

Proyecto “Hidrogeología y servicios ambientales de los humedales de Ozama, República Dominicana”, financiado por el Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCyT; 2015-1E2-120).

# RELACIÓN ENTRE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS EN LA CUENCA DE LOS HUMEDALES DEL OZAMA, SEGÚN SU COMPOSICIÓN QUÍMICA E ISOTÓPICA

02 de febrero 2022

Y. Rodríguez<sup>1</sup>, S. José<sup>1</sup>, A. Ramírez<sup>1</sup>, J. Bautista<sup>1</sup>, C. Perkins<sup>2</sup>, S. Borromé<sup>3</sup>, M. Manzano<sup>3</sup>, J. Hornero<sup>4</sup>

<sup>1</sup>SGN, <sup>2</sup>Ozama RD Verde, <sup>3</sup>UPCT, España, <sup>4</sup>IGME, España



# 1. Localización, Motivación y Objetivos

[L] Parque Nacional Humedales del Ozama (PNHO): Cinturón verde de la ciudad de Santo Domingo.

Aproximadamente 344,000 personas viven en sus alrededores  
Area propensa a inundaciones.



[M] Aumentar la resiliencia humana y ambiental frente a los riesgos de inundaciones requiere conocer el funcionamiento hidrológico.

[O] Evaluar el origen y las características hidroquímicas de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del PNHO, así como las relaciones entre ambas.

Parque Nacional Humedales del Ozama  
Area: 47.3 km<sup>2</sup>



# 1. Localización, Motivación y Objtivos

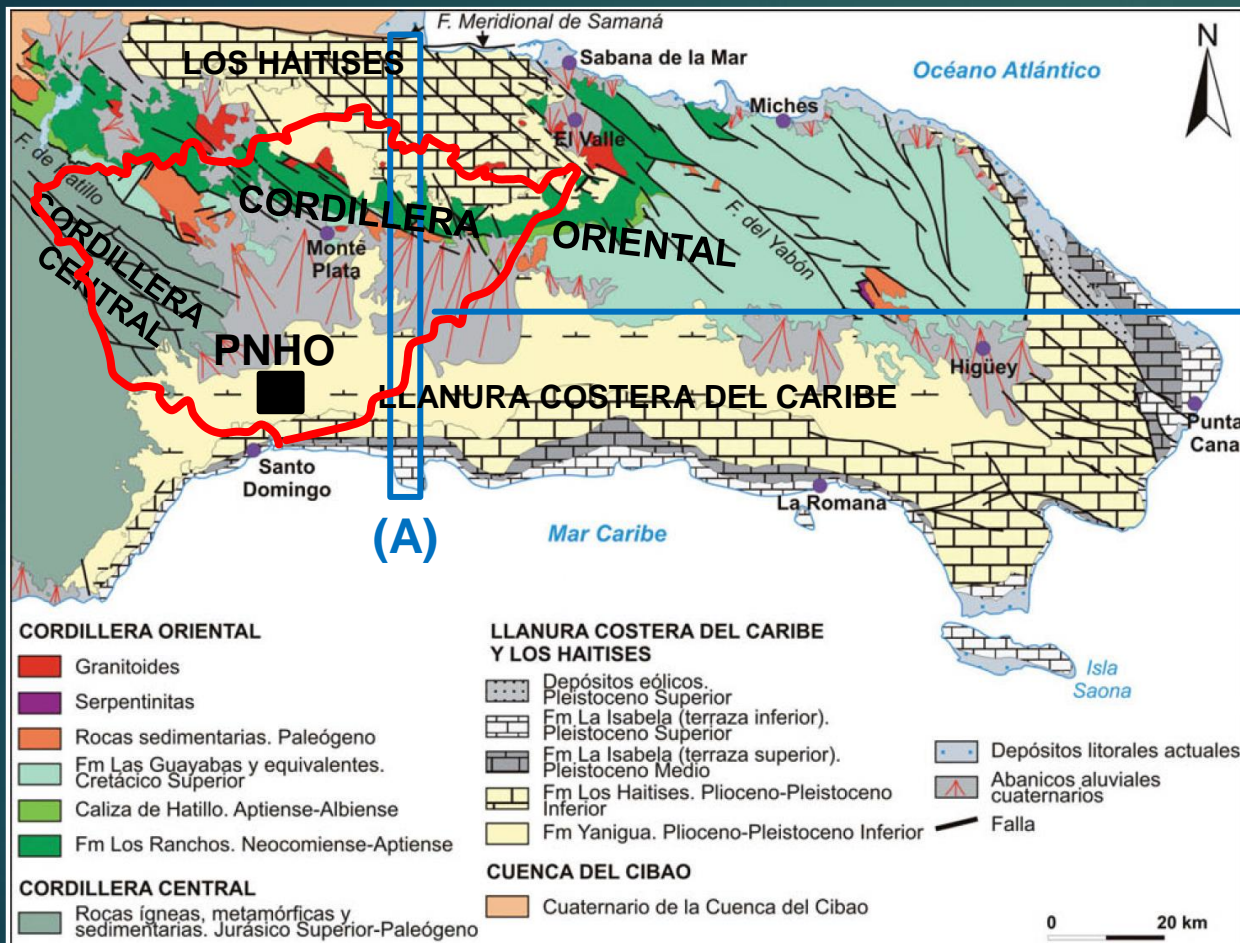
**[O] Evaluar el origen y las características hidroquímicas de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del PNHO, así como las relaciones entre ambas.**

## FUNDAMENTO:

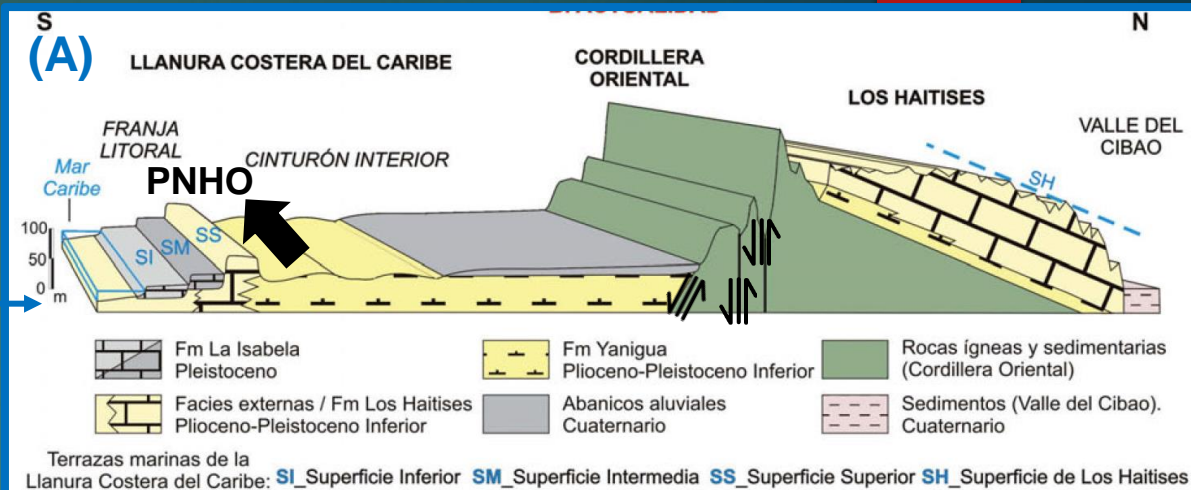
- ❑ La lluvia que cae en un lugar dado es el origen primero del agua de los ríos y acuíferos de ese lugar.
- ❑ Las aguas de lluvia son siempre menos mineralizadas que las de río y estas suelen ser menos mineralizadas que las aguas subterráneas, ya que en los acuíferos las aguas tienen más tiempo para interactuar con los minerales e incorporar solutos, y también pueden mezclarse con otras aguas de distinto origen.
- ❑ Estudiar y comparar la composición química de las aguas de lluvia, de río y de acuífero (pozos) permite conocer si los ríos y los acuíferos de un lugar intercambian agua y dónde ocurre el intercambio.
- ❑ También se puede deducir en qué zonas (por ejemplo, a qué altitud) se infiltra la lluvia que produce recarga a los acuíferos de un lugar.



## 2. Geología de la zona



(Díaz de Neira et al., 2017)



- Planicie Costera Oriental: 240 km longitud; 10-40 km anchura.
- Formada por rocas depositadas en plataformas carbonatadas durante el Plioceno-Pleistoceno.
- **PNHO**: Descansa en la Formación detrítica Yanigua, el relleno sedimentario de una laguna costera detrás del arrecife litoral de la Formación Los Haitises.
- **Cuenca PNHO**: Rocas magmáticas y volcano-sedimentarias (Cretácico) en la Cordillera; abanicos aluviales en el piedemonte y sedimentos palustres en la llanura (Cuaternario).
- Fallas NW-SE: en Cordilleras y planicie costera oriental, pero no en la planicie costera occidental.

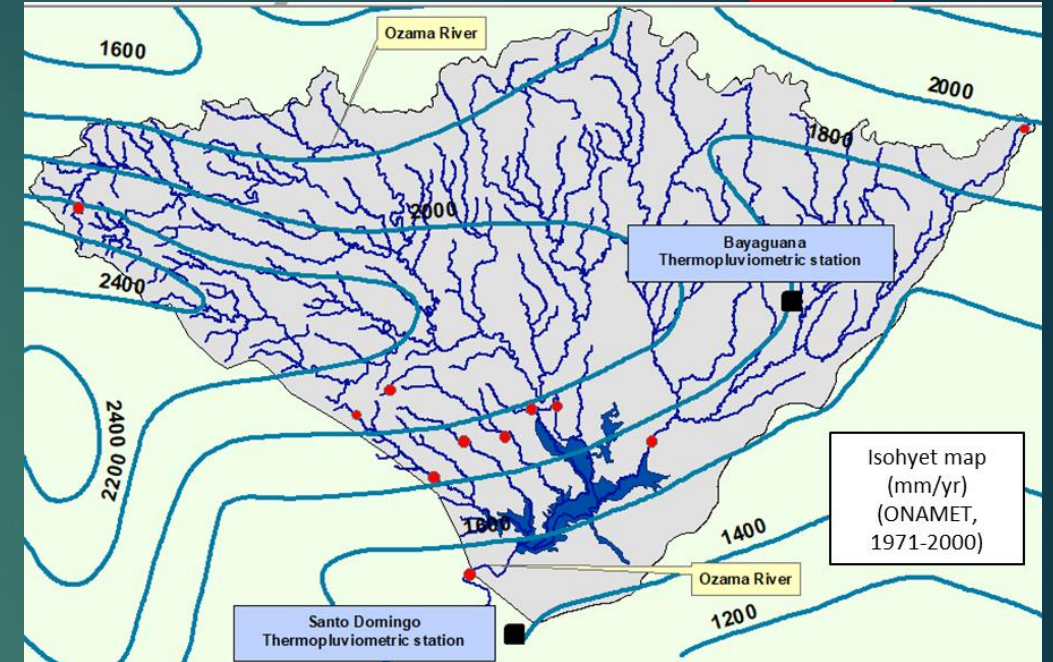
Los humedales del Ozama están sobre sedimentos del relleno de una antigua zona lagunar costera



### 3. Hidrología. Antecedentes



Río Ozama  
Drenaje superficial del PNHO



- La red de drenaje superficial se articula en torno al río Ozama, que atraviesa los sectores N y NO de la cuenca del PNHO, y sus afluentes Yabacao, Savita, Yamasá y otros.
- Debido a las bajas pendientes, las amplias llanuras aluviales albergan numerosas lagunas y zonas pantanosas, la mayoría de las cuales están enmarcadas en el Parque Nacional Humedales de Ozama.



# 3. Hidrología. Antecedentes



- Área total de la cuenca del río Ozama: 2,740 km<sup>2</sup>.
- Topografía irregular. Altitudes entre 6 a 400 m.s.n.m.
- Subcuencas en el PNHO :
  - ✓ Subcuenca río Yabacao. Altura: 10 a 400 m.s.n.m.
  - ✓ Subcuenca río Ozama. Altura: 6 a 500 m.s.n.m.
  - ✓ Subcuenca río Savita . Altura: 7 to 300 m.s.n.m.
- El único desagüe superficial del PNHO
- también se denomina río Ozama.

Río Ozama  
Drenaje superficial del PNHO





# 4. Materiales y Métodos

Este trabajo se basa en el uso de técnicas hidroquímicas (incluyendo isótopos) y técnicas hidrodinámicas (piezometría)

## PIEZOMETRIA

- Nivelación de pozos y medición piezométrica
- 3 campañas campo: Feb. y Nov. 2017; Abr. 2018

## HIDROQUÍMICA

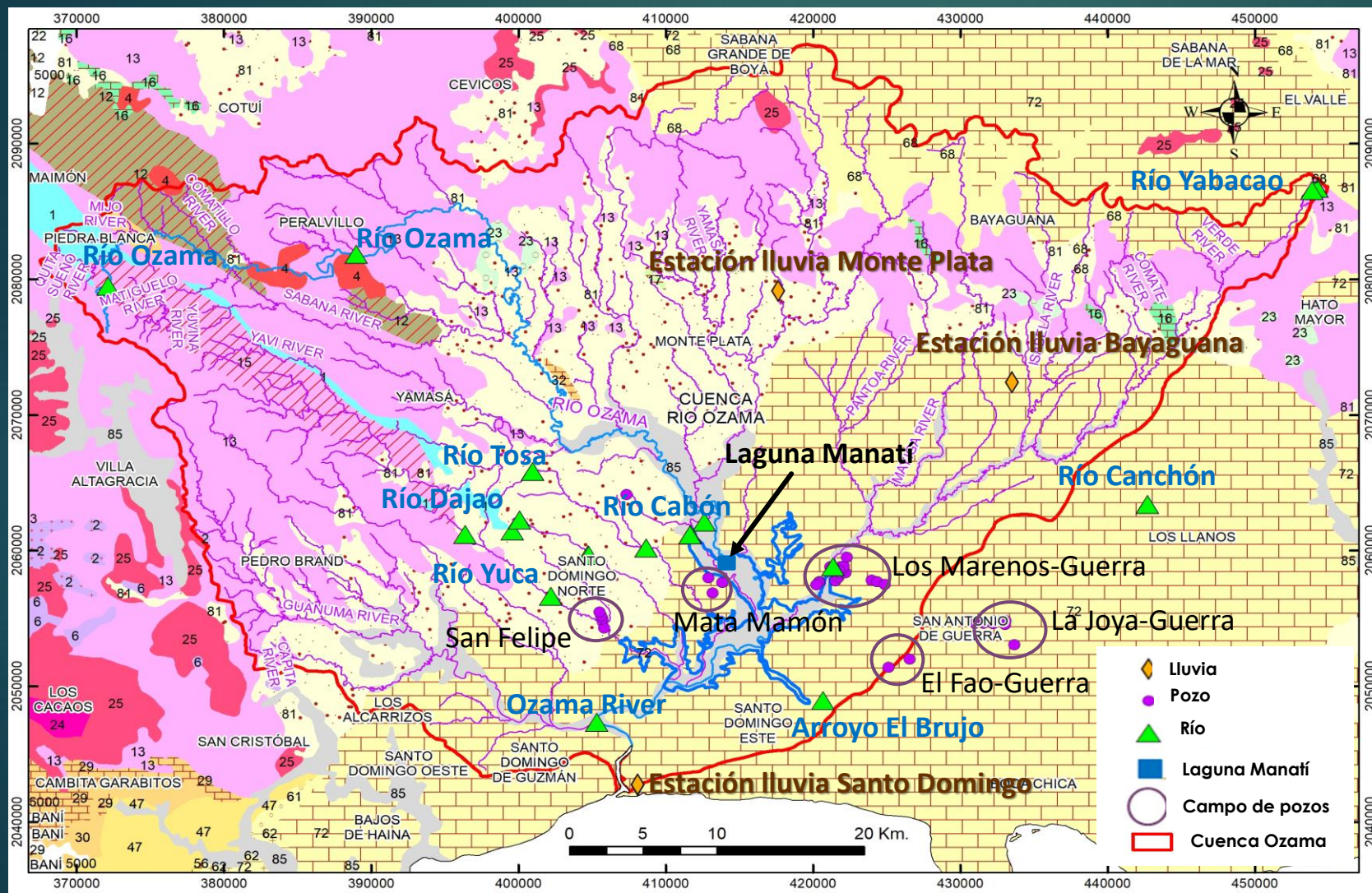
- 4 campañas de campo:
  - ✓ Años 2017-2018 (3 campañas)
  - ✓ Año 2019 (1 campaña)
- Mediciones en sitio:
  - ✓ CE, pH, temperatura, Eh
- Mediciones de laboratorio:
  - ✓ Componentes mayores Ca, Mg, Na, K, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub> and NO<sub>3</sub> (105 muestras; INDRHI, INAPA, República Dominicana)
  - ✓ Cl y Br (128 muestras; Instituto Geológico y Minero de España)
  - ✓ Isótopos: <sup>18</sup>O, <sup>2</sup>H (132 muestras, Universidad de Málaga , España, y Universidad de Costa Rica)





# 4. Materiales y Métodos

## Sitios de muestreo de aguas superficiales y subterráneas



### Aguas subterráneas

- Pozos: 43
- Total de muestras: 54

### Aguas superficiales

- Ríos: 8
- Lago: 1
- Total de muestras: 49

### Agua de lluvia

- Estaciones: 3 (Santo Domingo, Bayaguana y Monte Plata)
- Total de muestras: 29
- Total de muestras: 132

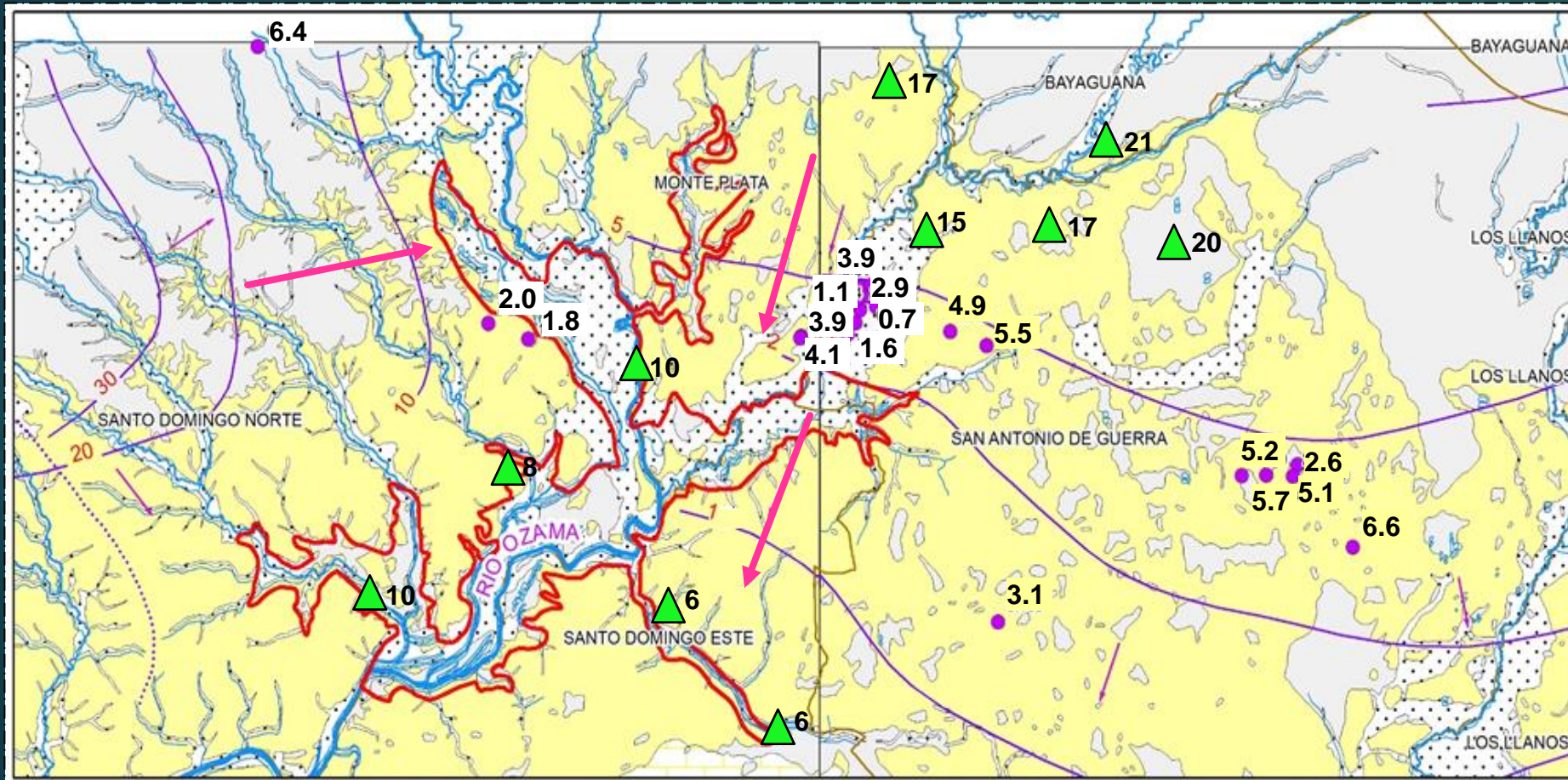
**Total de muestras analizadas 105 (muestras con error de balance iónico  $\leq 20\%$ )**

- Estudio de los datos: Excel, DIAGRAMMES, GIS



# 5. Resultados. Piezometría

- Flujo regional de aguas subterráneas hacia el Mar Caribe.
- Las isopiezas inferidas de la nivelación de pozos y aguas superficiales sugieren que el humedal recibe agua subterránea a lo largo de su borde N y NO, y transfiere agua al acuífero a lo largo de su borde E. Pero este aspecto todavía necesita un trabajo más detallado.



**CUATERNARIO**

- Alta permeabilidad debido a la porosidad intergranular. Gravas, arenas y lutitas
- Lutitas y arcillas de baja permeabilidad

**PLIOCENO**

- Muy alta permeabilidad debido a la karstificación. Arrecifes y calizas
- Baja permeabilidad, localmente alta por karstificación. Sedimentos margosos, calizos y detríticos.

Nivel de agua en pozo (m s.n.m.). Febrero 2017.

Datos de río/laguna (Imagen Google). 2006-2017

Parque Nacional Humedales del Ozama

División de cuenca

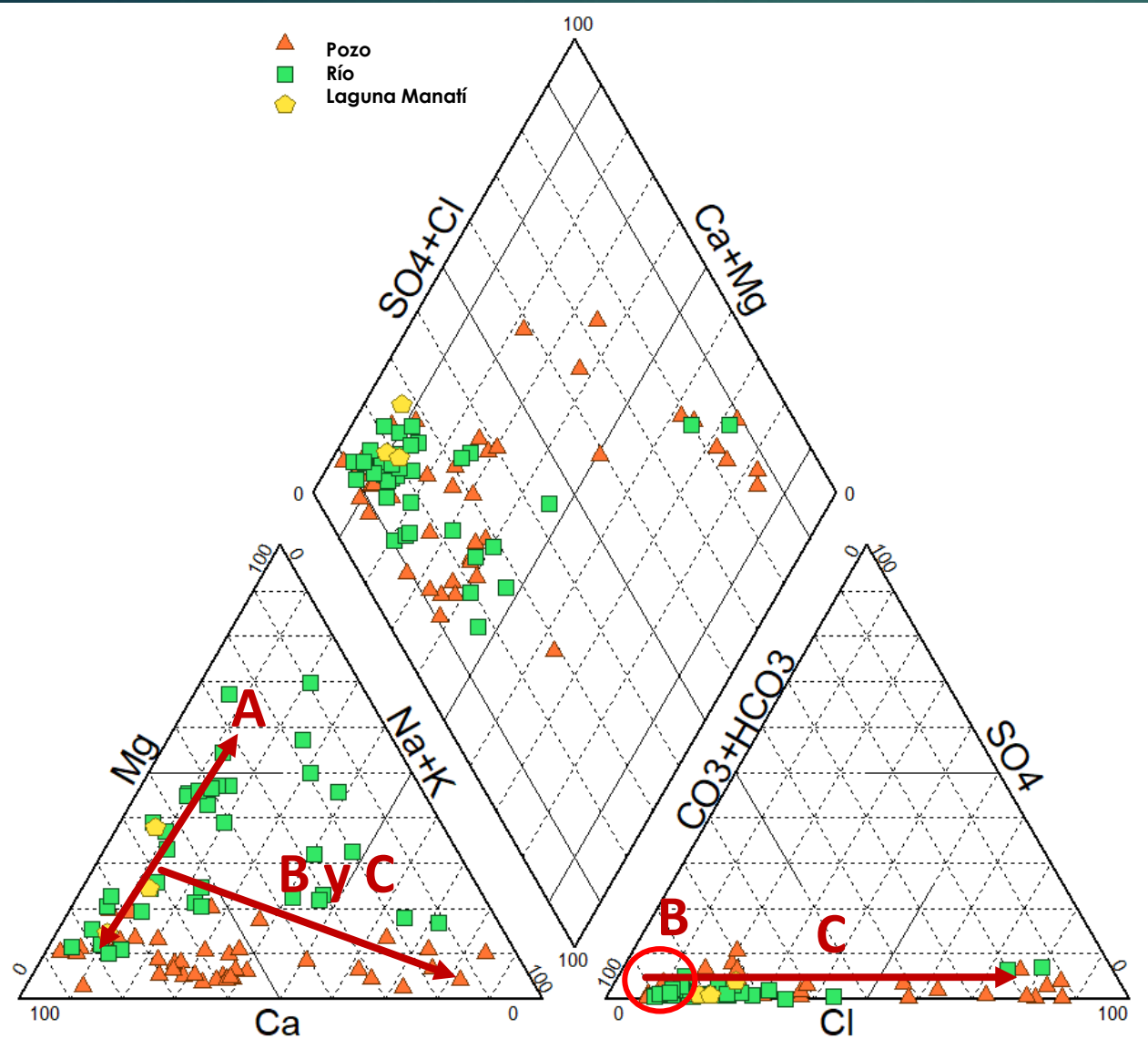
Línea piezométrica (m s.n.m) (Aquater, 2000)

Dirección preferente del flujo subterráneo

Datos propios sobre mapa de AQUATER (2000)



# 5. Resultados. Origen de las aguas según su composición química



## Identificación de facies químicas y de procesos naturales

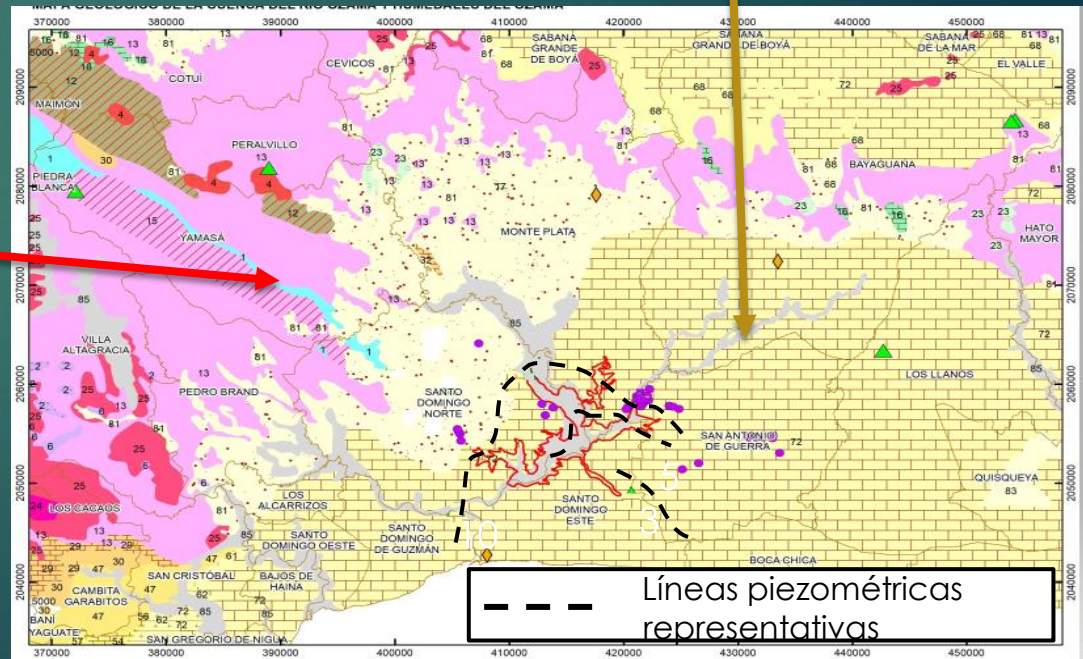
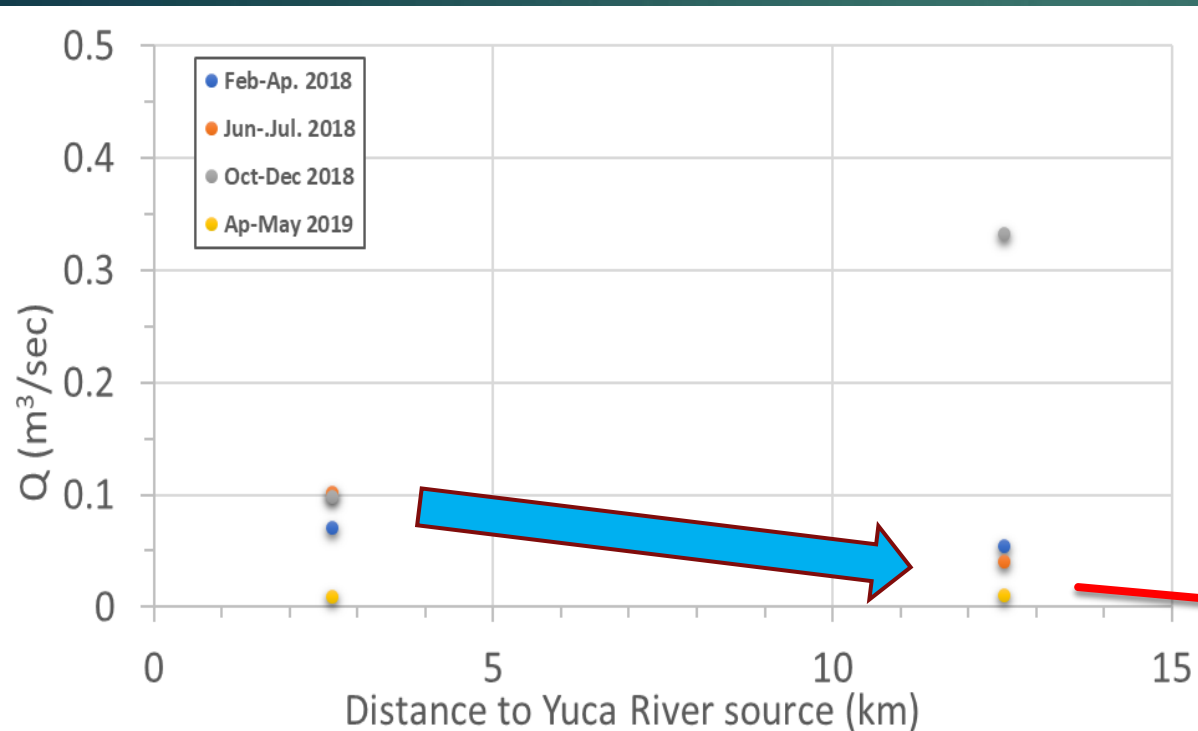
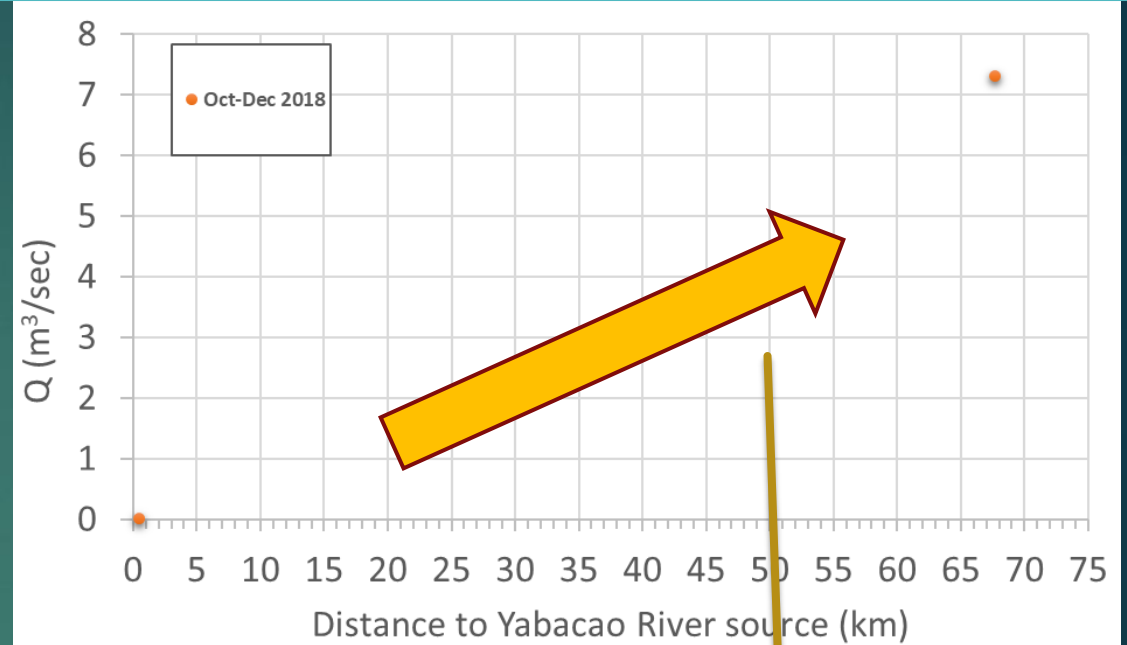
- A:** Facies  $Ca/Mg-HCO_3$   
Indica disolución de minerales carbonatados. Esto puede ocurrir en el cauce de los ríos y también en el acuífero.
- B:** Evolución de  $Ca/Mg-HCO_3$  a  $Na-HCO_3$   
Indica intercambio catiónico en el terreno (con liberación de  $Na$  y adsorción de  $Ca+Mg$ ). Este proceso ocurre en el acuífero.
- C:** Evolución de  $Ca/Mg-HCO_3$  a  $Na/Cl$   
Mezcla de agua dulce y agua de mar. Este proceso solo puede ocurrir en el sector de acuífero al E del PNHO.

Las muestras de aguas de río que tienen mezcla con agua de mar indican que estos reciben agua subterránea, ya que el agua de mar está en el acuífero, al E del PNHO



# 5. Resultados. Evolución del caudal en ríos

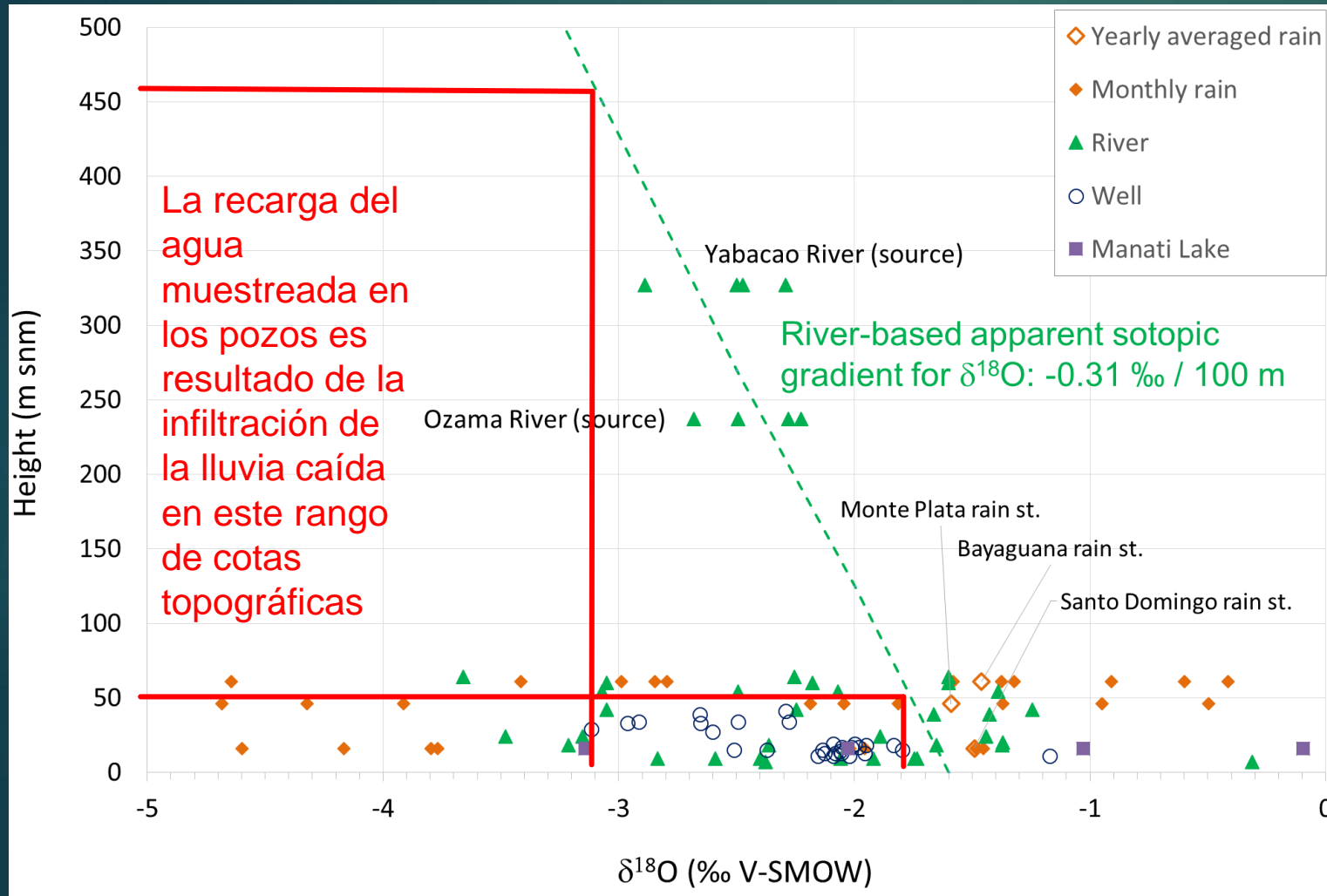
Caudal del río Yabacao aumenta aguas abajo. Una parte del agua que gana el río es agua subterránea que descarga al cauce.



El caudal del río Yuca tiende a disminuir aguas abajo. El río pierde agua por infiltración al acuífero, posiblemente debido al bombeo de los pozos de abastecimiento urbano ubicados cerca de los humedales.



# 5. Resultados. Zonas de recarga del agua subterránea según su composición isotópica



- La variación con la altitud de los valores de ciertos isótopos (elementos químicos) en el agua de los ríos informa la altitud a la que cayó la lluvia que alimenta esos ríos.
- Analizando esos mismos componentes en el agua de los pozos se vio que la mayoría de los pozos de la llanura captan agua procedente de lluvias que se infiltraron entre  $\approx 50$  y  $\approx 450$  msnm.
- Este gran rango de cotas de recarga al acuífero es consistente con la topografía de la cuenca.



## 6. Conclusiones

- ❑ La composición del agua de los ríos de la zona indica que, en general, es escorrentía de la lluvia que al circular por los cauces disuelven pocos minerales.
- ❑ La composición de las aguas subterráneas indica que estas disuelven más minerales y, en el sector de acuífero al E del PHNO, el agua subterránea recargada por la lluvia se mezcla con agua de mar. En esa zona hay agua de mar porque existe intrusión marina debido a la intensa explotación del acuífero para abastecimiento urbano.
- ❑ La composición química de algunas muestras de río también corresponde a mezcla con agua de mar, indicando que existe descarga de agua subterránea en cierto sector. Esto es consistente con el aumento del caudal de ríos como el Yabacao.
- ❑ Comparando la composición isotópica de la lluvia, los ríos y las aguas de pozo se ha deducido que las aguas subterráneas explotadas en la Planicie Costera se recargan en un amplio rango de alturas que van desde el piedemonte hasta la parte alta de la Cordillera. Esta información es muy útil para la gestión de los acuíferos.
- ❑ Los humedales del PNHO parecen recibir agua subterránea a lo largo de su borde N y NO, y transfieren agua al acuífero a lo largo de su borde E. Esta situación parece estar influenciada por la intensa explotación de aguas subterráneas (principalmente para abastecimiento doméstico) que se presenta al este del PNHO. Este aspecto necesita más observaciones.
- ❑ El trabajo realizado en este proyecto muestra que las herramientas científicas utilizadas aportan información muy útil para la gestión de los recursos hídricos.



# Agradecimientos



LAGUNA



"LAGUNA



CONFLUENCIA CACHON CON



CRUCE HACIA CASETA



LAGUNA AFLUE



"LOS TR