SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

Licitación Abreviada 2022LA-000014-0002600001

"Contrato interadministrativo para la contratación de servicios para la elaboración de la modelación numérica-matemática de las aguas subterráneas del cantón de Belén y el Plan Cantonal de Gestión de Recurso Hídrico para el cantón de Belén"

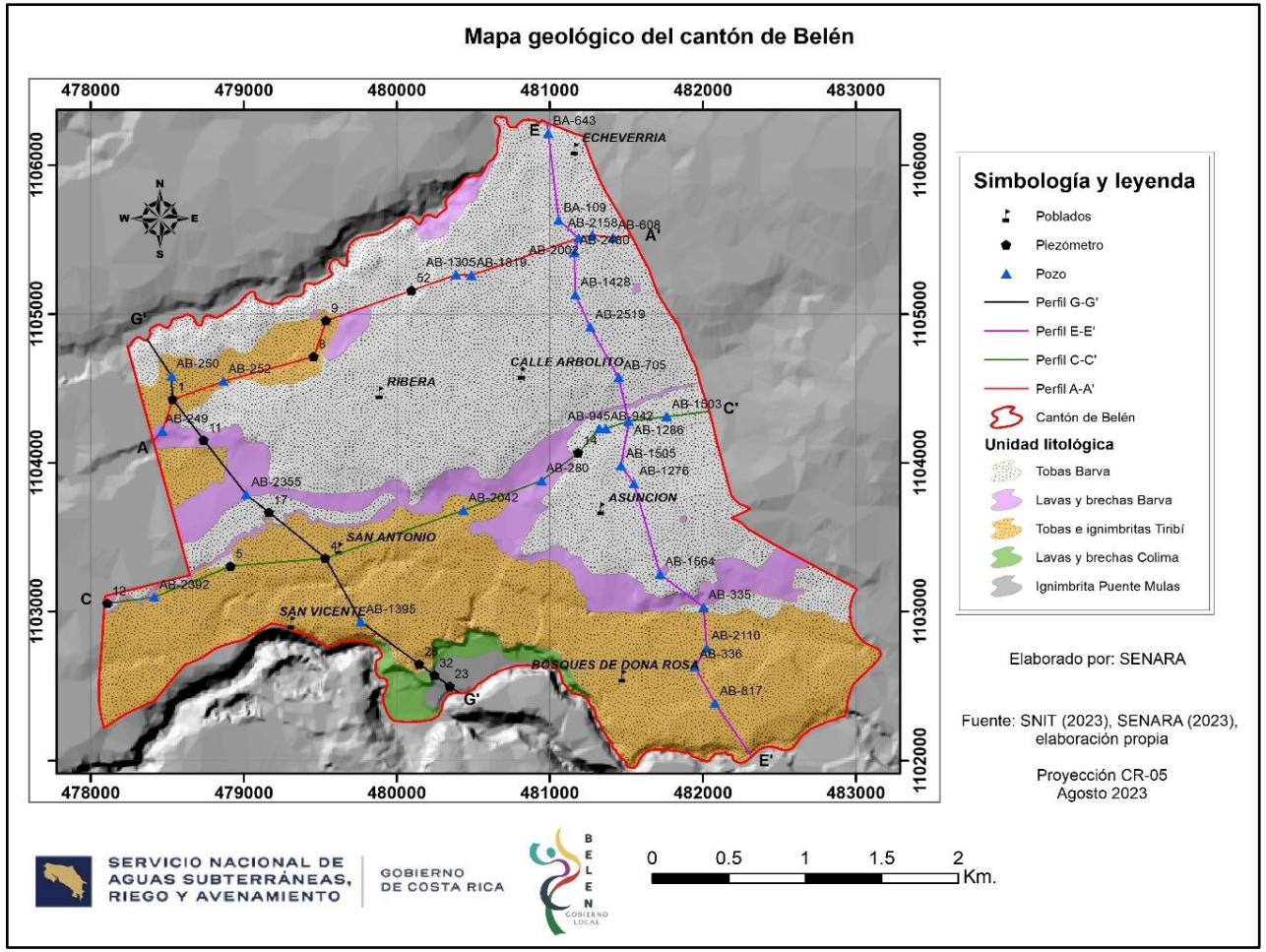
Estudio hidrogeológico de modelación numérica

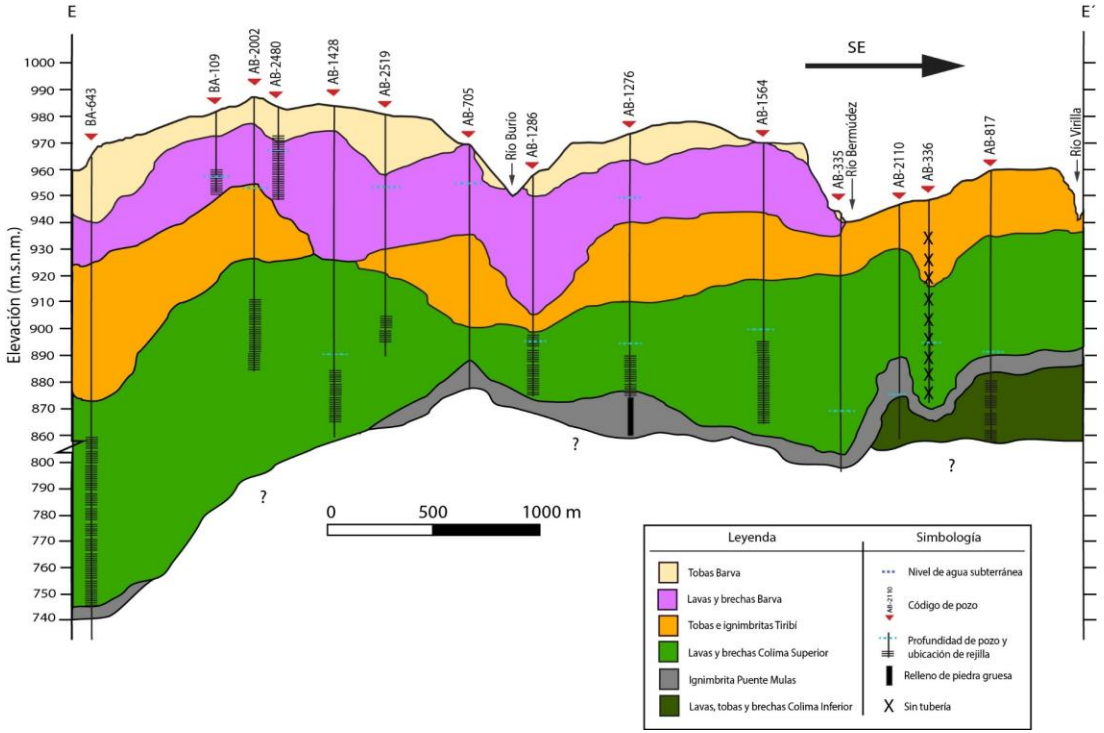
Productos principales asociados con el estudio hidrogeológico de modelación numérica

- Actualización del modelo y mapa geológico del cantón
- Actualización del modelo y mapa hidrogeológico
- Estimación de la recarga potencial a los acuíferos mediante un balance hídrico de suelos (Schosinsky (2006)).
- Modelo numérico del escenario actual
  - Cargas hidráulicas
  - Dirección de flujo
  - Balance hídrico (entradas y salidas)
- Escenarios con incrementos de extracción y cambio en las condiciones climáticas (2050).

SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

Modelo geológico

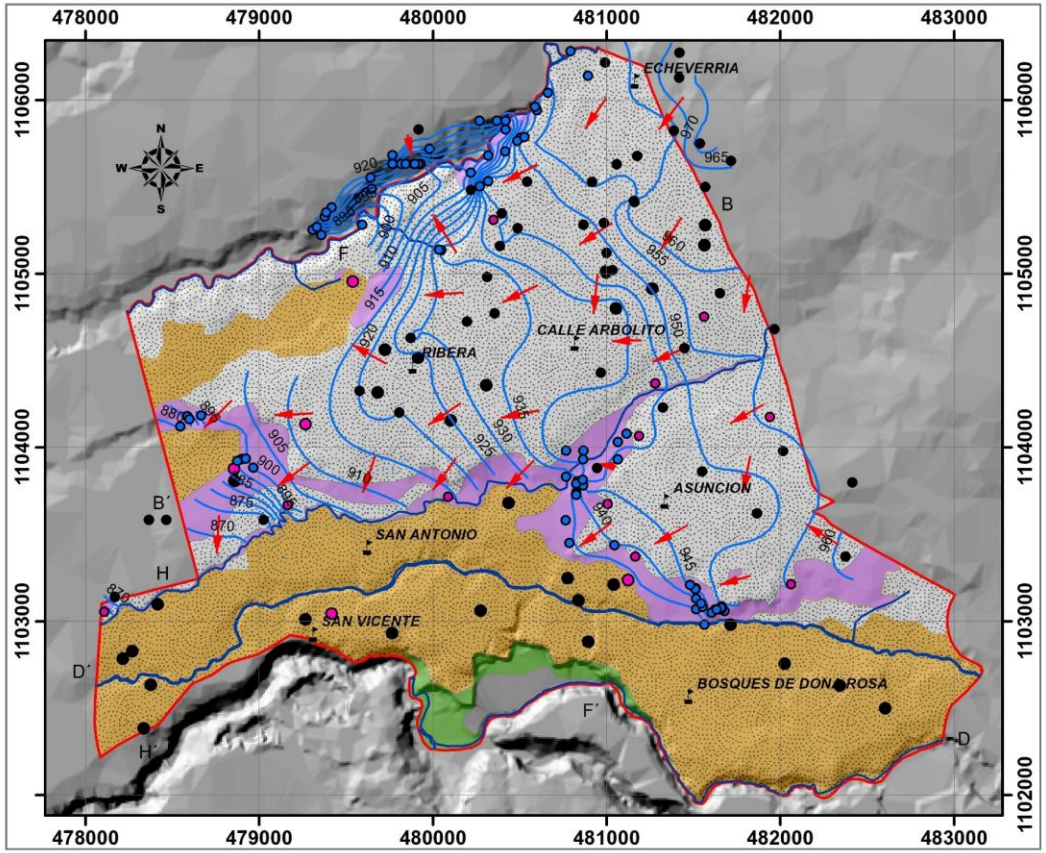




SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

Modelo hidrogeológico

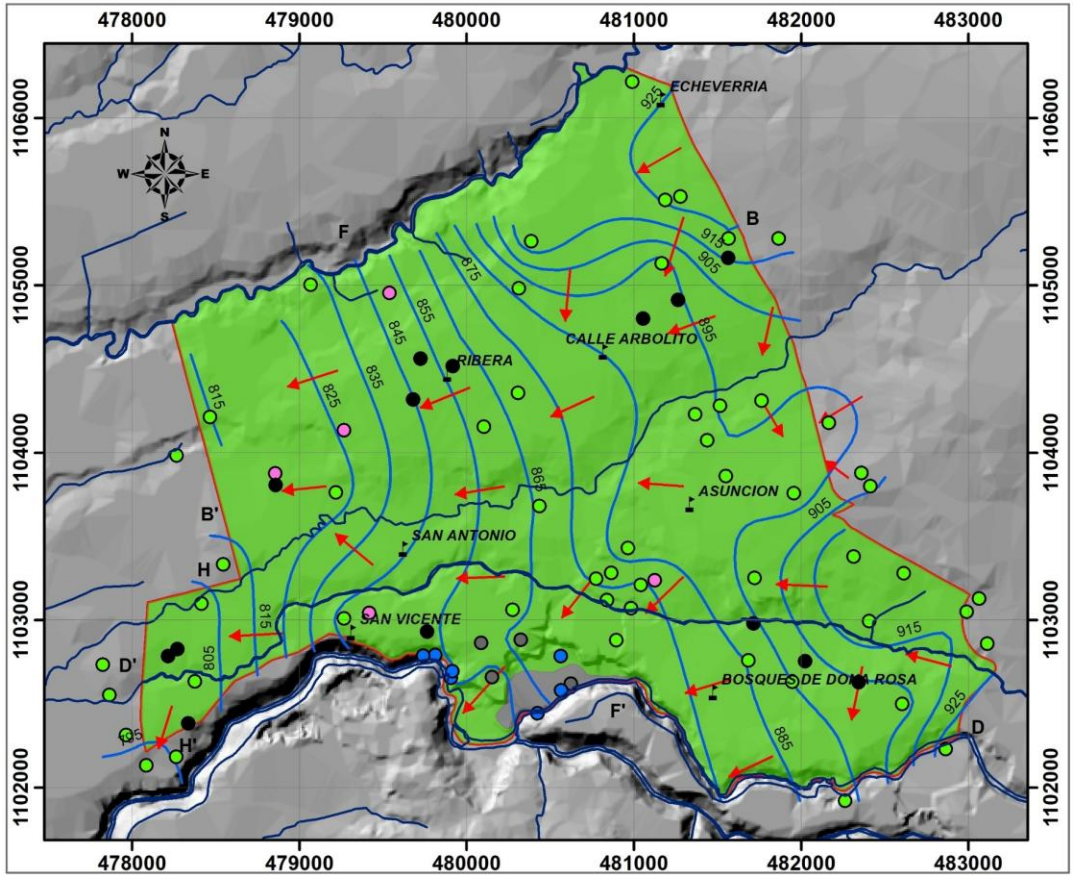
Parámetro	Acuífero Bermúdez	Acuífero Colima Superior	Acuífero Colima Inferior
Materiales	Lavas y brechas	Lavas y brechas	Lavas, brechas y tobas
Tipo	Fracturado	Fracturado	Fracturado / poroso
Caudales de extracción en pozos (l/s)	0.5 – 15.75	0.41 – 28 (> 80 en AyA)	0.1 – 9.5
Profundidad del nivel (mbns)	20 - 35	60 – 80	80 - 110
Espesor saturado (m)	3 – 53 Algunos secos	20 – 50 Algunos secos	Hasta 111 m Ninguno seco
Recarga	Lateral Directa Percolación vertical	Lateral (principal) Percolación vertical	Lateral (principal) Percolación vertical
Descarga	Pozos – manantiales – cauces – percolación – flujo subterráneo	Pozos – manantiales – cauces – flujo subterráneo	Pozos, flujo subterráneo
Grado de confinamiento	Libre	Libre (70%) Confinado (30%)	> Confinado
Transmisividad (m^2/d)	44 - 432	107 - 5418	188 - 368
Conductividad hidráulica (m/d)	Promedio 15	3.56 - 245	2.56 – 15.65
Dirección de flujo y gradiente	SW (0.01 – 0.03)	SW (Promedio 0.04)	SW (promedio 0.03)
Caudales en manantiales (l/s)	0.01 - 166	130 - 224	-



Acuífero Bermúdez

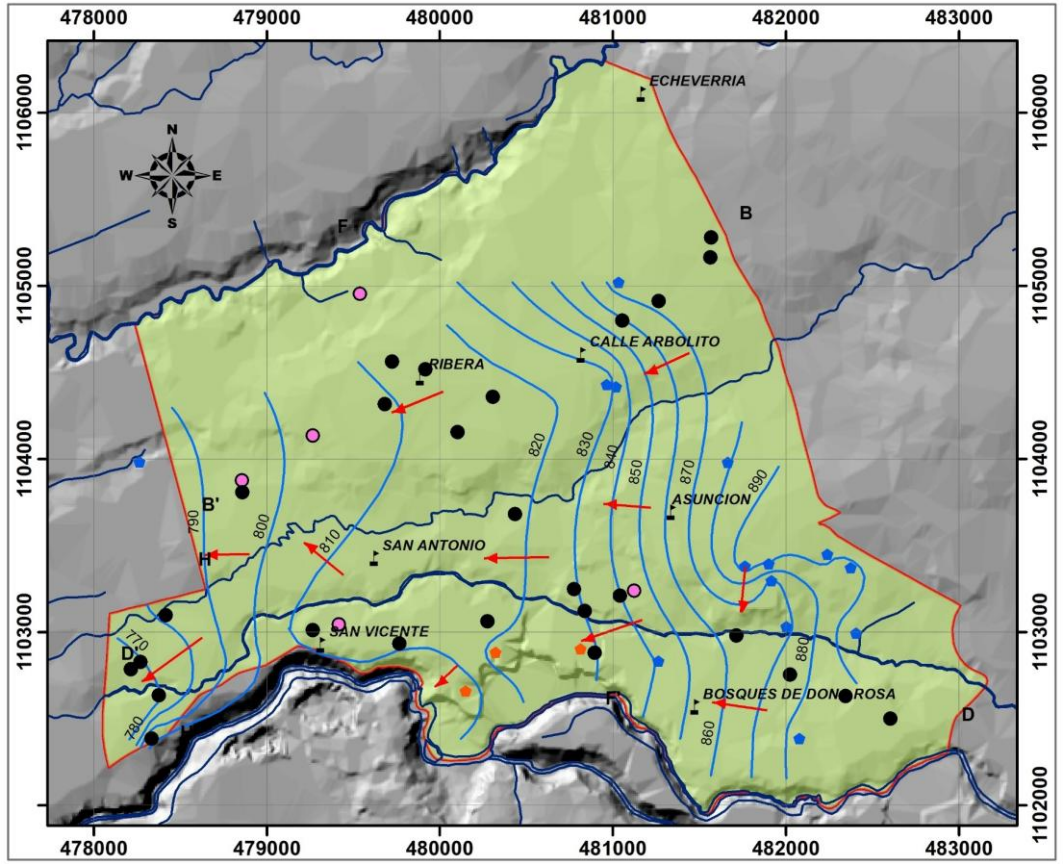
SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

Modelo hidrogeológico



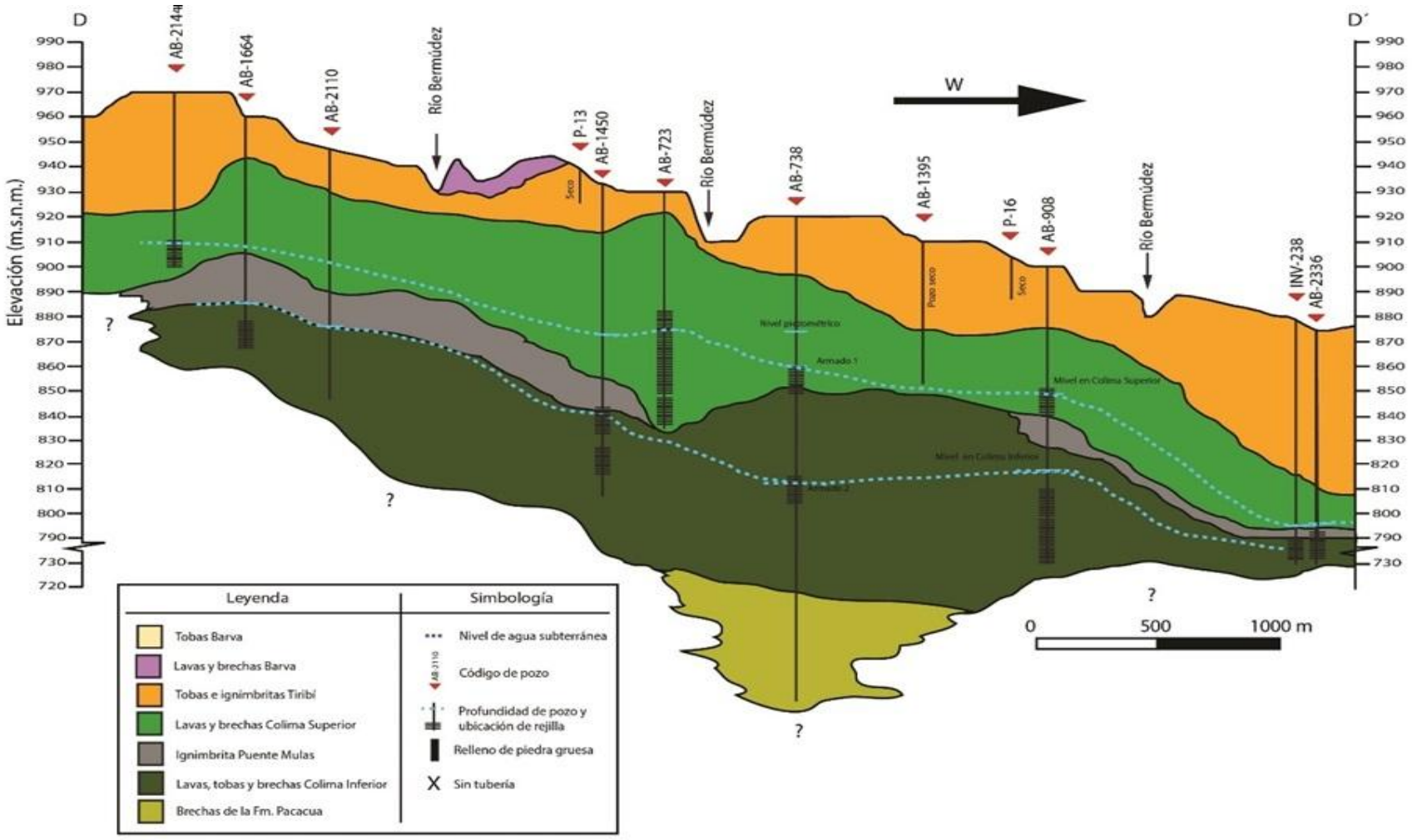
Acuífero Colima Superior

Acuífero Colima Inferior



SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

Modelo hidrogeológico

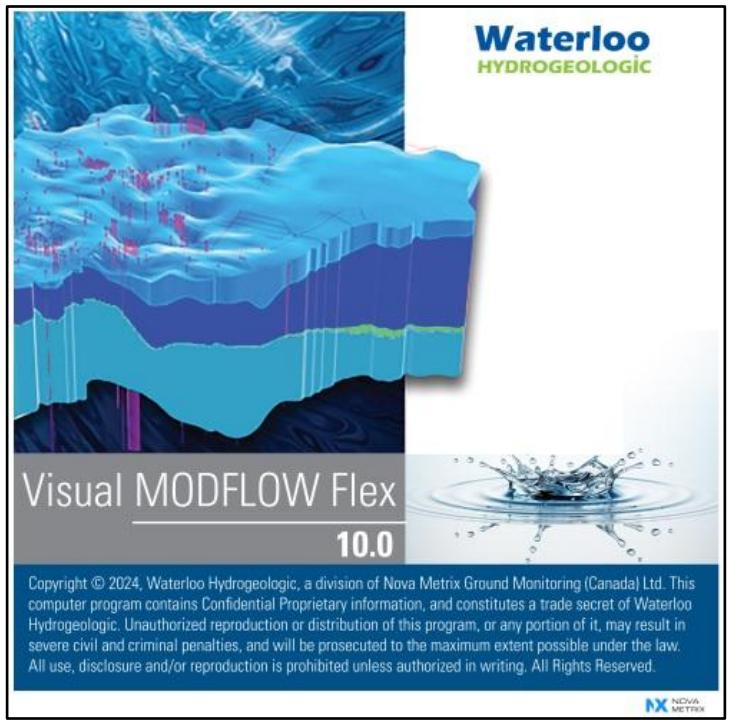


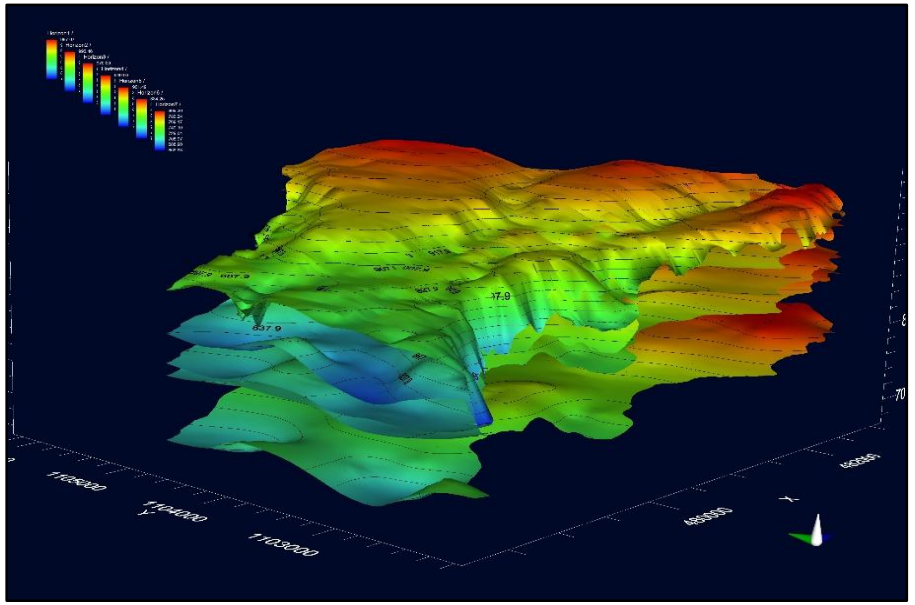
SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO

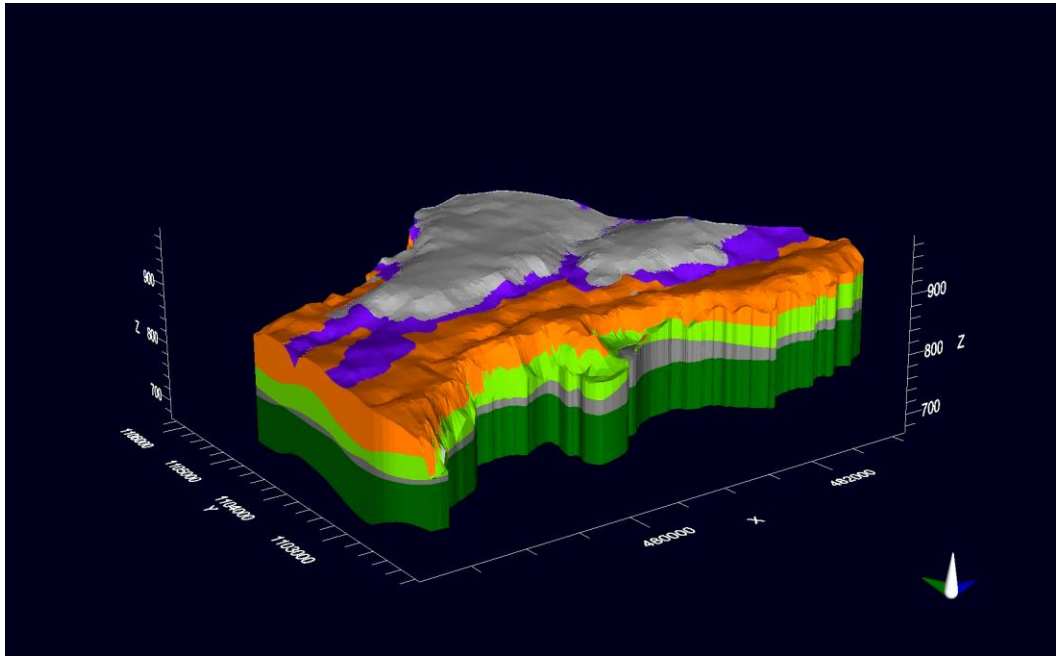
GOBIERNO DE COSTA RICA

Modelación numérica

SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA



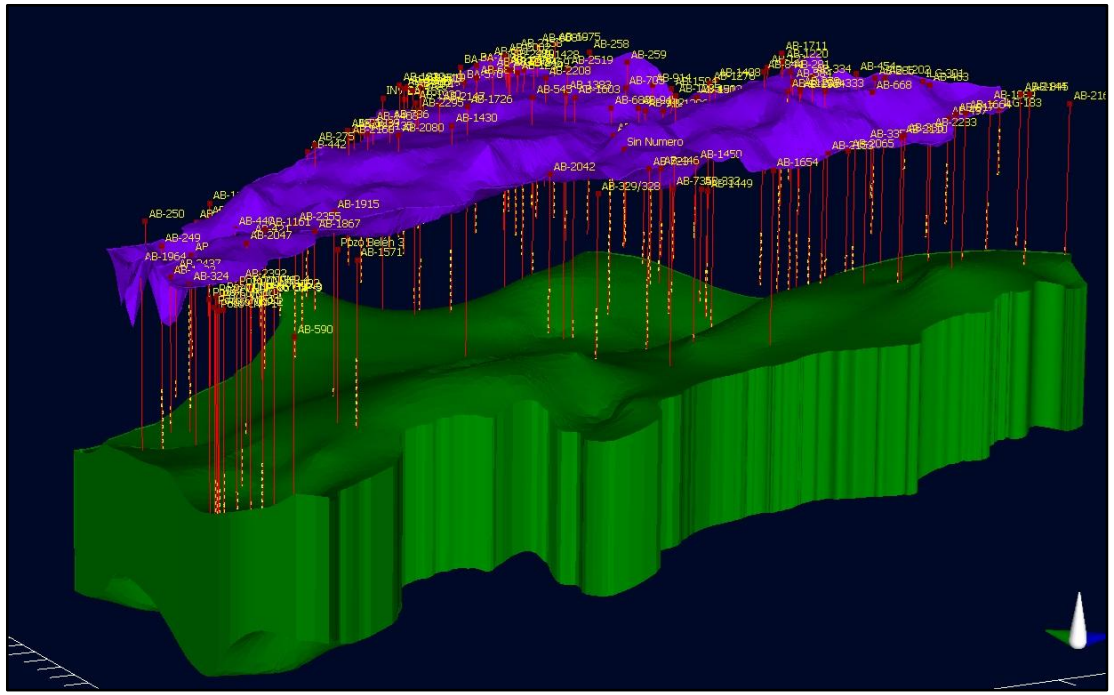


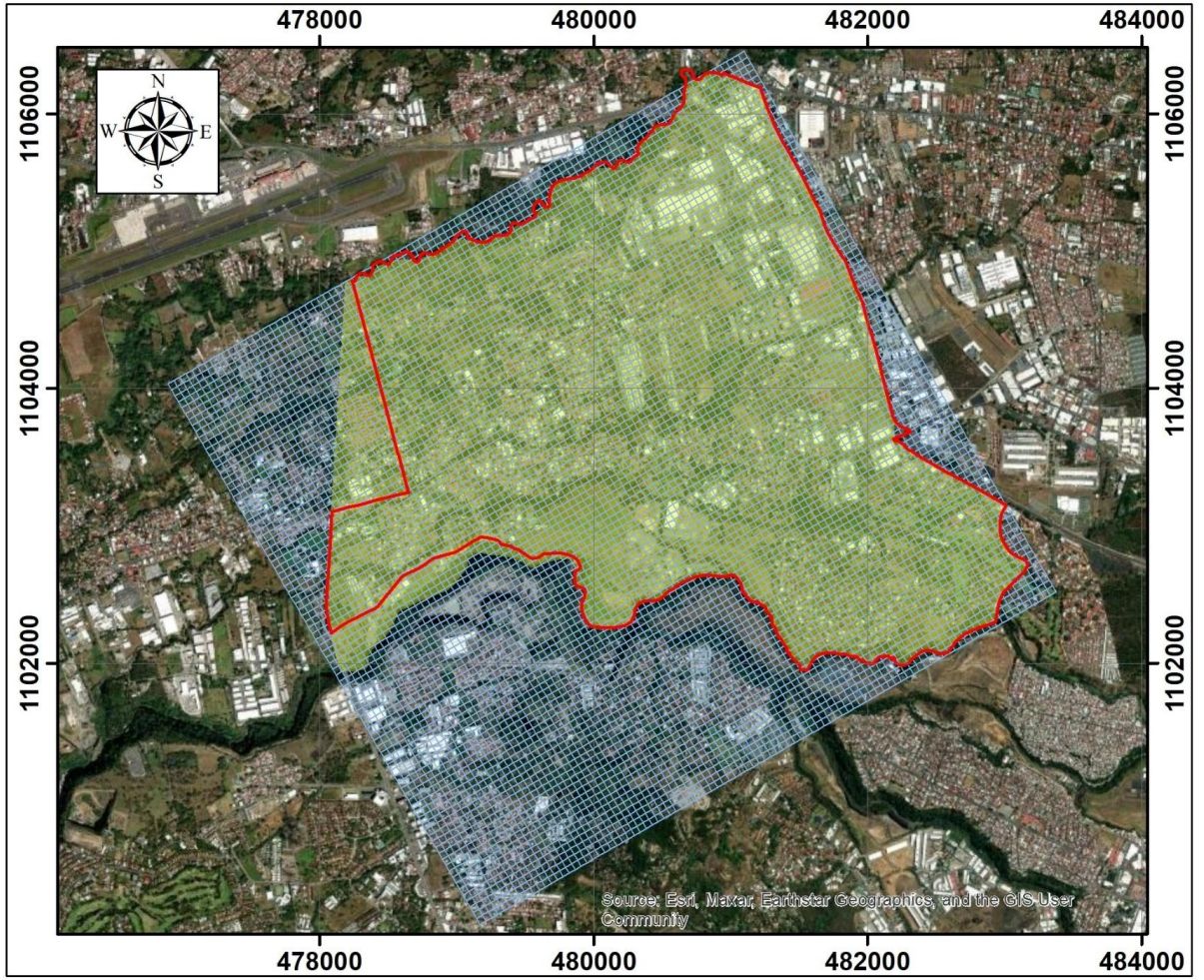


SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

Condiciones de frontera y parámetros hidráulicos

- Conductividad hidráulica de unidades
- Pozos de extracción
- Manantiales
- Recarga superficial
- Recarga lateral
- Ríos principales

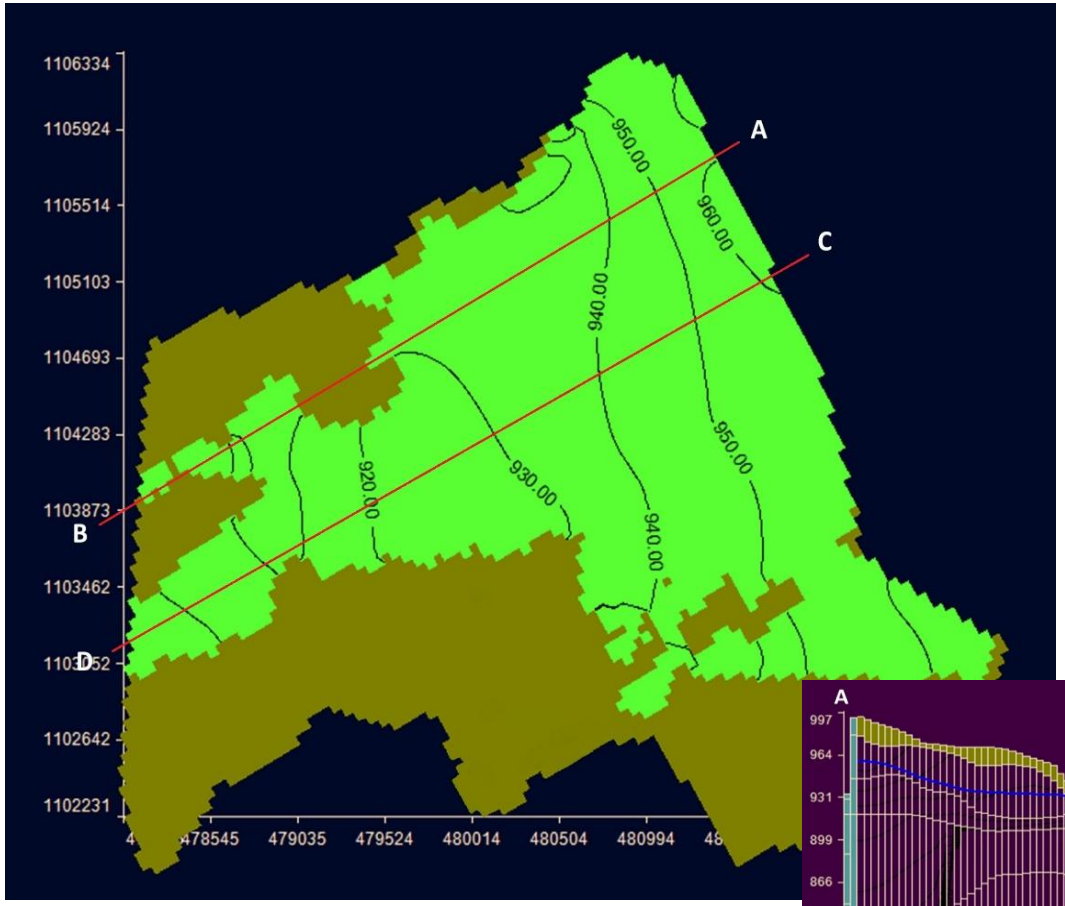


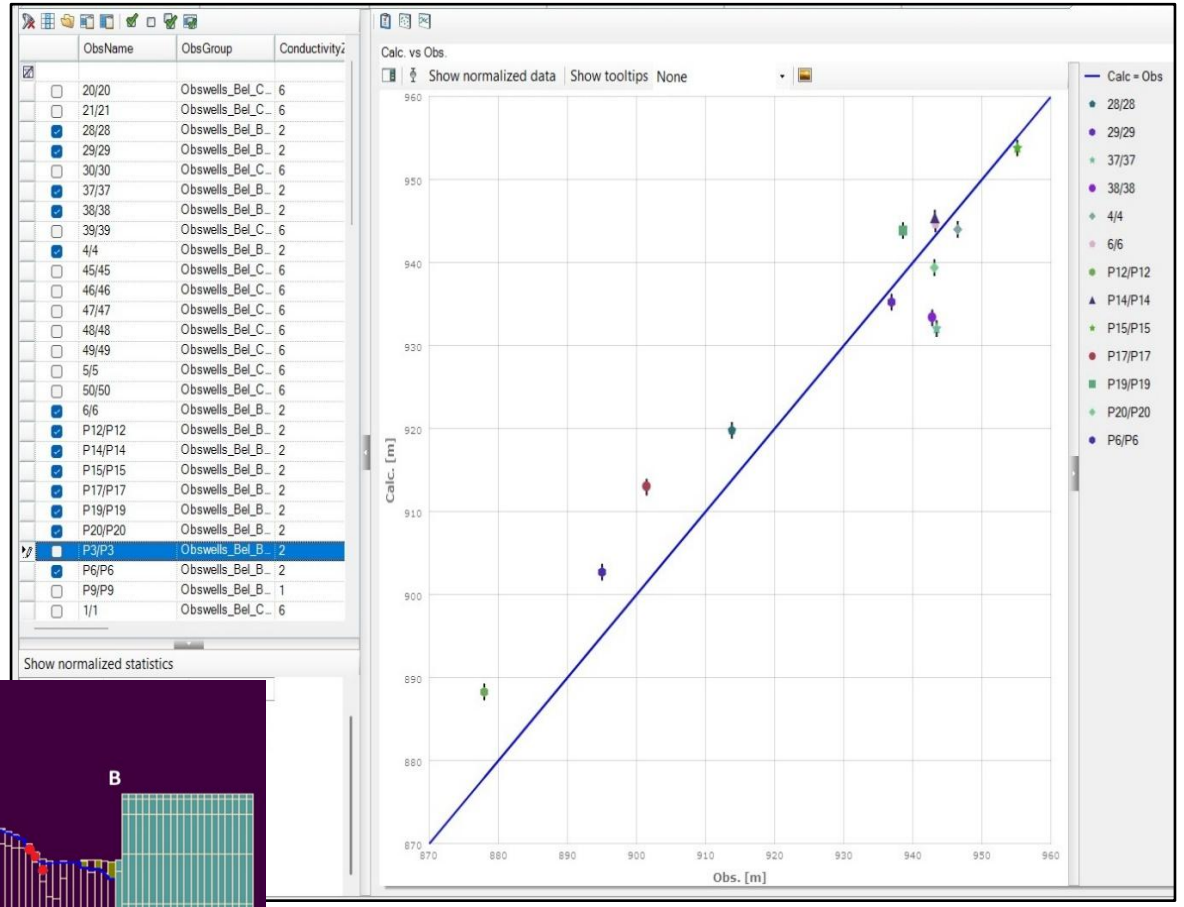


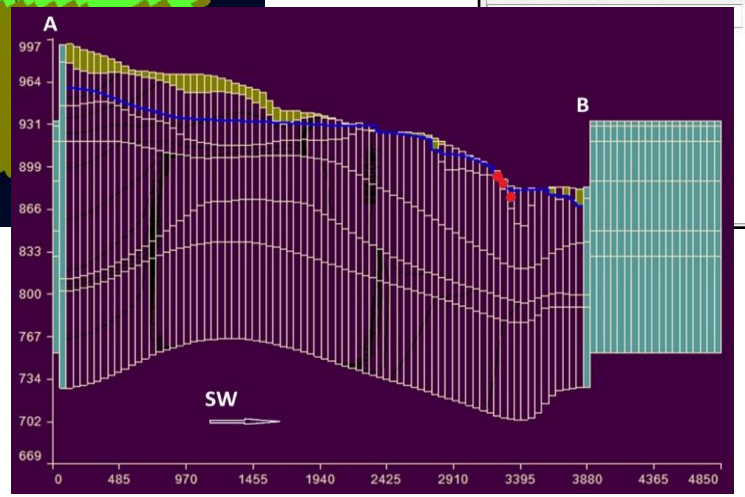
SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

Resultados

Escenario actual



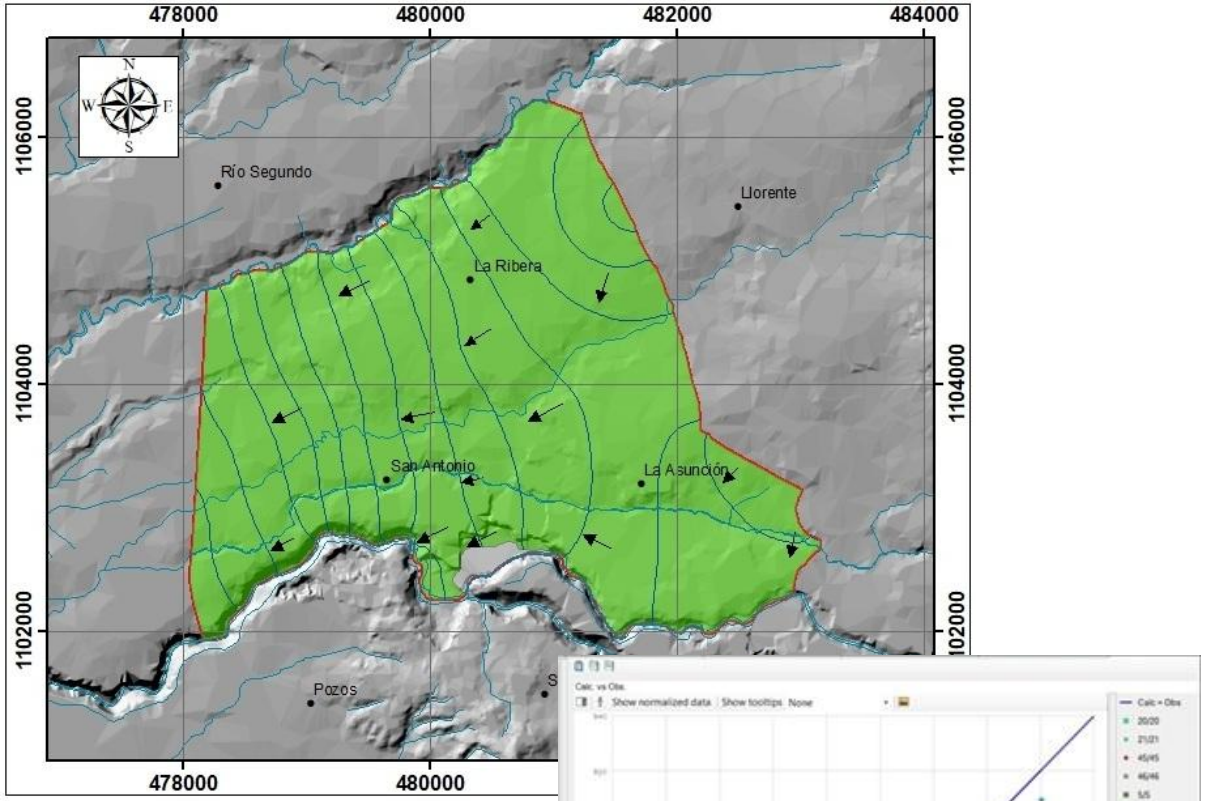


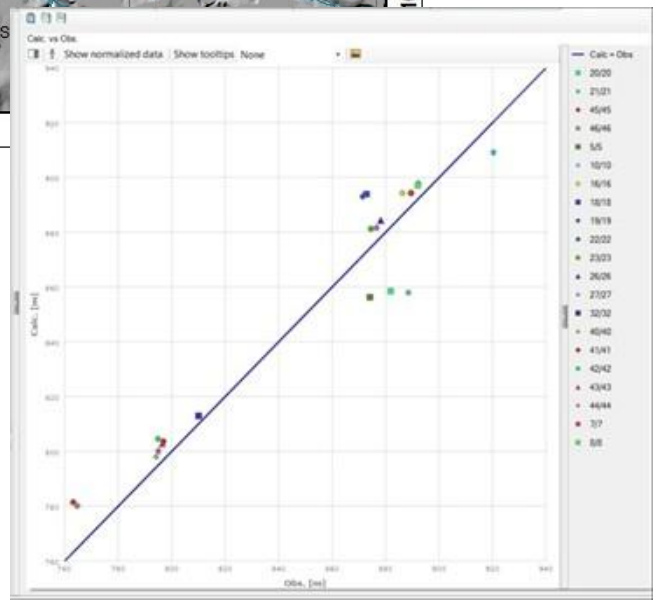


Acuífero Bermúdez

Correlación : 0.97

8.89%

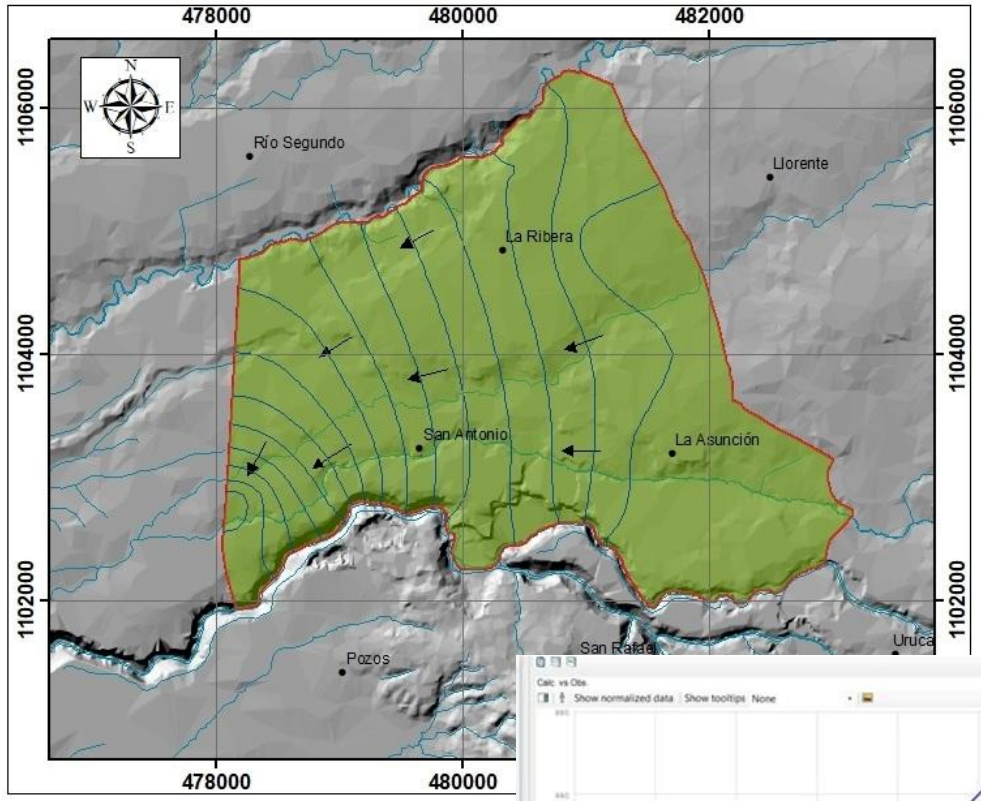


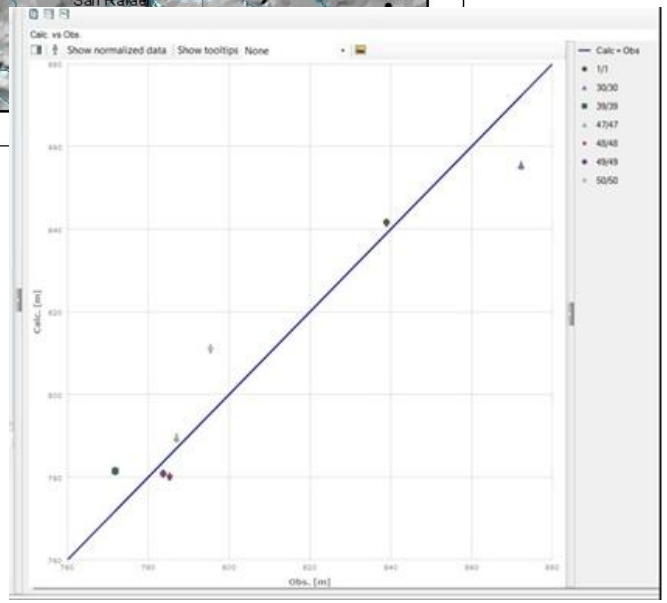


Acuífero Colima Superior

Correlación : 0.96

8.65%





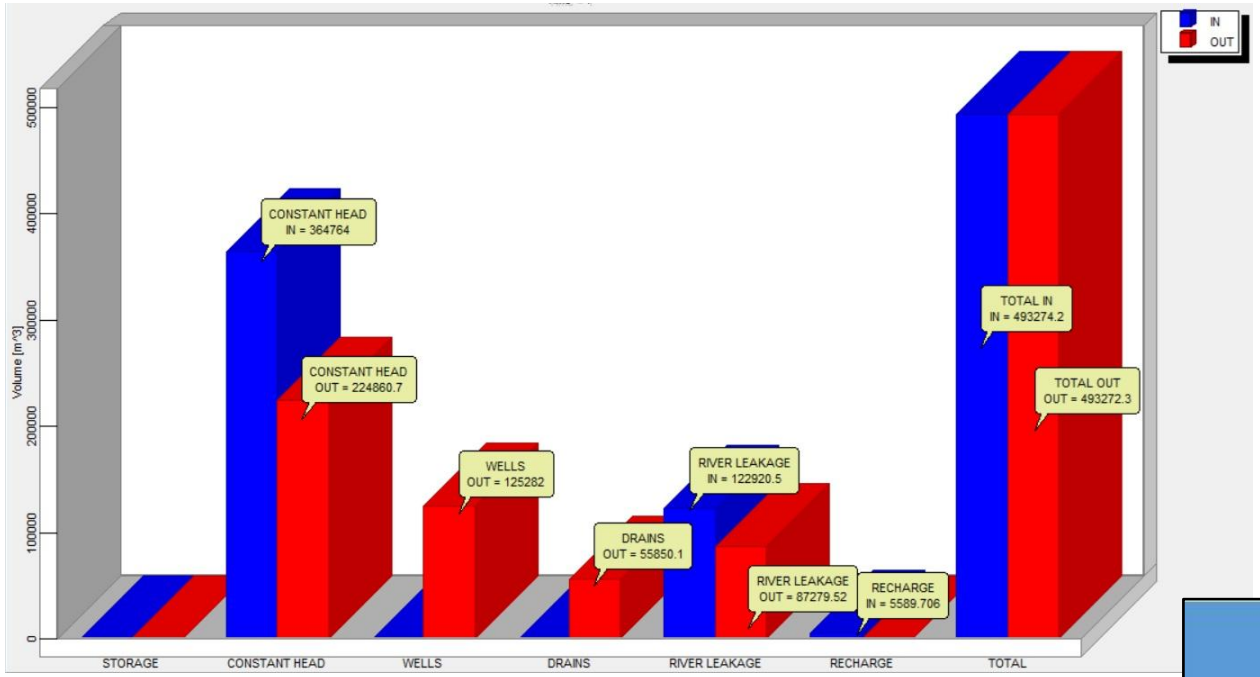
Acuífero Colima Inferior

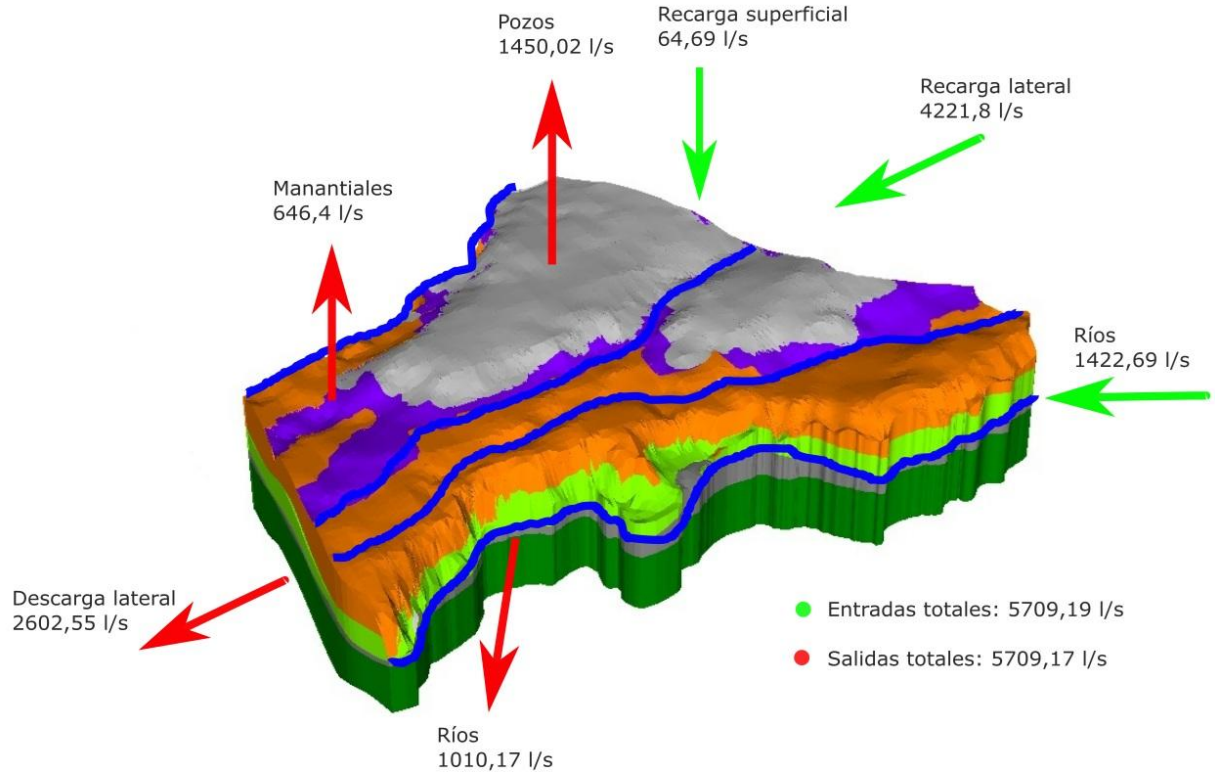
Correlación : 0.95

9.7%

SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

Balance hídrico total

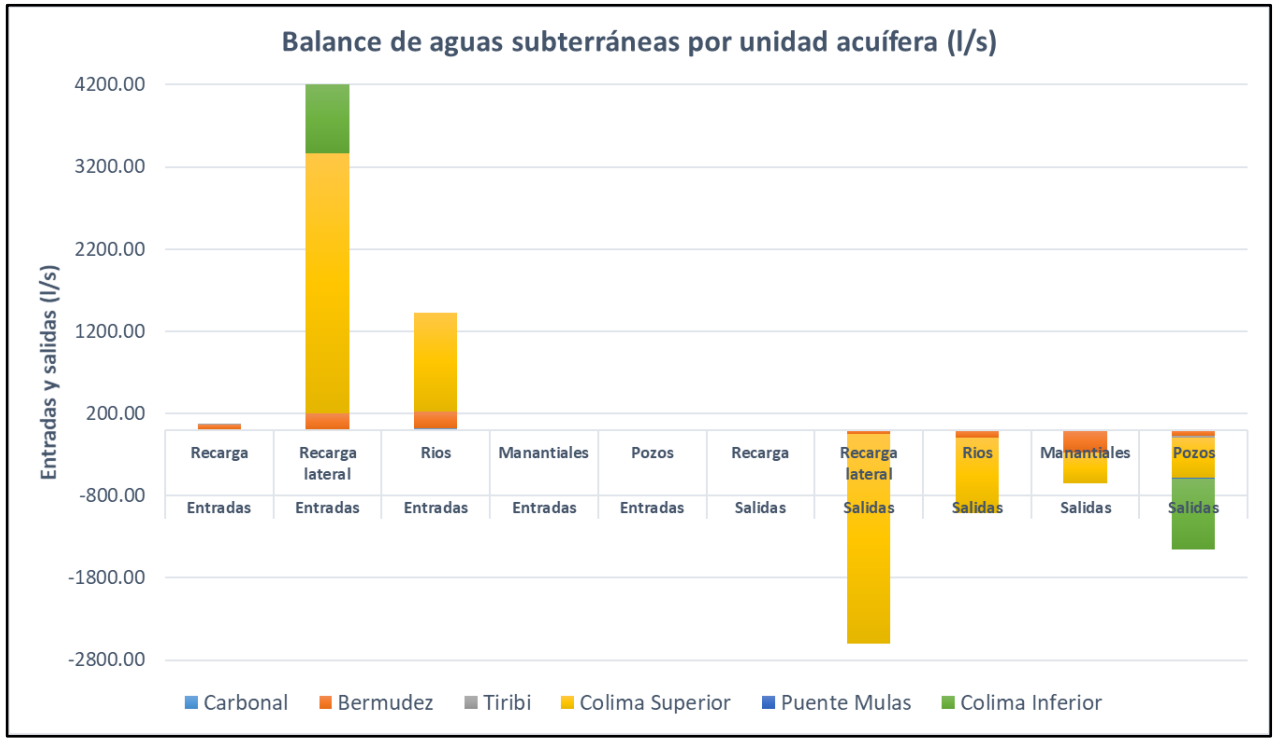




	Almacenamiento	Recarga lateral (constant head)	Pozos	Ríos	Manantiales (Drains)	Recarga superficial	Total
Entradas (m^3/d)	0	364764	0	122920.5	0	5589.706	493274.2
Salidas (m^3/d)	0	224860.7	125282	87279.52	55850.1	0	493272.3
Entradas (l/s)	0	4221.8	0	1422.69	0	64.69	5709.19
Salidas (l/s)	0	2602.55	1450.02	1010.17	646.4	0	5709.17

SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

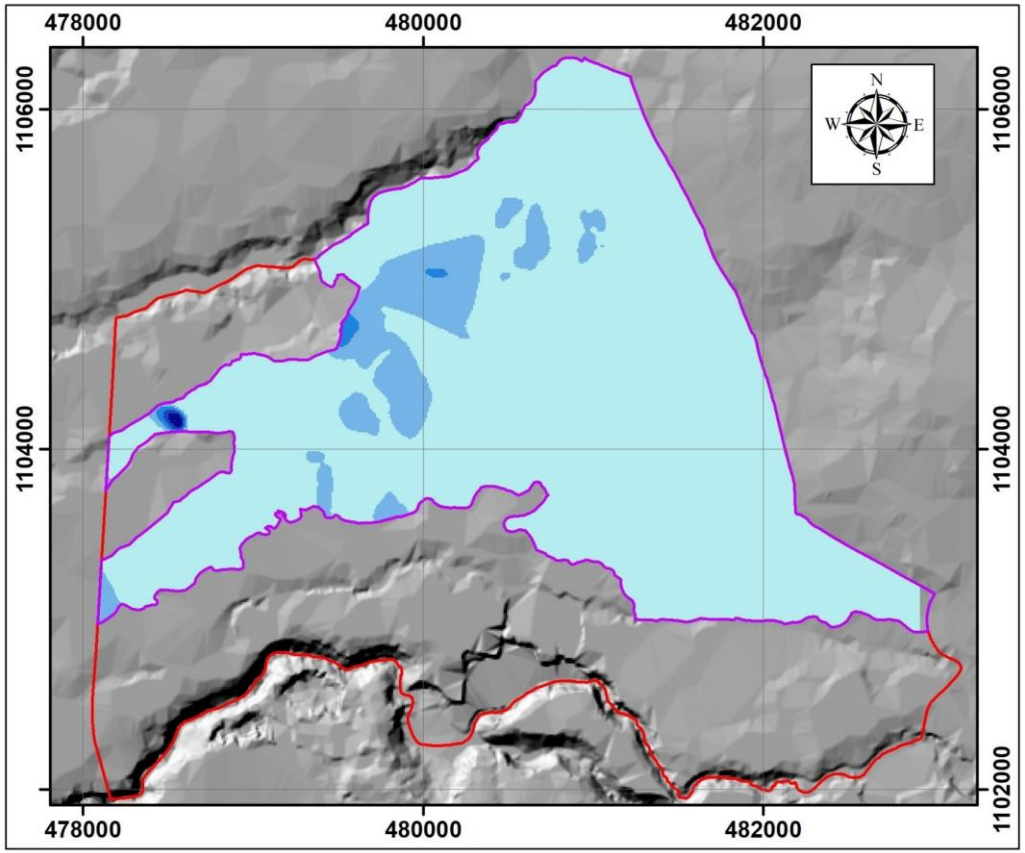
Balance hídrico por unidad acuífera



LITROS POR SEGUNDO								
Balance	**Frontera**	**Carbonal**	**Bermudez**	**Tiribi**	**Colima Superior**	**Puente Mulas**	**Colima Inferior**	**Totales**
Entradas	Recarga	6.82	55.30	2.57	0.00	0.00	0.00	57.87
Entradas	Recarga lateral	0.00	202.51	0.00	3157.18	0.00	862.09	4221.78
Entradas	Rios	23.05	202.44	2.74	1194.44	0.00	0.00	1399.62
Entradas	Manantiales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Entradas	Pozos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total entradas		**29.87**	**460.25**	**5.31**	**4351.62**	**0.00**	**862.09**	**5709.15**
Salidas	Recarga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Salidas	Recarga lateral	0.00	-43.52	0.00	-2559.03	0.00	0.00	-2602.55
Salidas	Rios	-0.27	-97.83	0.00	-912.08	0.00	0.00	-1010.18
Salidas	Manantiales	0.00	-270.09	0.00	-376.32	0.00	0.00	-646.41
Salidas	Pozos	0.00	-75.42	-18.50	-490.51	-7.00	-858.59	-1450.02
Total salidas		**-0.27**	**-486.86**	**-18.50**	**-4337.94**	**-7.00**	**-858.59**	**-5709.16**

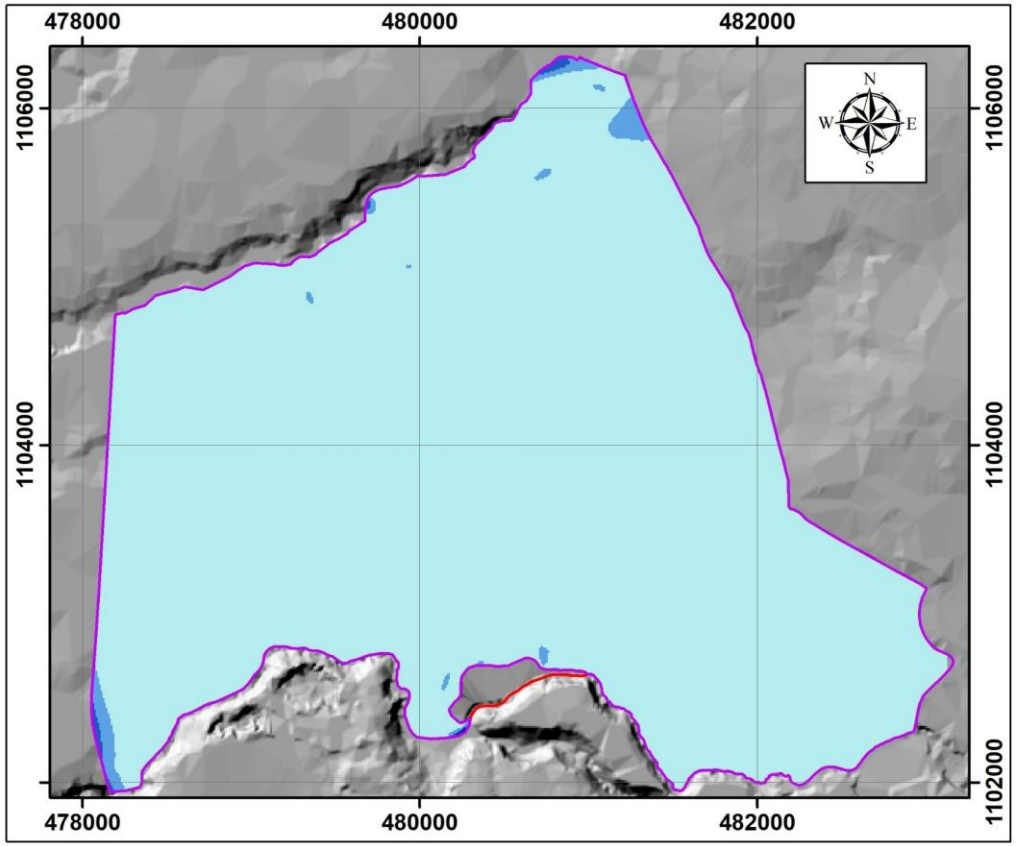
SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

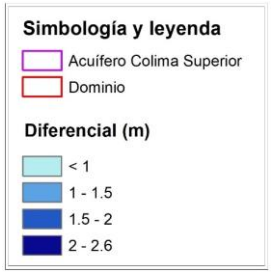
Escenario 30% de extracción en pozos





Acuífero Bermúdez

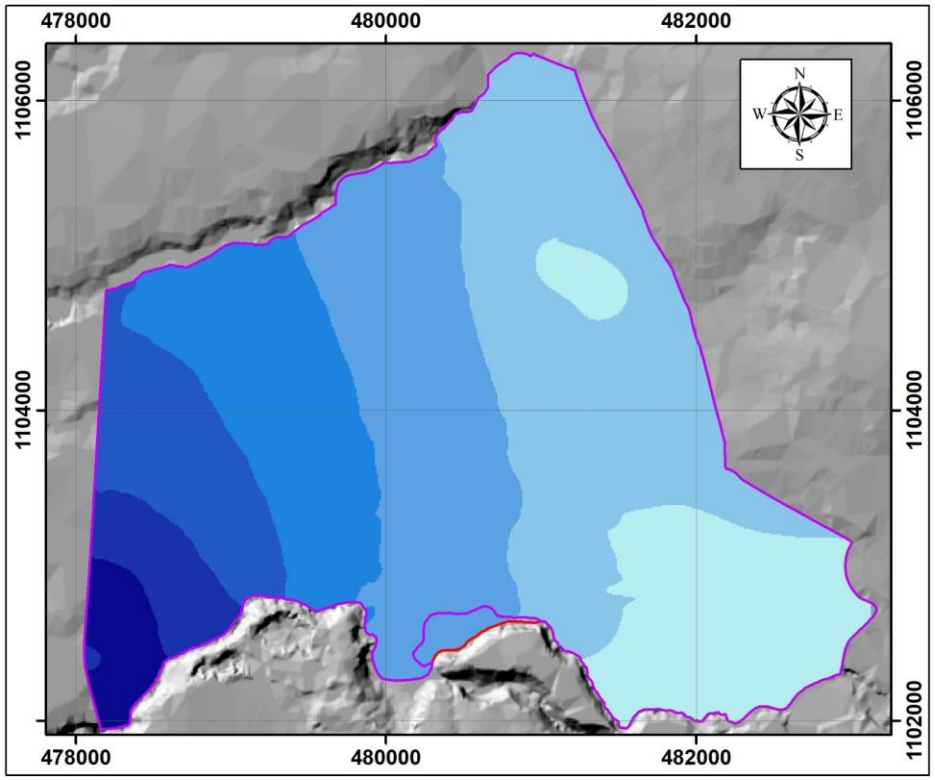


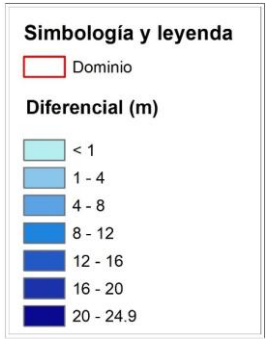


Acuífero Colima Superior

SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

Escenario 30% de extracción en pozos





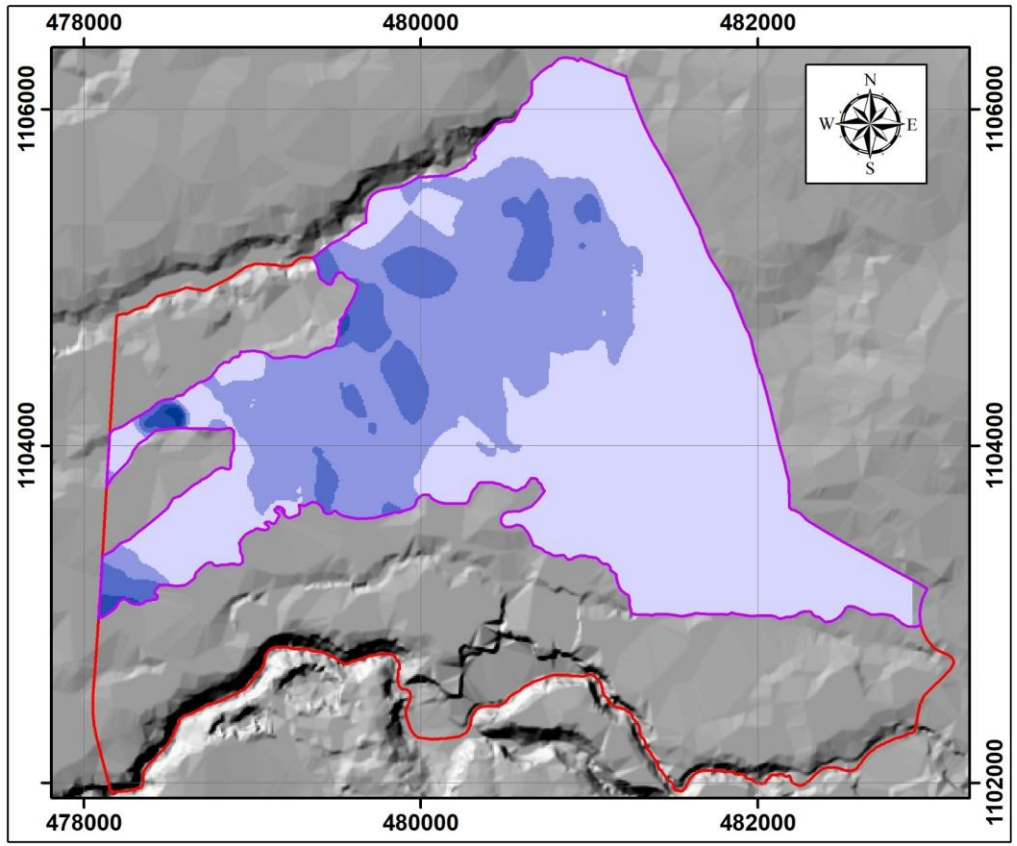
Acuífero Colima Inferior

Caudales de descarga en manantiales:

Unidad Acuífera	Descarga actual (m^3/d)	Descarga 30% (m^3/d)	% disminución
Bermúdez	23336	22552	3.3
Colima Superior	32514	32306	0.64
TOTAL	55850	54858	1.77
Unidad Acuífera	Descarga actual (l/s)	Descarga 30% (l/s)	% disminución
Bermúdez	270.09	261.01	3.3
Colima Superior	376.32	373.91	0.64
TOTAL	646.41	634.92	1.77

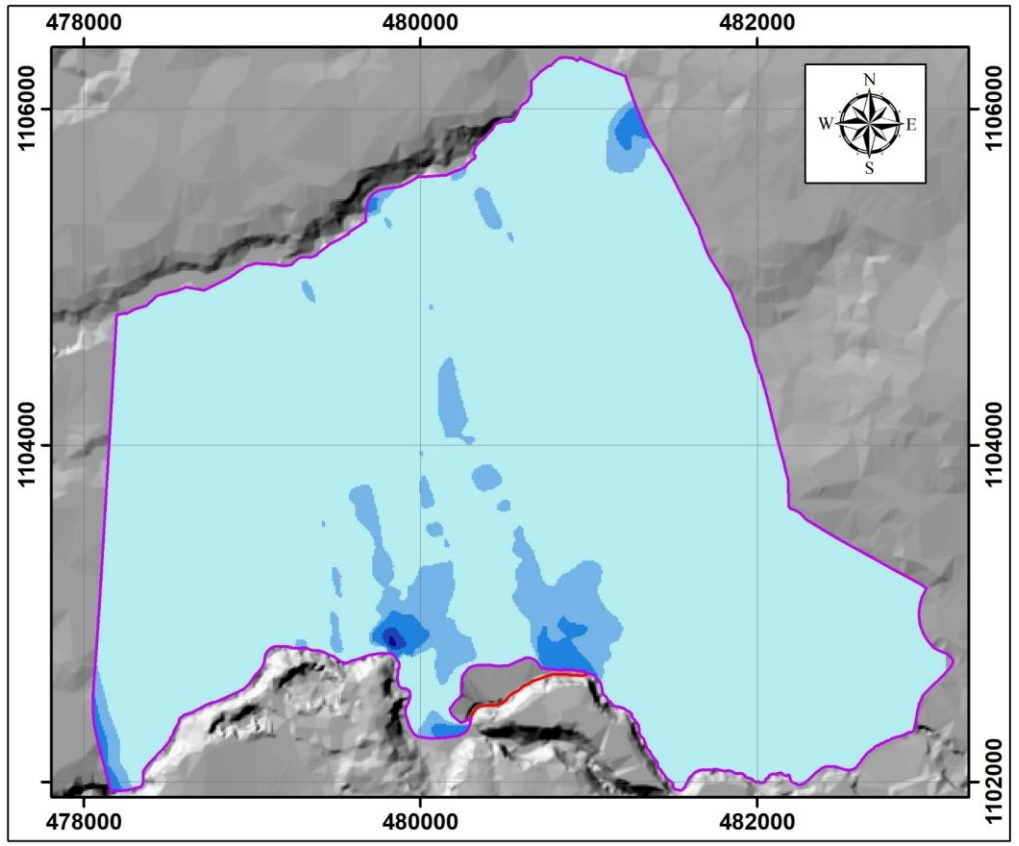
SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

Escenario 2050 e incremento de extracción en pozos





Acuífero Bermúdez

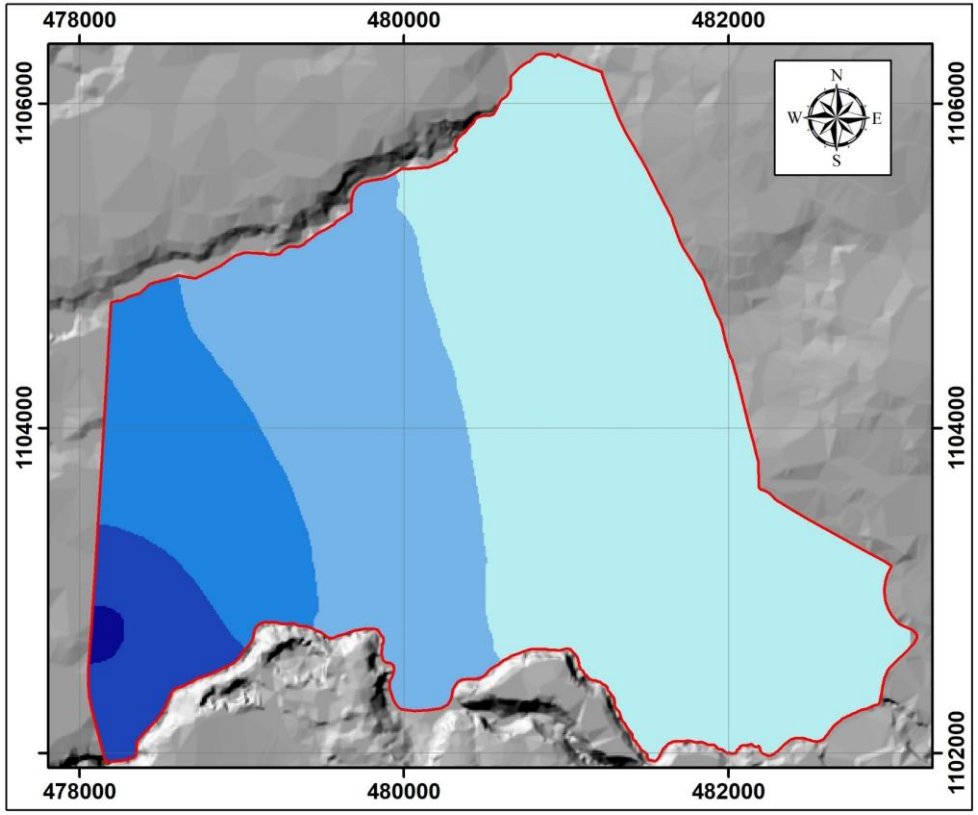




Acuífero Colima Superior

SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

Escenario 2050 y 30% de extracción en pozos





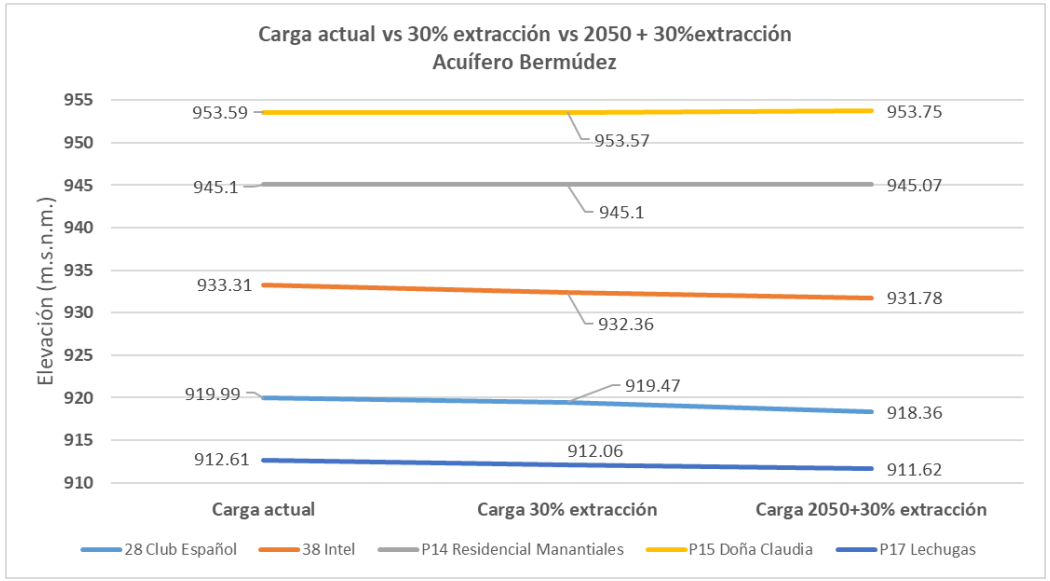
Acuífero Colima Inferior

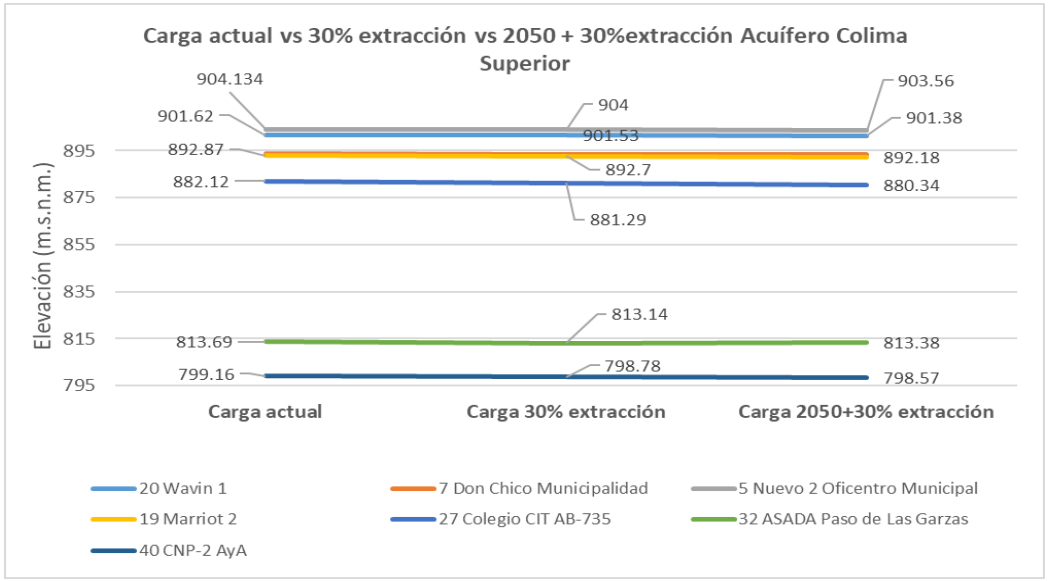
Caudales de descarga en manantiales:

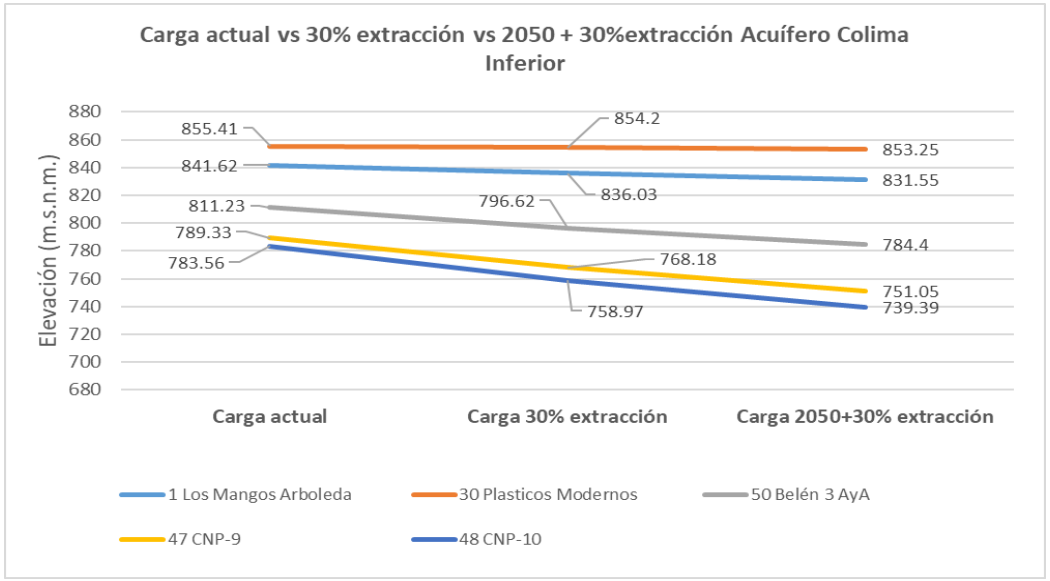
Unidad Acuífera	Descarga actual (m³/d)	Descarga 30% (m³/d)	% disminución
Bermúdez	23336	21773	6.69
Colima Superior	32514	29835	8.23
TOTAL	55850	51608	7.59
Unidad Acuífera	Descarga actual (l/s)	Descarga 30% (l/s)	% disminución
Bermúdez	270.09	252.00	6.69
Colima Superior	376.32	345.31	8.23
TOTAL	646.41	597.31	7.59

SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

Abatimientos modelados en pozos







Conclusiones

- Se actualizó el modelo geológico del cantón de Belén.
- Se actualizó el modelo hidrogeológico del cantón.
- Se determinó la recarga potencial superficial actual en el cantón y la categorización de las áreas. 9.53% de la precipitación total.
- Recopilación de la información existente en las bases de datos institucionales del SENARA, Dirección de Agua del MINAE e Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Según SINIGIRH el aprovechamiento total es de 2482,32 l/s (1443,13 l/s en pozos, 434,03 l/s en manantiales y 604,16 l/s en ríos).
- Las equipotenciales generadas en la modelación numérica son consistentes con el modelo hidrogeológico y sus cargas hidráulicas muestran correlaciones adecuadas con respecto al monitoreo de campo.
- Balance hídrico del escenario actual en equilibrio. Entradas y salidas de 5709 l/s.
- El incremento del 30% en los caudales de extracción de pozos genera abatimientos en los acuíferos y disminución en la descarga de manantiales. La disminución en los manantiales del acuífero Bermúdez es de un 3.3% y los abatimientos mas severos se observan en el acuífero Colima Inferior.

Conclusiones

- La variación en las condiciones climáticas para el año 2050 junto con el aumento de extracción en los pozos incrementa la magnitud de los abatimientos en las cargas hidráulicas de los acuíferos. La disminución en la descarga de los manantiales es de un 6.69% para el acuífero Bermúdez y de un 8.23% para Colima Superior. Los abatimientos en el acuífero Colima Superior se mantienen predominantemente por debajo de 1.5 metros y en Colima Inferior se intensifica la caída de niveles hacia el sector SW del cantón.

Recomendaciones

- **A la Municipalidad de Belén**
  - Liderar el proceso de homologación de bases de datos institucionales (Municipalidad, SENARA, AyA, DA).
  - Mantener la red de monitoreo de pozos y piezómetros y realizar pruebas de bombeo, como insumos para el control y actualización de los modelos.
  - Construcción de infraestructura para el aforo de caudales en los manantiales y monitoreo mensual.
  - Diseño de una red de aforo en los cauces que permita detallar el comportamiento efluente – influente.
  - Rehabilitación y resguardo de los piezómetros de monitoreo.
  - Instalación de hidrómetros y líneas de aire en todos los pozos para el registro de niveles y caudales de extracción por pozo.
  - Mantener actualizado el estudio del agua no contabilizada para la optimización del uso del recurso hídrico subterráneo.
- **A la Dirección de Agua del MINAE**
  - Que emita lineamientos de restricción a la profundidad de perforaciones exploratorias de particulares con el fin de evitar la captación del acuífero Colima Inferior.
  - Que notifique a los propietarios de pozos sobre la obligación de habilitar líneas de aire en los pozos.

Recomendaciones

- **Al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados**
  - Llevar a cabo la ejecución de pruebas de bombeo en sus pozos mediante las cuales se evalúen los parámetros hidráulicos de los acuíferos captados. Esta información es particularmente necesaria para el acuífero Colima Inferior.

- **Gestión del recurso hídrico**
  - *Acuífero Bermúdez:*
    - Se recomienda a la Dirección de Agua no autorizar la perforación de más pozos que capten este acuífero al considerar la extensión y magnitud de los abatimientos para el escenario 2050 , la caída de niveles hacia el sector de Ojo de Agua y la disminución en la descarga modelada de los manantiales.
    - Se recomienda a la Municipalidad de Belén optimizar las captaciones municipales para captar un porcentaje mayor de la descarga natural que se genera en estos manantiales.

Recomendaciones

- **Gestión del recurso hídrico**
  - *Acuífero Colima Superior:*
    - Se recomienda a la Dirección de Agua permitir, tanto para abastecimiento público como uso privado, el incremento en la extracción de pozos de hasta un 20% sobre los caudales de extracción modelados. Importante mantener las condiciones de recarga lateral propias de los sectores aguas arriba del cantón.
    - Gran parte del cantón se encuentra cubierto por el Área de Reserva Acuífera Puentes Mulas, las zonas de restricción A, B, C y D del AyA y la Zona de Regulación a la perforación de SENARA, por lo que, las solicitudes de pozos que se realicen dentro de estas zonas deben cumplir con lo estipulado en el acuerdo del AyA No. 2010-023, del Comité Técnico Interinstitucional del 18 de octubre del 2011 y el oficio de SENARA DIGH-CIR-004-2012.

Recomendaciones

- **Gestión del recurso hídrico**
  - *Acuífero Colima Inferior:*
    - Se recomienda a la Dirección de Agua del MINAE, permitir el incremento en las extracciones de hasta un 10% sobre los caudales de extracción actual modelados en este estudio.
    - Por su importancia estratégica para el país, mantener la restricción de perforación existente para este acuífero, de manera que, se mantenga como reserva hídrica para abastecimiento poblacional de agua potable, según se indica en el oficio SENARA-DIGH-0084-17 del 08 de agosto del 2017.

SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO | GOBIERNO DE COSTA RICA

Muchas gracias

Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento