

Tephra fingerprinting, tefrostratigrafia e tefrocronologia nelle successioni sedimentarie mioceniche del Bacino di Pisco (Perù)



Giulia Bosio

Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra
Università degli Studi di Milano-Bicocca

Sabancaya Perù



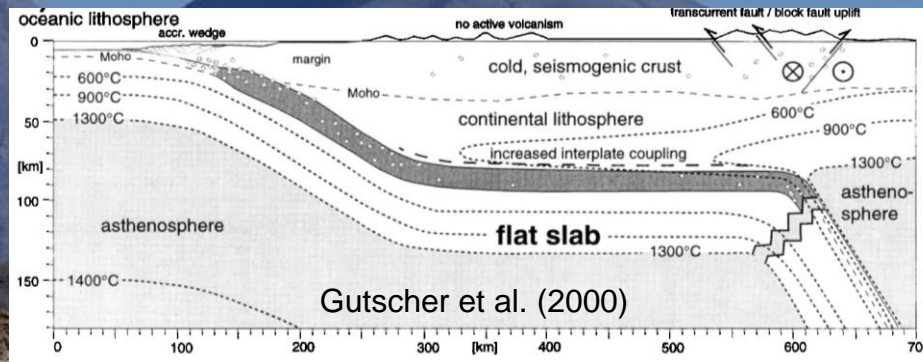
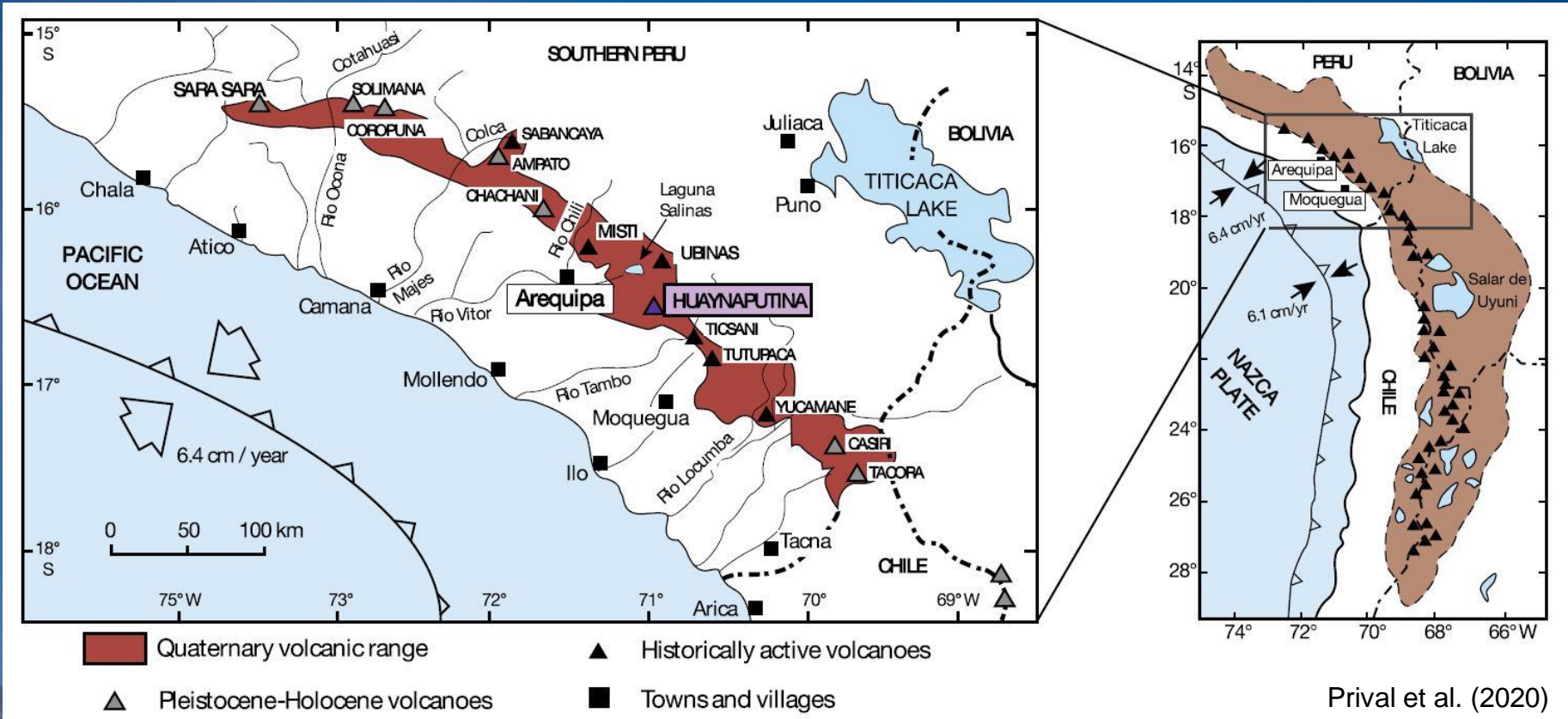
TEPHRA
 (Thorarinsson,
 1954):

clastic volcanic
 material that is
 transported from
 the vent through
 the atmosphere
 during an
 eruption

Table 5-1. Granulometric classification of pyroclasts and of unimodal, well-sorted pyroclastic deposits.
 (After Schmid, 1981)

Clast size	Pyroclast	Pyroclastic deposit	
		Mainly unconsolidated: tephra	Mainly consolidated: pyroclastic rock
64 mm	Block, bomb	Agglomerate, bed of blocks or bomb, block tephra	Agglomerate, pyroclastic breccia
	Lapillus	Layer, bed of lapilli or lapilli tephra	Lapillistone
2 mm 1/16 mm	Coarse ash grain	Coarse ash	Coarse (ash) tuff
	Fine ash grain (dust grain)	Fine ash (dust)	Fine (ash) tuff (dust tuff)

Fisher & Schmincke (1984)





Huaynaputina
1600 A.D.
VEI (*Indice di Esplosività Vulcanica*) 6

- Area of reported AD 1600 ashfall
- Area of reported victims, buried villages, and severe damages
- Main dirt roads and trade paths in 1600

Caratteristiche dei TEFRA come:

- Dispersione su ampie aree
- Deposizione geologicamente istantanea
- Presenza comune di minerali adatti a datazioni radiometriche

Permettono di:

- **DATARE** le singole eruzioni e mettere dei punti fermi nella stratigrafia (tefrocronologia)
- **CORRELARE** diverse sezioni stratigrafiche tramite tephra fingerprinting, ovvero tramite una caratterizzazione petrografica e chimica dei tefra (tefrostratigrafia)



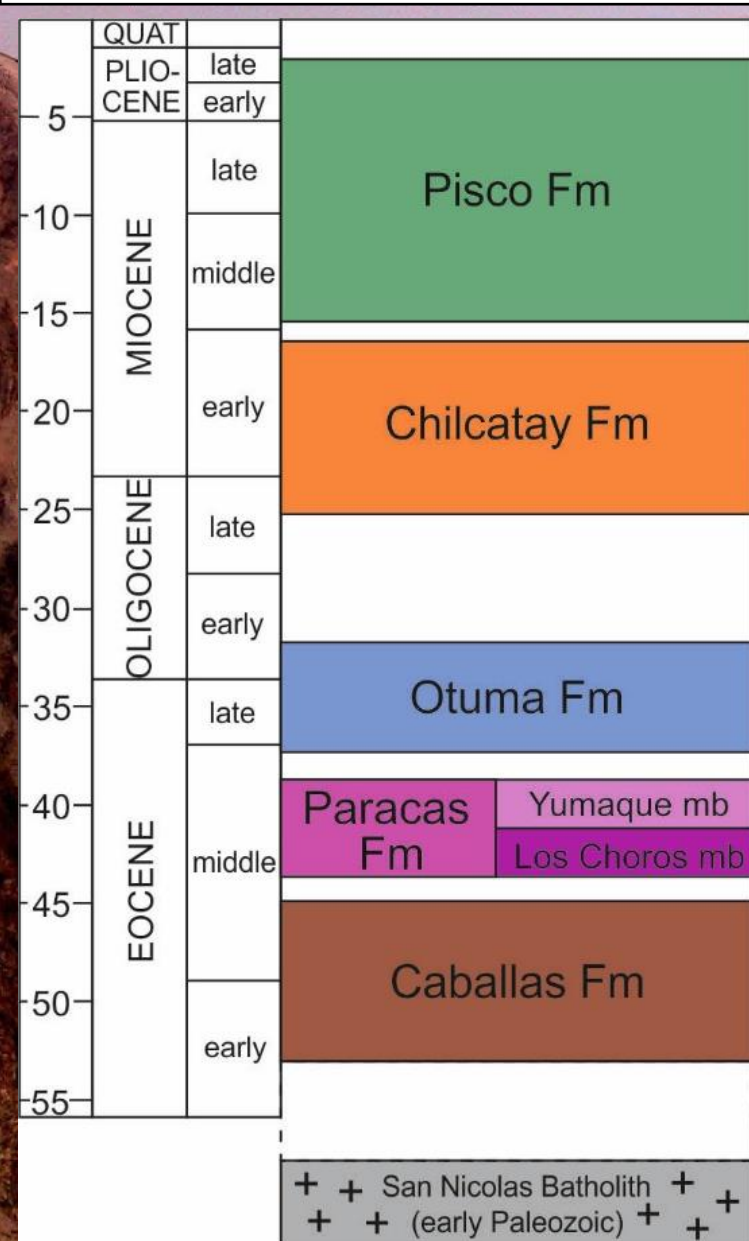
Il Bacino di Pisco

Lungo la costa peruviana alti strutturali paralleli alla costa formano numerosi bacini sedimentari cenozoici.

Il Bacino di Pisco è suddiviso in una porzione sommersa (Bacino Occidentale) e una largamente emersa (Bacino Orientale).

La successione sedimentaria eo-miocenica del Bacino Orientale è oggi esposta nel Deserto di Ica in seguito all'uplift in corrispondenza della subduzione del Nazca Ridge.





La successione sedimentaria del Bacino Orientale di Pisco è costituita da:

- Le formazioni eoceniche di Caballas e Paracas, divisa nei membri Los Choros e Yumaque
- La formazione eo-oligocenica di Otuma
- Le formazioni mioceniche di Chilcatay e Pisco



Pisco Fm

Chilcatay Fm

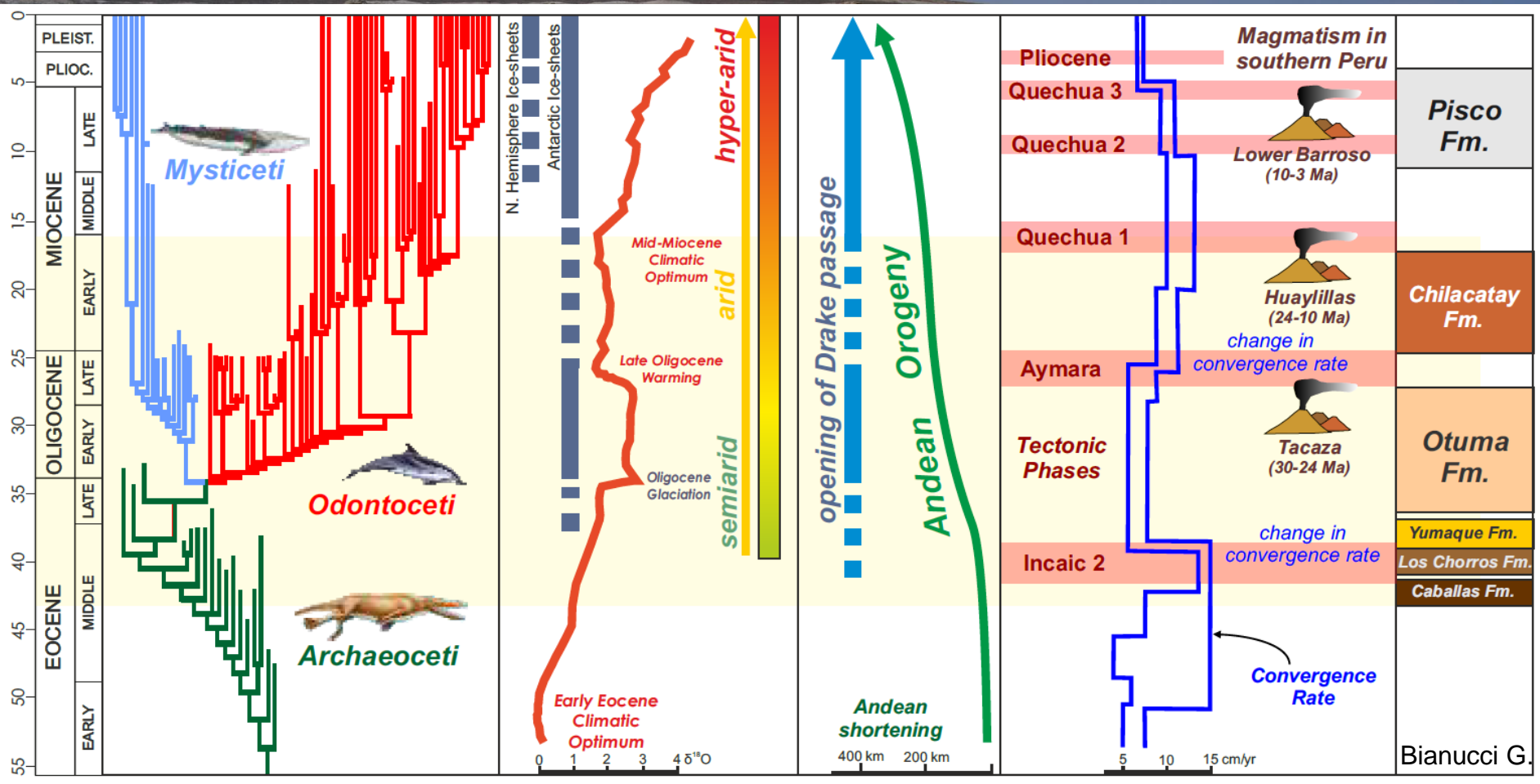
Otuma Fm

Yumaque mbr

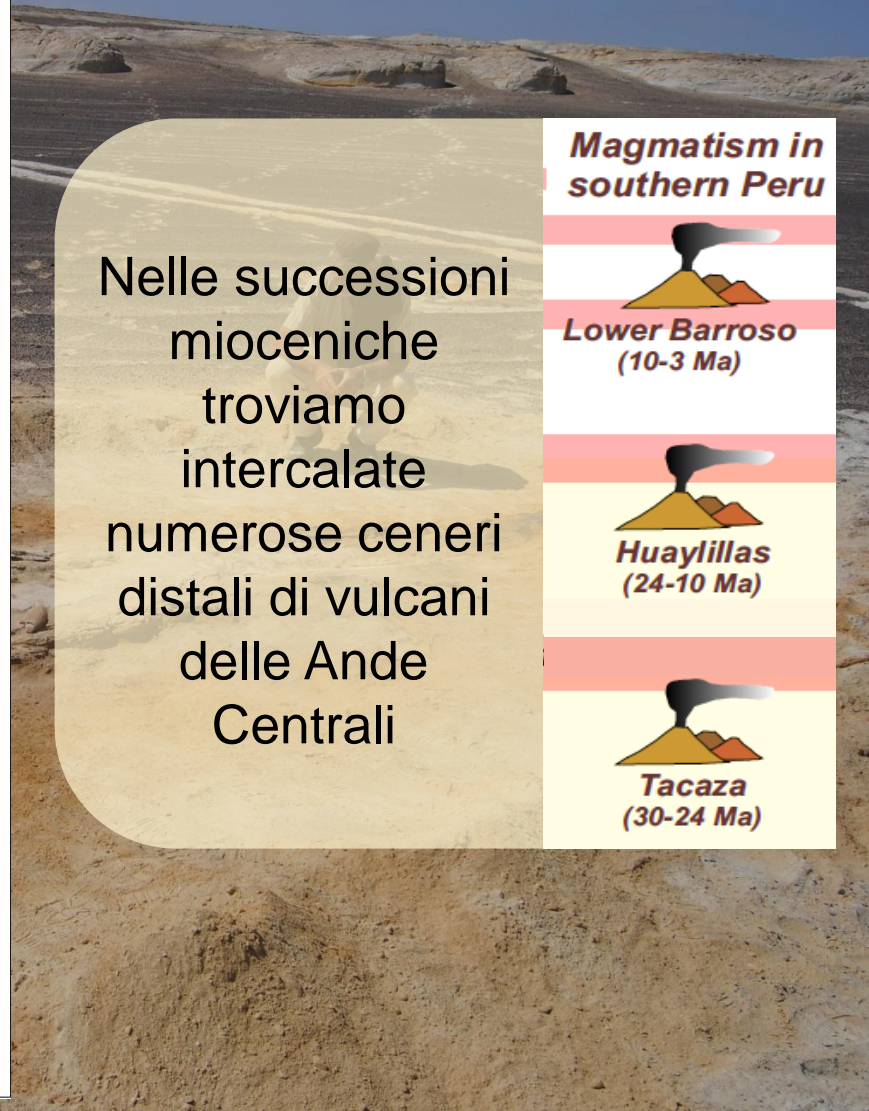
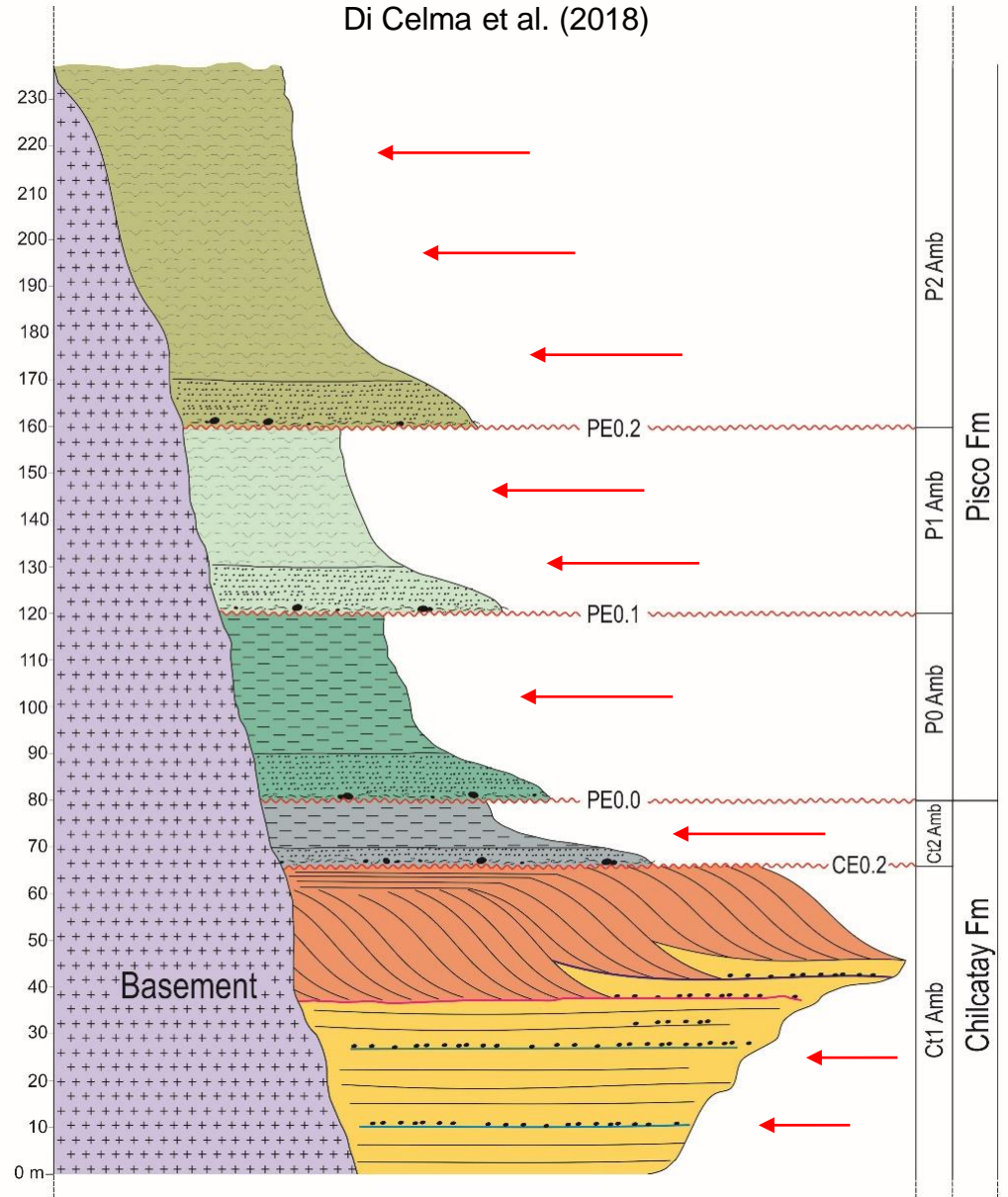
Los Choros mbr

L'importanza di ricostruire una
cronostratigrafia di dettaglio è dovuta
alla rilevanza paleontologica della
regione, che ospita uno dei più
straordinari giacimenti fossili di
vertebrati marini al mondo





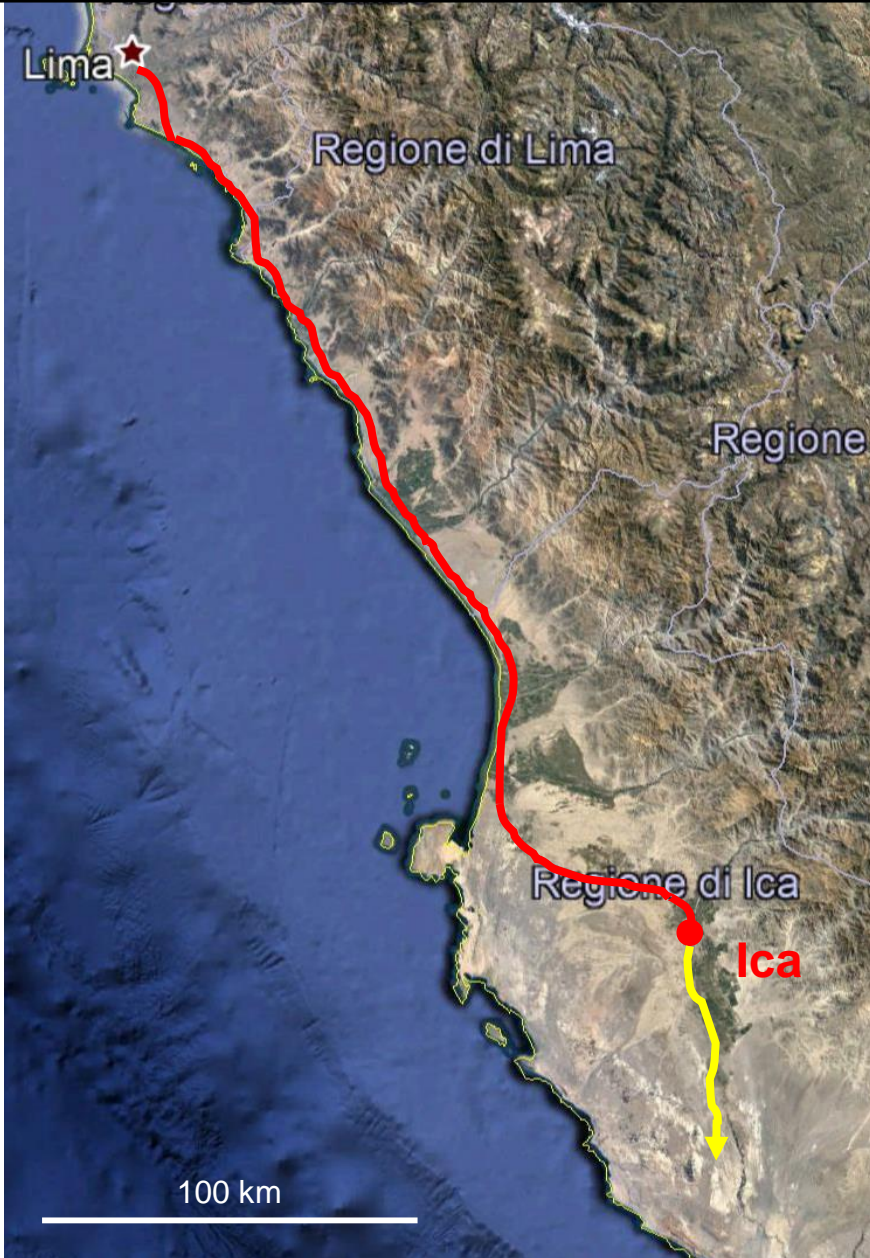
Di Celma et al. (2018)



Magmatism in southern Peru

Nelle successioni mioceniche troviamo intercalate numerose ceneri distali di vulcani delle Ande Centrali

- Lower Barroso (10-3 Ma)**
- Huaylillas (24-10 Ma)**
- Tacaza (30-24 Ma)**





Caratteristiche dei tefra sul terreno:

- Continui lateralmente
- Spessore fino a 10-15 cm
- Colore bianco/grigio/nero

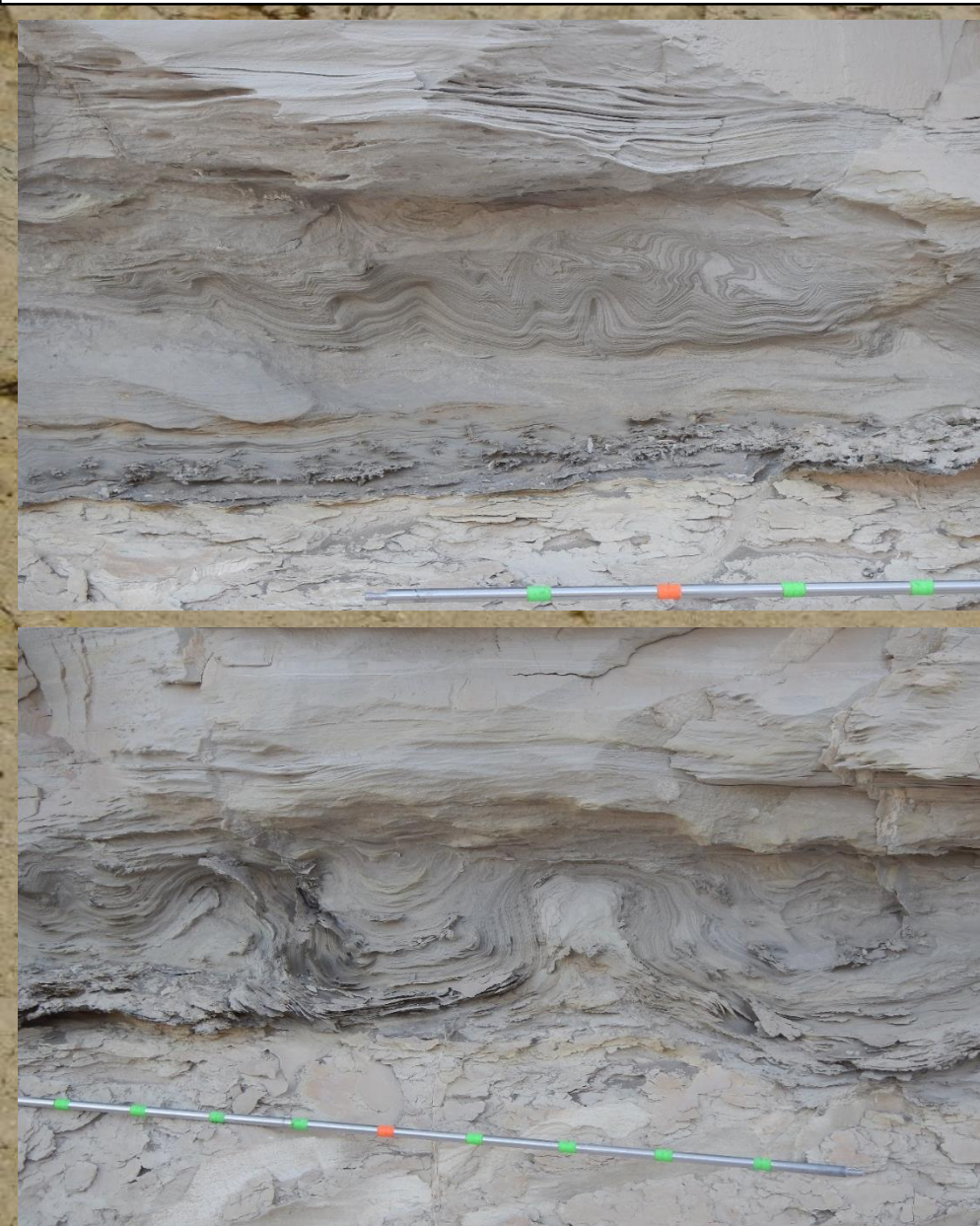
tefra





Caratteristiche dei tefra sul terreno:

- Gradazione diretta
- Cristalli di taglia maggiore concentrati alla base (biotite, feldspati)
- Evidenziati da croste di gesso alla base



Caratteristiche dei tefra sul terreno:

- Base netta
- Strutture di carico (diapiri, load casts)

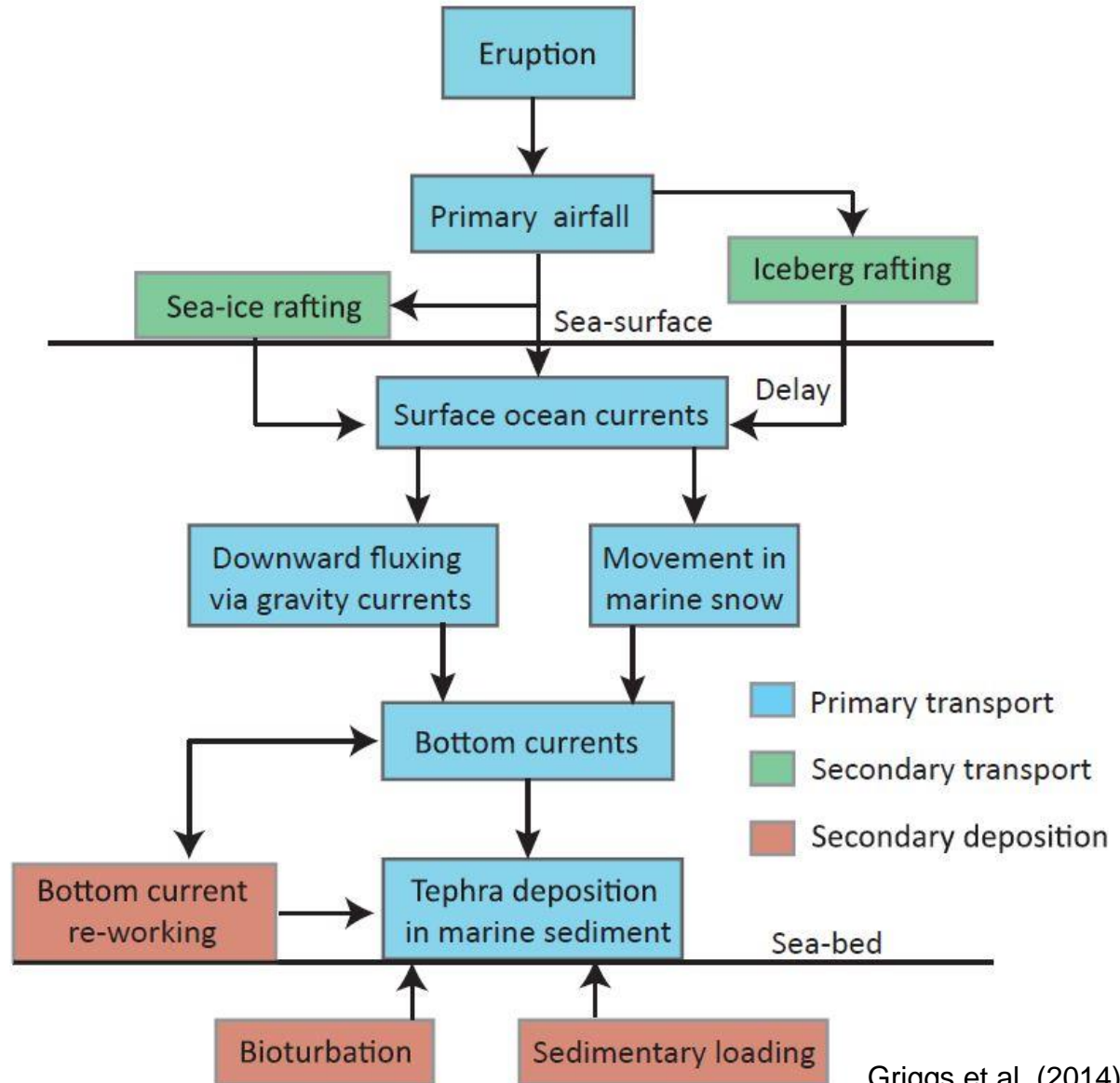


I principali processi che possono influenzare il trasporto e la deposizione di tefra in ambiente MARINO

Trasporto e deposizione primari

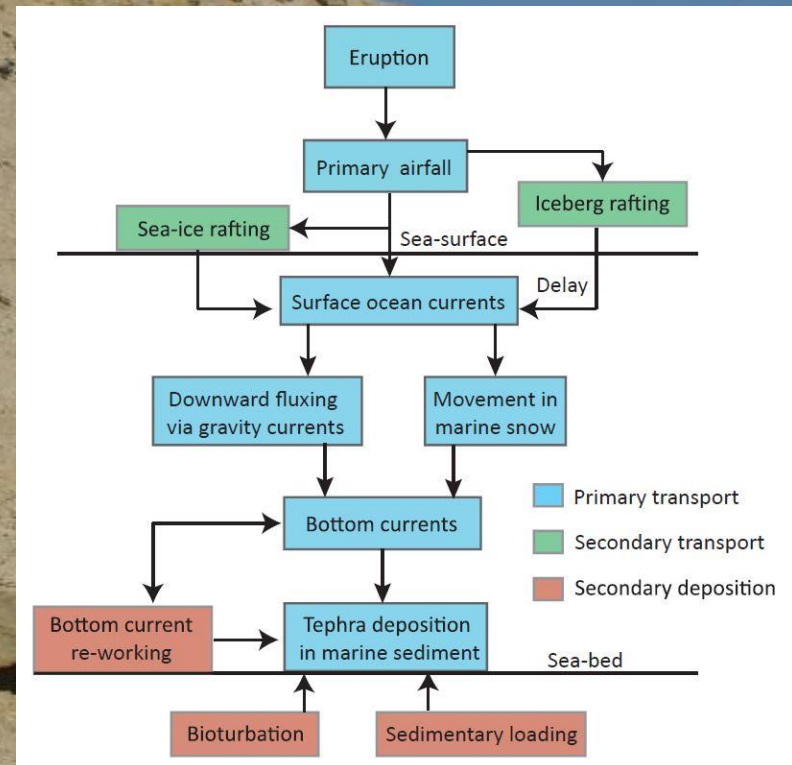
Trasporto secondario

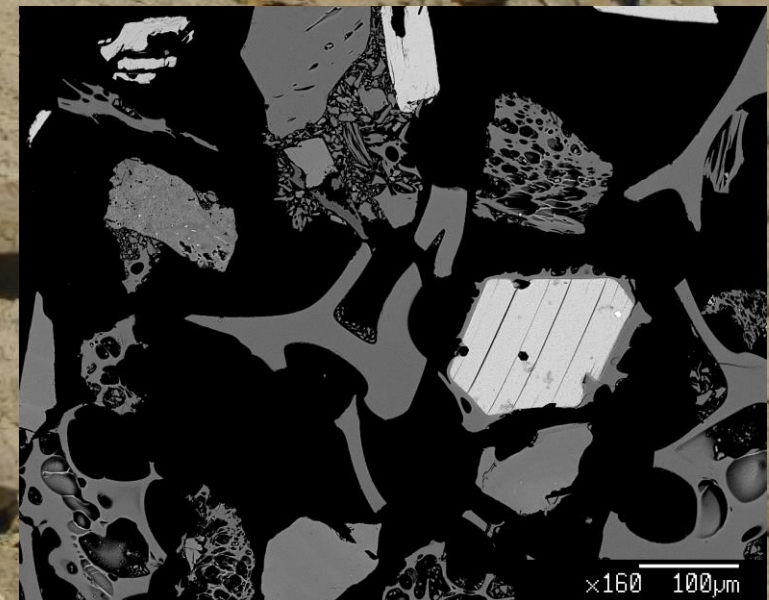
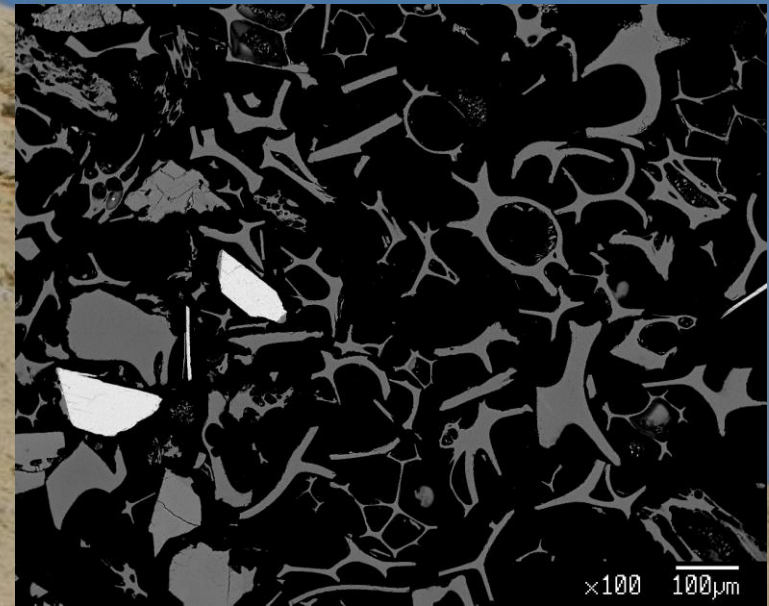
Deposizione secondaria



Le caratteristiche che indicano un deposito PRIMARIO di ceneri di caduta sono:

- Assenza di bioturbazione e di strutture di rimaneggiamento
- >95% vetro e minori cristalli juvenili (componenti selezionati per taglia, densità, fattore di forma, durante il trasporto in atmosfera)
- Clasti biogenici/silicoclastici <5% vol.
- Una/due popolazioni geochemiche omogenee, rappresentative di una singola eruzione o di eruzioni molto vicine nel tempo



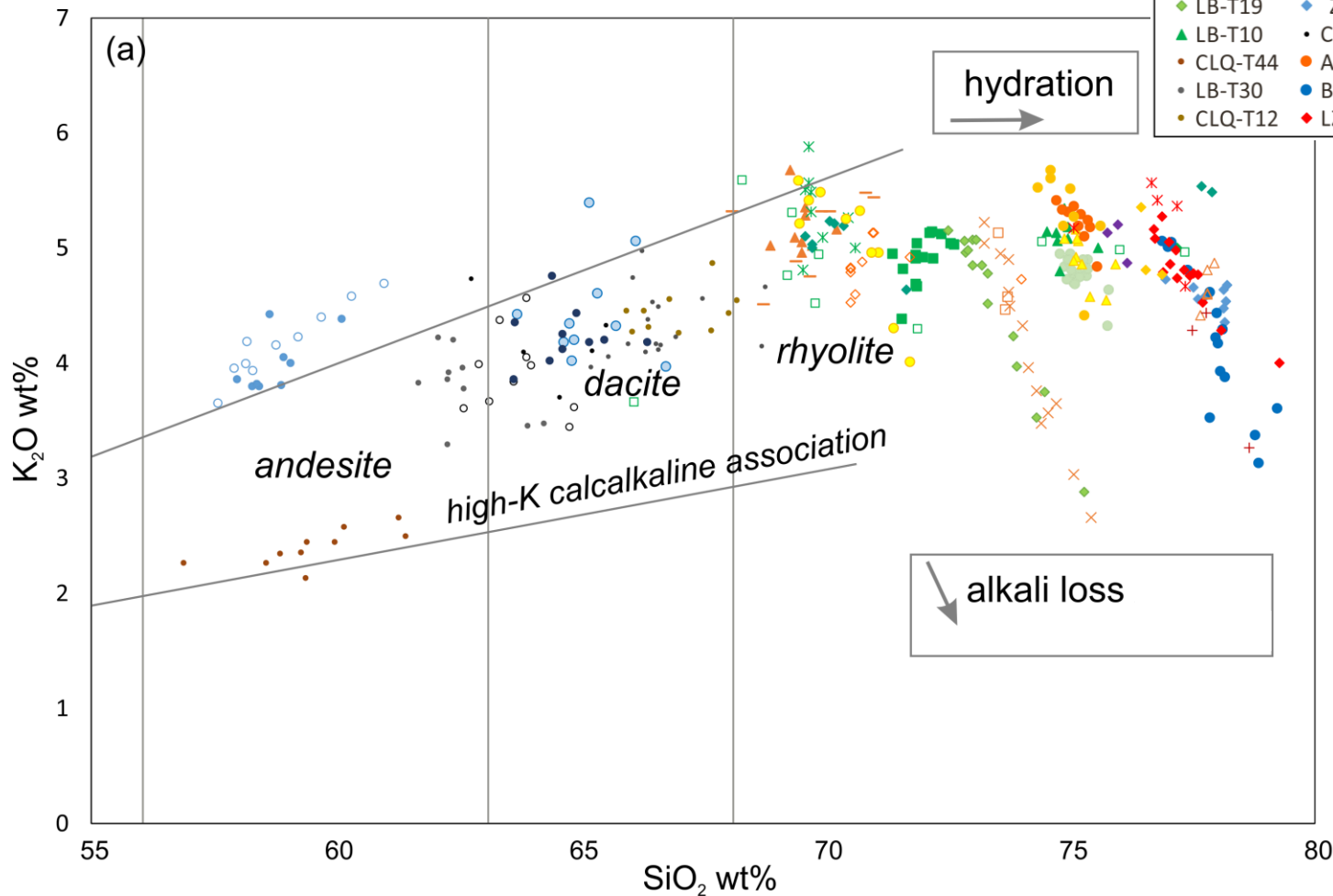


Caratteristiche petrografiche:

- Vetro vescicolato
- Cristalli juvenili
- Assenza di alterazione

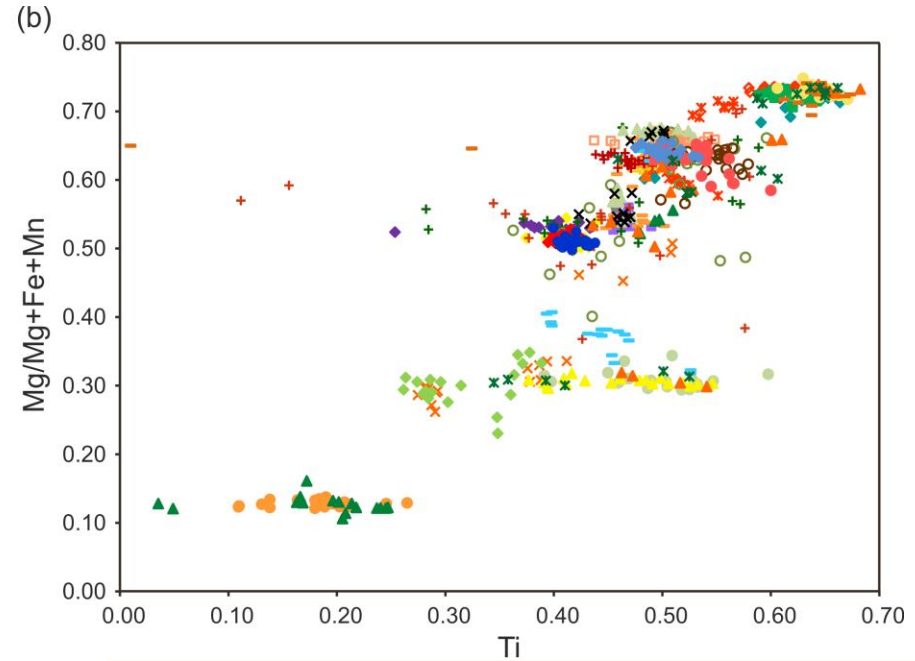
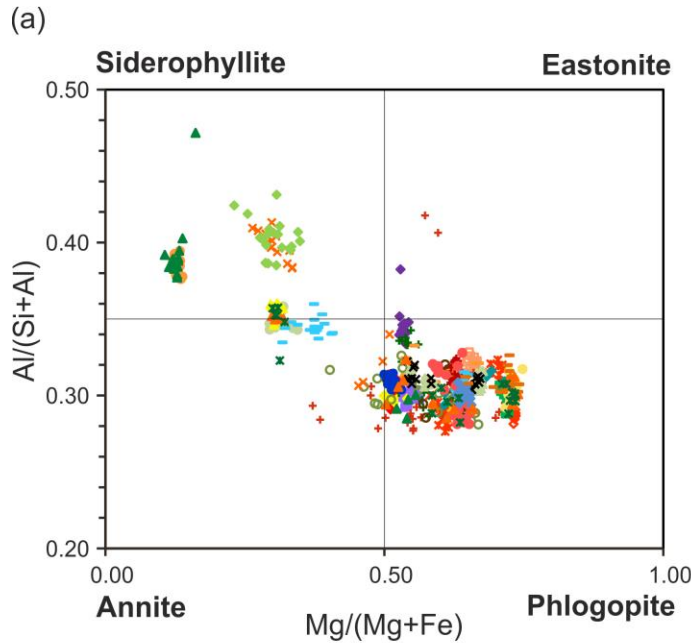


Composizione dei vetri (EPMA)



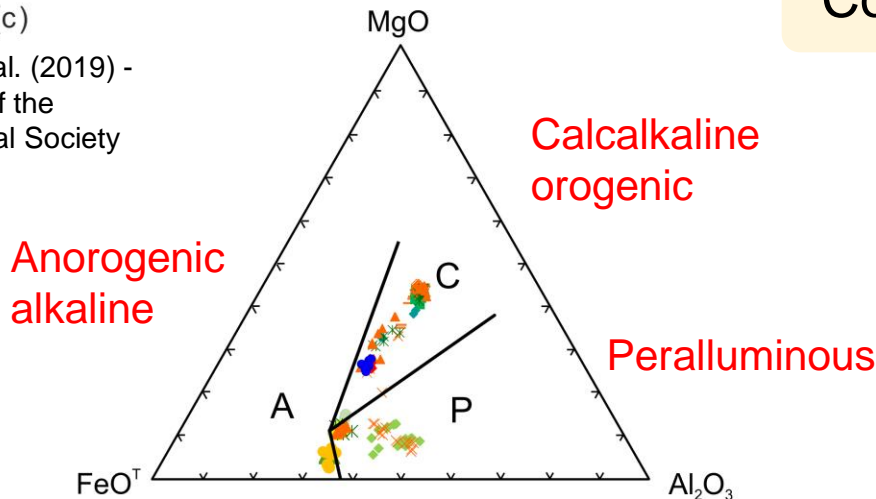
▲ CLQ-T17	◇ CLQ-T21	• LB-T7
✕ LB-T15	▲ CLQ-T15	• LB-T7
● LB-T11	— CLQ-T16	● CLQ-T13b
■ LB-T17	◆ LB-T8	△ CLQ-T49
✕ CLQ-T23	● CLQ-T14	□ CLQ-T32
◆ LB-T19	◆ ZANJ-T28	● CLQ-T1a
▲ LB-T10	• CLQ-T45	✕ CLQ-T9b
• CLQ-T44	● ANF-T4	○ CLQ-T43
• LB-T30	● BL-T1	◆ CC-T22b
● CLQ-T12	◆ LZ-T1	+ LZ-T19
		□ LB-T9
		● ZANJ-T29
		○ ZANJ-T31
		○ ZANJ-T20b
		● ZANJ-T13b

analyses recalculated to 100 on an anhydrous basis



(c)

Bosio et al. (2019) - Journal of the Geological Society



Composizione della biotite (EPMA)

- | | | |
|------------|-----------|-------------|
| ■ CC-T17 | ◆ LB-T8 | — LA-T31A |
| △ CLQ-T49 | ○ LB-T2 | ● ANF-T4 |
| × CLQ-T9b | ◇ CLQ-T21 | ◆ ZANJ-T28 |
| ◆ CLQ-T1a | ▲ LB16-T1 | ○ CAMPO-TP2 |
| ◆ CC-T22b | ◆ LZ-T1 | ▲ CLQ-T15 |
| □ CLQ-T32 | ■ LB-T17 | ● CLQ-T14 |
| ● CLQ-T13b | × TC-T1 | — CLQ-T16 |
| + LB-T3 | ● BL-T1 | ▲ LB-T10 |
| — CLQ15-T4 | × CLQ-T23 | ▲ CLQ-T17 |
| + CLQ15-T5 | ◆ LB-T19A | × LB-T15 |
| ● LB-T11 | + LZ-T19 | |

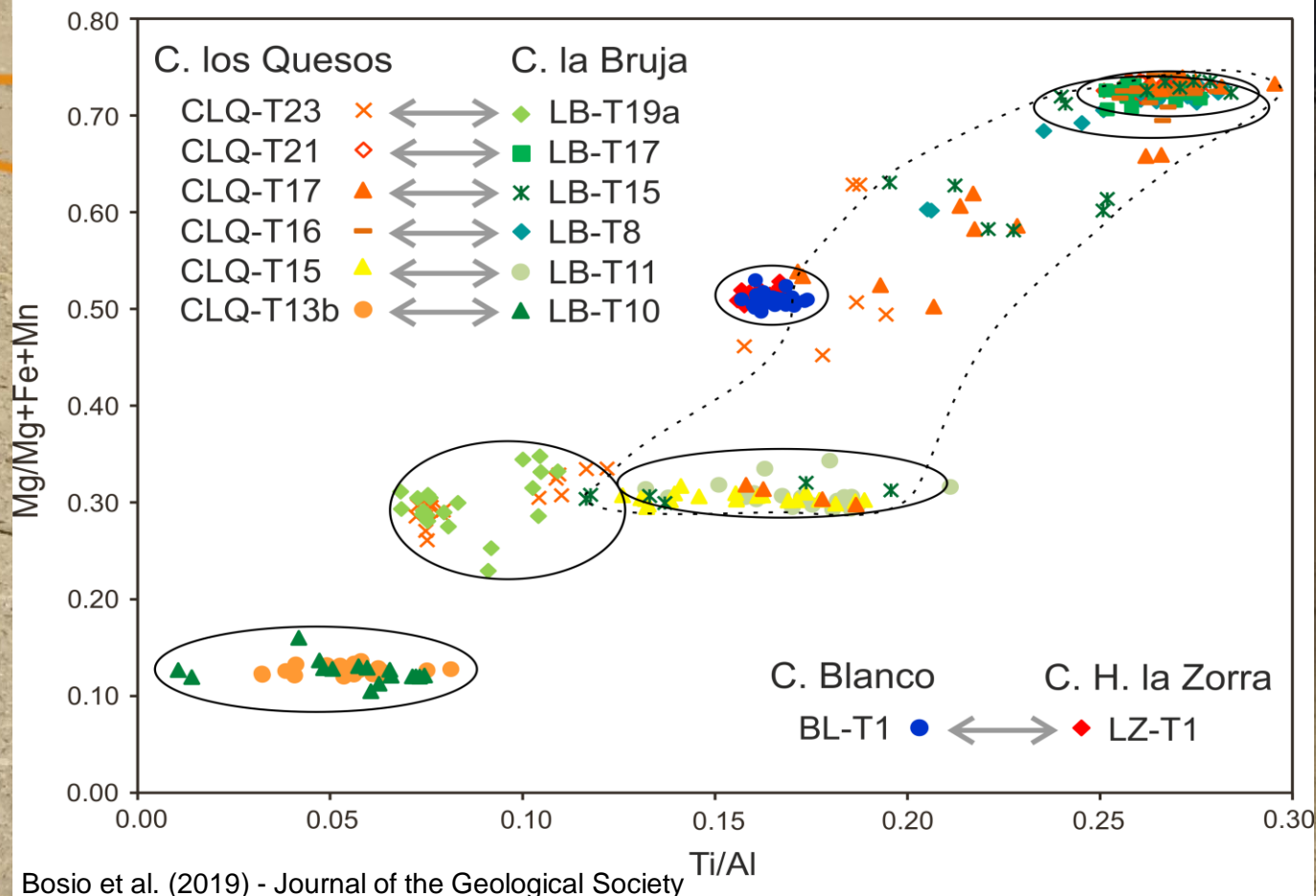


Confrontando le caratteristiche
dei tefra campionati nelle
diverse località si possono
correlare le ceneri e costruire
una tefrostratigrafia

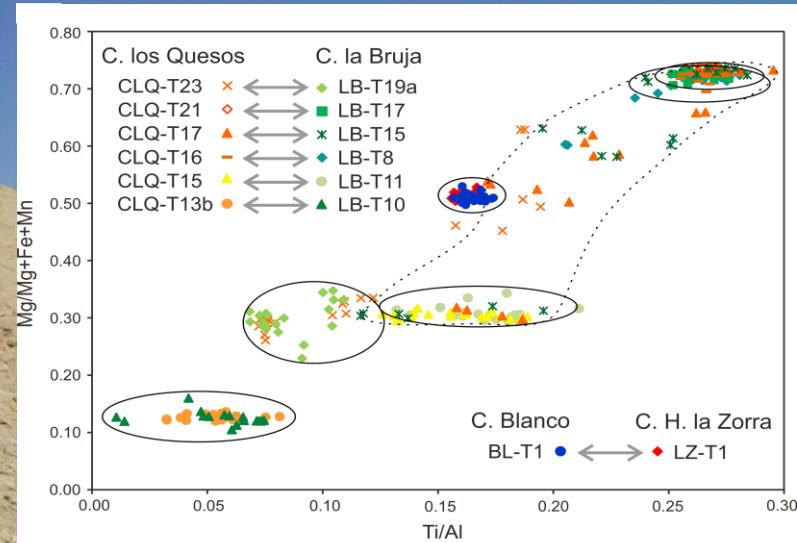


Le località
correlate
sono
distanti
circa 6 km
tra loro

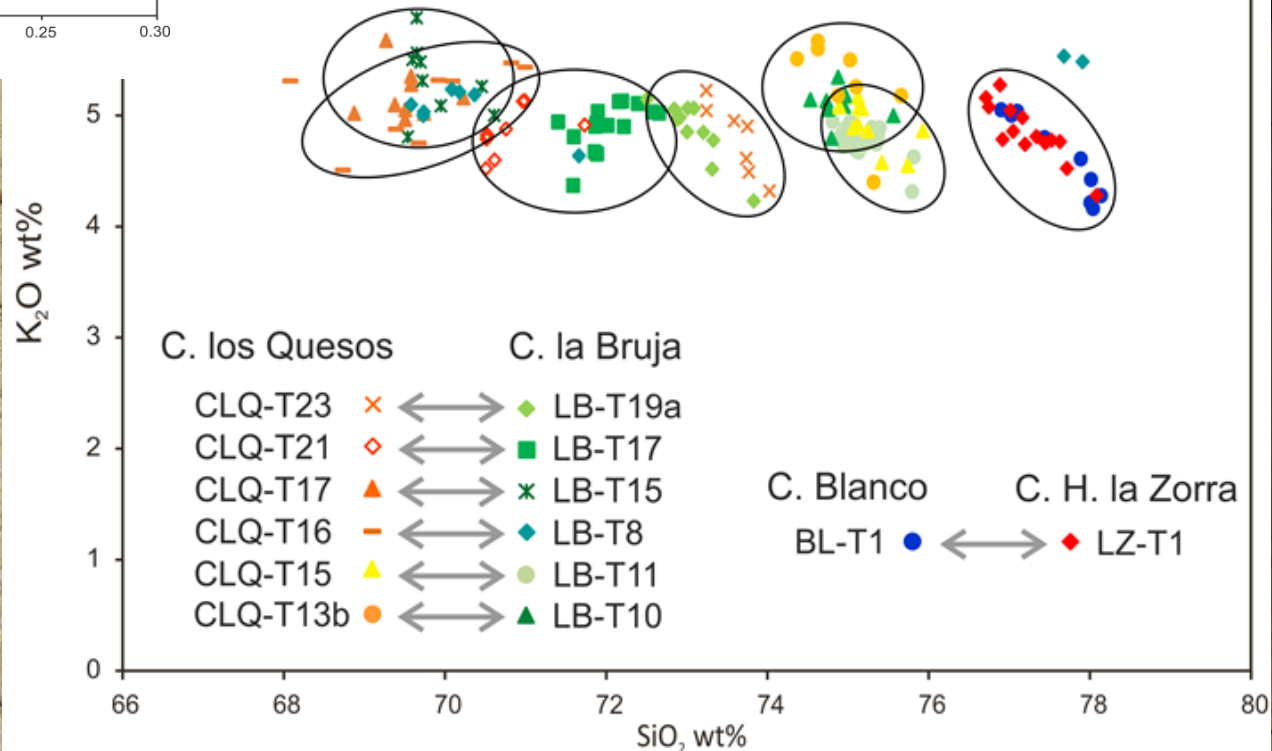
Le correlazioni possono essere realizzate studiando la composizione di elementi maggiori della BIOTITE



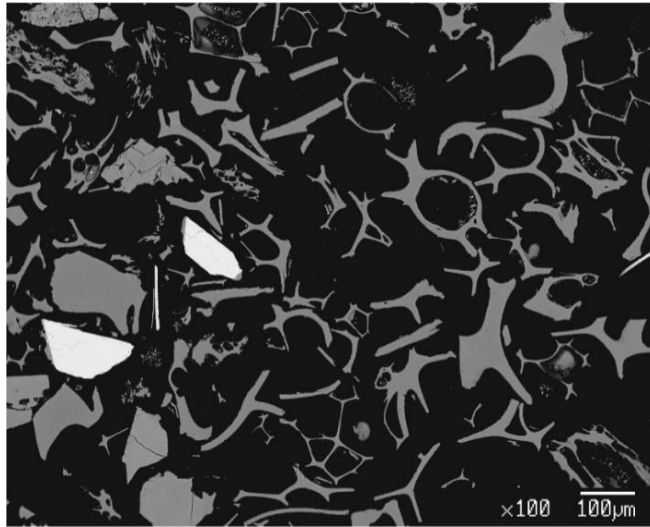
La composizione dei VETRI vulcanici conferma le correlazioni fatte sulla base delle biotiti



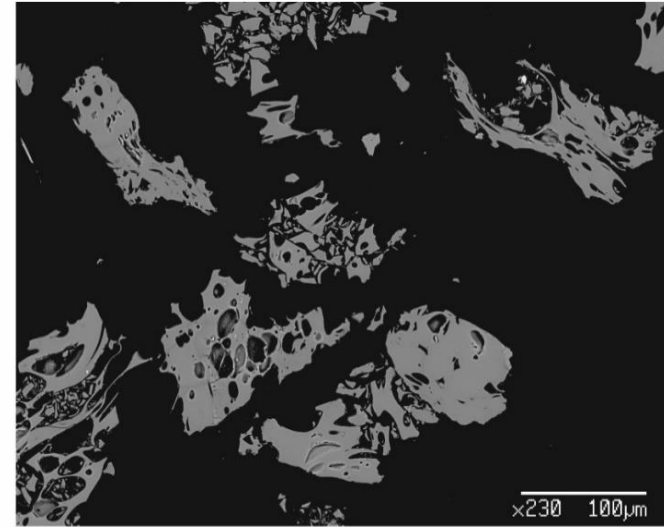
Bosio et al. (2019) - Journal of the Geological Society



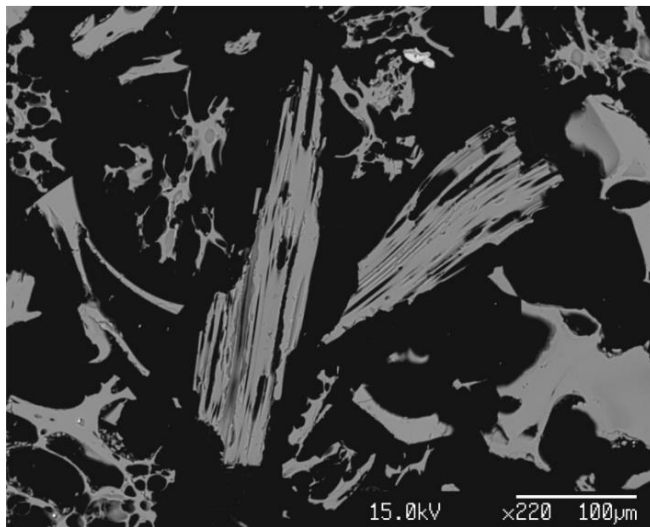
Morfologia dei VETRI e
vescicolazione



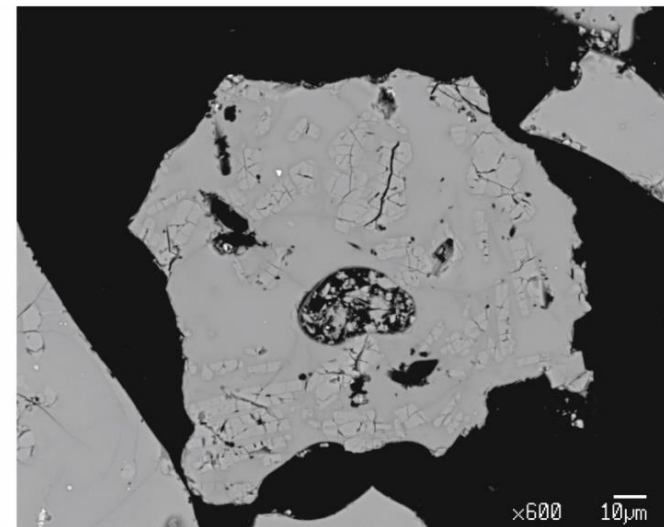
a) bubble wall



b) vescicolati

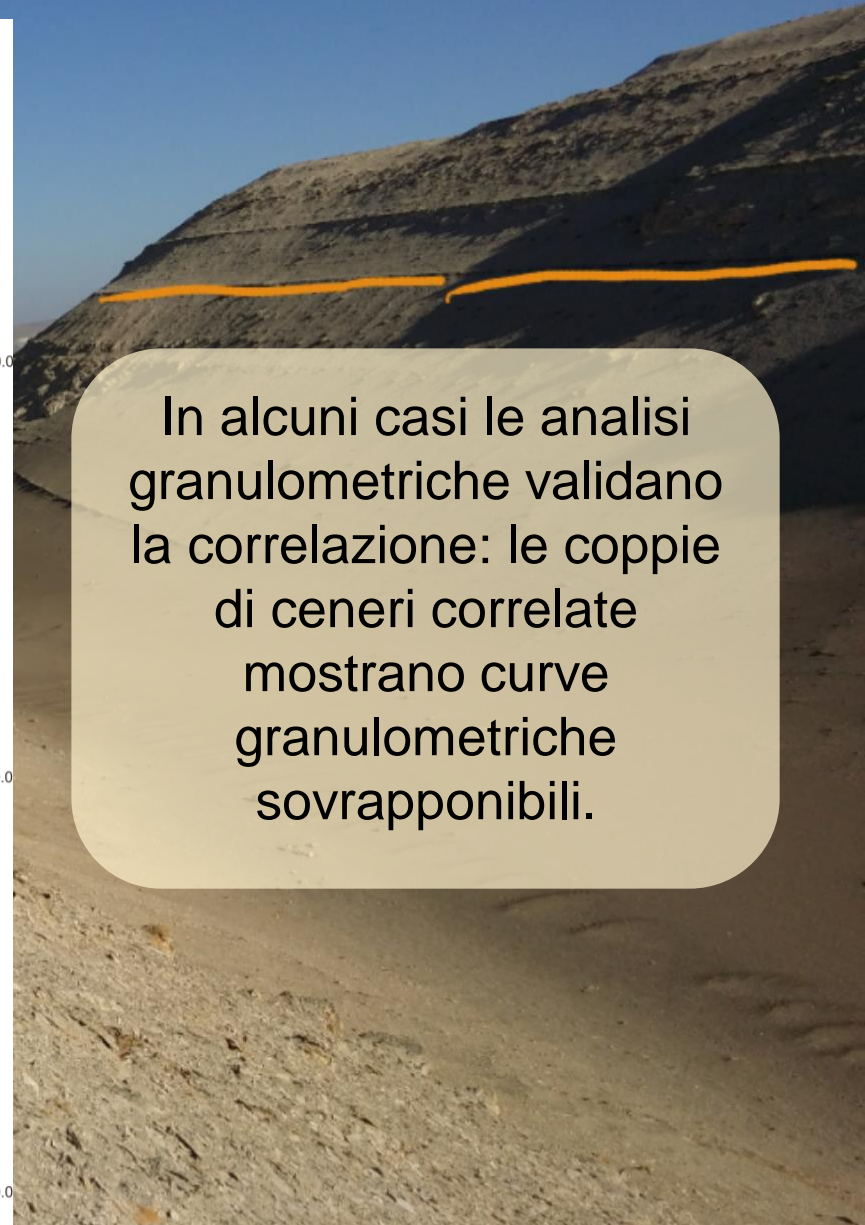
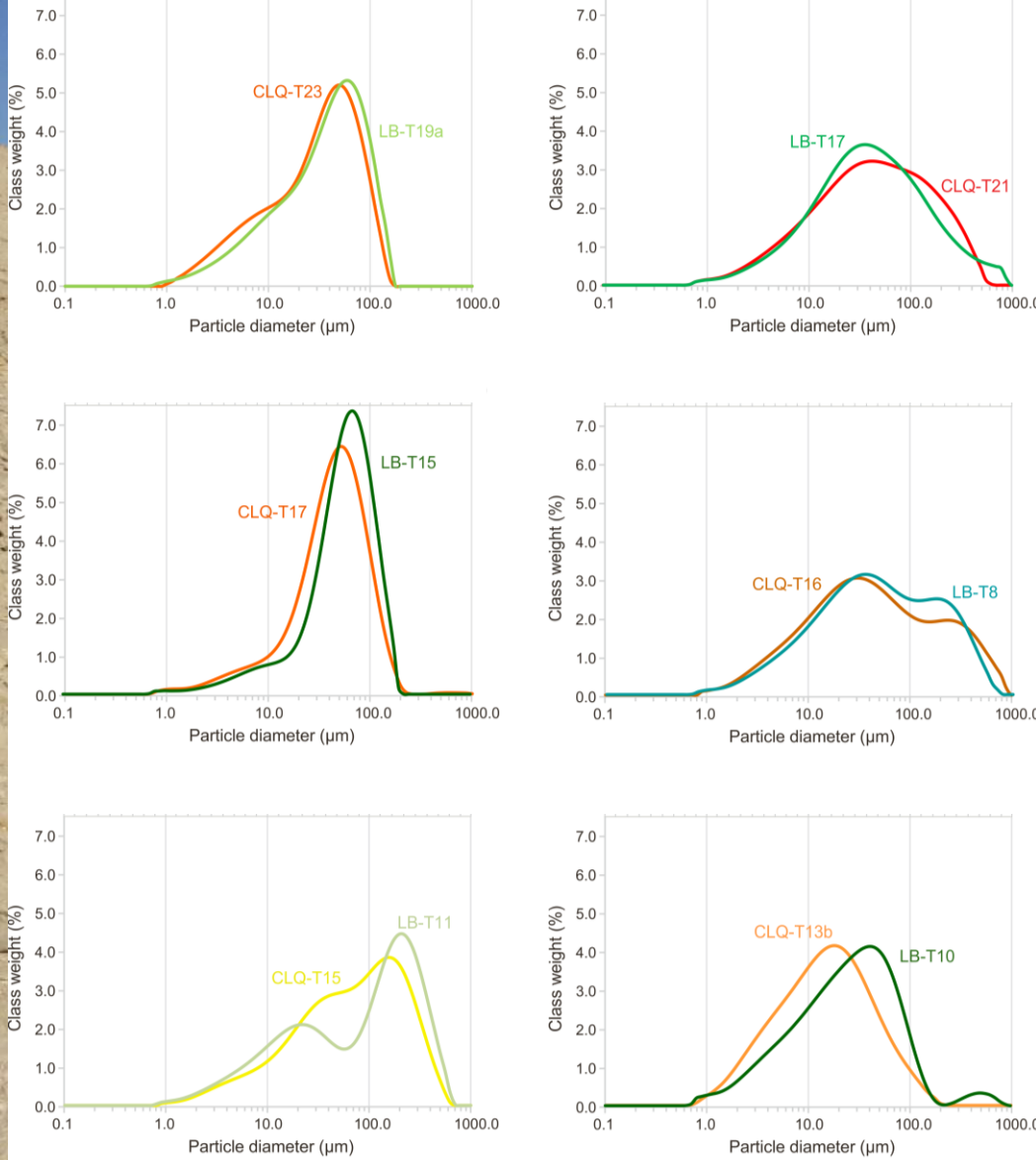


c) stretched

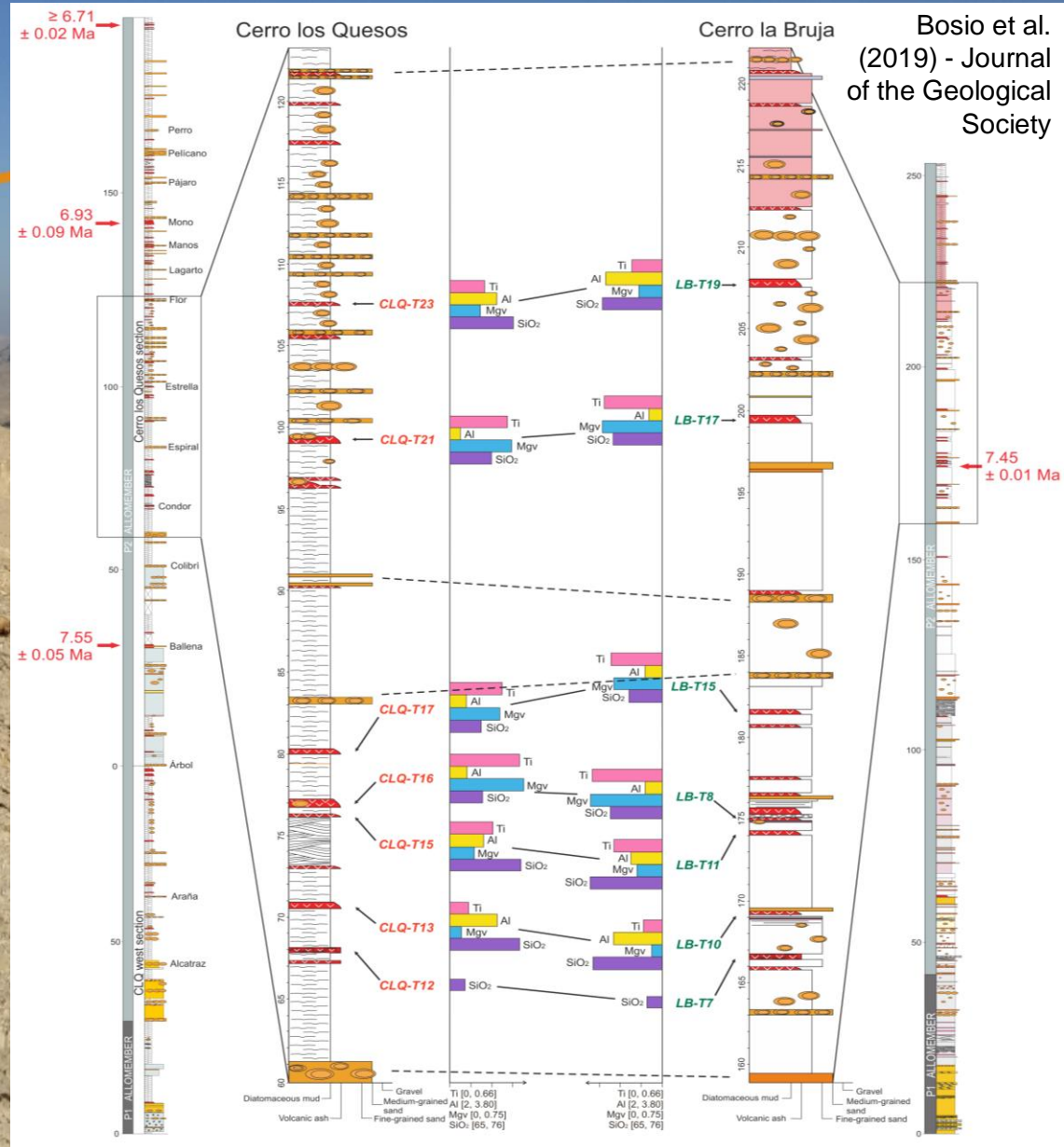


d) con microliti

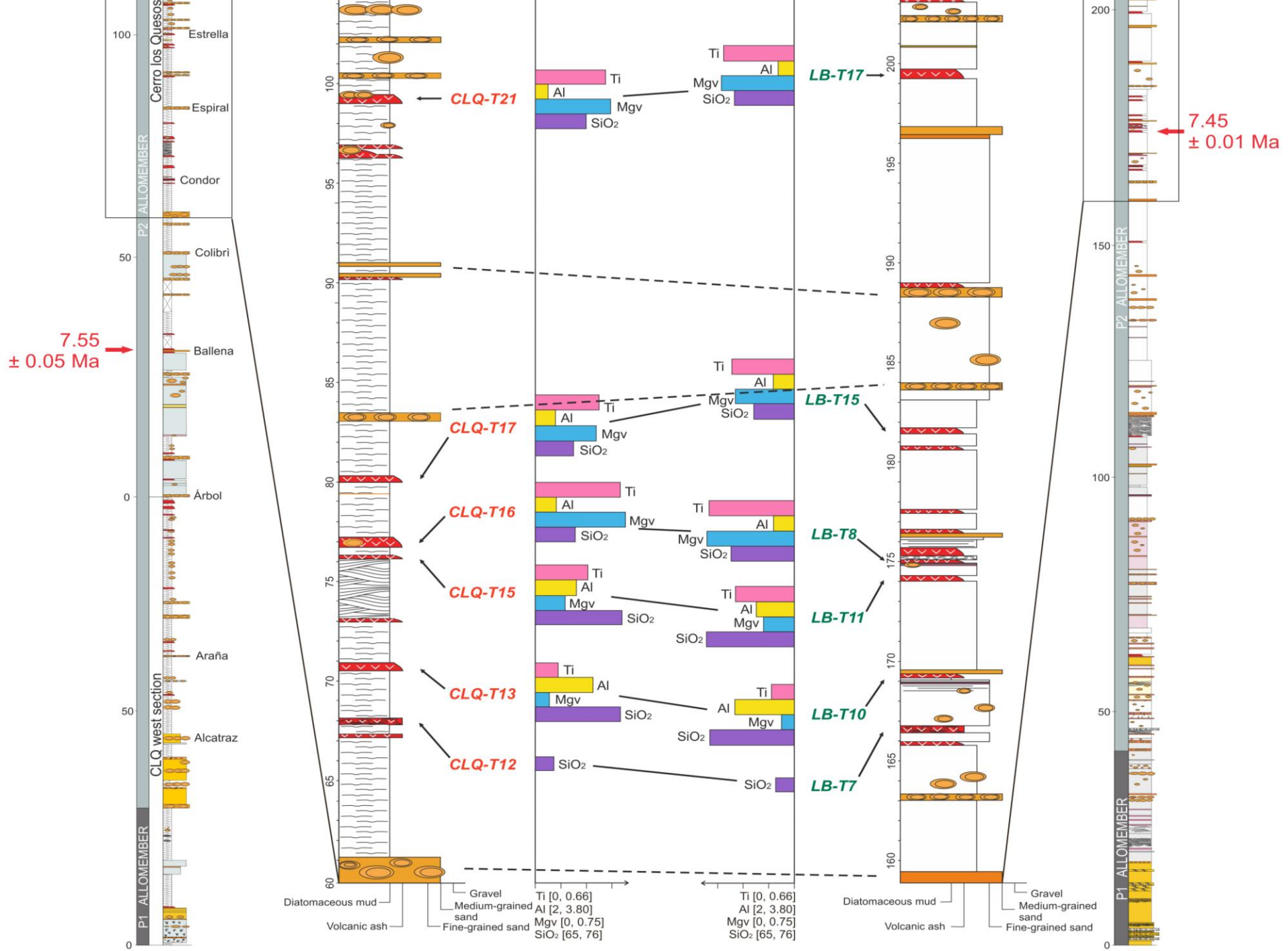
Bosio et al. (2019) - Journal of the Geological Society

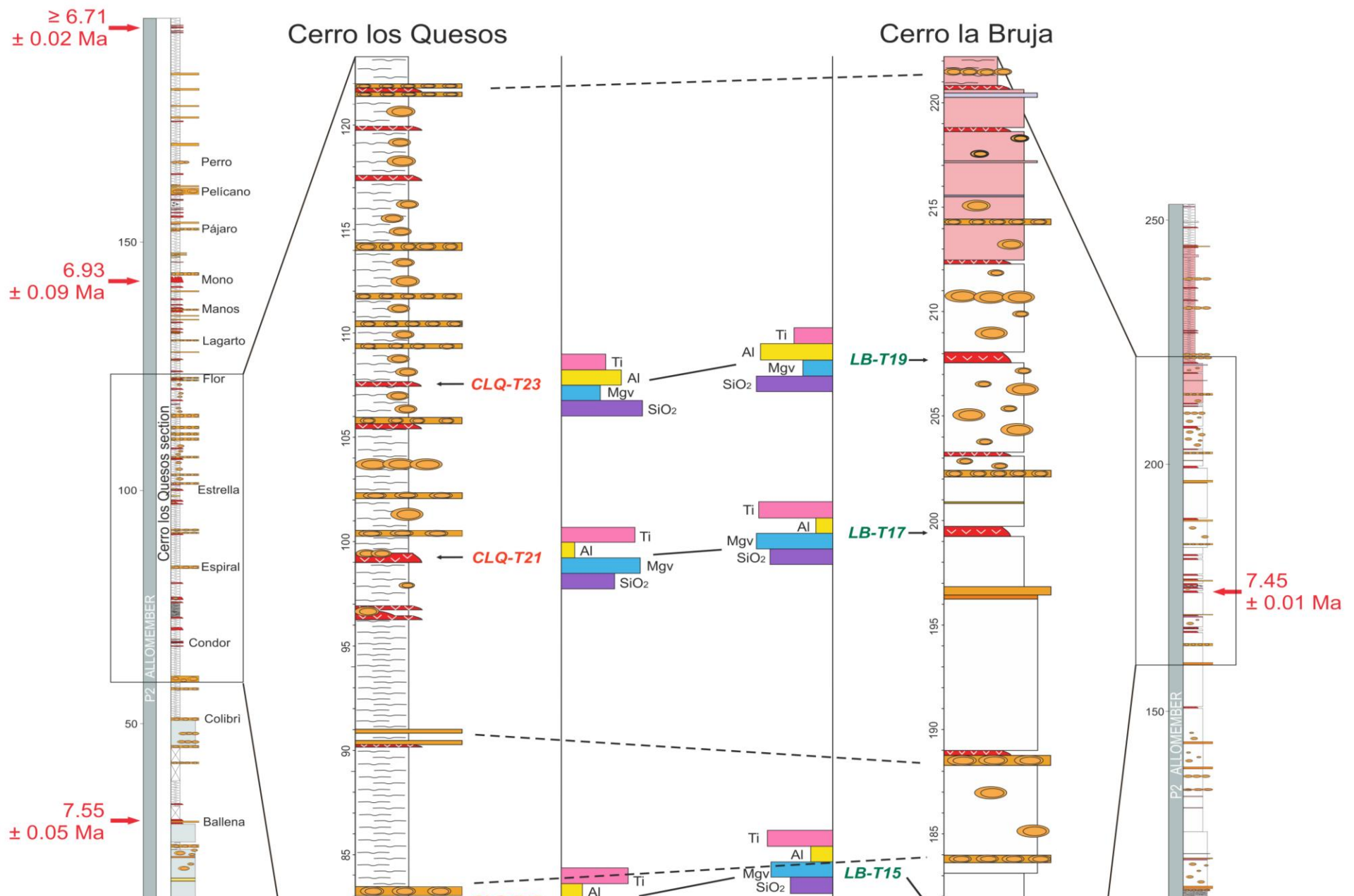


In alcuni casi le analisi granulometriche validano la correlazione: le coppie di ceneri correlate mostrano curve granulometriche sovrapponibili.



Bosio et al. (2019) - Journal of the Geological Society





Nonostante:

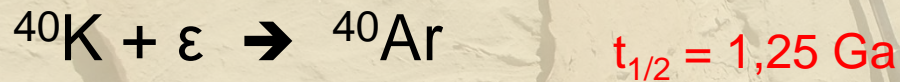
- la somiglianza nella composizione chimica
- la deposizione in un ambiente deposizionale come quello marino prossimale
- successioni mioceniche

sono state effettuate correlazioni di dettaglio grazie al tephra fingerprinting, di grande rilevanza per calibrare gli eventi evolutivi registrati dal record fossile di vertebrati marini

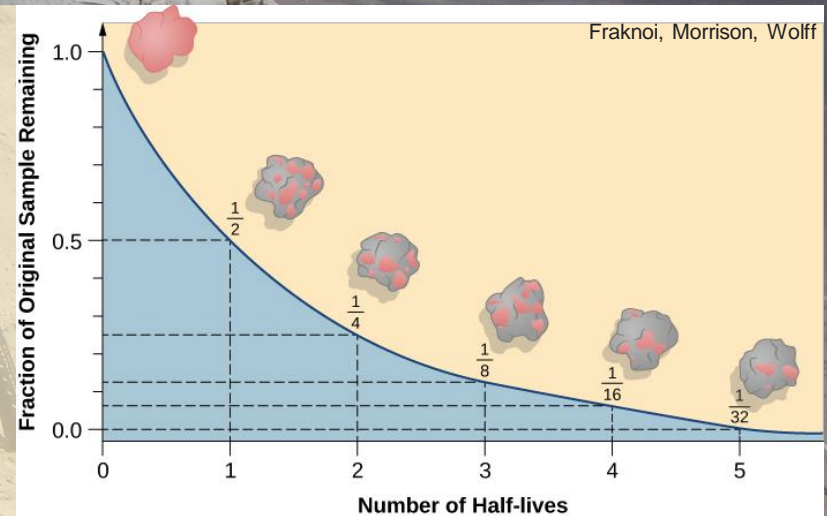
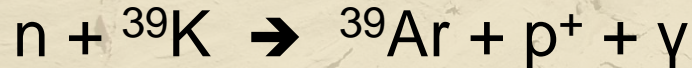


Alcuni tefra di deposizione primaria sono stati scelti per essere datati con il metodo $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ per ottenere dei “punti fermi” all’interno della stratigrafia

Decadimento radioattivo del potassio:



Attivazione neutronica:



L'età della formazione dei cristalli si ottiene con la formula:

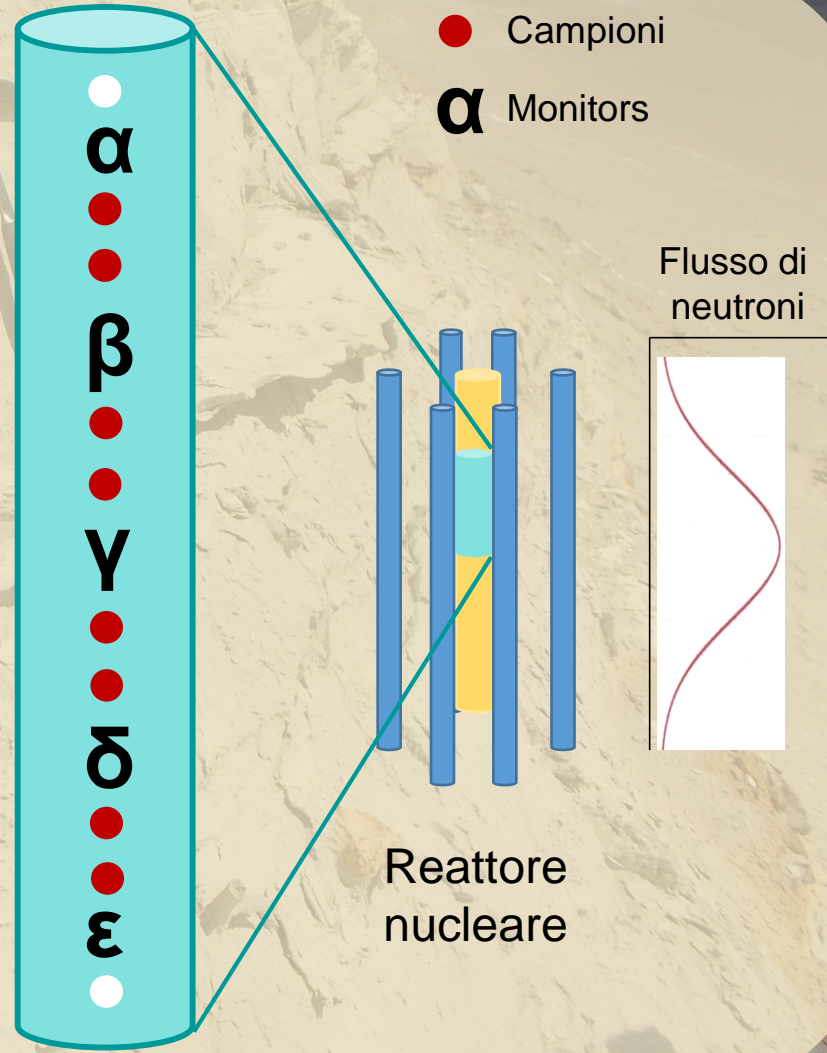
$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{^{40}\text{Ar}^*}{^{39}\text{Ar}} J + 1 \right)$$

nella quale λ è la costante di decadimento, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}^*$ è il rapporto corretto per l'argon atmosferico e J è il fattore di irraggiamento

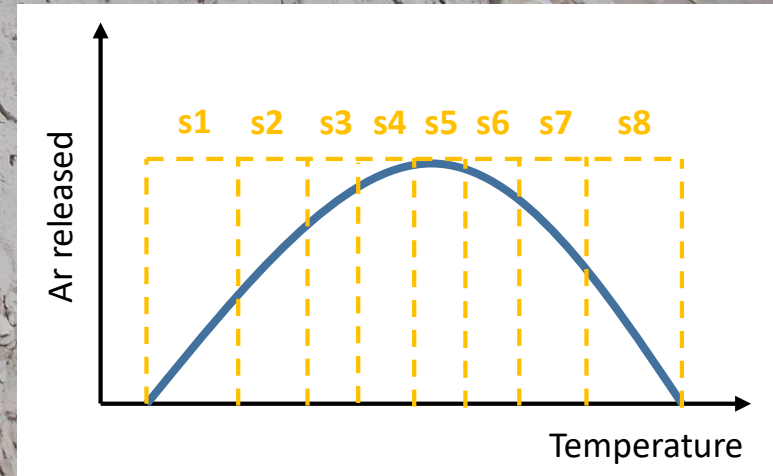
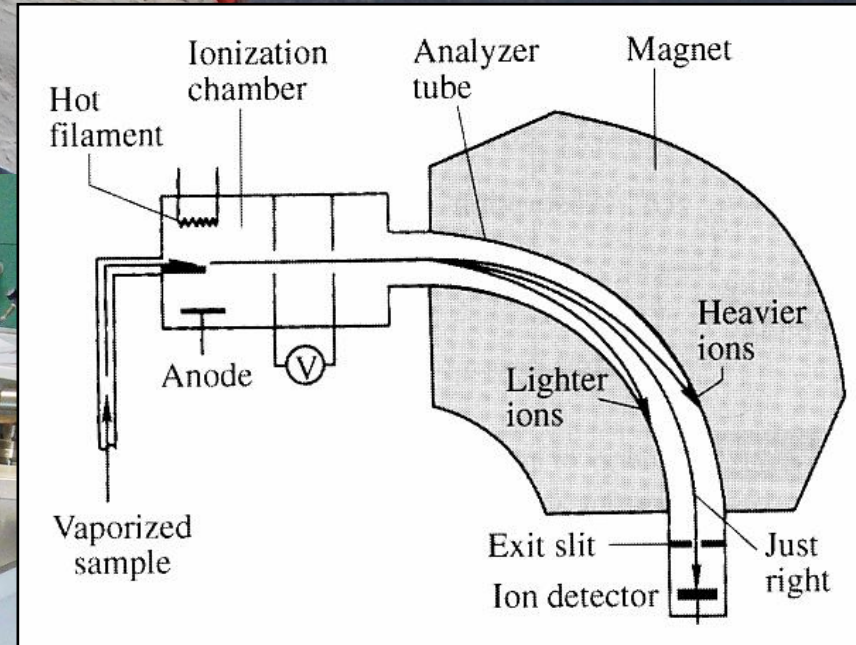
Attivazione neutronica:

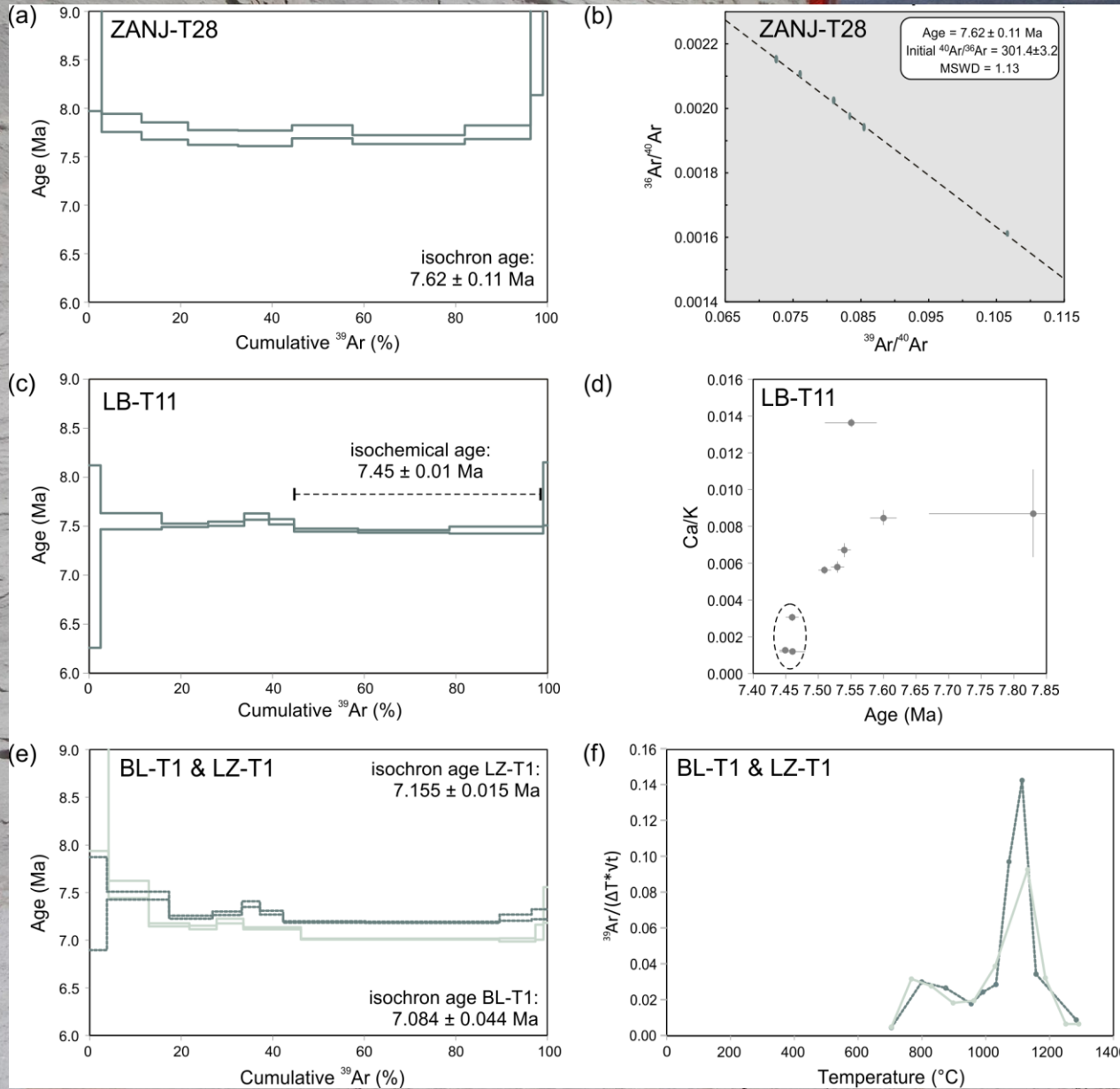
le biotiti vengono irradiate al reattore nucleare di ricerca dell'Università di McMaster (Ontario, Canada)

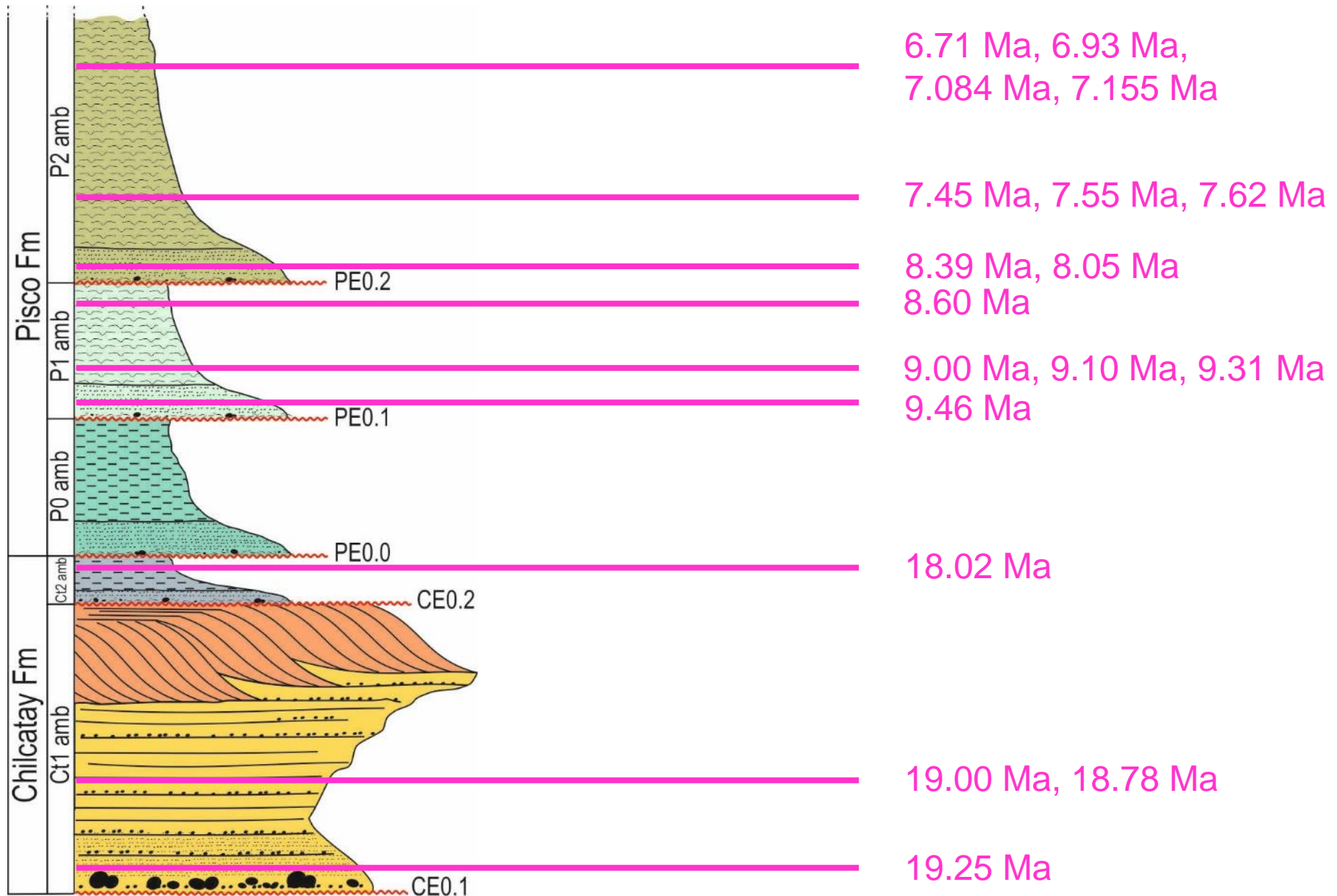
				AR	tot	netto
A	T1a	CLQ	biot	.03216	.04186	9.7 ug
B	T9b	CLQ	biot	.03491	.04528	10.4 ug
	T1b	CC	biot	0,03780		

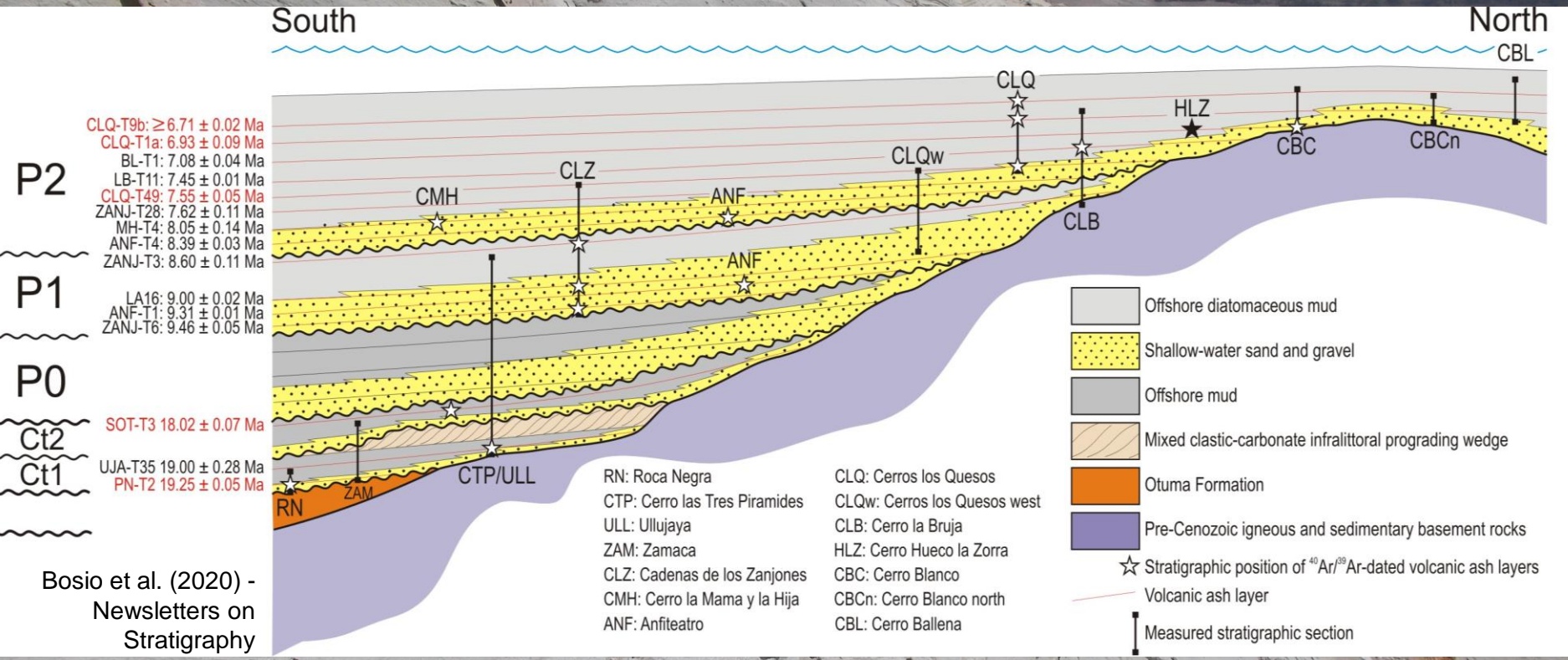


Spettrometro di massa per gas nobili

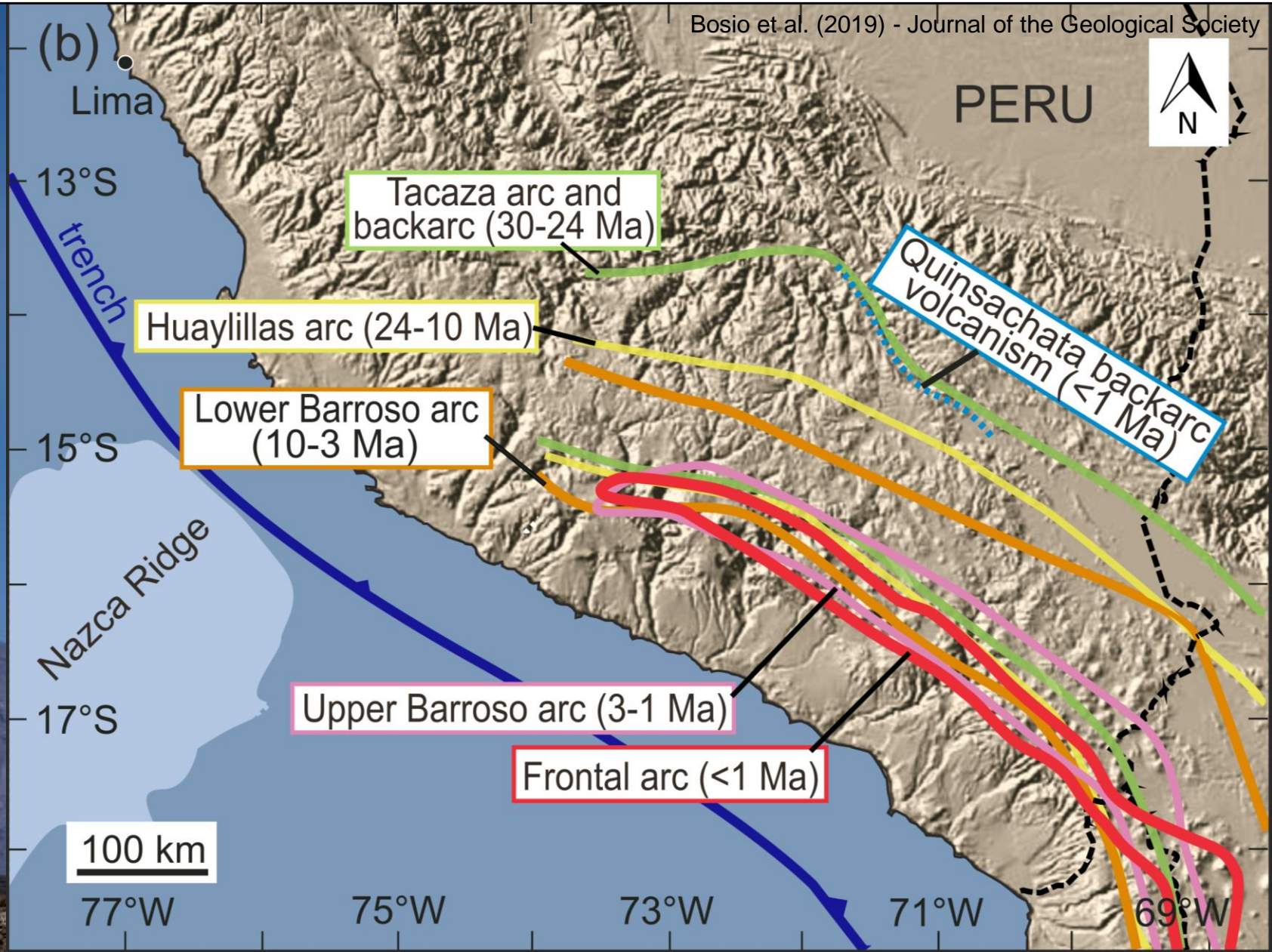




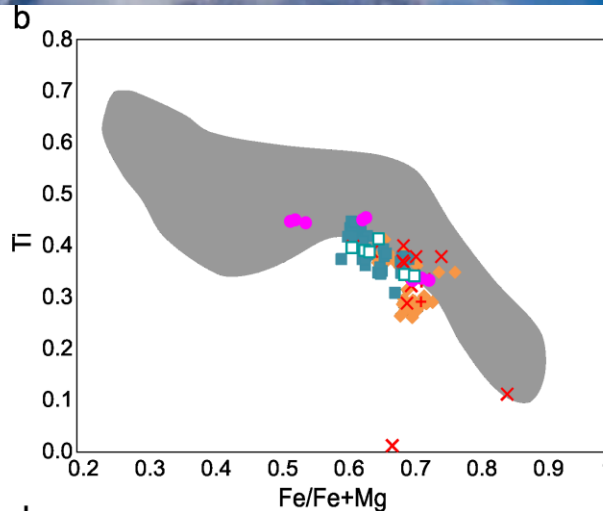
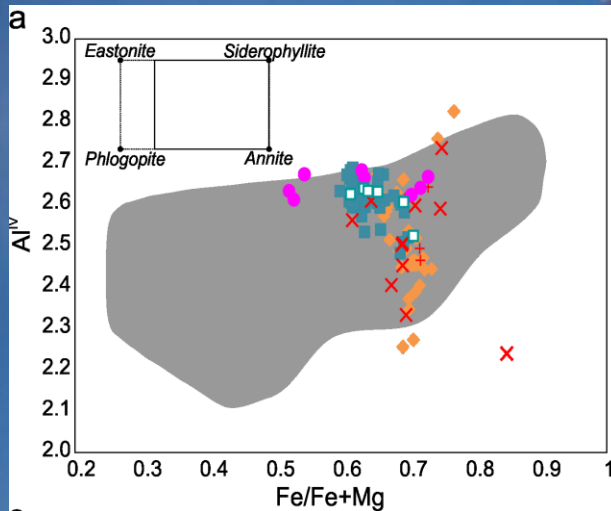




Bosio et al. (2019) - Journal of the Geological Society

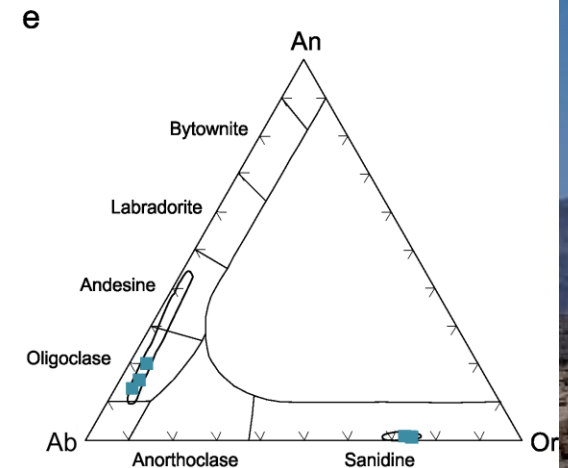
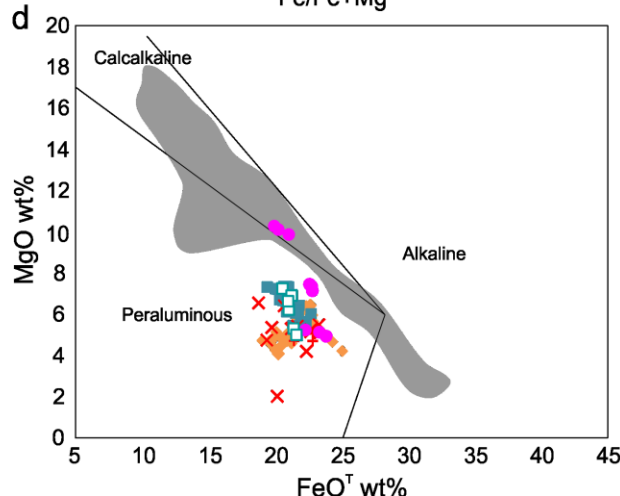
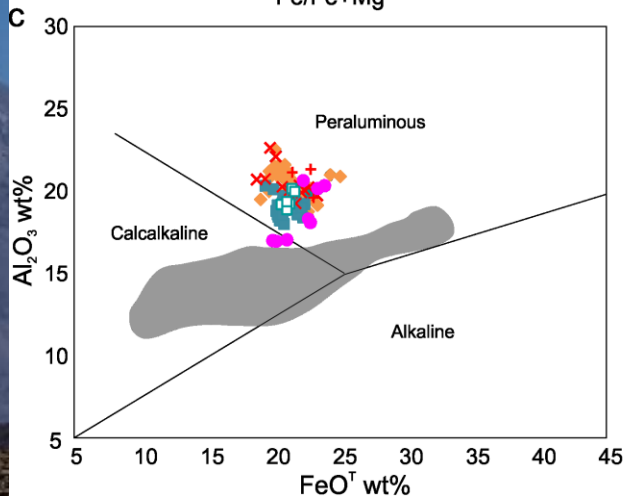


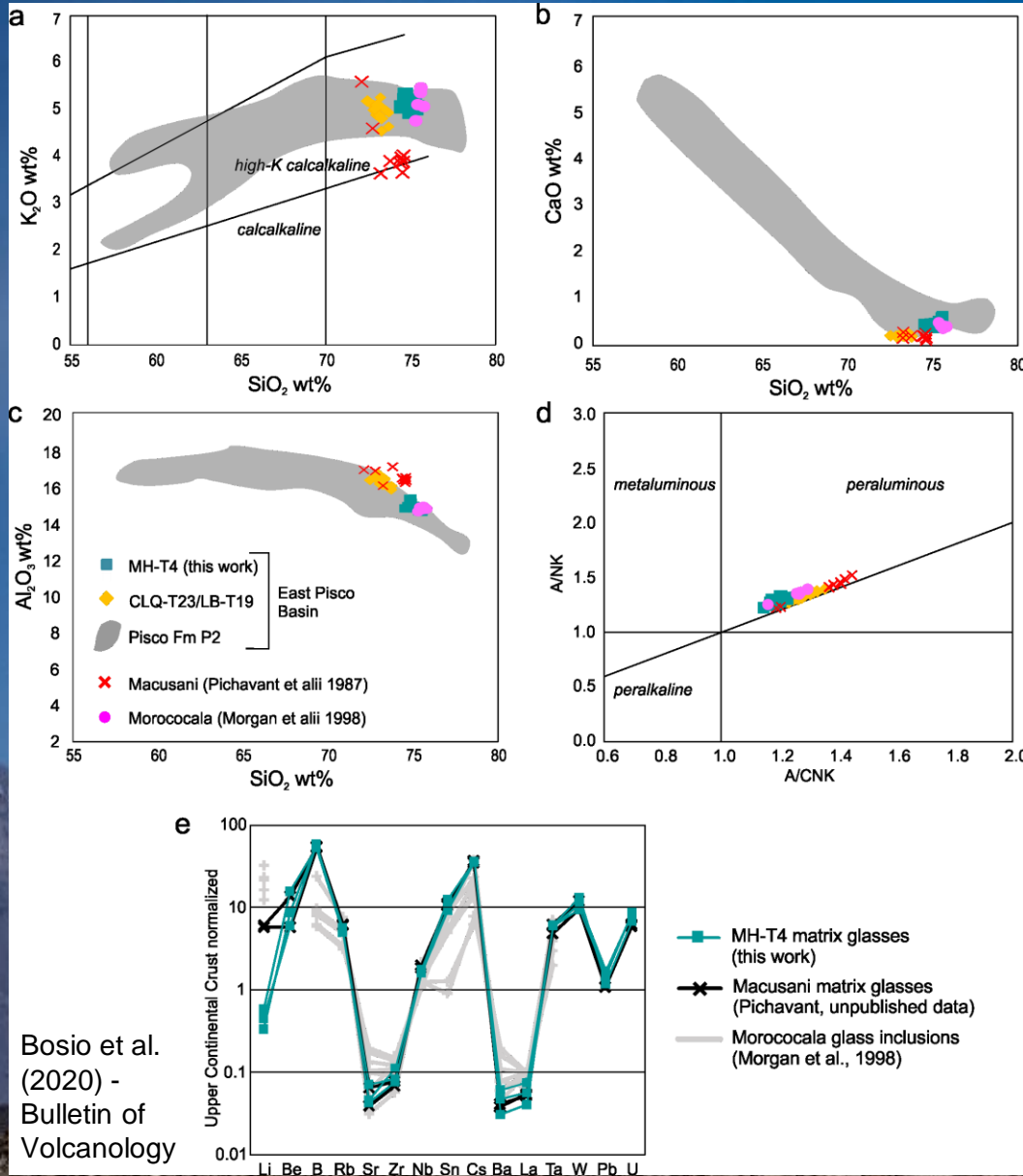
Presenza di tefra con composizione della biotite indicativa di forte peralluminosità e coesistenza di muscovite



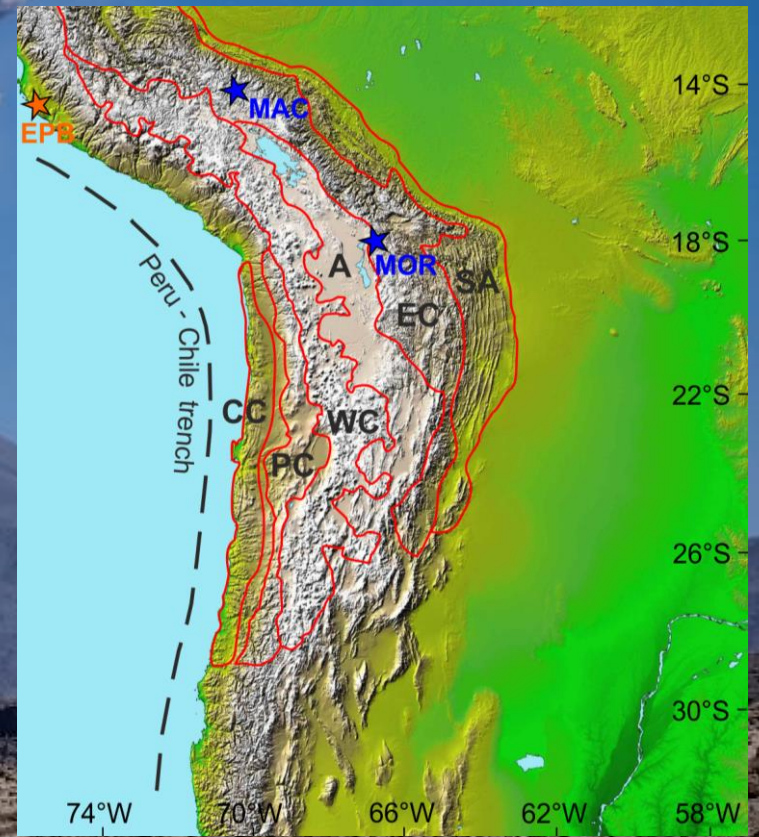
Bosio et al. (2020) - Bulletin of Volcanology

- MH-T4
- ◆ CLQ-T23/LB-T19
- Pisco Fm P2
- × Macusani (Pichavant et alii 1988a)
- + Macusani (Noble et alii 1984, mean values)
- Morococala (Morgan et alii 1998, mean values)





La composizione di biotite, muscovite, feldspati e vetro suggerisce la correlazione con l'area vulcanica di Macusani, a 500 km



In conclusione, lo studio dei tefra nel Bacino di Pisco
permette di:

- aumentare il dettaglio nelle correlazioni stratigrafiche dei livelli fossiliferi
- contribuire alla comprensione della storia del vulcanismo andino

Domande aperte:

- è possibile correlare la maggior frequenza di tefra a momenti di particolare attività dell'arco?
- è possibile correlare i tefra non peralluminosi a determinati centri vulcanici?

Si ringraziano:

Giovanni Bianucci,
Elisa Malinverno, Anna
Gioncada, Claudio di
Celma, Igor Villa, Mario
Urbina e tutti coloro che
hanno contribuito al
lavoro in Perù!



