

# ESTUDIOS HIDROGEOLÓGICOS REALIZADOS EN EL CIICA

Autores: Ph. D. Oliver Saavedra Valeriano

Ing. Laura Rosales Vargas

Ing. Brayan López Gonzales

# MIEMBROS



**Oliver Saavedra, PhD**  
[oliversaavedra@upb.edu](mailto:oliversaavedra@upb.edu)  
Cel. 79961763

Director CIICA, UPB.



**Laura Rosales**  
[laurarosales1@upb.edu](mailto:laurarosales1@upb.edu)  
Cel. 60727131

Investigador CIICA, UPB.



**Brayan López**  
[brayanlopezg1@upb.edu](mailto:brayanlopezg1@upb.edu)  
Cel. 75911130

Investigador CIICA, UPB.

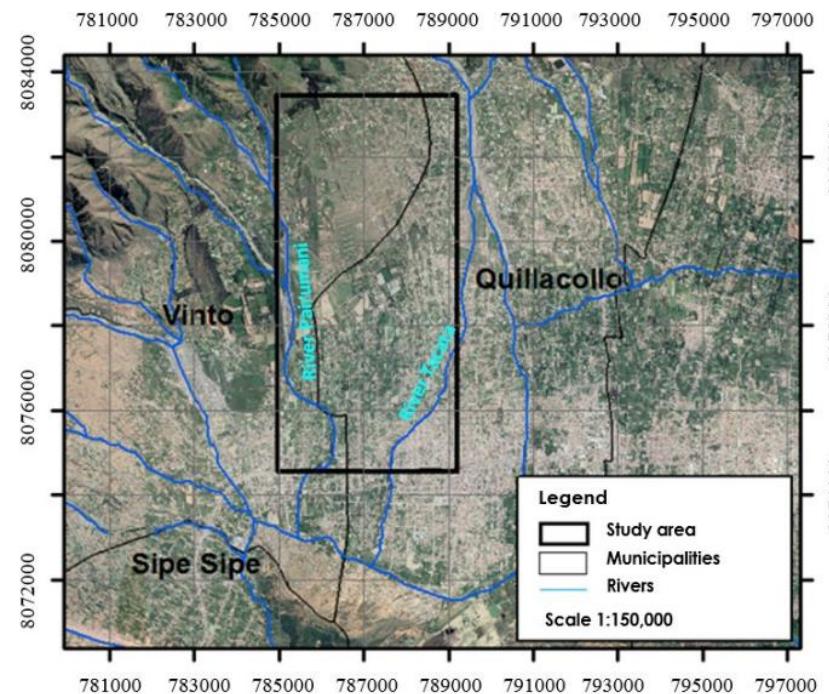
# CONTENIDO

1. ACTIVIDADES PREVIAS
2. ACTIVIDADES ACTUALES
3. FUTURAS

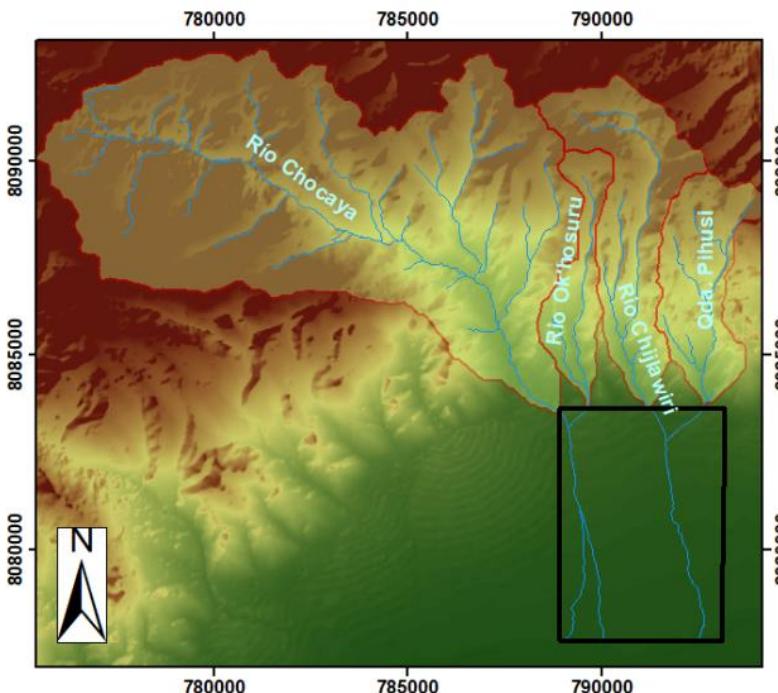


# ESTUDIOS PREVIOS

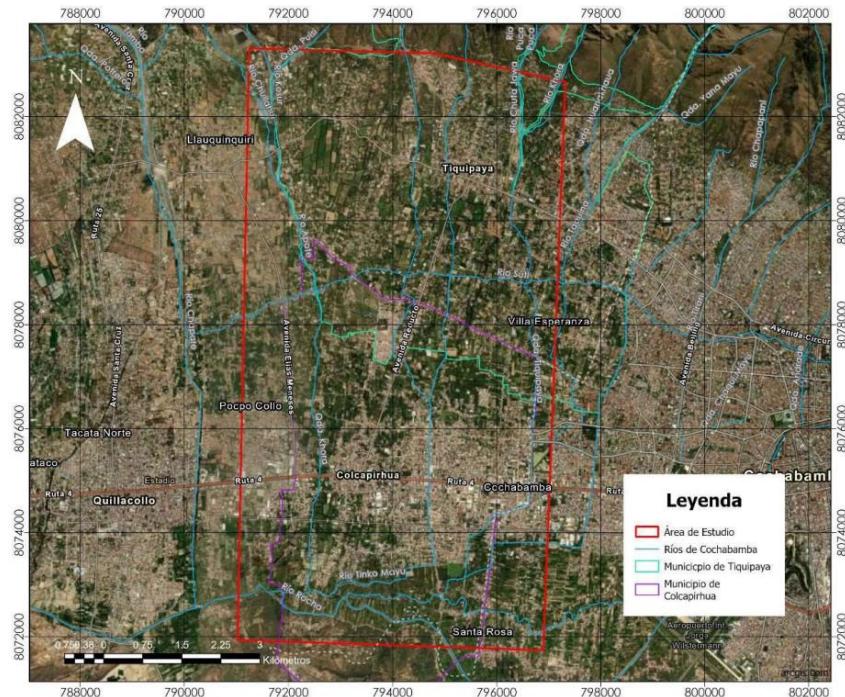
Vinto - Quillacollo



El Paso - Quillacollo



Tiquipaya & Colcapirhua



# PUBLICACIONES



INVESTIGACIÓN & DESARROLLO, Vol. 20, No. 1: 81 – 88 (2020)  
ISSN 2518-4431

GROUNDWATER MODELING IN THE COCHABAMBA VALLEY USING MODFLOW

MODELACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL VALLE DE COCHABAMBA UTILIZANDO  
MODFLOW

Jenny T. Saavedra, Laura A. Rosales, Oliver C. Saavedra  
*Centro de Investigaciones en Ingeniería Civil y Ambiental (CIICA)*  
*Universidad Privada Bolivia*  
oliversaavedra@upb.edu  
(Recibido el 30 de mayo 2020, aceptado para publicación el 22 de junio 2020)



INVESTIGACIÓN & DESARROLLO, Vol. 20, No. 1: 51 – 66 (2020)  
ISSN 2518-4431

MODELACIÓN HIDROGEOLÓGICA EN UN ABANICO ALUVIAL DE COCHABAMBA-BOLIVIA  
HYDROGEOLOGICAL MODELING IN AN ALLUVIAL FAN OF COCHABAMBA-BOLIVIA

Laura Rosales<sup>1</sup>, Oliver C. Saavedra<sup>1</sup>, Waldir Soruco<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>*Centro de Investigaciones en Ingeniería Civil y Ambiental (CIICA)*  
<sup>2</sup>*Facultad de Ingenierías y Arquitectura*  
*Universidad Privada Bolivia*  
oliversaavedra@upb.edu  
(Recibido el 30 de mayo 2020, aceptado para publicación el 20 de junio 2020)

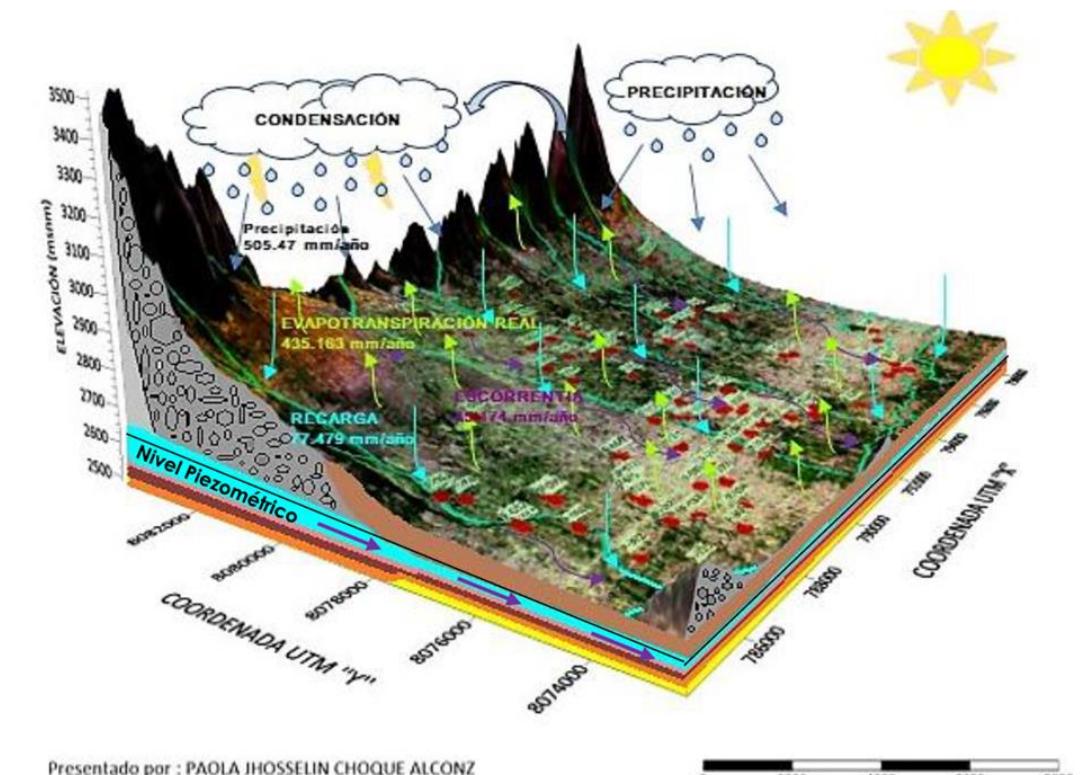
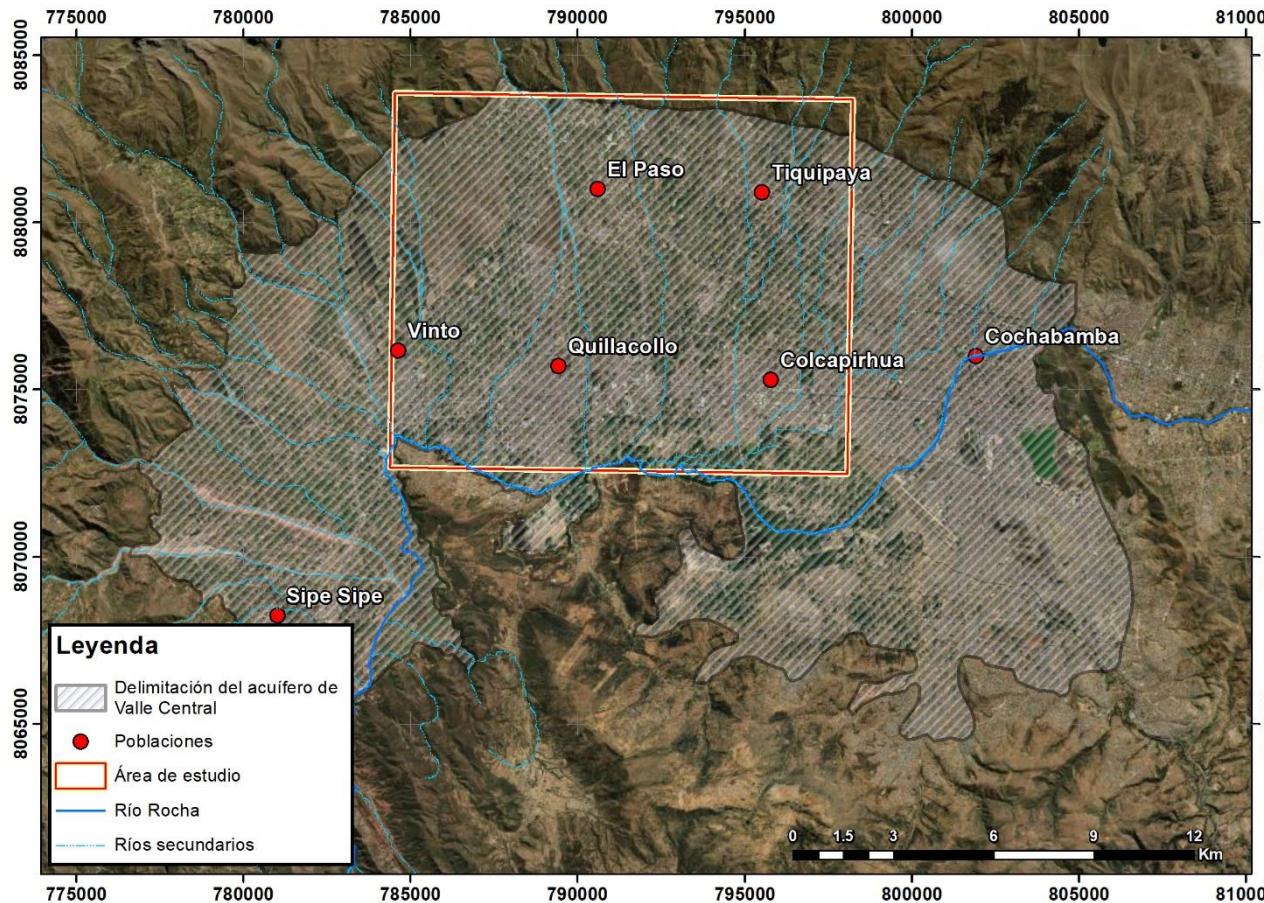


INVESTIGACIÓN & DESARROLLO, Vol. 23, No. 1: 23 – 39 (2023)  
ISSN 2518-4431

MODELACIÓN HIDROGEOLÓGICA EN EL VALLE CENTRAL DE COCHABAMBA-BOLIVIA  
HYDROGEOLOGICAL MODELING IN THE CENTRAL VALLEY OF COCHABAMBA-BOLIVIA

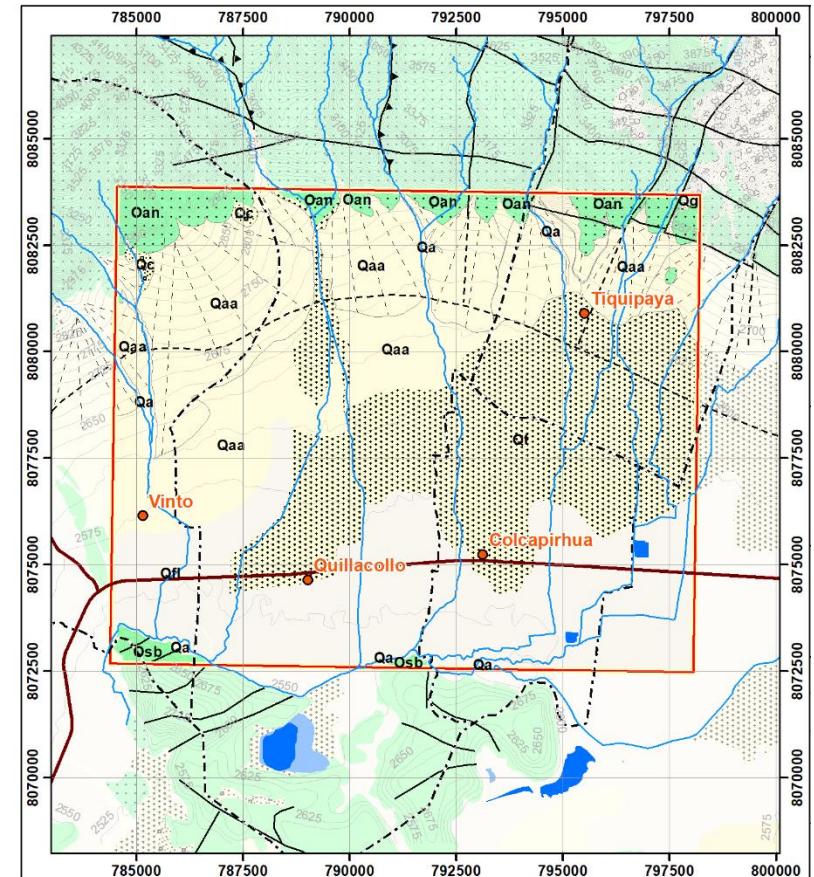
Brayan López<sup>1</sup>, Laura Rosales<sup>1</sup>, Oliver Saavedra<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>*Centro de Investigaciones en Ingeniería Civil y Ambiental (CIICA)*  
<sup>2</sup>*Facultad de Ingenierías y Arquitectura*  
*Universidad Privada Boliviana*  
oliversaavedra@upb.edu  
(Recibido el 05 de junio 2023, aceptado para publicación el 18 de julio 2023)

# ÁREA DE ESTUDIO

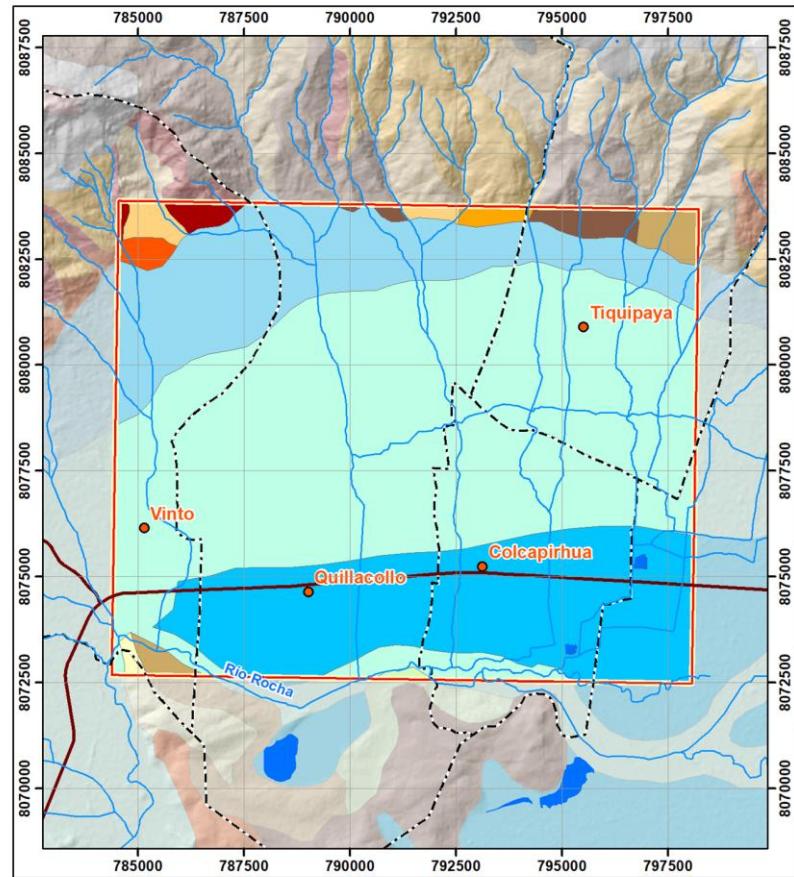


# ÁREA DE ESTUDIO

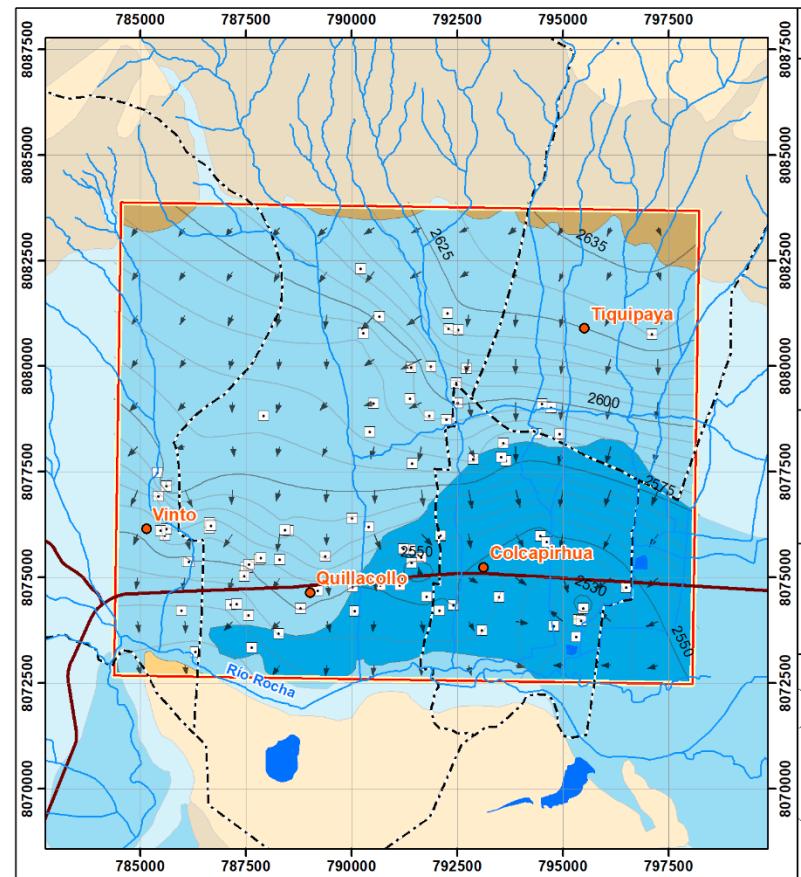
Mapa Geológico



Mapa Geomorfológico

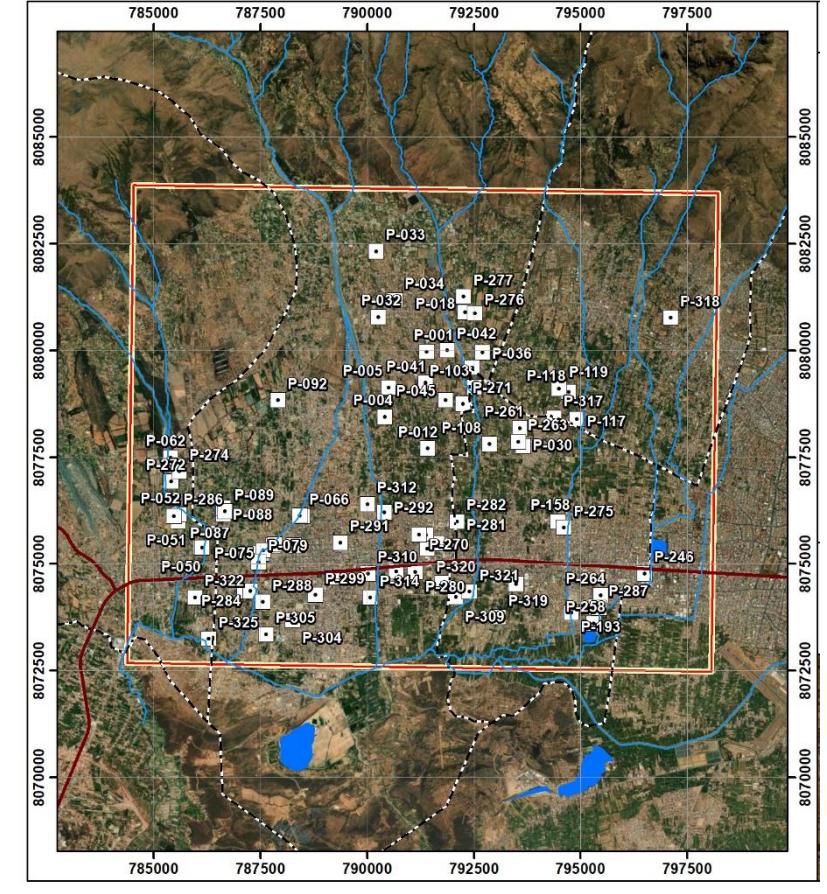


Mapa Hidrogeológico



# CAMPAÑAS DE MONITOREO

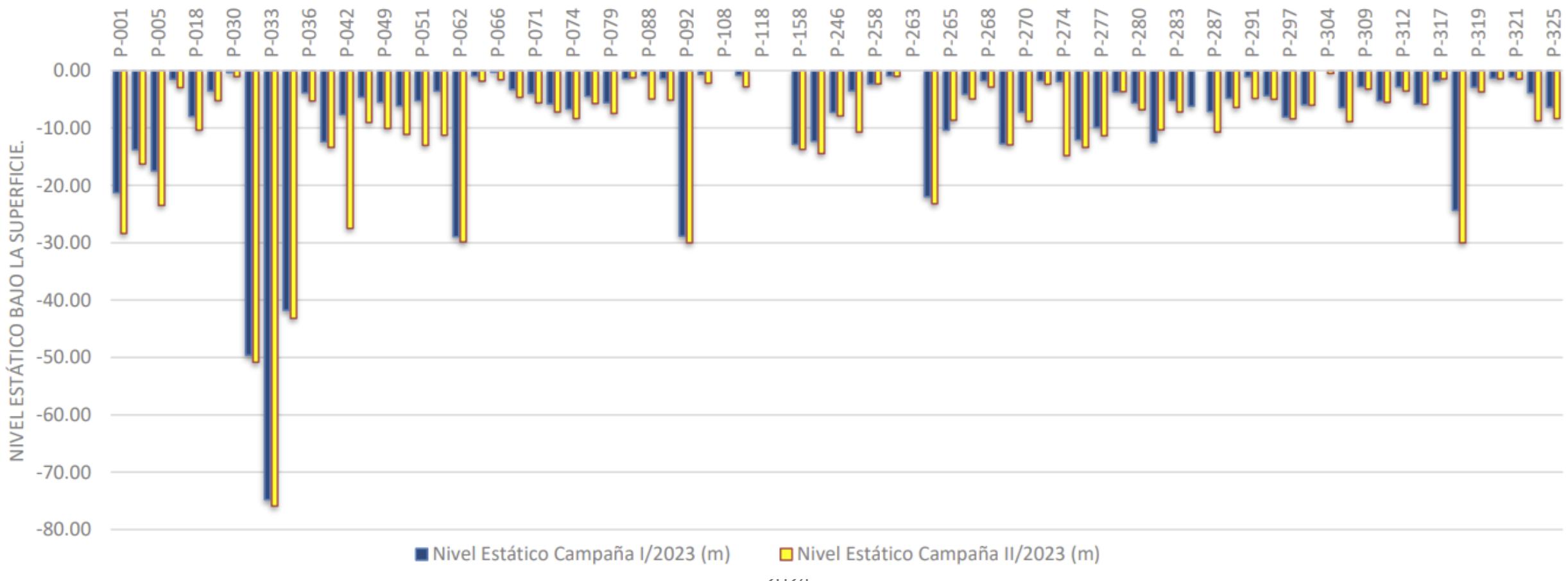
## Mapa Pozos Monitoreados



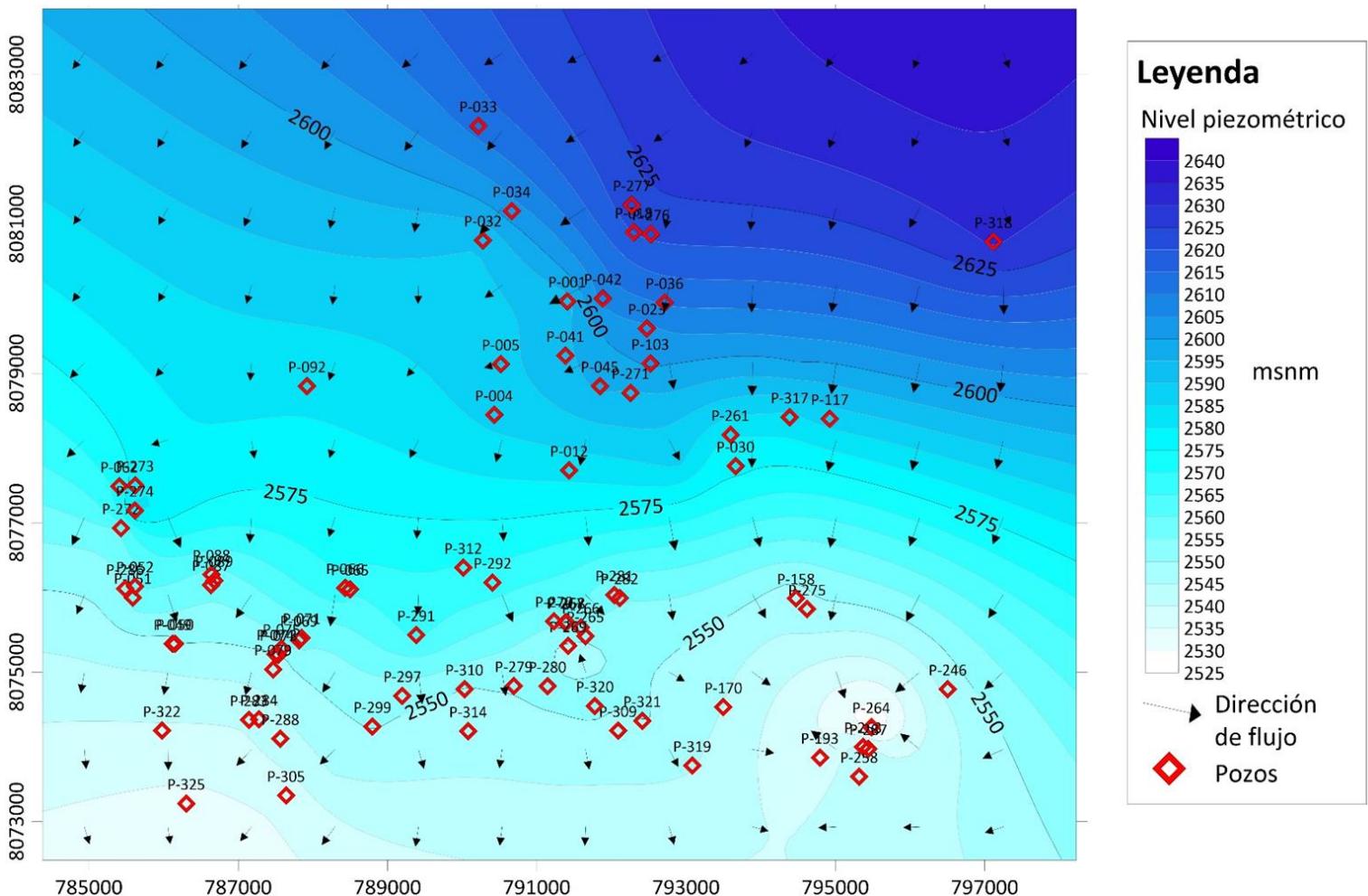
# CAMPAÑAS DE MONITOREO

## COMPARACIÓN DE NIVELES ESTÁTICOS

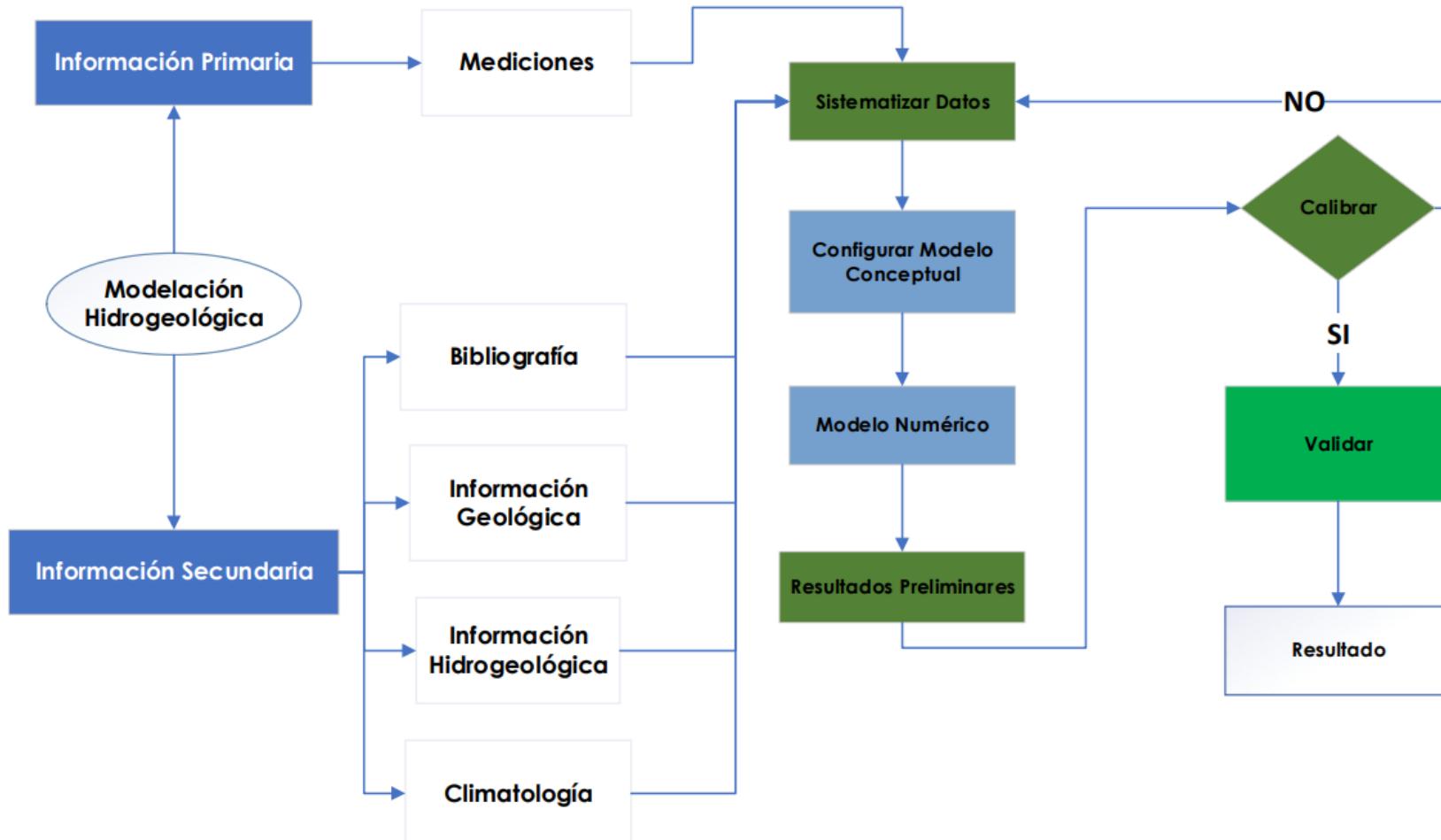
LA CAMPAÑA I/2023 (ÉPOCA DE LLUVIAS) Y LA CAMPAÑA II/2023 (ÉPOCA DE ESTIAJE).



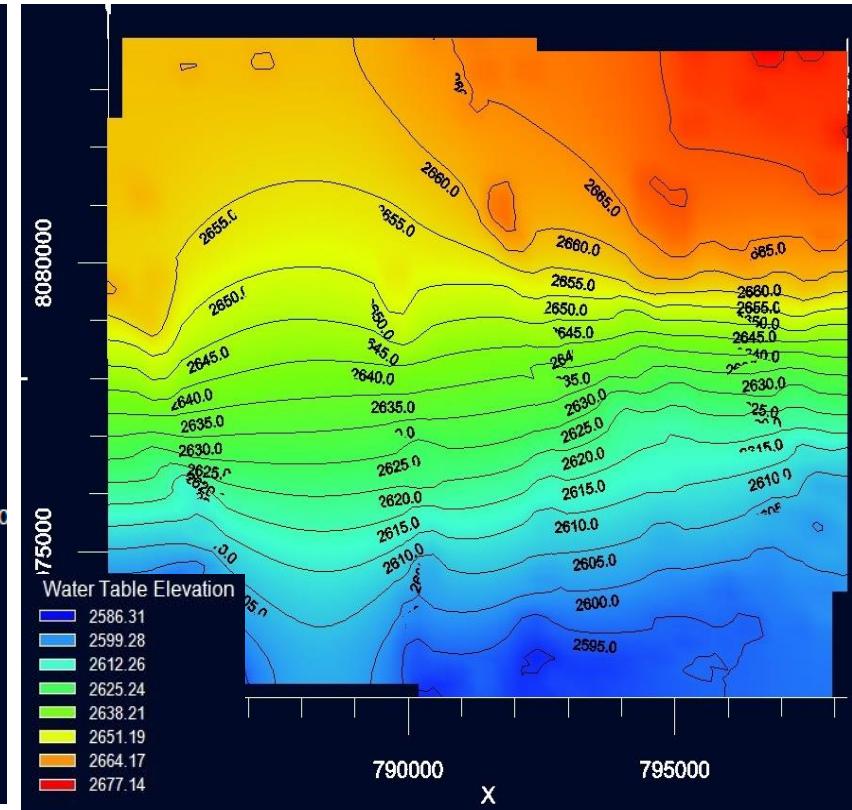
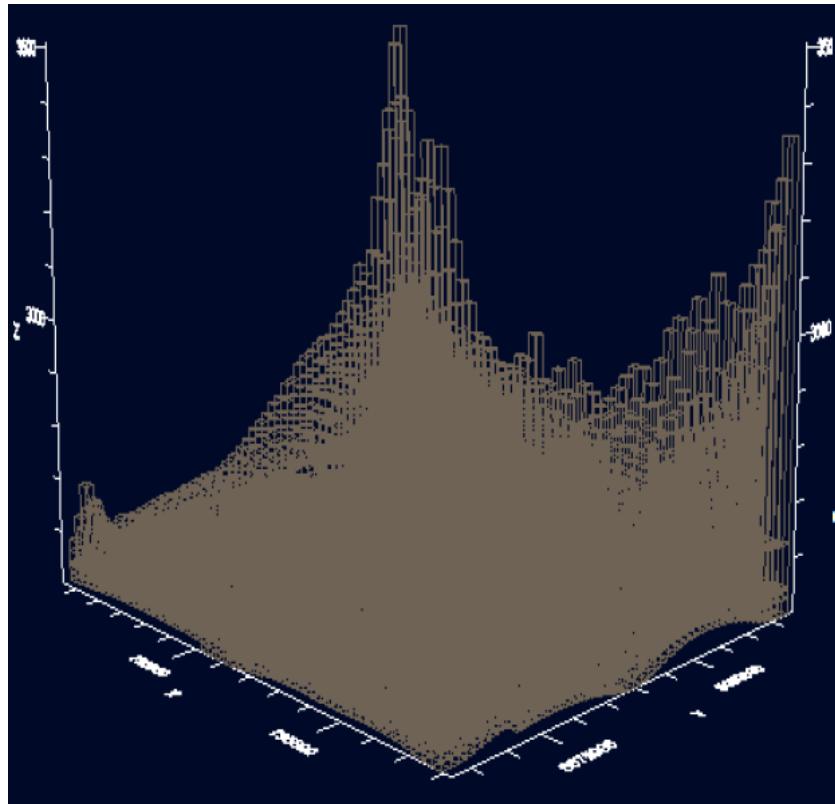
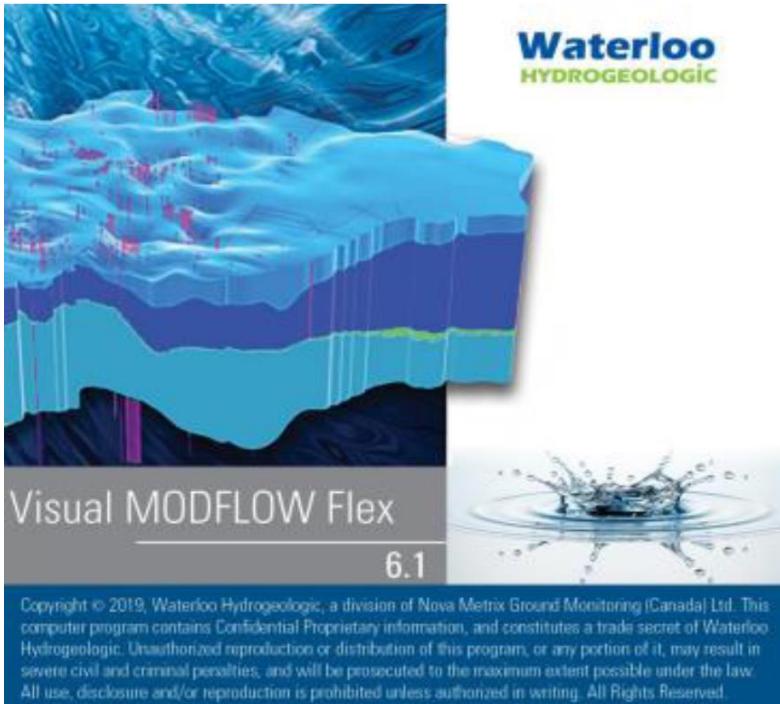
# DIRECCIÓN DE FLUJO



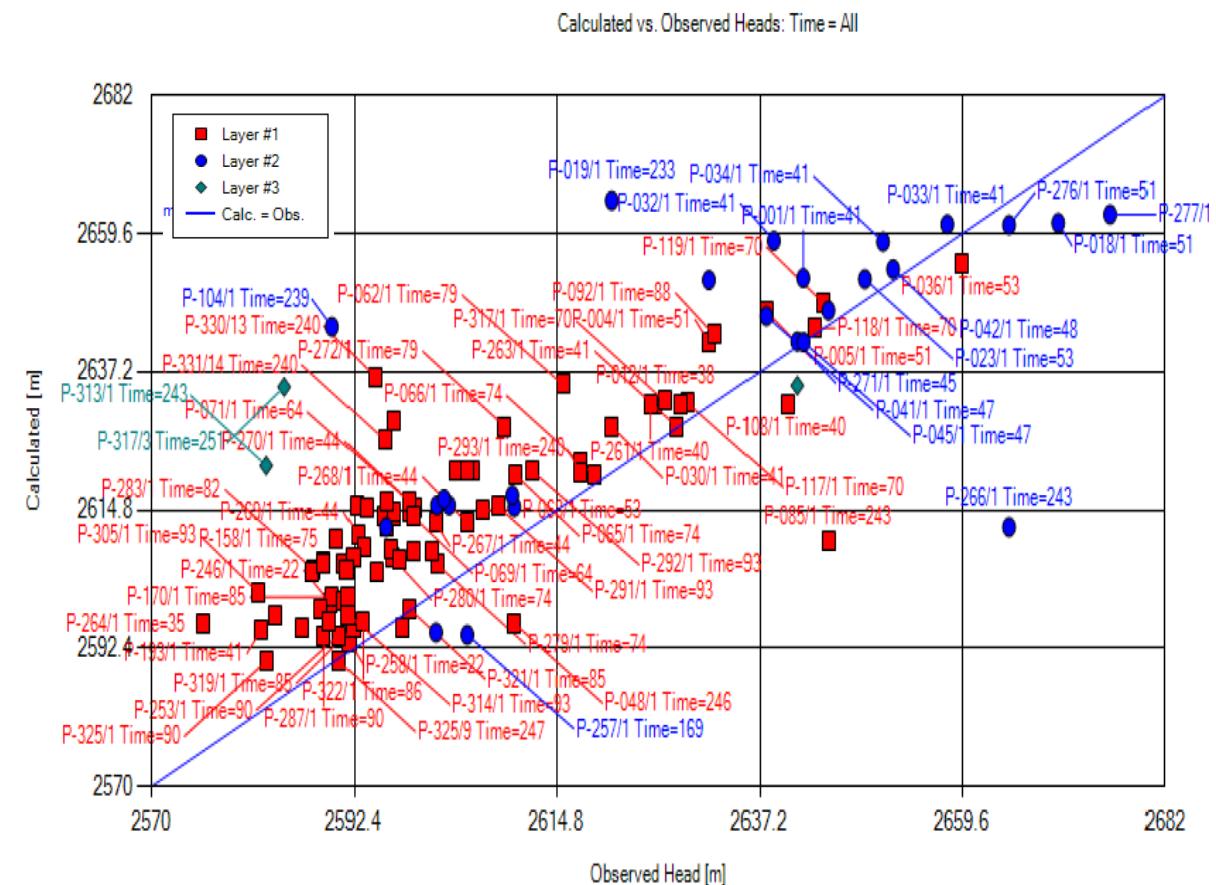
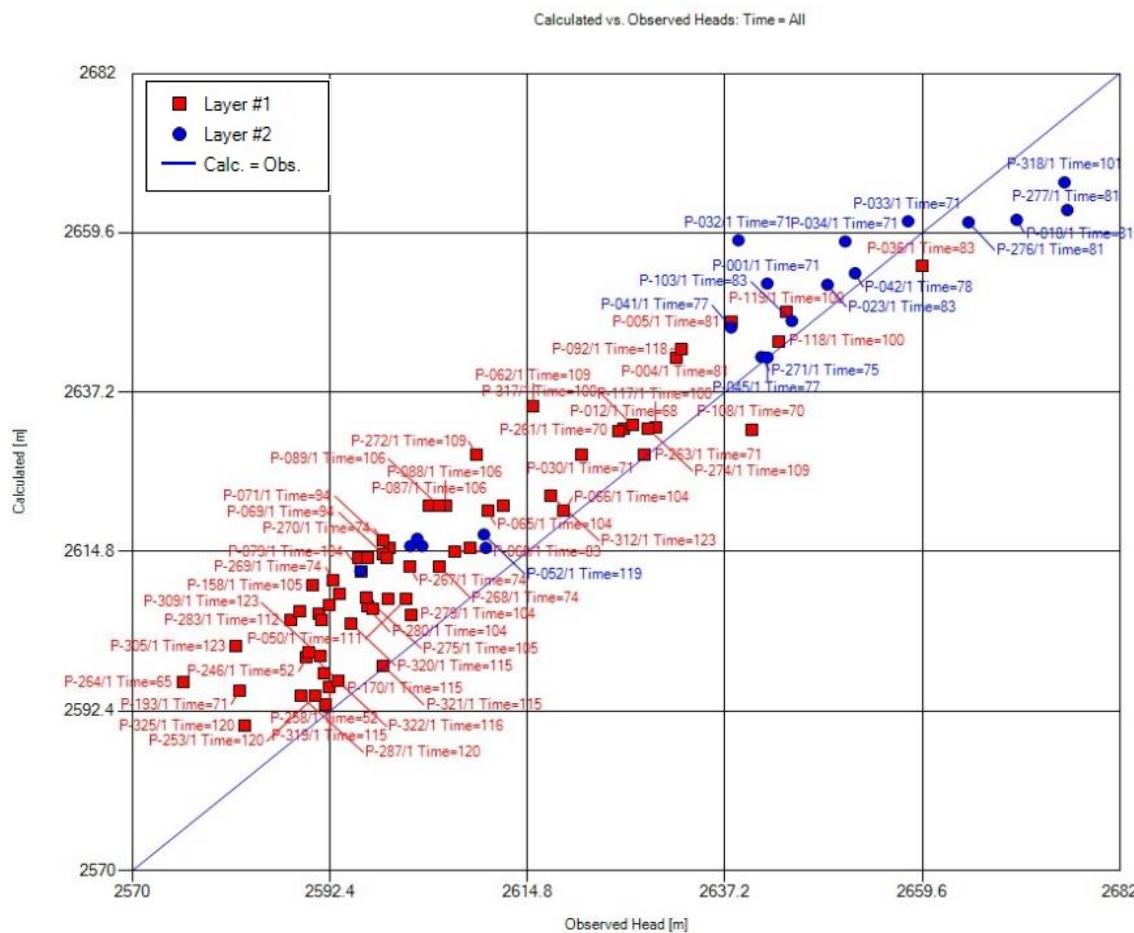
# METODOLOGÍA PARA MODELACIÓN



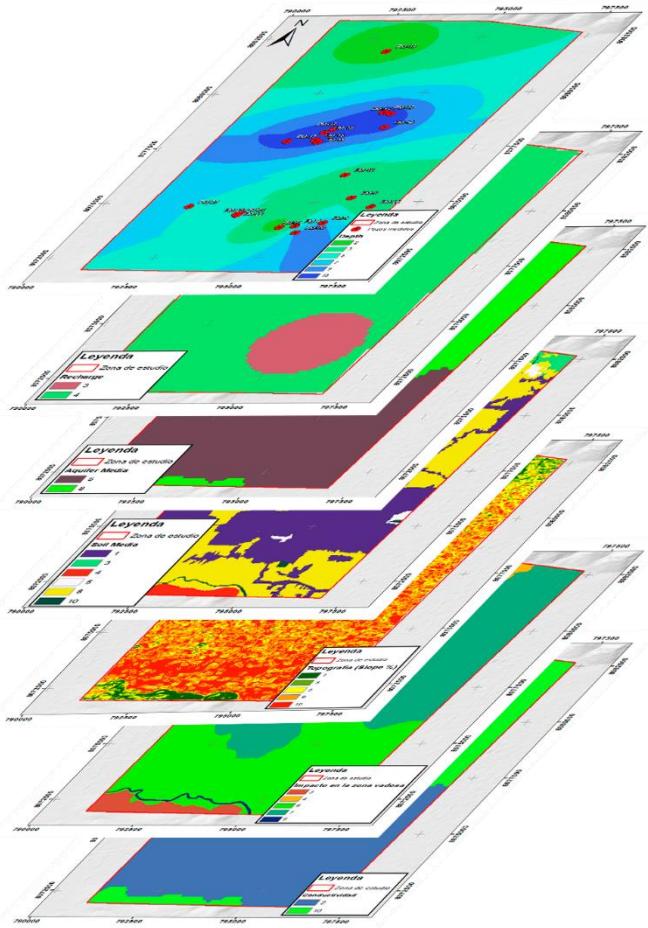
# MODELO HIDROGEOLÓGICO



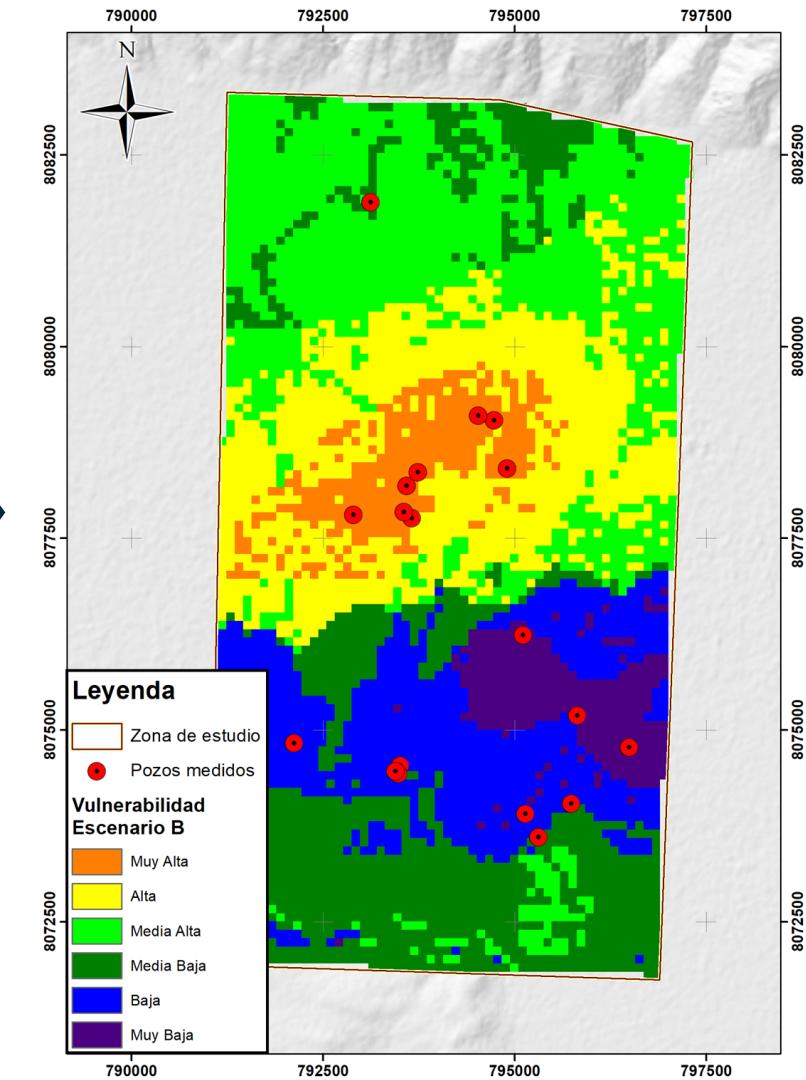
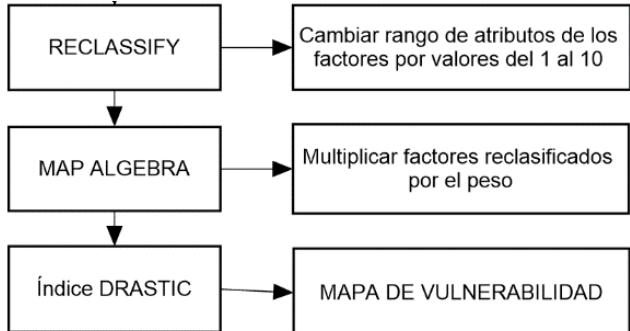
# Calibración y validación



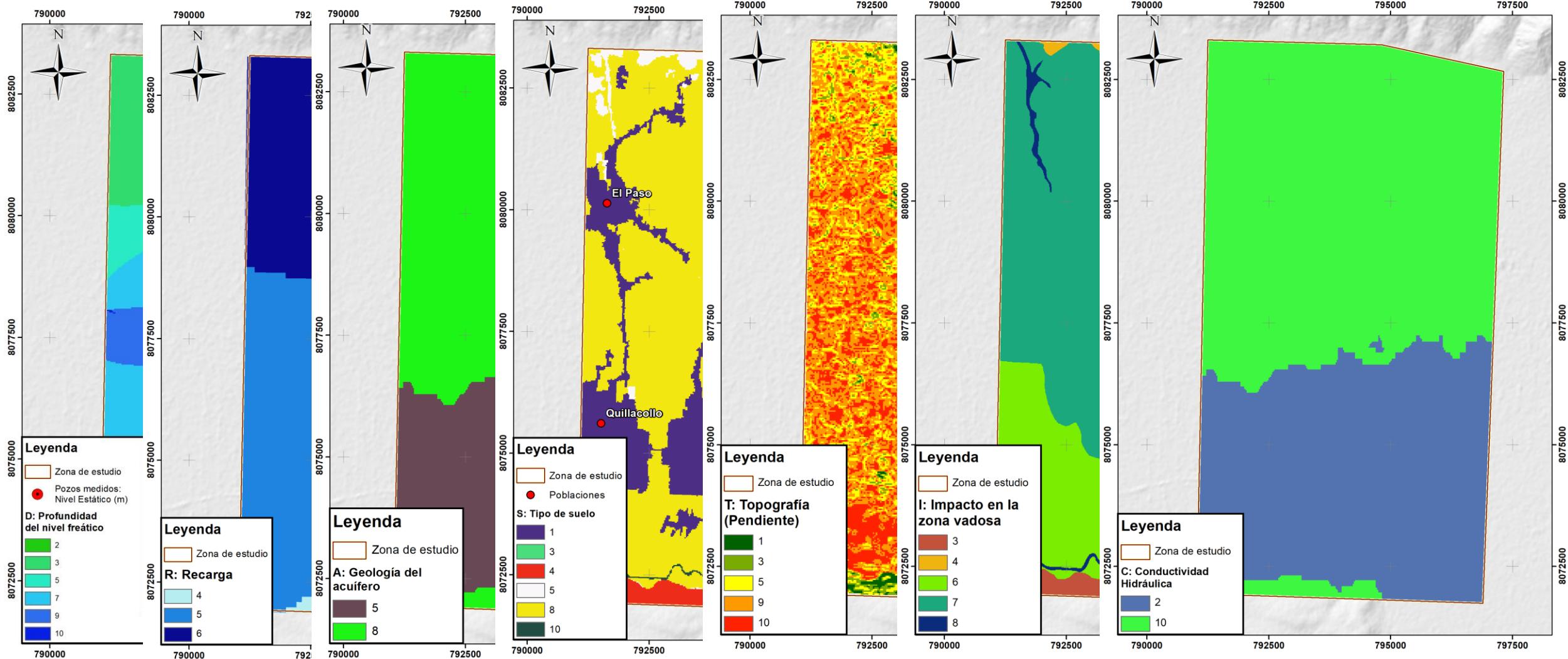
# ANALISIS DE VULNERABILIDAD-DRASTIC



ArcGIS

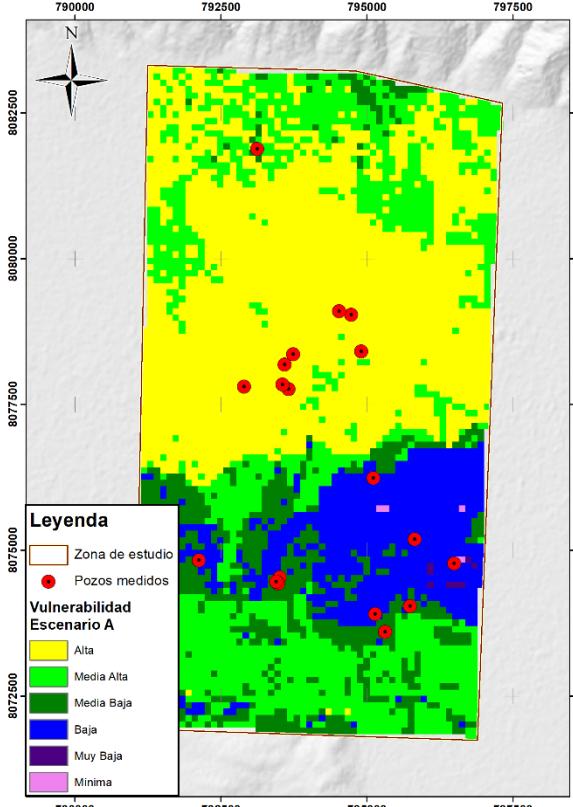


# RESULTADOS DRASTIC



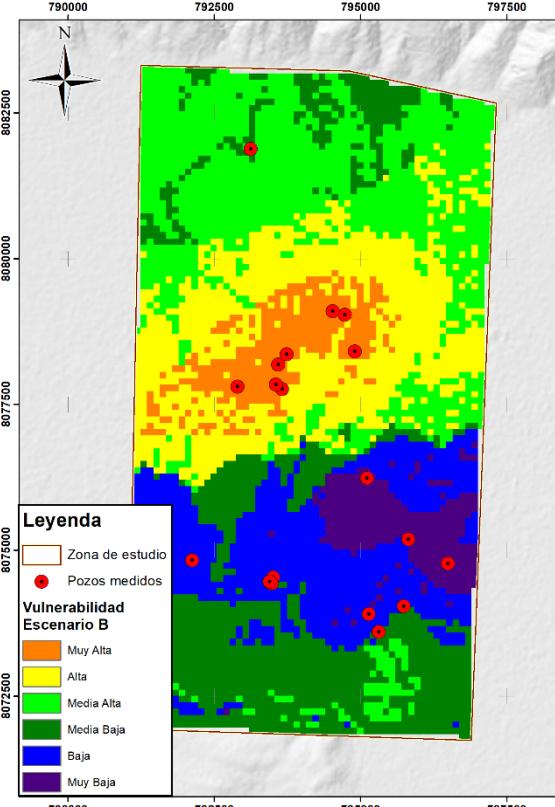
# RESULTADOS DRASTIC

ESCENARIO A



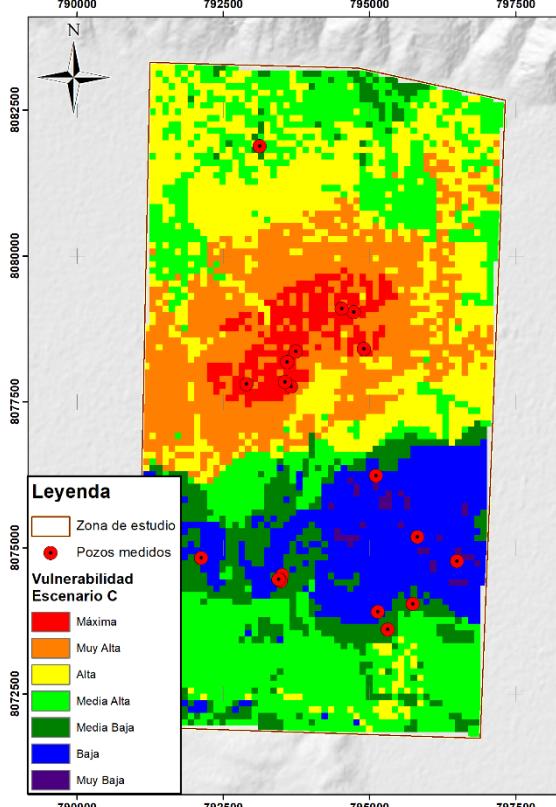
Todos los factores tienen el mismo peso  $w=3$

ESCENARIO B



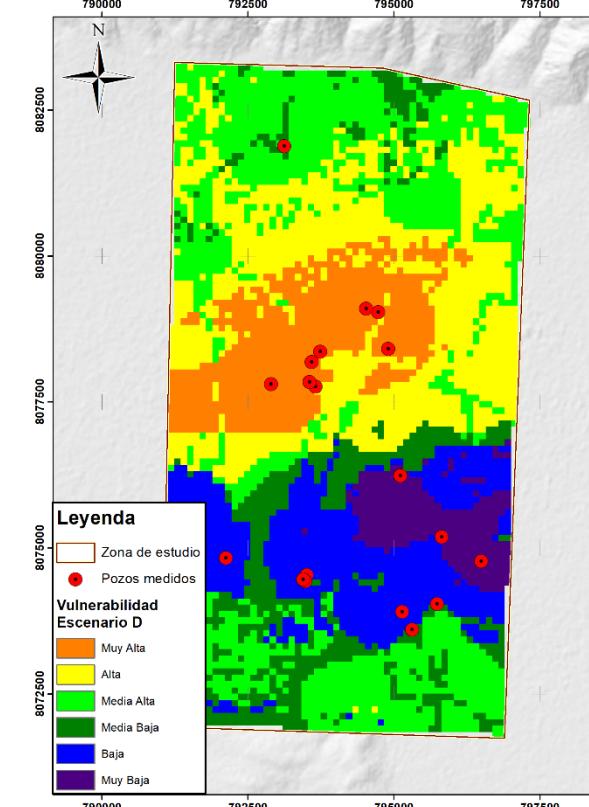
Pesos asignados por bibliografía

ESCENARIO C



Incremento en 1 a los factores tipo de suelo (S) y topografía (T)

ESCENARIO D



Incremento en 1 solamente al tipo de suelo (S)

# RESULTADOS DRASTIC

- Zona norte: Recarga por la presencia de abanicos y depósitos aluviales → niveles de agua profundos. Vulnerabilidad media alta a alta.
- Zona media: Zona de transición (acuífero confinado); pozos surgentes; actividades agrícolas & menor recarga. Vulnerabilidad alta a máxima.”.
- Zona sureste: Vulnerabilidad muy baja. Presencia de sedimentos finos como arcilla y limo, con intercalaciones de grava y arena; zona poco favorable para el aprovechamiento de agua subterránea; Zona urbana. Pozos profundos, con nivel estático entre los 15 – 24 m de profundidad; Zona plana. Precipitación, muy baja.
- Zona sur: Vulnerabilidad baja. Niveles freáticos entre 2 – 14 m; sedimentos finos en la zona vadosa & poca precipitación.
- Extremo de la zona sur: Vulnerabilidad media baja a media alta. Actividades agrícolas & presencia del lecho del río Rocha; Zona plana.
- Factores más influyentes: D con un peso de 5, A con 3, S con 3, I con 5 y C con 3. En menor medida, los factores R y T con pesos de 4 y 2 respectivamente.

# Revista “Tecnologías y Ciencias del Agua”



Sección (Artículo)

## **Evaluación de pesos de los factores del método DRASTIC en el acuífero del Valle Central de Cochabamba, Bolivia**

**Weight Assessment of DRASTIC method factors within the aquifer of the Central Valley of Cochabamba, Bolivia**

### **Resumen**

En el valle central de Cochabamba se ha evaluado la vulnerabilidad a la contaminación de aguas subterráneas mediante un análisis de cambio en los pesos de los factores del método DRASTIC, con el fin de identificar los factores más críticos. Este método combina siete factores hidrogeológicos, preparados con información local y utilizando herramientas SIG. Para determinar las áreas vulnerables, se analizaron

# FUTUROS ESTUDIOS

## **Modelación Hidroquímica en el Valle Central de Cochabamba**

- 1) Campañas de toma de muestras de agua de boca de pozo.
- 2) Análisis en laboratorio: aniones & cationes mayoritarios
- 3) Balance Iónico; interpretación resultados
- 4) Modelación Hidroquímica en MODFLOW

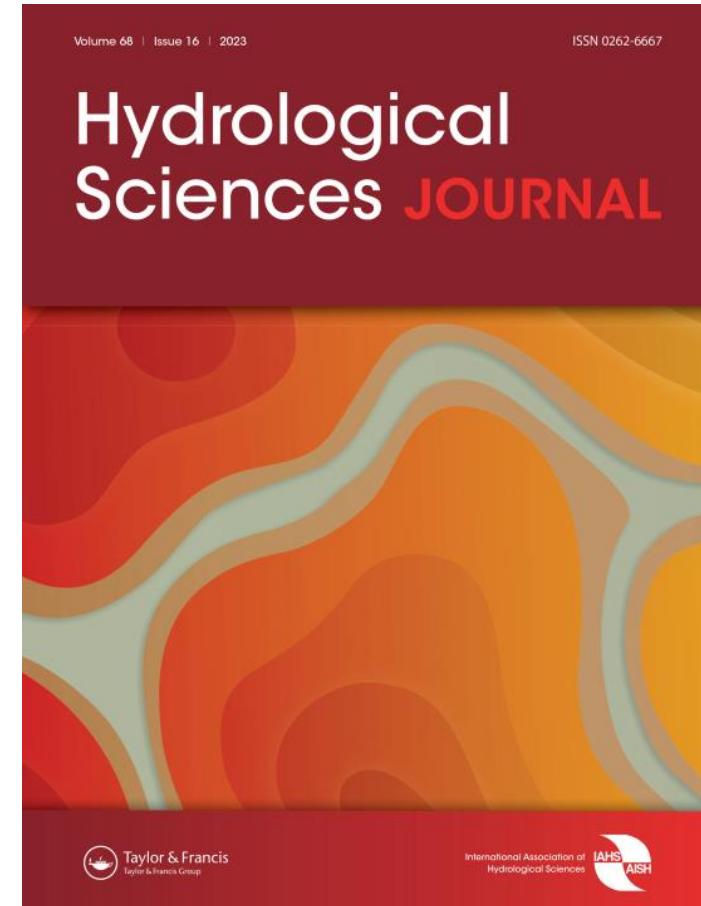


# FUTUROS ESTUDIOS

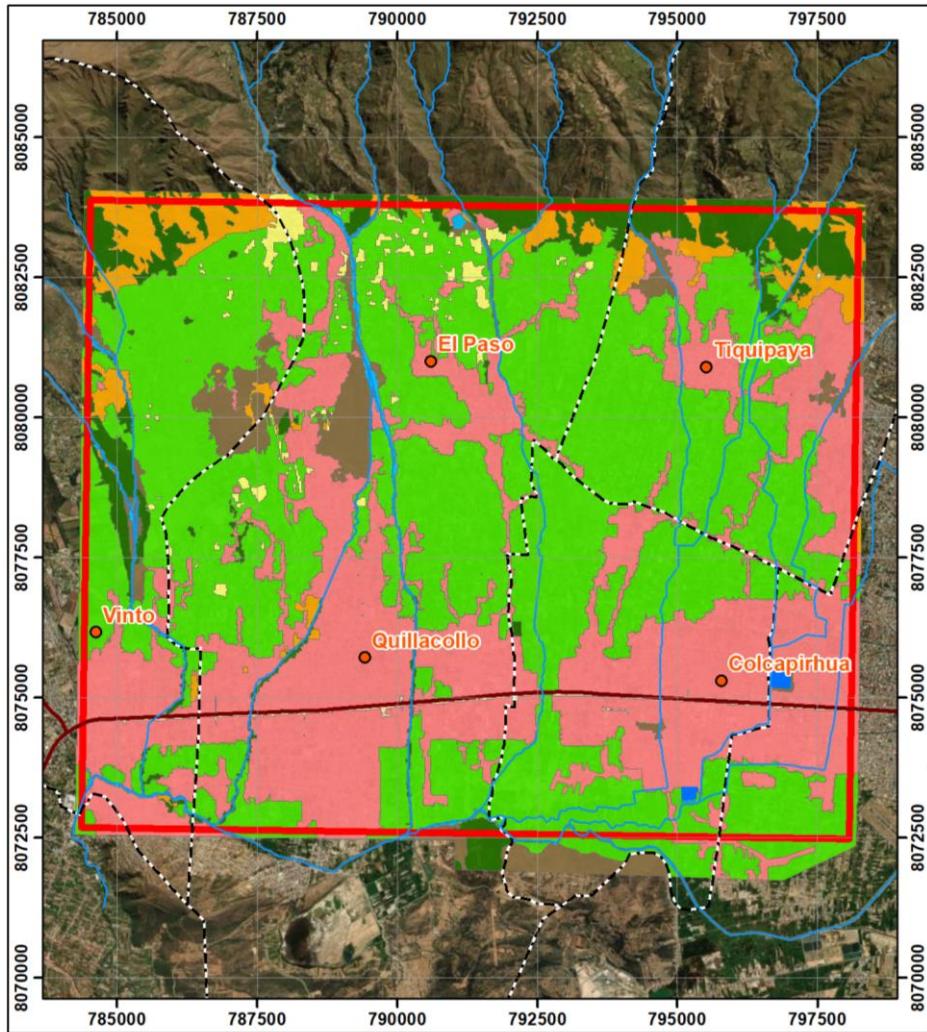
## Hydrogeological modeling in the lower valley of Cochabamba, Bolivia

- 1) historical data using meteorological stations and water levels at well.
- 2) climate change scenarios under RCP 4.5 and RCP 8.5.
- 3) the impact of urban area growth within recharge zones.

Submit a Manuscript to the Journal  
Hydrological Sciences Journal  
For a Special Issue on  
Advances in hydrological science in Latin America



# ESCENARIO DEL CRECIMIENTO URBANO



## LEGEND

### Hydrography

- Rivers
- Lakes

### Populations

- Municipality Capital

### Highway system

- Primary road network

### Boundaries

- Municipal Boundaries
- Study area

### Land use type

Agriculture
Bare soil
Forest
Floriculture
Grassland
Highway
Urban area
Water

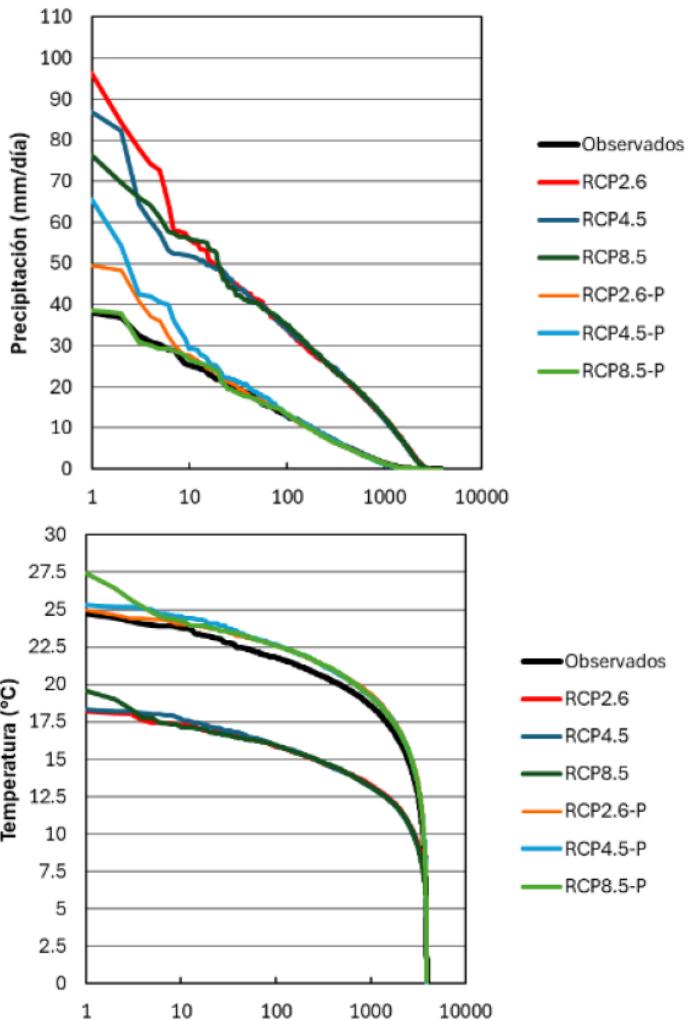
# ESCENARIO DEL CRECIMIENTO URBANO

Nº	Tipo Suelo	Área (km2)	(%)
1	Agriculture	77.84	50.77
2	Bare Soil	4.94	3.23
3	Floriculture	1.92	1.25
4	Forest	7.91	5.16
5	Grassland	6.02	3.92
6	Highway	0.66	0.43
7	Urban area	52.79	34.43
8	Water	1.24	0.81
<b>TOTAL</b>		<b>153.32</b>	<b>100</b>

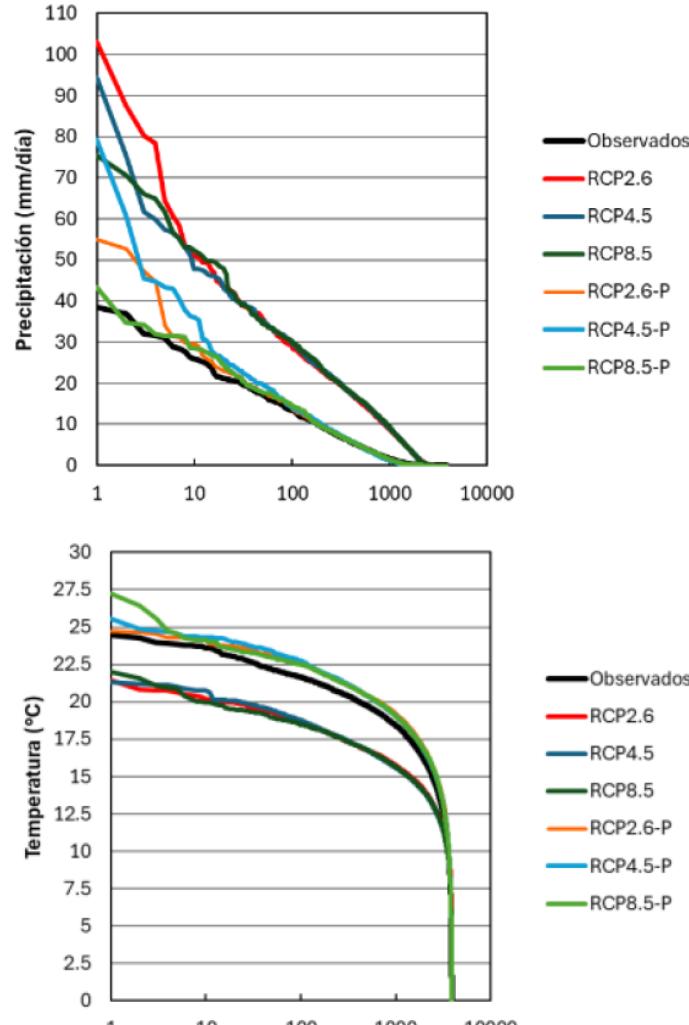
# EFFECTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO: MODELO MIROC

TEMPERATURA  
PRECIPITACIÓN

SINTÉTICAS VALLES



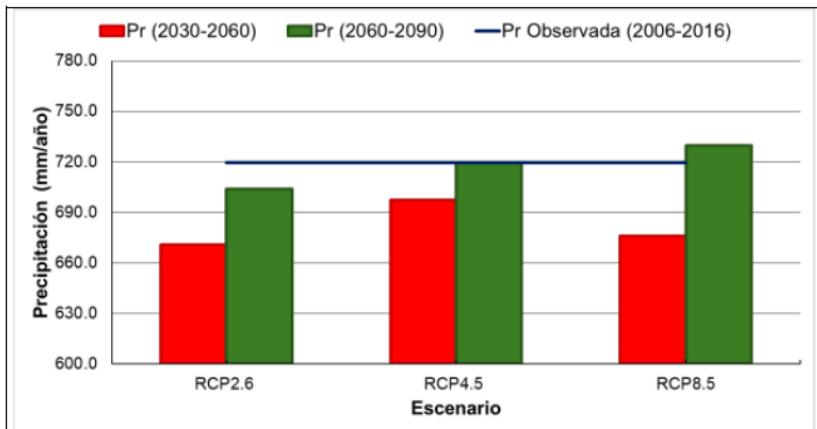
SINTÉTICAS LLANOS



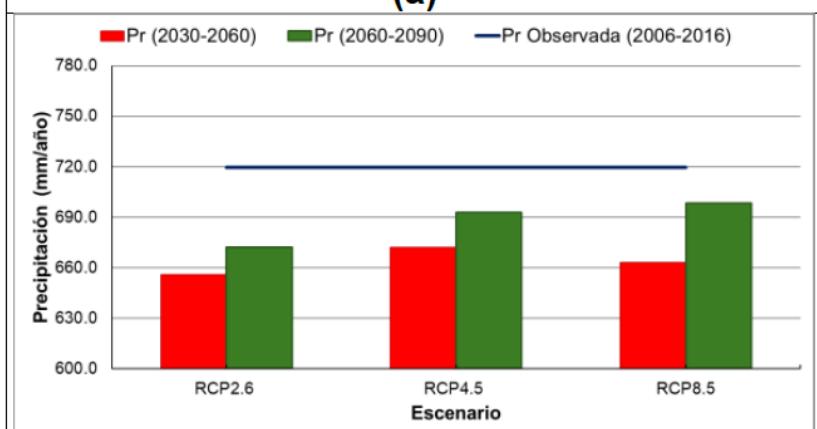
# EFFECTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO: MODELO MIROC

ESTACIONES  
PLUVIOMÉTRICAS  
  
PRODUCTO  
COMBINADO GS

## PRECIPITACIÓN

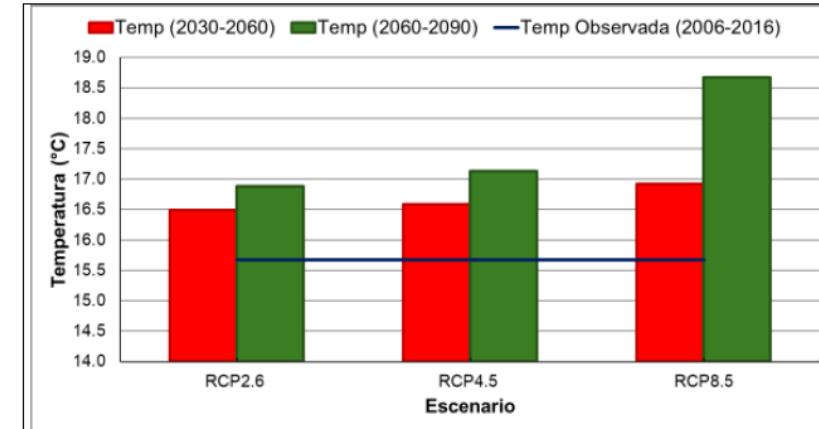


(a)

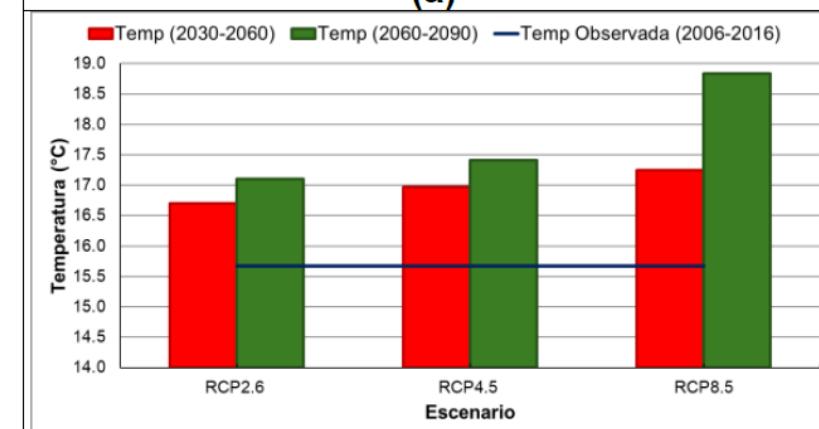


(b)

## TEMPERATURA



(a)



(b)

# CONCLUSIONES

- Se ha logrado configurar un modelo hidrogeológico conceptual y numérico del valle central en Visual MODFLOW Flex. RMS 11.4% & Coeficiente de correlación 0.96.
- El sector norte corresponde a abanicos aluviales con sedimentos desde clastos de roca a matrix de gravas, arenas, limos y arcillas. Estos se tornan más finos al sur, formando acuíferos confinados.
- La zona norte representa el área de recarga influyente.
- Existe mayor recarga por la percolación de agua de ríos, que por la recarga de agua de lluvia.
- Existe una recarga significativa en Colcapirhua, producto del caudal que suelta la central hidroeléctrica de Misicuni, en el sector del río Chijalwiri.
- La dirección del flujo subterráneo: sigue la pendiente del terreno, siendo

# CONCLUSIONES

- DRASTIC: Se ha logrado identificar las zonas prioritarias:
  - Zona Norte: por las zonas de recarga; cerca de los lechos de ríos y áreas agrícolas.
  - Zona central: pozos surgentes, actividades agrícolas.
  - Zona sur: poco vulnerable para la contaminación, zonas urbanas, excepto en el extremo sur; actividades agrícolas, y el curso del río Rocha
- Factores más influyentes: D con un peso de 5, A con 3, S con 3, I con 5 y C con 3. En menor medida, los factores R y T con pesos de 4 y 2 respectivamente.
- Existe una gran expansión de la mancha urbana, hacia las zonas de recarga.
- Es necesario realizar un ajuste de los modelos climáticos regionales, para considerarlo en un escenario de cambio climático.

# GRACIAS

Contacto:

Centro de Investigaciones en Ingeniería Civil y Ambiental (CIICA)  
Universidad Privada Bolivia  
Av. Víctor Ustariz Km 6.5, Cochabamba  
Telf. (+591) 4 426 8287 int. 560