Estudio de la hidrogeoquímica de los sistemas kársticos en los Andes del Perú

Control de la alteración de carbonatos en un medio orogénico tropical a lo largo de un gradiente altitudinal y climático

Francesco Ulloa Cedamanos

Orientadores : PhD. Jean-Sébastien Moquet

PhD. Jean-Loup Guyot

PhD. Damien Calmels

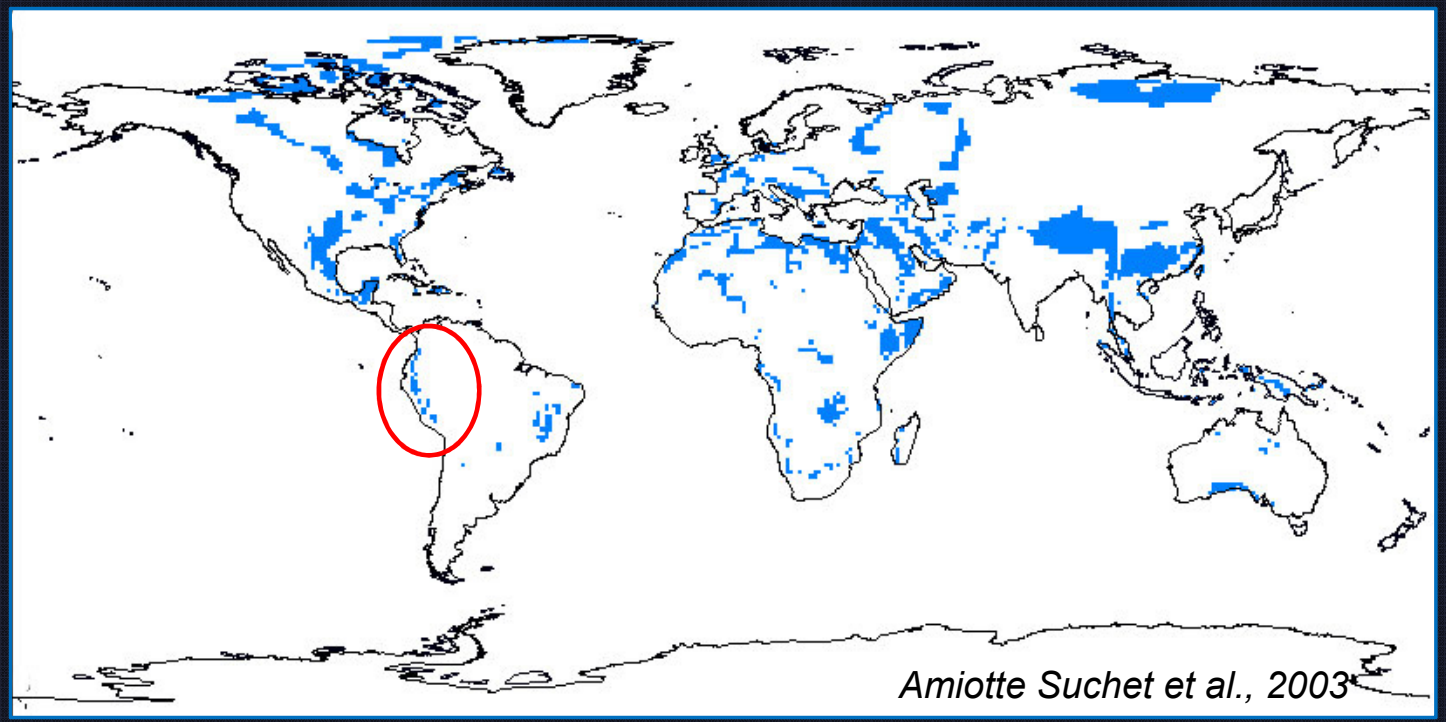
PhD. Julien Bouchez

Los carbonatos : **10-14%** de las superficies continental
(*Chen et al., 2017*)

Meteorización de los carbonatos : **45 - 60%** de los elementos disueltos exportados al Océano (80% Ca)
(*Gaillardet et al., 1999*)

Identificación de los parámetros que controlan la meteorización de los carbonatos

Entender mejor el funcionamiento de los **sistemas Kársticos**

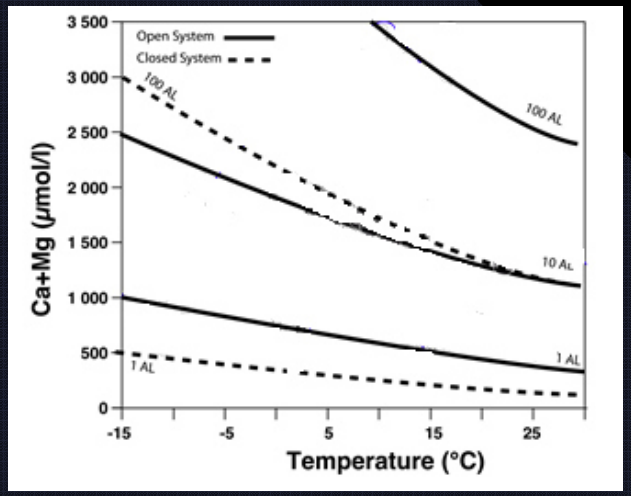


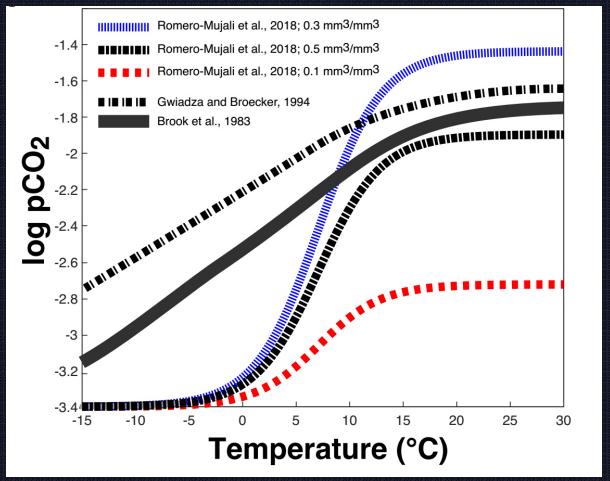
Falta de datos en medio tropical sobre el papel de los parámetros ambiental en la meteorización de las formaciones cabonatadas.
(*Gaillardet et al., 2018*)

Meteorización carbonatos = f(temperatura)

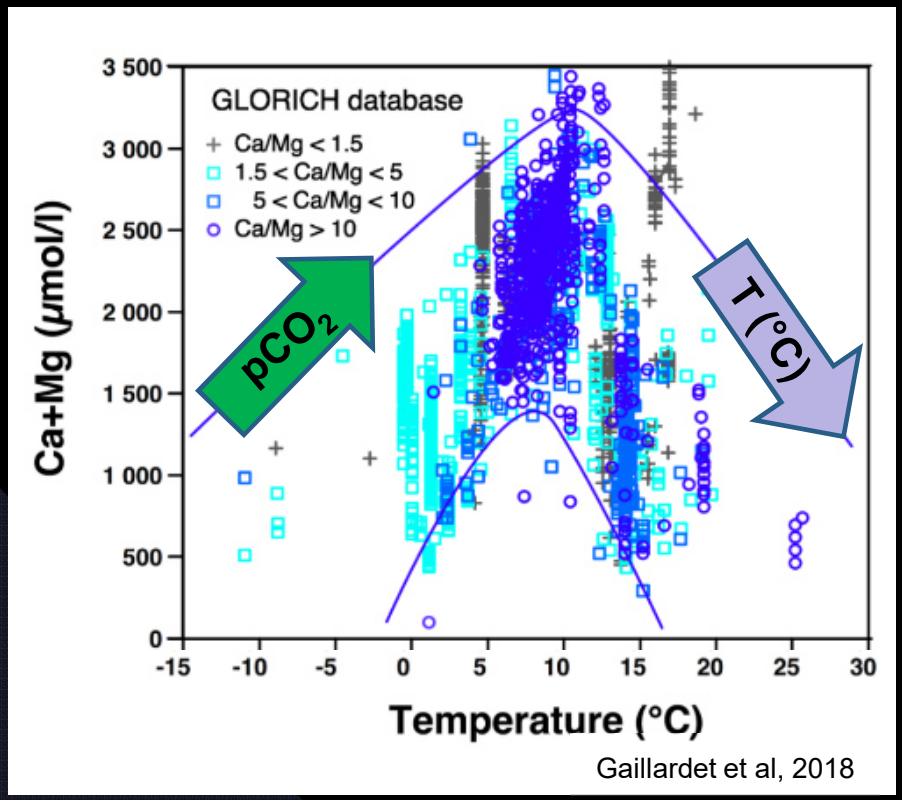
PERO

Competición pCO_2 (vegetación) vs termodinámica



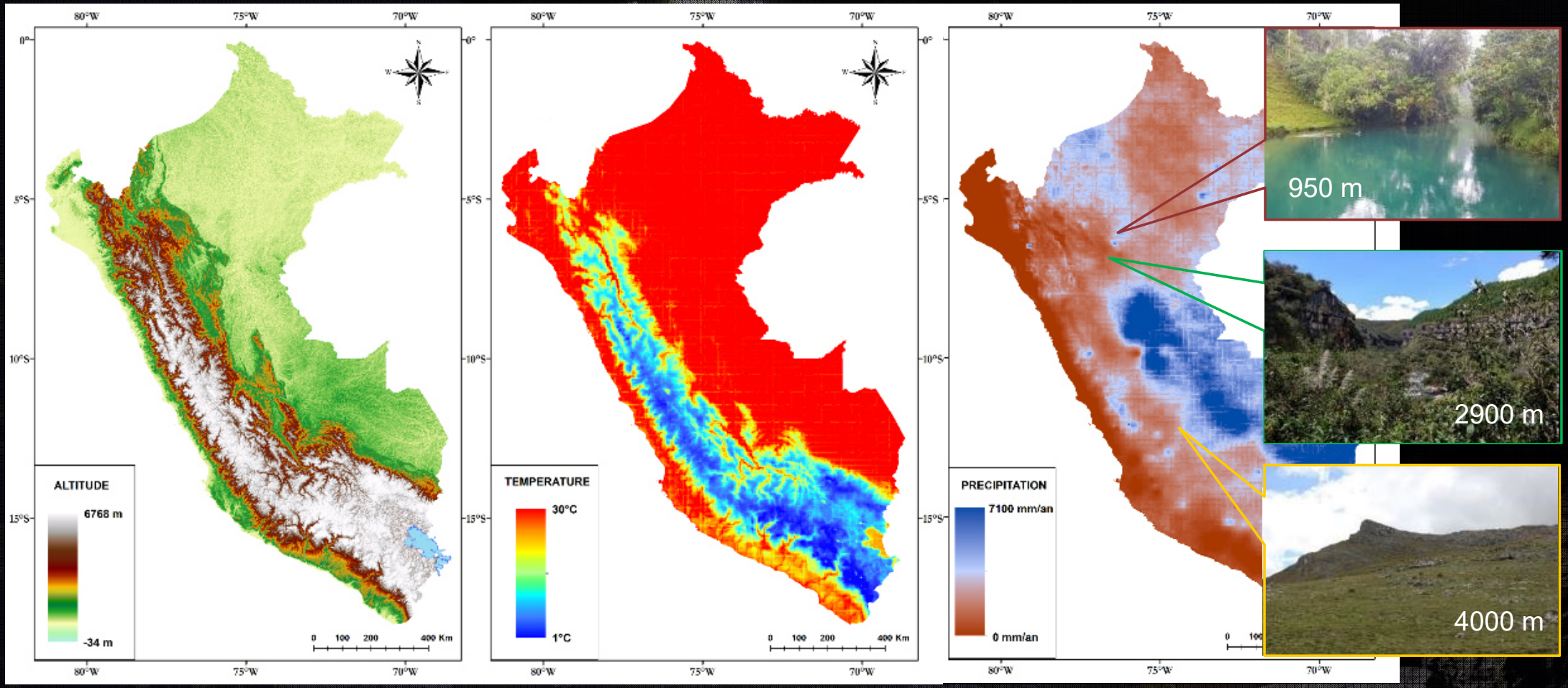


Control global sobre la meteorización de los carbonatos



Gaillardet et al, 2018

Andes peruanos : un laboratorio natural



Objetivos del estudio

(1) Determinar el papel de los parámetros ambiental

(2) Determinar flujos de meteorización y consumo de CO_2 asociados

Muestreo de 35 resurgencias
16 febrero - 06 marzo 2018

400 → 4000 m de altura

0,003 < Q < et 16,5 m^3/s





- **Hidrología :**
Caudal, ETP(R), isotopos estables del agua.

- **Hidroquimica clásica:**
pH, conductividad, OD, T_{agua}, alcalinidad, elementos mayores y trazos, SIc, pCO_2.

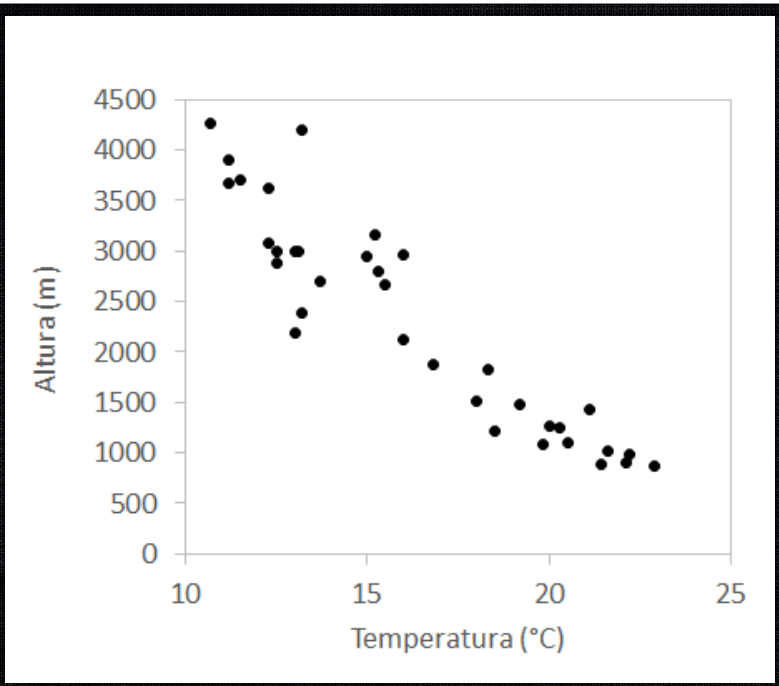
- **Fuente y formación de los carbonatos :**
$\delta^{13}C$ y $^{87}Sr/^{86}Sr$.

- **Hidroclima (SIG) :**
PISCO (P y T_{aire}), delimitación BV_{topo}, Qs y coeficiente de escurimiento.



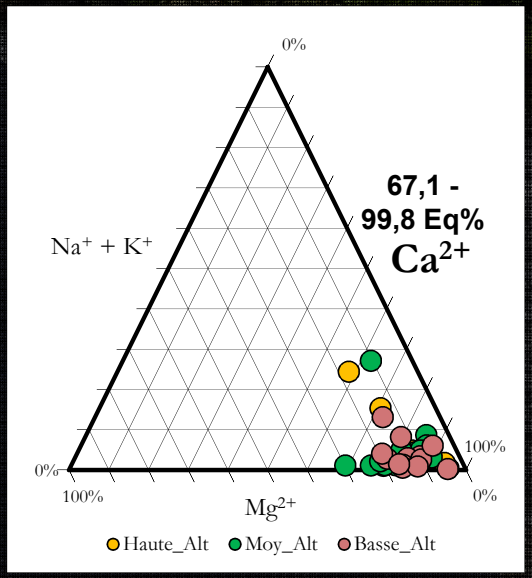
$11 < T_{agua} < 23$ ºC $7,1 < pH < 8,4$

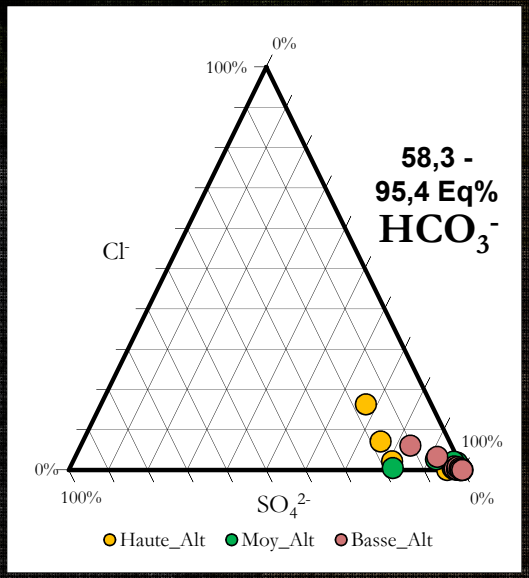
$104 < C_{agua} < 611$ µS/cm



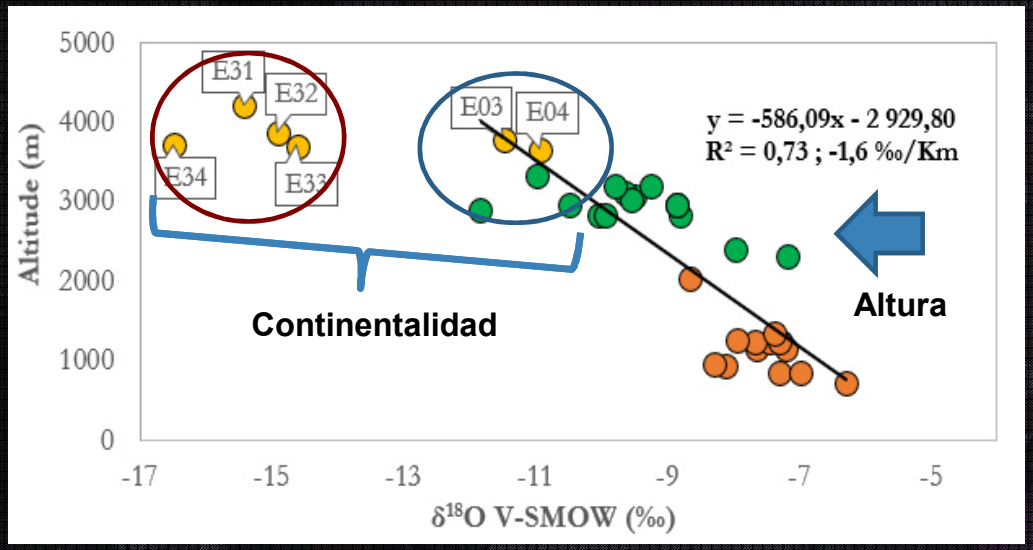
$-0,6 < SIc < 0,8$ $10^{-3.41} < pCO_2 < 10^{-1,75}$ atm

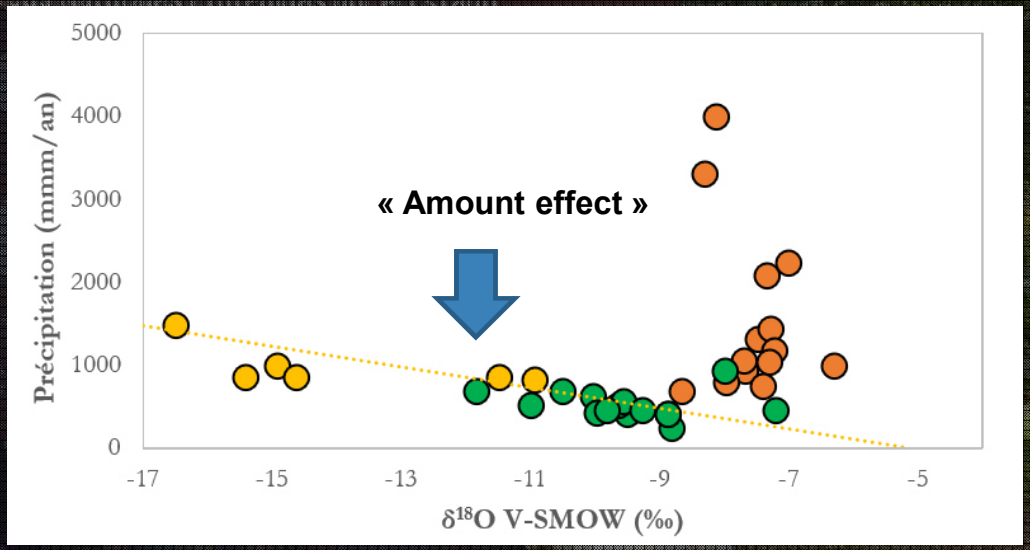
➔ FACIES CARBONATOS CALCICOS





$\delta^{18}O$
Origen de las aguas de las resurgencias





Basse_Altitude | Moyenne_Altitude | Haute_Altitude | Linéaire (Gradient_Altitude) | Linéaire (Pente_0,8‰/100mm)

$\delta^{18}O$ depende de 3 factores: f(Altura; Continentalidad; Cuantidad)

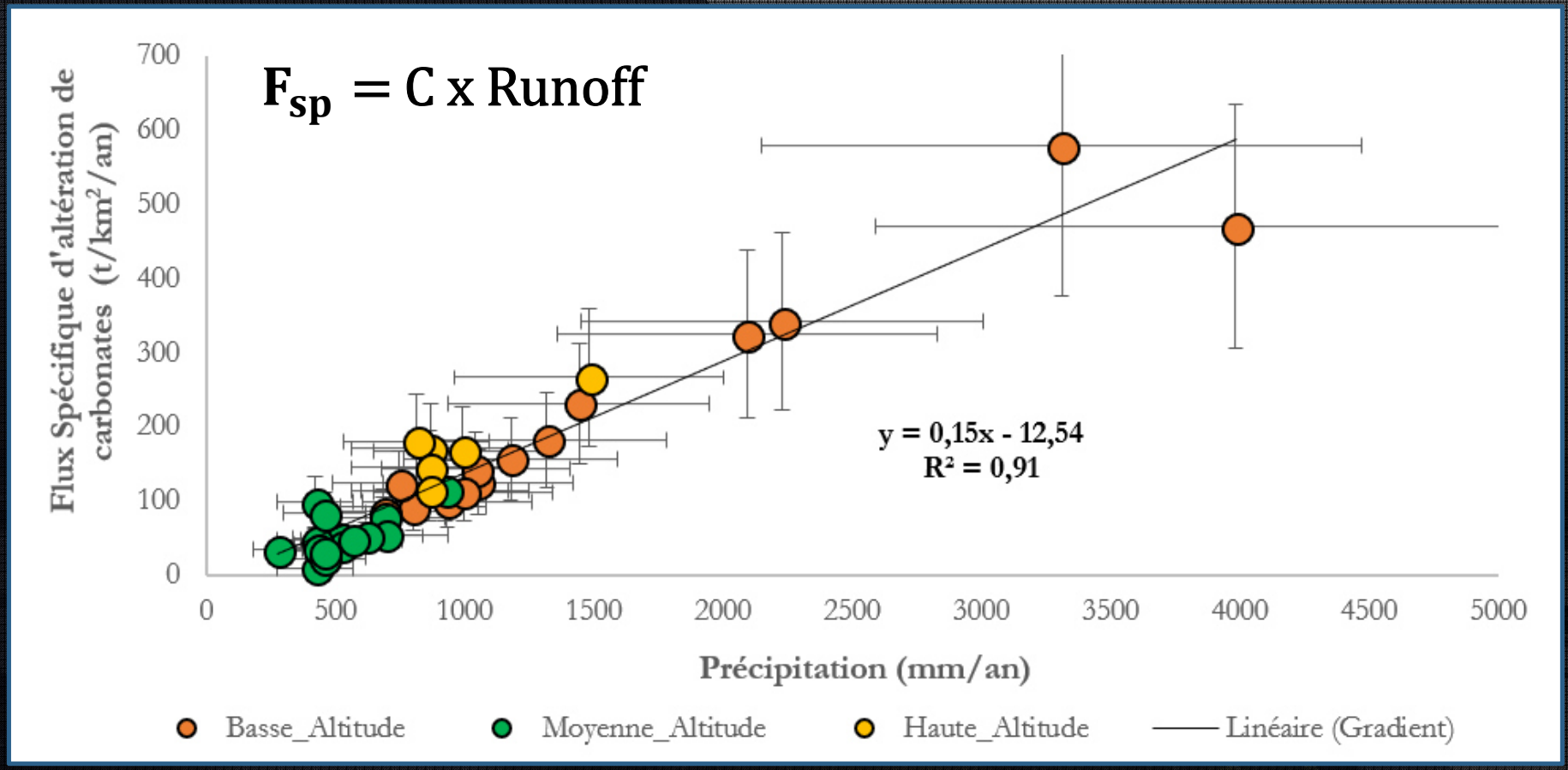
Parámetros hidrológicos

$$F_{sp} = \frac{Q \; x \; C}{S} = (P - ET) \; \text{x} \; C$$

- $Q_{instantaneo} > Q_{promedio\ anual}$ (cronicas de 5 resurgencias – Tesis de doctorado de Liz Hidalgo)
- $BV_{topo} \neq BV_{drenaje}$
- Sub-estimacion de lluvia (≈ runoff)
- Variación temporal de concentración < 10% (monitoreo de 3 resurgencias – Tesis de Liz Hidalgo)

➔ **Primera aproximación : RUNOFF ≈ *P* (INCERTIDUBRE ALTA)**

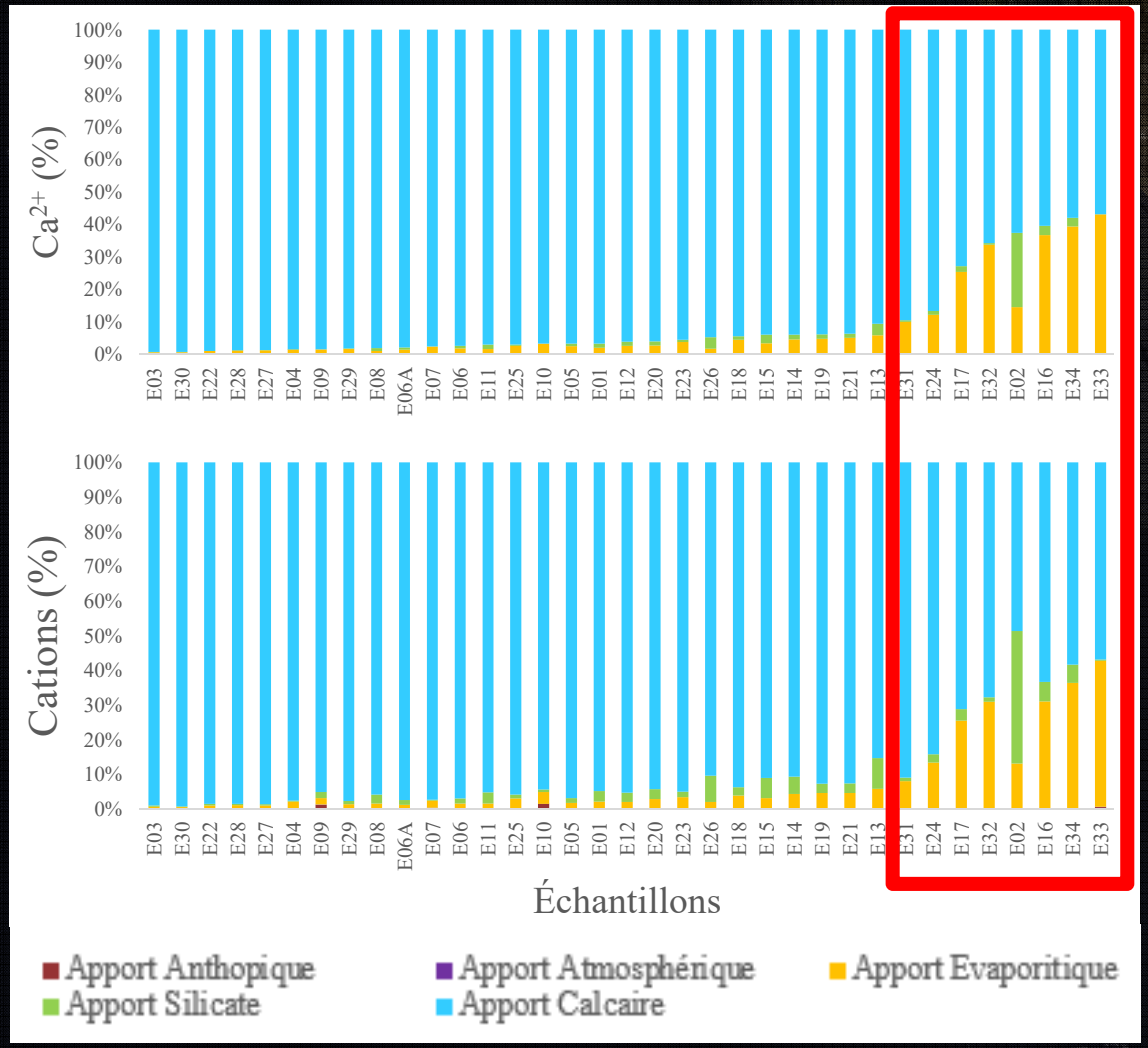
Gradiente de meteorización de los carbonatos

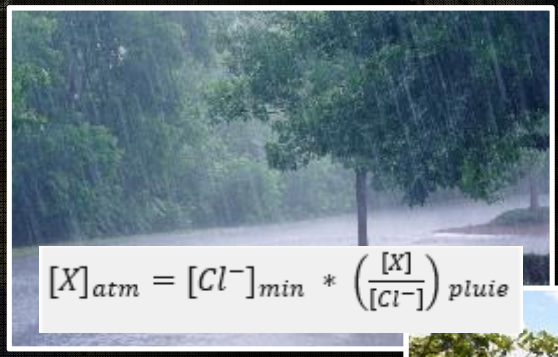


Variabilidad espacial :
Lluvia >> Concentration en Ca+Mg o HCO_3^-

➡ Control principal de los flujos de meteorización:
Lluvia (Cuantidad de agua)

Fuente de los elementos mayores





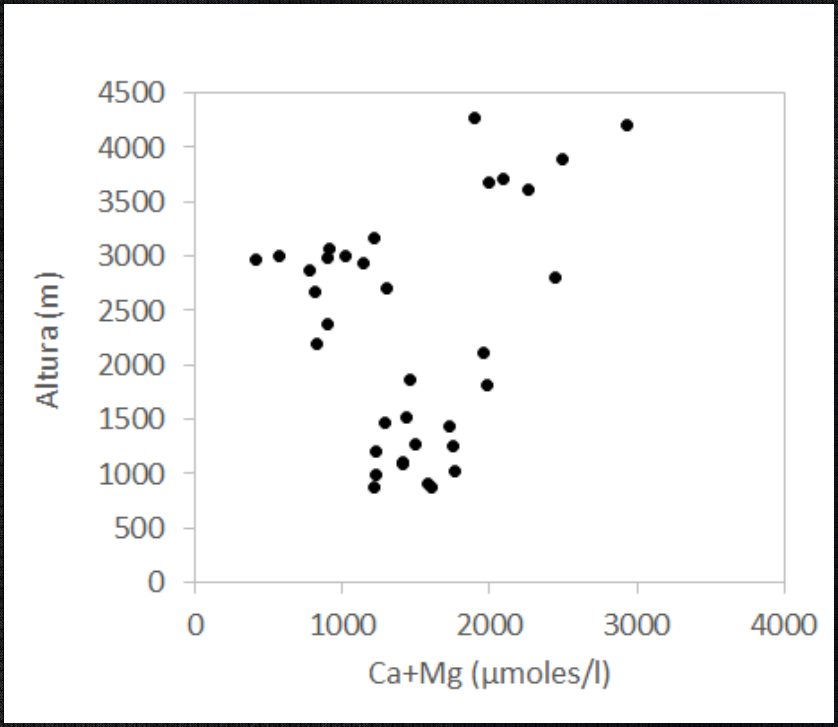
$$[X]_{atm} = [Cl^-]_{min} * \left(\frac{[X]}{[Cl^-]}\right)_{pluie}$$

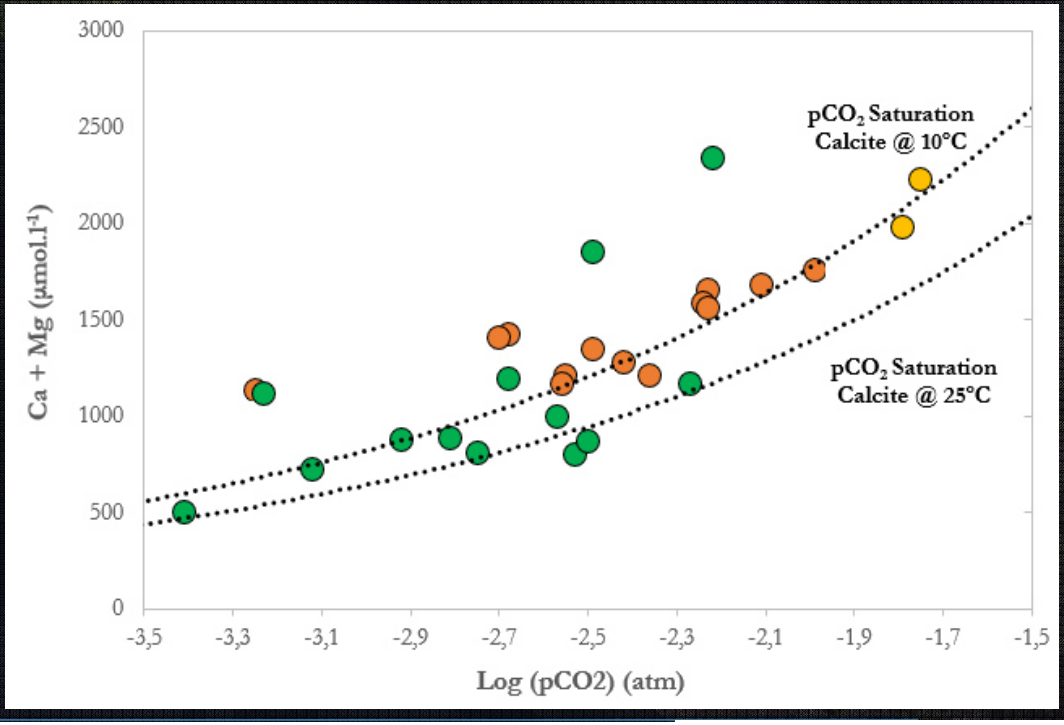




CALCARIO + Influencia « Evaporitas y Silicatos »

Gradiente de meteorización de los carbonatos



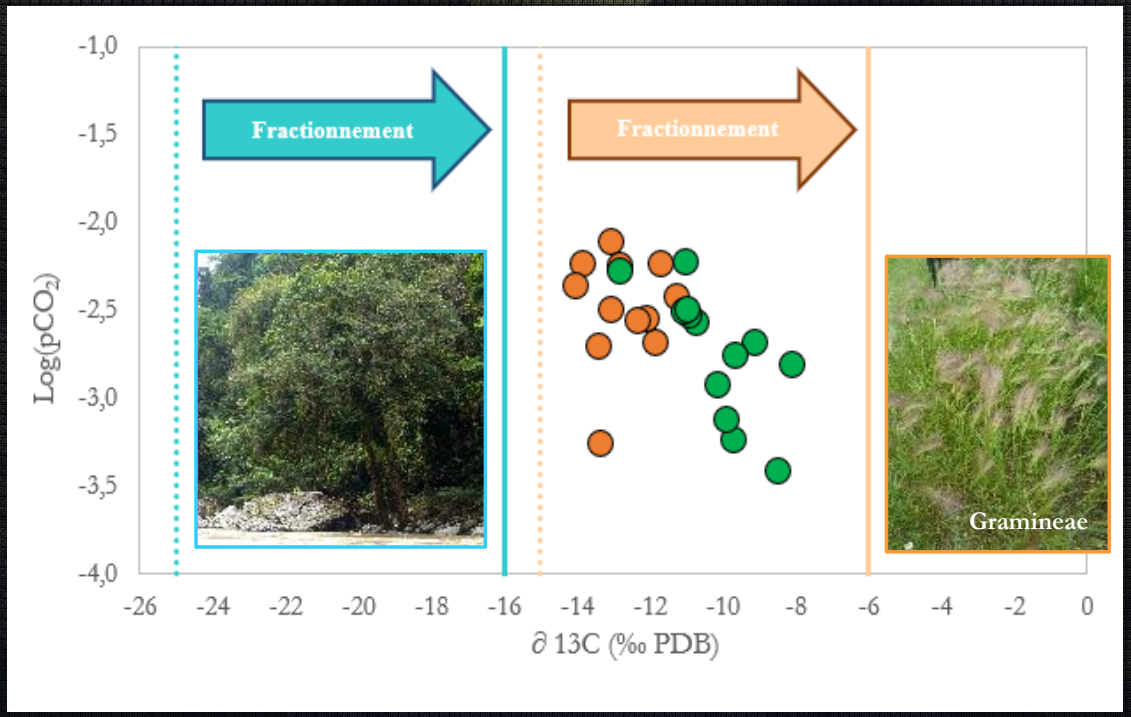




pCO_2 Altas alturas « El mas alto »
➔ Control Termodinámico

pCO_2 de Baja altura >> altura media

Gradiente de meteorización de los carbonatos

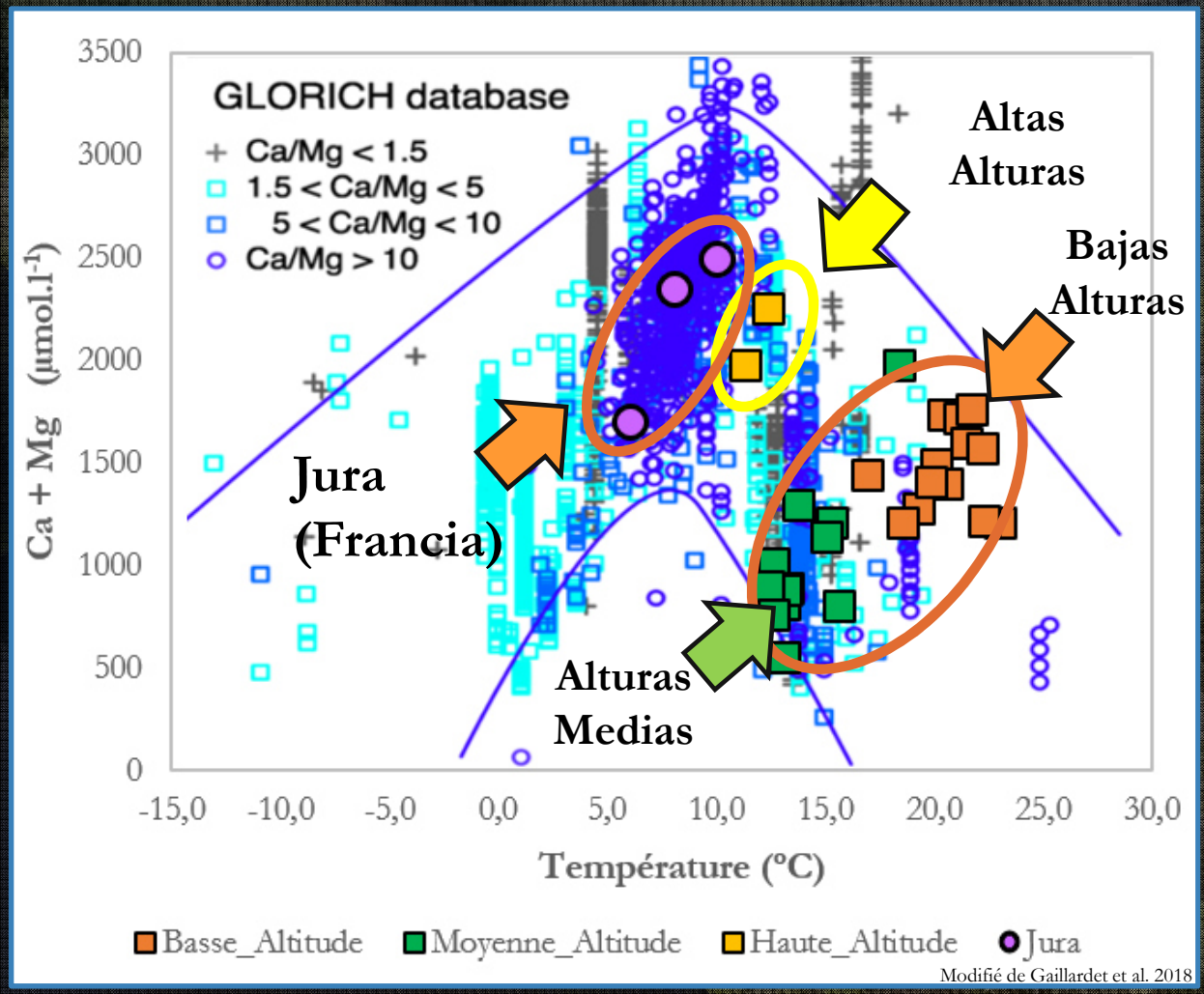


➔ **Control del tipo de ecosistema en la $pC0_2$**

Gradiente de meteorización de los carbonatos

Control principal sobre las concentraciones / intensidad de meteorización

VEGETACION + TEMPERATURA



Modifié de Gaillardet et al. 2018

Conclusiones



✓ **Origen del agua ($\delta^{18}O$)**

Efecto : Orogénico + de cuantidad + Continentalidad

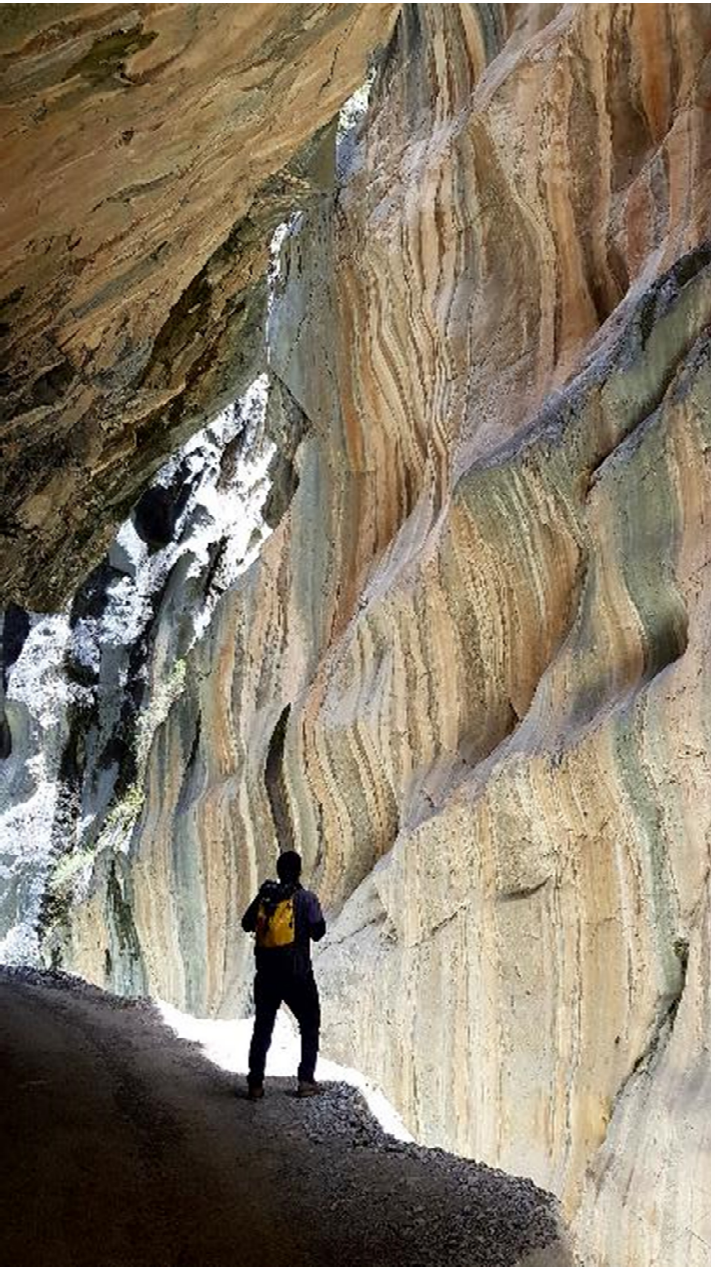
✓ Parámetros **hidrológicos** + fuertes **incertidumbres** :

P difícil a definir + definición BV región kárstica »

✓ Presencia de fenómenos de **formacion** + **dissolucion** de carbonatos secundarios : "Influencia en el ratio elementar"

✓ Control sobre el flujo de meteorización = la **Precipitación** ;

sobre las concentraciones = **Temperatura** + **Vegetación**




Thank
You
Merci
Gracias
Spacibo
Danke
Xièxie
Mèsi
Grazie
Chokrane
Kiitos
Dziakuju
Mauruuru
GratiasAgimus
GratiasAgo
Motashakkeram
Sagolun
Tak
Dankie
Ačiū
TänanVäga
Chnorakaloutioun
KopKhunKha
Gracie
CámOn
KamSahHamnida
Multumesc
Saha
Salamat
Obrigado
Bayarlalaa
Nirringrazzjak
Efharisto
Faleminderit
NajisTuke
Hvala
Arigatô
Gràcies
Grandmercé
Dakujem
TerimaKasih
Taiku
Mercé
Matondo
Blagodaram
ThintKo
Buznyg
WaadMahadsantahay
TapadhLeat
Köszönöm
Murakoze
Takk
aDank
BarakAllahuFiik
Grazzi
Rahmat
Mamnun
Tanemirt
Tenki
Barkal
Aabhar
Gratzias
KhobChaiDeu
Dhanyavaad
aNiKiè