

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL SISTEMA KÁRSTICO DE UCRUMACHAY

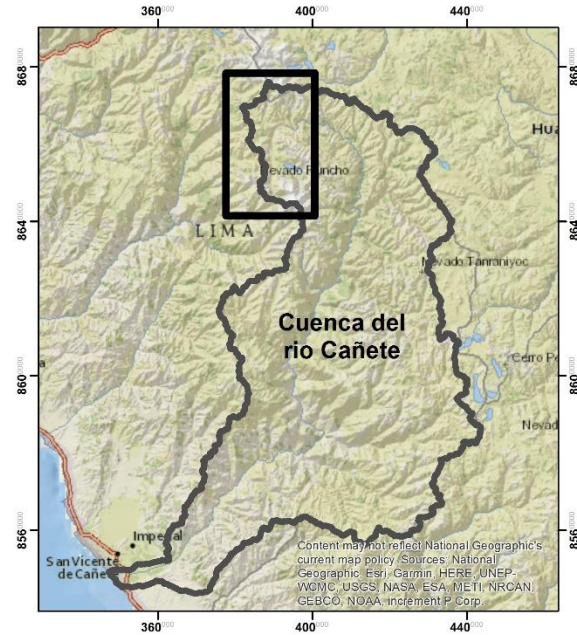
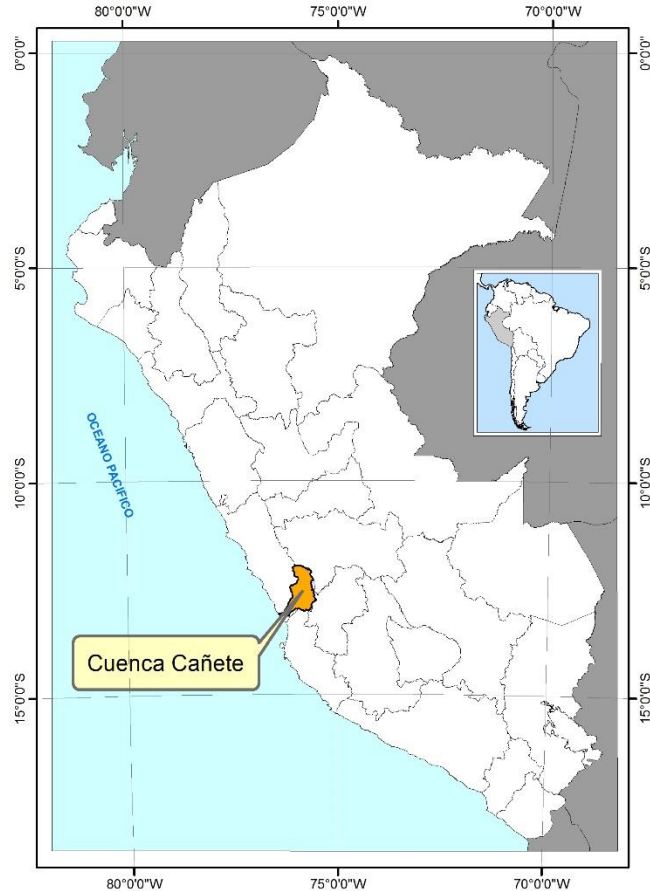
29 de Agosto del 2018

*Fabien Renou, Fluquer Peña, Marlon Ccopa-INGEMMET
Jean Loup Guyot - IRD*

Objetivos

- Estudiar el comportamiento hidrológico e hidroquímico del sistema kárstico de Ucrumachay
- Realizar una primera estimación de los flujos de elementos disueltos y de la tasa de erosión kárstica

Ubicación



Contexto

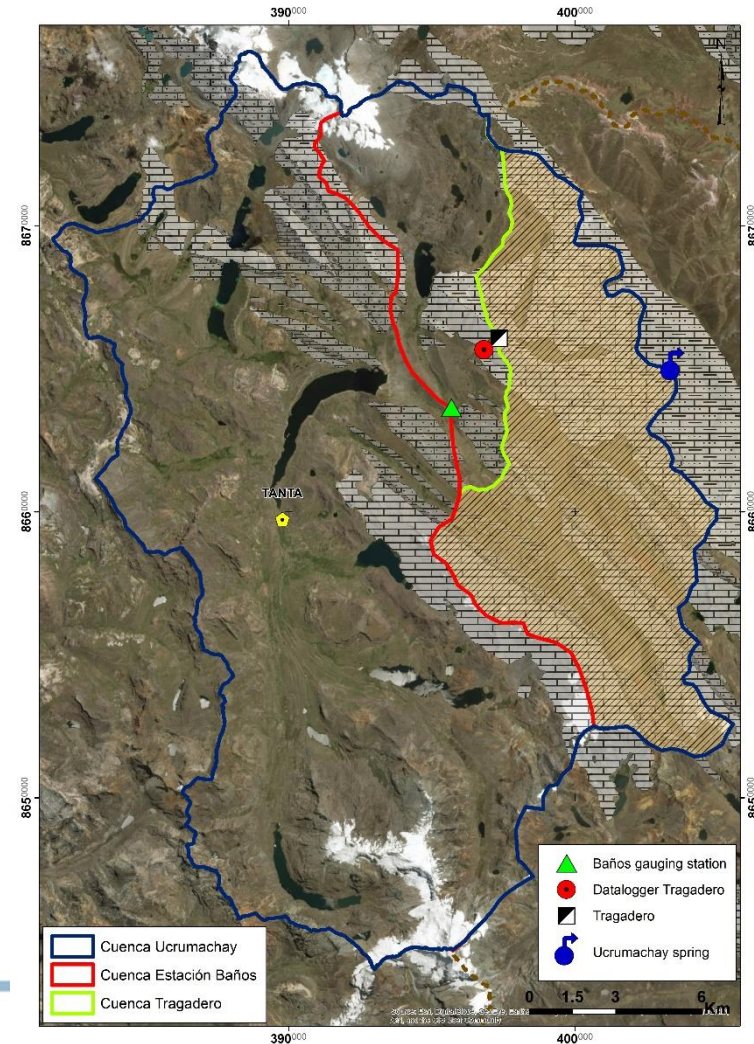
- Sistema kárstico de altitud (≈ 4000 m.s.n.m.)
- Sistema kárstico “influenciado” por la presencia de la represa Paucarcocha => controla los caudales del río Cañete



Las fuentes monitoreadas

ID	Station	Lat (UTM)	Long (UTM)	Altitud (m.a.s.l.)	Area of watershed (km ²)	Q _{mean} (m ³ .s ⁻¹)	Q _{spec} (l.s ⁻¹ .km ⁻²)
UCRU	Ucrumachay	403319	8664933	4012	464	7.48	16.1
TRAG	Tragadero	397349	8666060	4107	354	7.64	21.6
BAÑ	Baños	395889	8663610	4170	302	7.64	25.3

ID	Station	Frequency of monitoring	Monitored Parameters	Observation period
UCRU	Ucrumachay	30 min	Water level (m), Electrical Conductivity (μS/cm), Temperature (°C)	07/11/2016 – 17/05/2018
TRAG	Tragadero	30 min	Water level (m), Electrical Conductivity (μS/cm), Temperature (°C)	21/06/2017 – 17/05/2018
BAÑ	Baños	Daily	Water level (m), Discharge (m ³ /s)	07/11/2016 – 17/05/2018



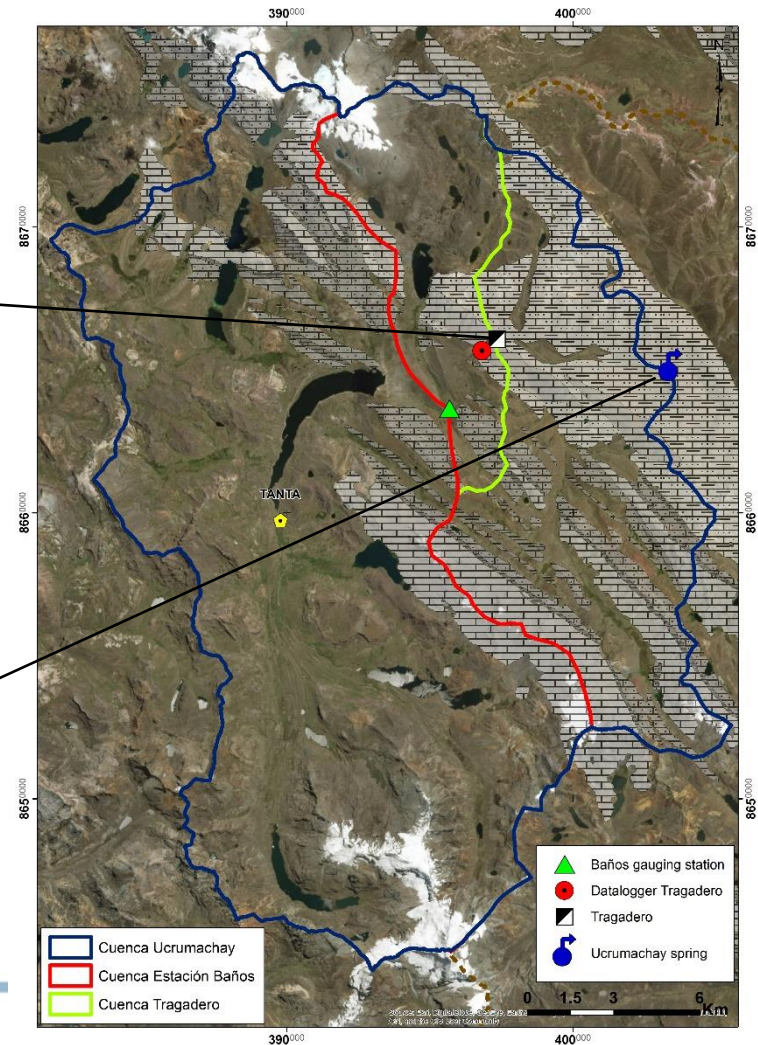
Las fuentes monitoreadas



Tragadero



Ucrumachay



Recopilación de datos

- Descarga de datos



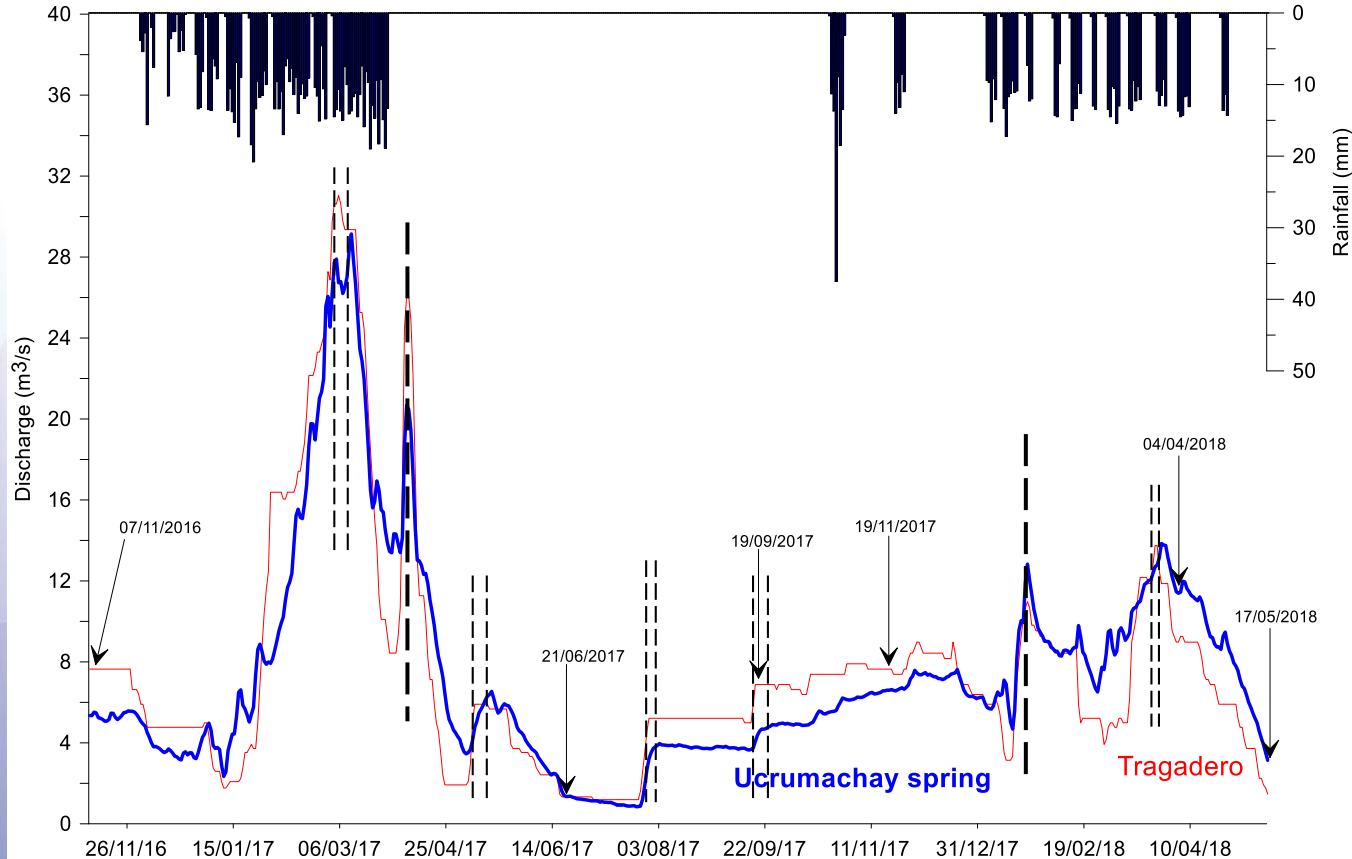
- Aforos



- Muestreo químico



Hidrología



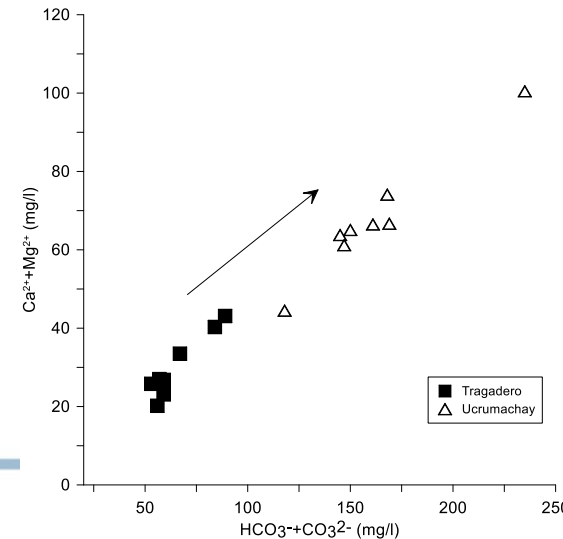
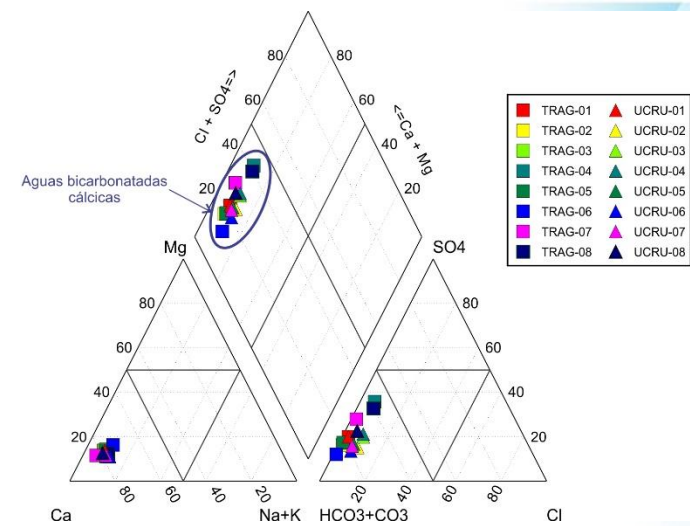
- $Q_{\text{Trag}} > Q_{\text{Resurgencia}}$
- Retraso entre picos de caudal: 2-7 días
- Distancia Tragadero-Resurgencia: 6.5 km
- $V_{\text{prom.}} = 1 - 3 \text{ km/día}$

Hidroquímica

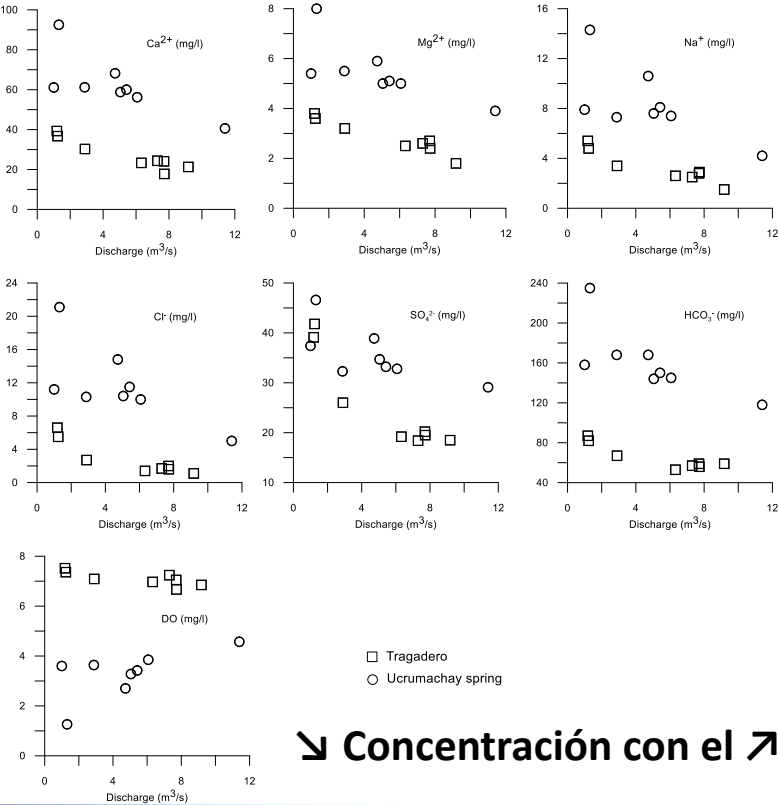
Fuente	Alt. (m.s.n.m.)	pH	Temp. (°C)	C.E. (μS/cm)	TDS (mg/l)	O ₂ dis. (mg/l)
Tragadero	4107	8.4	11.5	184.0	131.5	7.09
Ucrumachay	4012	7.7	12.1	406.8	292.4	3.29

Ucrumachay:

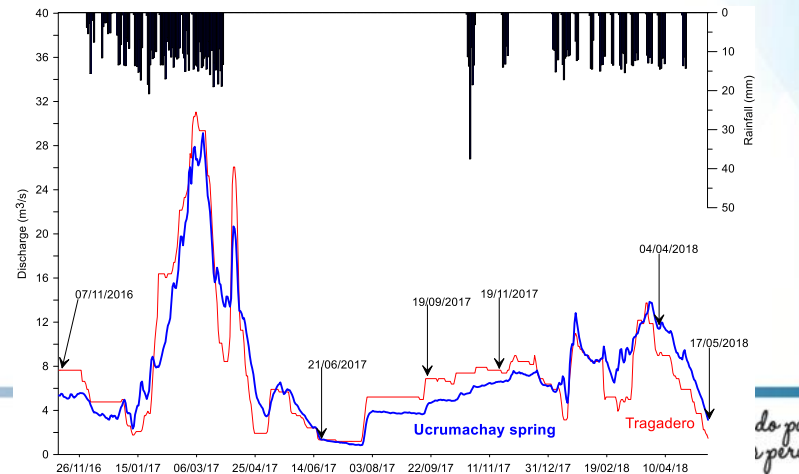
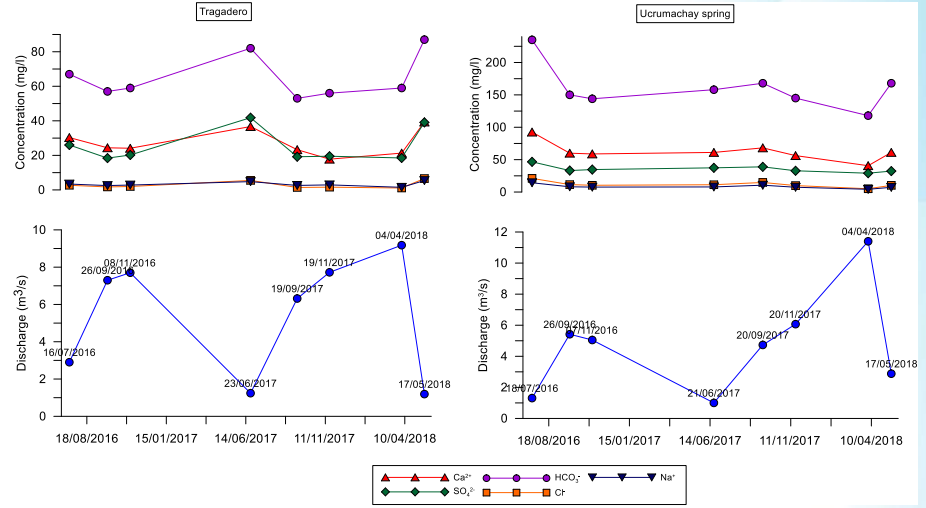
- ↗ [HCO₃⁻] y [Ca²⁺] => **disolución de la roca caliza**

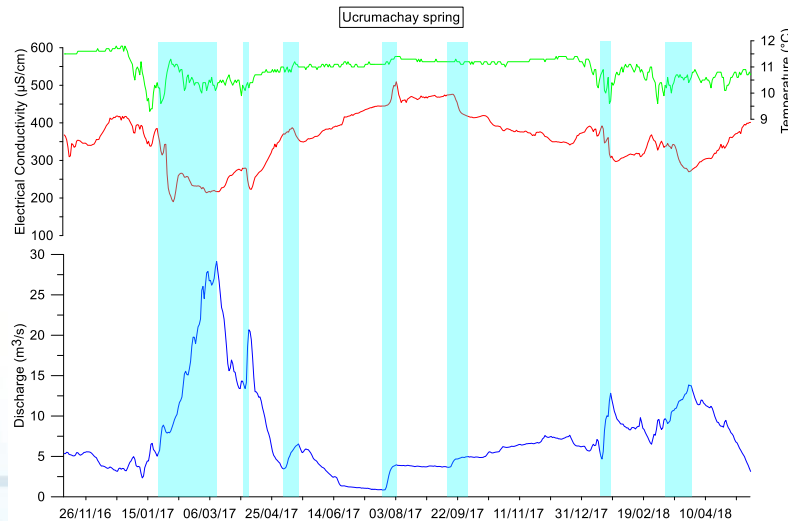
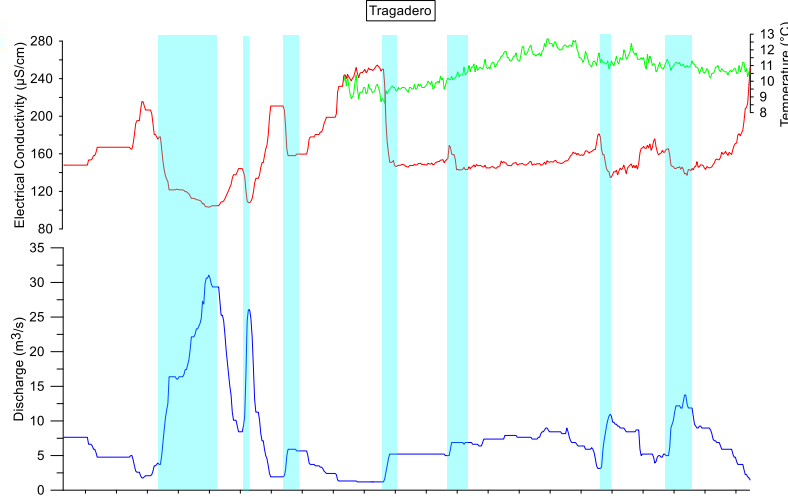


Hidroquímica



↘ Concentración con el ↗ del Q





Principal flood peaks

- Picos de crecida:
 - $CE \searrow$ mientras $Q \nearrow \Rightarrow$ Dilución de las aguas de la resurgencia por las aguas de infiltración del río
 - **Excepción: 2 picos de crecida:**
 - mayo
 - fin de julio-inicio de agosto
 - > **Ucrumachay: $CE \nearrow$ mientras $Q \nearrow$**
 - \Rightarrow Cambio de comportamiento \rightarrow "Flujo pistón"**
- Recesión:
 - $CE \nearrow$ mientras $Q \searrow \Rightarrow$ Alimentación por aguas de la ZS

Flujo de elementos disueltos

- Flujo de carbonatos: $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$
- $\text{Fcarb (t/día)} = \text{Fcarb diario (mg/l)} \times \text{Q diario} \Rightarrow \text{Flujo anual (2017)}$
- **Fcarb sistema kárstico = Fcarb Ucrumachay – Fcarb Tragadero**

Fuente	Fcarb (t/año)*	A Calizas (km ²)
Tragadero	5158	63
Ucrumachay	11123	143
Sistema kárstico	5965	80.2

* Datos para el año 2017

Estimación de la tasa de erosión

➤ $F_{carb\ específico} = \frac{F_{carb\ anual}}{A\ calizas}$

➤ Densidad caliza (t/m³): 2.4 – 2.7

Fuente	A Calizas (km ²)	F _{carb} específico (t/km ² /año)	Tasa de erosión (mm/mil)
Tragadero	63	82	
Ucrumachay	143	78	
Sistema kárstico	80.2	74	28 - 31

Site	Karst type	Altitude (m.a.s.l.)	Method used	Annual rainfall (mm)	Rate (mm/ky)	Source
Silberen, Switzerland	bare karst	2200	hydrochemistry	2400	10	Bögli (1971)
Innerbergli, Switzerland	bare karst	1800	micrometer	1670	10	Häuselmann (2008)
Kanin, Italy	bare karst	2000	micrometer	2800	10 - 35	Forti (1984)
Kanin, Slovenia	bare karst	2200	micrometer	3500	17 - 100	Kunaver (1979)
Steinernes Meer, Austria	bare karst	2000	micrometer	2200	30	Pavuzza (unpublished)
Hochschwab, Austria	bare karst	2000	micrometer	2150	10	Plan (2005)
Hochschwab, Austria	covered karst	2000	carbonate tablet	2150	13 - 40	Plan (2005)
Ucrumachay	bare-covered karst	4000	hydrochemistry	821	28 - 31	

Source: Häuselmann (2008)

Estimación de la tasa de erosión

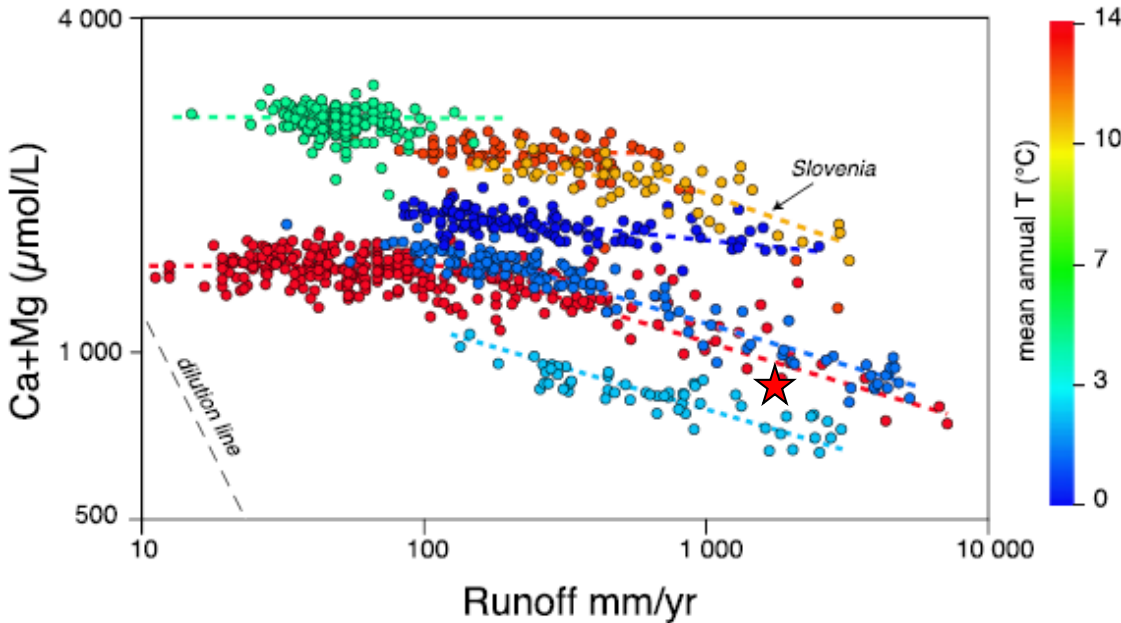


Fig. 3. Log-Log relationship between weathering intensity and instantaneous water discharge normalized to catchment surface area for rivers from the GLORICH database and from Slovenia (Szramek et al., 2007) color-coded for mean annual temperature. This figure illustrates the chemostatic behavior of carbonate dominated rivers, i.e. the non-dilution for concentrations with increasing discharge. A pure diluting behavior would follow a slope of -1 in this diagram indicated by the dashed line. For individual events associated to high discharge, concentrations decrease significantly, explaining part of the variability of carbonate weathering intensity at a given temperature.

Runoff (mm/yr)	Ca+Mg ($\mu\text{mol/L}$)	T $^{\circ}\text{C}$
2120	850	12.1

Gaillardet et al. (2018)

CONCLUSIONES

- Sistema kárstico “controlado”
- Q Resurgencia depende principalmente del Q de la represa Paucarcocha. En promedio, $Q_{\text{Tragadero}} > Q_{\text{Resurgencia}}$. Desfase entre picos de Q entre 2 y 7 días
- Composición química de las aguas controlada por la disolución de la roca caliza
- En general, comportamiento de tipo “dilución”, excepto después de un periodo prolongado de aguas bajas
- Las primeras estimaciones de la tasa de erosión kárstica dan valores bajos de 28-31 mm/milenario

¡Muchas gracias!



