramienta de análisis que ayude en la planificación del territorio y en el establecimiento de medidas de prevención frente a actividades antrópicas o fenómenos naturales que puedan propiciar un agotamiento de dichas masas de agua.

De manera más detallada se incluyen los siguientes **objetivos** de la consultoría:

- Obtención de los mapas actualizados tanto de recarga hídrica como de vulnerabilidad de los acuíferos frente a la contaminación del país.
- Un documento con el resultado de la evaluación de los datos de partida y la metodología empleada para la generación de los insumos necesarios para la generación de la cartografía.
- Una herramienta informática que automatice los procesos de elaboración y actualización de la cartografía indicada.
- Manuales de instalación y uso de los módulos para la automatización del cálculo del mapa tanto de recarga hídrica como de vulnerabilidad intrínseca.

El presente *Producto 4: Mapa de recarga hídrica potencial*, consiste en la presentación de los siguientes elementos:

- Geodatabase con los ráster de entrada y salida:
 - Capa ráster con valores de capacidad de campo, en mm.
 - Capa ráster con los valores del punto de marchitez permanente, en mm.
 - Capa ráster con los valores de precipitación retenida, en mm.
 - Capa ráster con los valores de precipitación que infiltra, en mm.
 - Capa ráster con los valores de escorrentía superficial, en mm.
 - Capa ráster con valores de humedad inicial del suelo, en mm.
 - Coeficiente antes de la ocurrencia de la evapotranspiración del mes, en mm.
 - Coeficiente después de la ocurrencia de la evapotranspiración del mes, en mm.
 - Capa ráster con los valores de la humedad disponible del mes, en mm.
 - Capa ráster con los valores de la evapotranspiración real del mes, en mm.
 - Capa ráster con los valores de humedad del suelo al final de mes, en mm.
 - Recarga potencial del mes, en mm.

-
- Recarga potencial anual, en mm.
 - Documento descriptivo de la estructura de la *geodatabase*, que contenga además los mapas resultantes del procesamiento.

3. ESTRUCTURA DESCRIPTIVA DE LA GEODATABASE

Para facilitar la consulta de los datos cartográficos contenidos en este producto, se han preparado dos *geodatabases*, una con los rásters de entrada y otra con los rásters de salida. La *geodatabase* de entrada es: *Base_recarga_WGS84.gdb*. La *geodatabase* de salida es *Recarga_WGS84.gdb*. Esta división se justifica también por la forma que tiene Arcmap de almacenar en su *geodatabase* los datos ráster, no pudiéndolos agrupar en diferentes *Raster Datasets*, puesto que esta estructura de datos está pensada para que se introduzcan mosaicos y no múltiples capas de un mismo ámbito espacial. La estructura de dichas *geodatabases* se observa en las siguientes figuras. En el caso de los rásters de entrada:

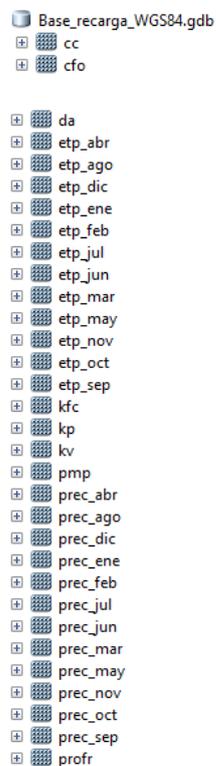


Figura 1. Rásters de la geodatabase de datos de entrada

En el caso de los datos de salida, esta es la estructura de la *geodatabase*:



Figura 2. Raster de la geodatabase con los resultados

A continuación, se explica el contenido de cada uno de estos archivos, así como algunos ejemplos de los mapas resultantes del procesamiento. Los mapas en pdf se adjuntan al presente informe.

3.1. CONTENIDO DE LA GEODATABASE DE ENTRADA

La *geodatabase* de entrada tiene los datos necesarios para poder aplicar el modelo de *Gunter-Schoninsky*. Los rasters son los siguientes:

- cc: capacidad de campo en % según los resultados del laboratorio.
- cfo: coeficiente de retención del follaje.
- etp: evapotranspiración potencial, en mm.
- kfc: ráster calculado a partir de la expresión $0.267 * \ln(Fc) - 0.000154 * Fc - 0.723$, siendo Fc la infiltración básica en mm/día.
- kp: capa de clasificación de las pendientes previamente calculada a partir del modelo digital de elevaciones.
- kv: capa de asignación de coeficientes según usos del suelo.
- pmp: punto de marchitez permanente según los resultados de laboratorio.
- prec: precipitación, un ráster para cada mes, en mm.
- profr: profundidad de las raíces, en m.

3.2. CONTENIDO DE LA GEODATABASE DE SALIDA

Los rasters de salida son los siguientes:

- cc es la capacidad de campo en mm.
- cd es la constante después que ocurra la evapotranspiración real del mes (valor mensual).
- cu es el coeficiente antes que ocurra la evapotranspiración real del mes (valor mensual).
- esc es la escorrentía, en mm (valor mensual).
- etr es la evapotranspiración real, en mm (valor mensual).
- hd es la humedad disponible, en mm, del mes.
- hsf es la humedad del suelo a final del mes.
- pi es la precipitación que infiltra, en mm.
- pmp_mm es el punto de marchitez permanente, en mm.

- Rp: esta variable es la que define la **recarga potencial**. Se ha calculado la recarga de cada uno de los meses, así como la recarga potencial total anual. La recarga total anual en la *geodatabase* tiene el nombre de *Rp_final*. El resto de recargas tiene el nombre de *Rp_mes*.

3.3. EJEMPLOS DE LOS MAPAS GENERADOS

Por la gran cantidad de mapas generados (75 en total), se incluye a continuación una muestra de algunos de ellos, tomando en cuenta que se adjuntan al presente informe en formato pdf.

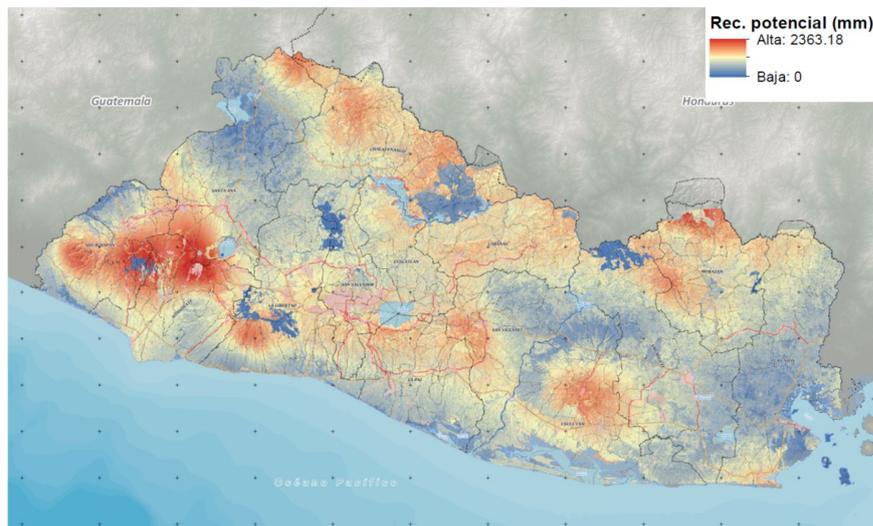


Figura 3. Recarga potencial anual

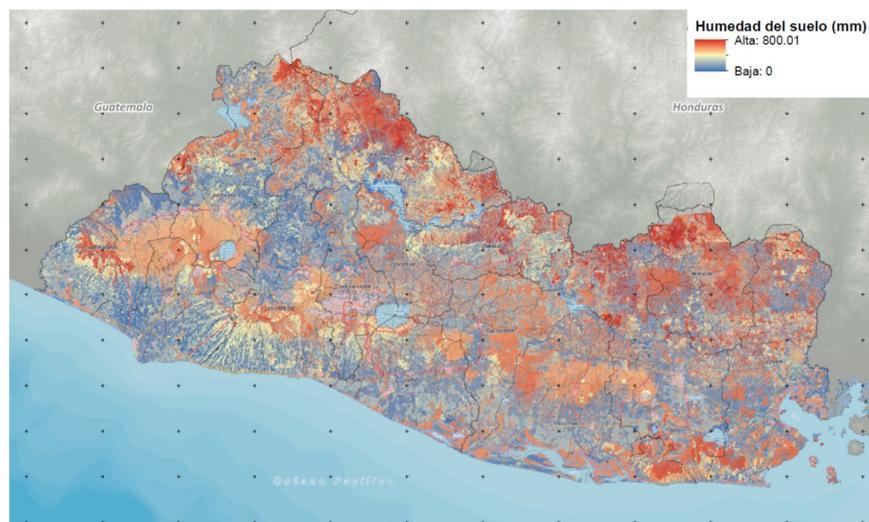


Figura 4. Humedad del suelo a final del mes de noviembre

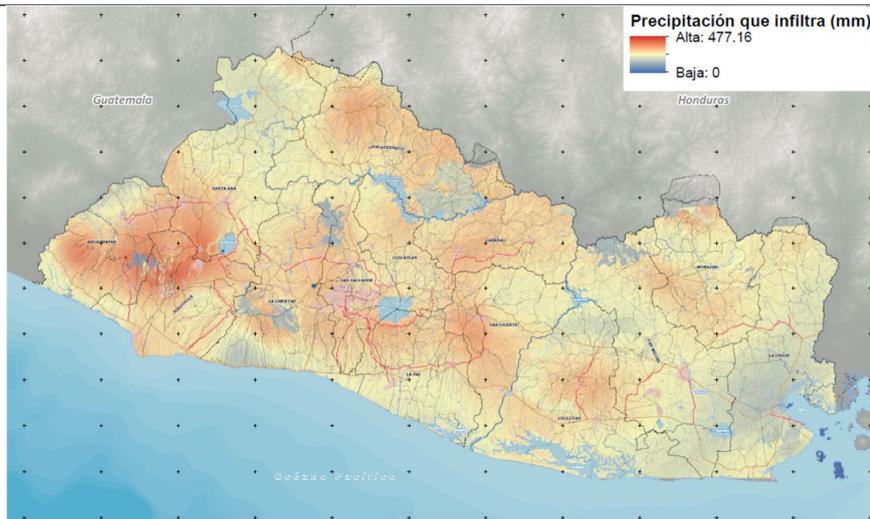


Figura 5. Precipitación infiltrada en el mes de agosto

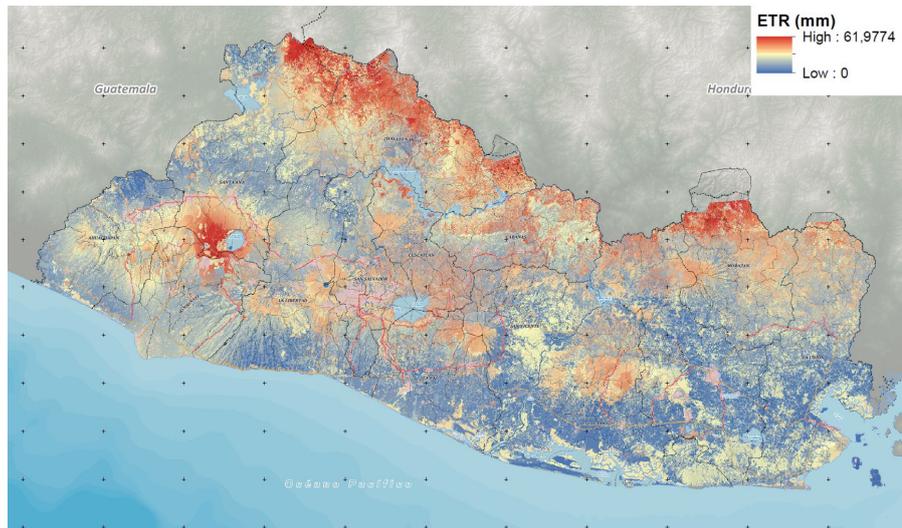


Figura 6. Evapotranspiración real en el mes de marzo

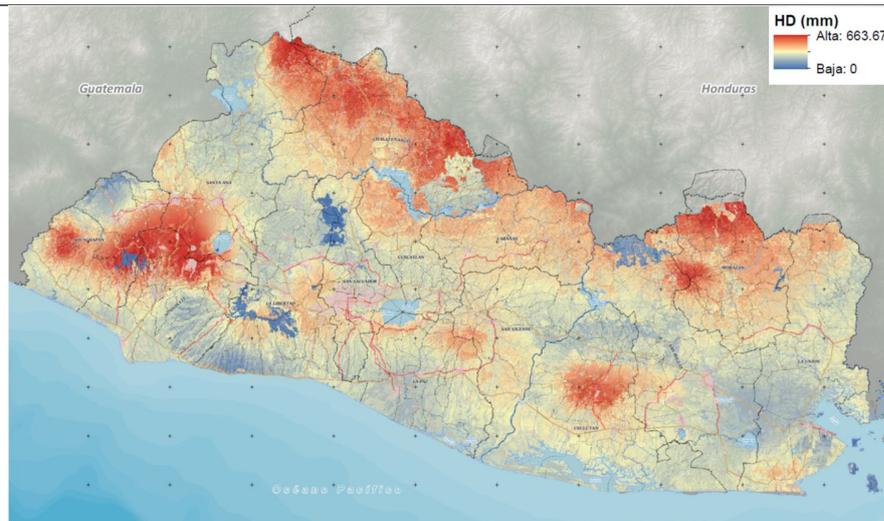


Figura 7. Humedad disponible en el mes de junio

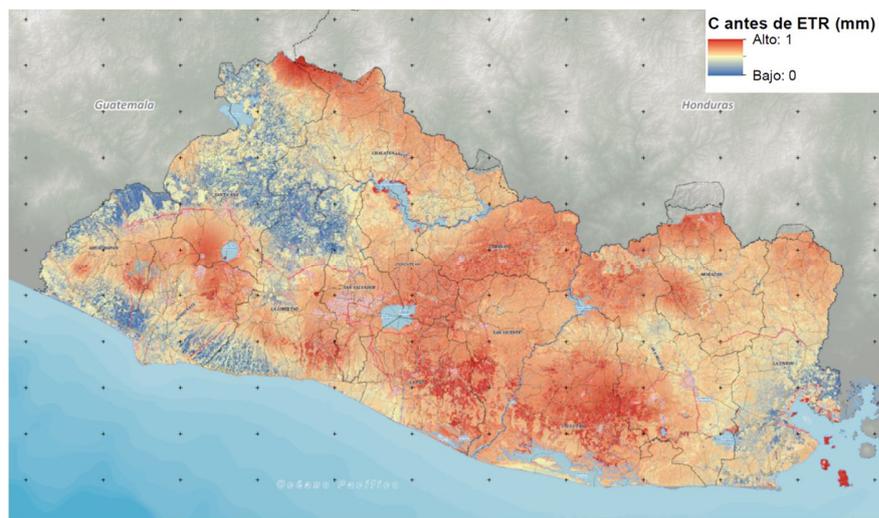


Figura 8. Coeficiente antes que ocurra ETR del mes de diciembre

En relación a los mapas generados en pdf, cabe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- La recarga hídrica mensual ha sido calculada para todos los meses, pero en pdf sólo se presentan los meses de mayo a octubre puesto que solamente en este periodo de tiempo se aprecian cambios debido a las precipitaciones.
- La humedad del suelo varía desde abril, que es cuando comienzan las lluvias, hasta junio que alcanza el valor máximo equivalente a la capacidad de campo (CC). En ese

momento el suelo está totalmente saturado. A partir de dicho momento hasta octubre (cuando deja de llover), la humedad del suelo va disminuyendo hasta prácticamente estabilizarse en febrero.

- Se incluye en la entrega digital una copia de los MXD generados.

4. CONCLUSIONES

Se ha presentado el *Producto 4: Mapa de recarga hídrica potencial* en el que se desarrolla el modelo de recarga hídrica de Gunter-Schosinsky, lo que implica a su vez el empleo de múltiples datos de entrada y la generación de múltiples variables de salida, entre la que se encuentra la propia recarga, tanto mensual como anual.

Para facilitar la consulta de los datos se han incluido dos *geodatabases*: una con los datos de entrada y otra con los datos de salida. También una serie de mapas en pdf con las variables más destacables. La cartografía ráster generada tiene un tamaño de píxel de 20 m x 20 m.

En San Salvador a 13 de noviembre de 2018



Ing. Federico Castellanos
Coordinador de la consultoría



Ing. Pablo Blanco Gómez
Especialista hidrología e hidrogeología



PLANOS RESULTANTES DEL PROCESAMIENTO