

1º SIMPOSIO INTERNACIONAL DEL CARST

Reconstrucción de la Monzón Sud Americana durante los últimos 10 mil años y sus efectos en la Precipitación del Nordeste de los Andes por medio de registros isotópicos de espeleotemas

M.G. Bustamante; F.W. Cruz; M. Vuille; J. Apaestegui; N. Strikis; G. Panizo; F.V. Novello;
M. Deininger; A. Sifeddine; H. Cheng J.S. Moquet ; J.L. Guyot; R.V. Santos; H. Segura;
R.L. Edwards

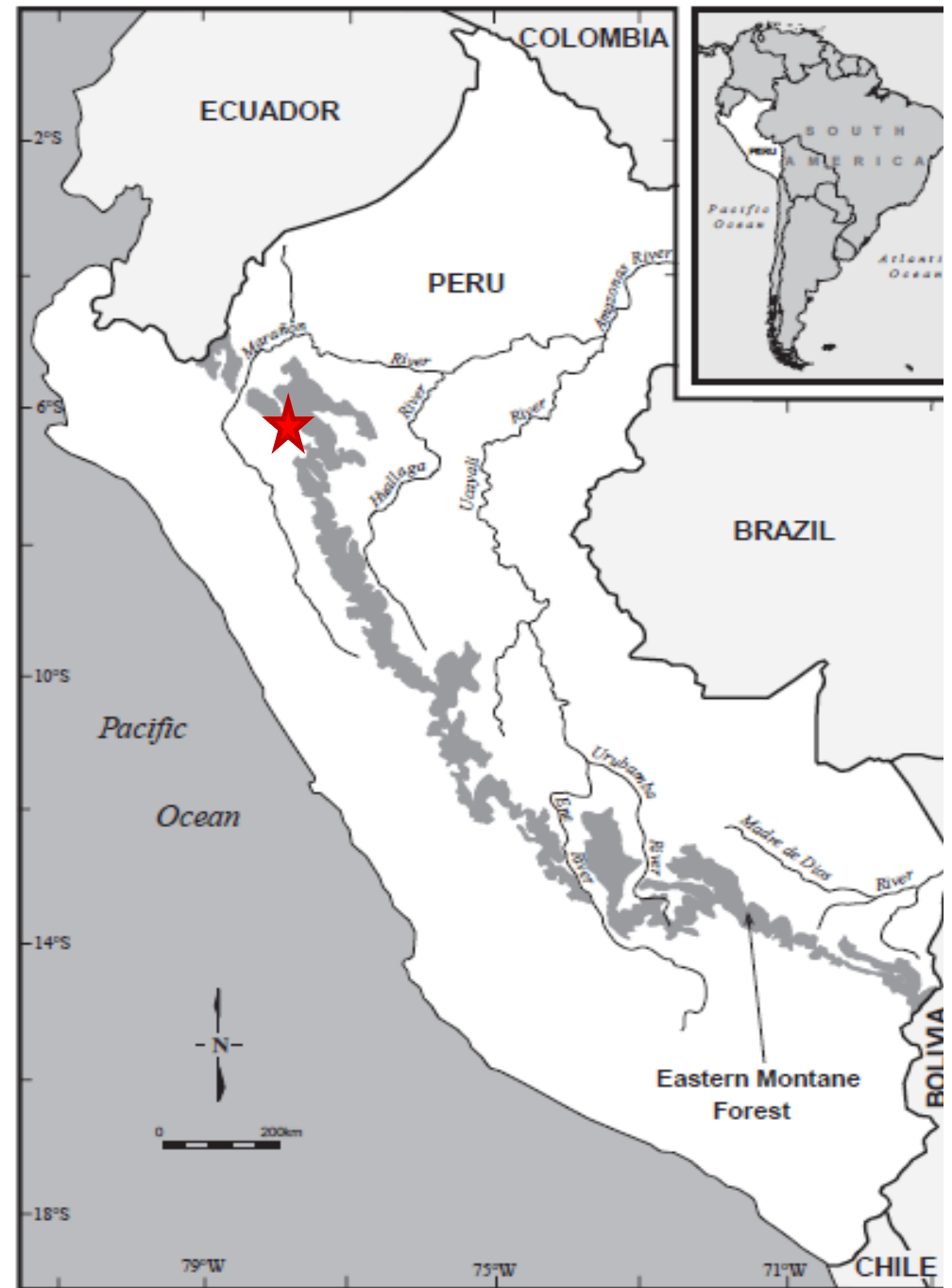
TARAPOTO-Perú

5 y 6 Setiembre 2016

1. Introducción

Área de Estudio

- Caverna Shatuca
- 5.70°S ; 77.90°W
- **Departamento de Amazonas.**
- Andes Orientales Septentrionales del Perú.
- Altitud: 1960 msnm $\rightarrow$ nunca antes estudiada (solo existen registros de alta o baja altitud).
- **Es un área principalmente influenciada por la Monzón Sud Americana (Octubre-Marzo).**
- **Bosque Montano: Hot spot de biodiversidad.**



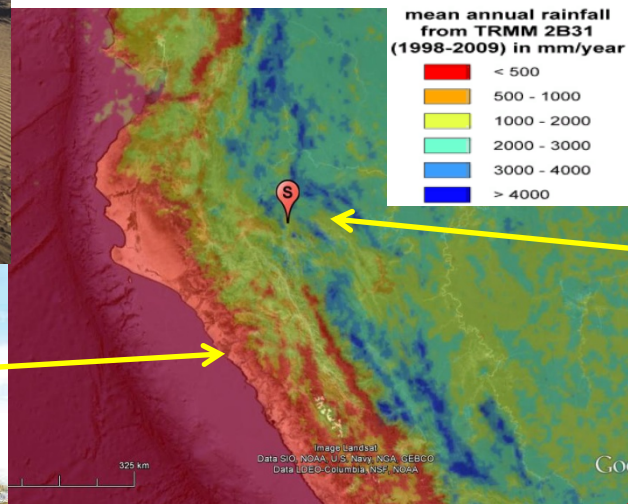
Fuente: Young e Leon (1999)

1. Introducción



Arriba: Desierto de Sechura (Piura)
Abajo: Bosque de Algarrobo (Piura)

Los Andes → límite entre un desierto, y un bosque.



Catarata de Gocta (Amazonas)



1. Introducción

Andes Norte, Centro y Sur Peruanos



5°S → Altitud max 1500-3000



10°S → Altitud max 4000-6000

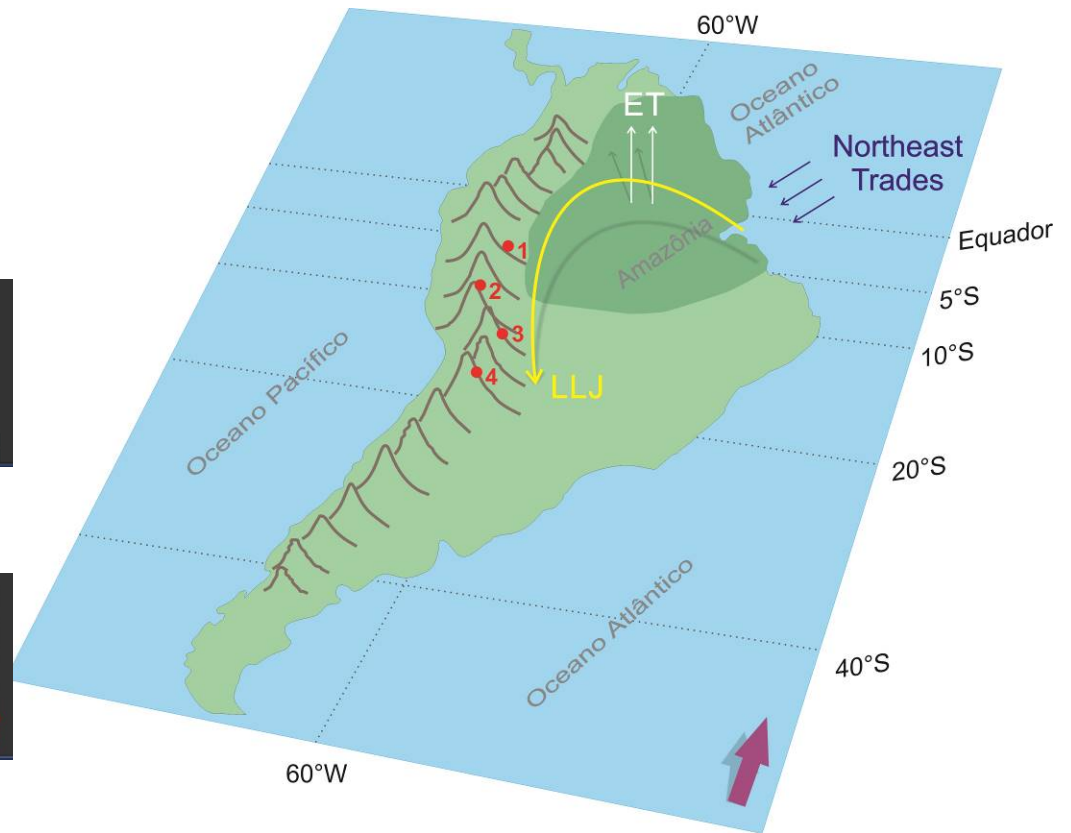


15°S → Altitud max 4000-6000

Altiplano Boliviano



20°S → Altitud max 4500.



El lado oriental de los Andes, se encuentra en el **borde del sistema de monzón**, directamente influenciado por el “Low level Jet”.

La **mayor parte de estudios** se encuentran localizados en la **parte sur y central** de los Andes Peruanos y cubren solamente regiones de tierras altas (**~>3000 m**).

Pocos estudios cubren la región **nordeste de los Andes**, y sólo las **tierras bajas** (**~<1000 m**).

1. Introducción

- Los Andes, por su extensión, elevada altitud, y compleja topografía, presentan **gran diversidad de ecosistemas y paisajes, así como de microclimas**. Así, en una **escala espacio-temporal**, es razonable observar **gran variabilidad** en los **registros paleoclimáticos** de la región andina.
- Por eso, son necesarias **nuevas reconstrucciones paleoclimáticas de alta resolución** (o sea de mayor detalle cronológico), en diversas latitudes y altitudes, para así poder **mejorar la calidad de los modelos climáticos** que se usan para predecir cambios climáticos futuros.



1. Introducción



<http://www.birmingham.ac.uk/research/activity/geosystems/projects/ascribe.aspx>



<http://www.wisconsin-caves.org/types-of-wisconsin-caves>



<http://www.acoolcave.com/sp/eleothems.html>

ESPELEOTEMAS

- Por qué? A la vanguardia de los Estudios Paleoclimáticos
- Permiten ser datados por el método U/Th → mas precisas
- La composición Isotópica del Carbonato es relacionada a la composición isotópica del goteo, el cual varia de acuerdo a las lluvias (cantidad, proveniencia).
- Ideales para estos estudios: Estalagmitas tipo vela.

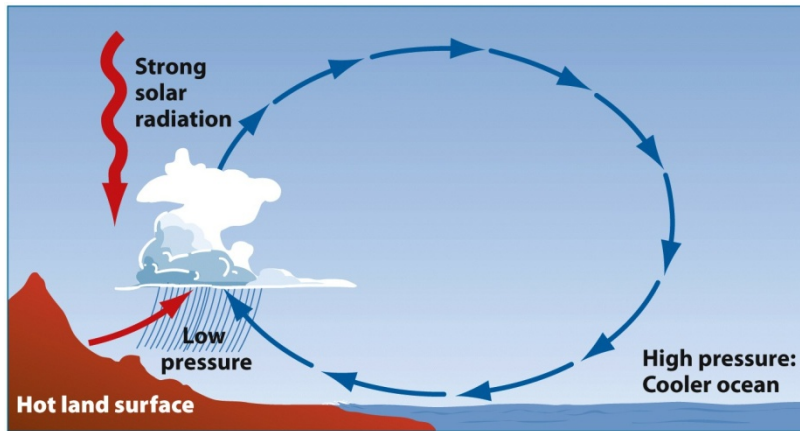
2. Objetivos de la Investigación

- Investigar los padrones de **variabilidad de lluvias**, en el nordeste de los Andes peruanos, durante los **últimos 11 mil años**.
- Con la intención de contribuir al mejor **entendimiento de las variaciones climáticas de la región Andino-amazónica**,
 - **en diferentes escalas de tiempo**: de miles de años, según el ciclo de Milankovitch hasta escalas decadales.
 - y los posibles mecanismos que gobiernan esta variación: **como la Insolación y las Condiciones Oceánicas**.
- Con esa finalidad se usaron:
 - **perfiles isotópicos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$)**,
 - **en alta resolución (5 años en promedio)**
 - **de 2 espeleotemas**
 - **de la Caverna Shatuca (5°S)**,
 - **localizada en altitud intermedia (1960m), nunca antes estudiada**.



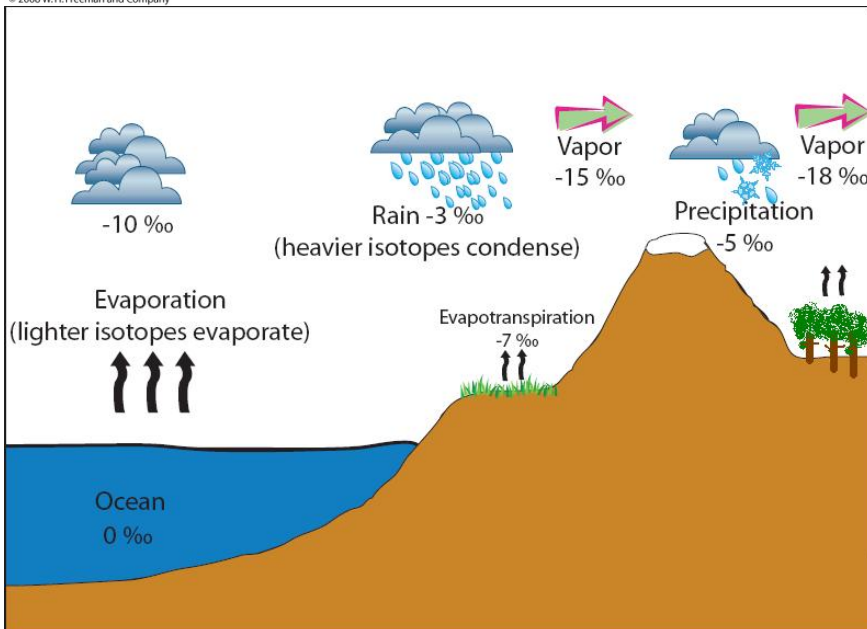
3. La Monzón Sud-Americana (MSA)

En la actualidad

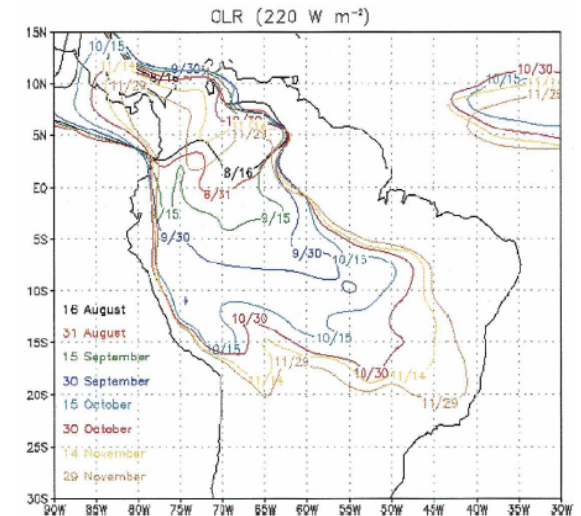


Summer monsoon

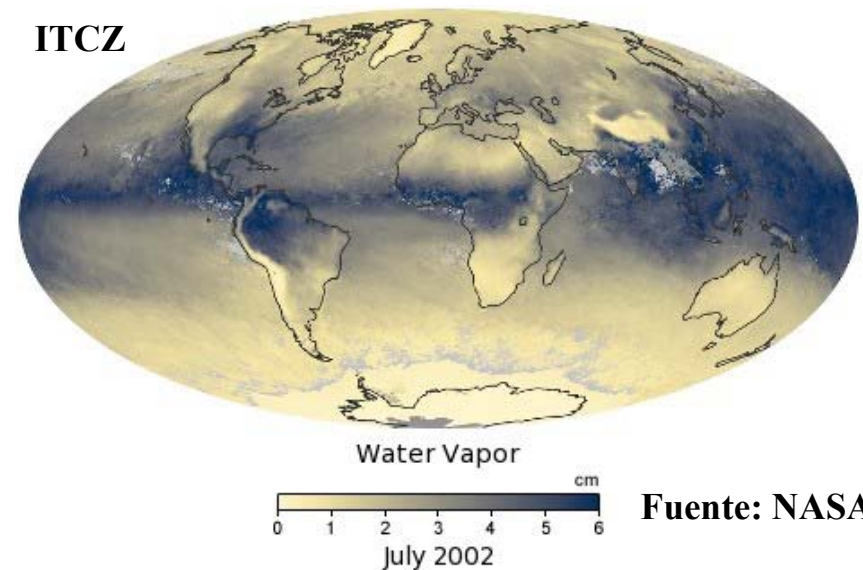
Figure 8-1
Earth's Climate: Past and Future, Second Edition
© 2008 W.H. Freeman and Company



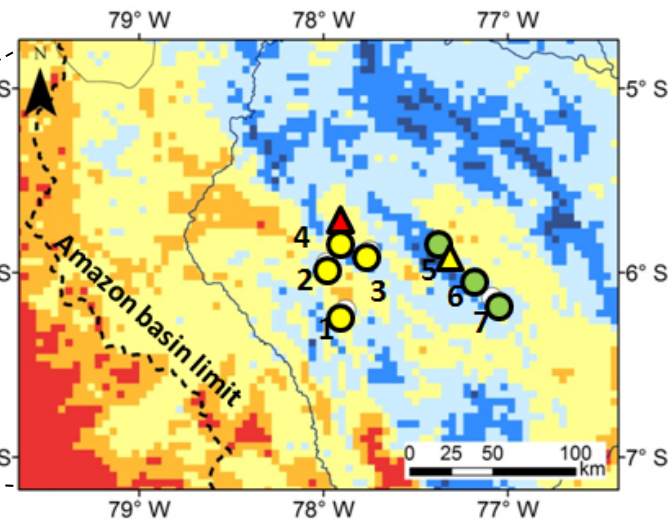
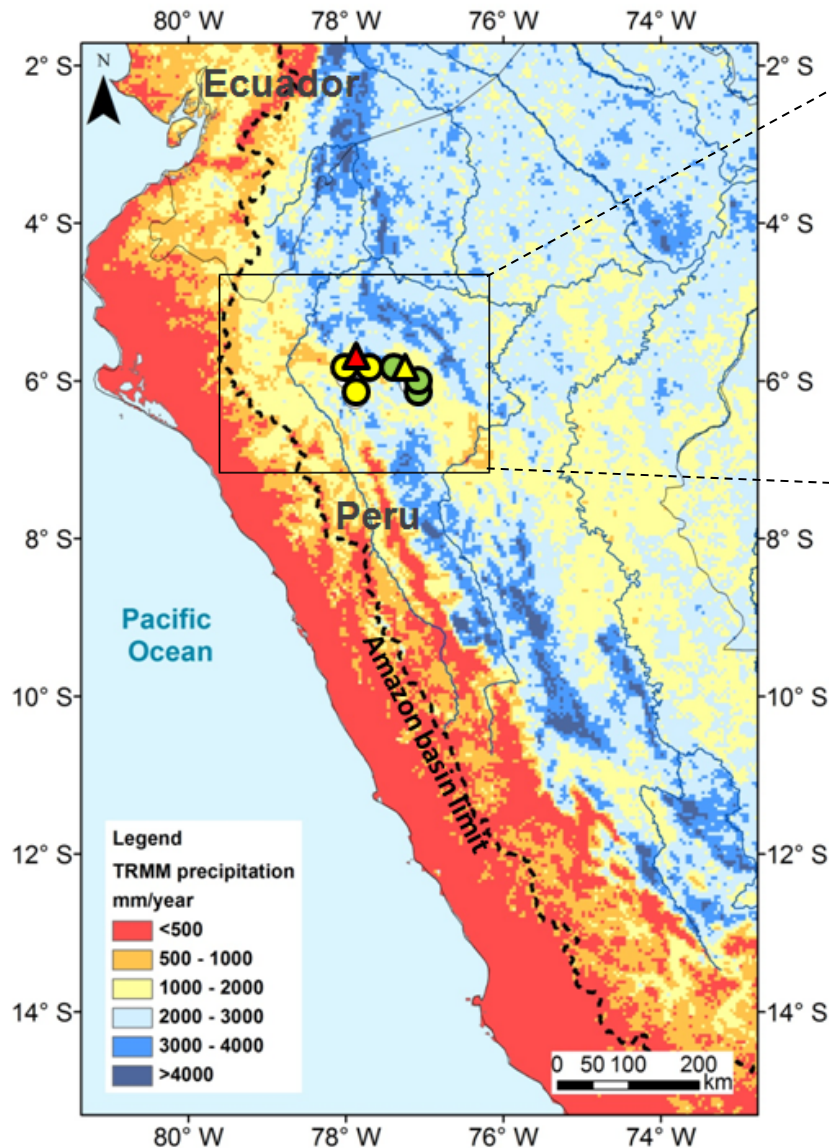
Fase de Inicio
de la Monzón
Fin Setiembre a
fin Noviembre
(Vera et al.,
2006)



ITCZ



4. Clima local del Área de Estudio



Mapa de Precipitación promedio anual (mm/año) a partir de los datos del satélite TRMM 2B31 (1998-2009).

- ▲ Caverna Shatuca
- ▲ Caverna Tigre Perdido

Estações Pluviométricas:

● entre 1300-2500m anm

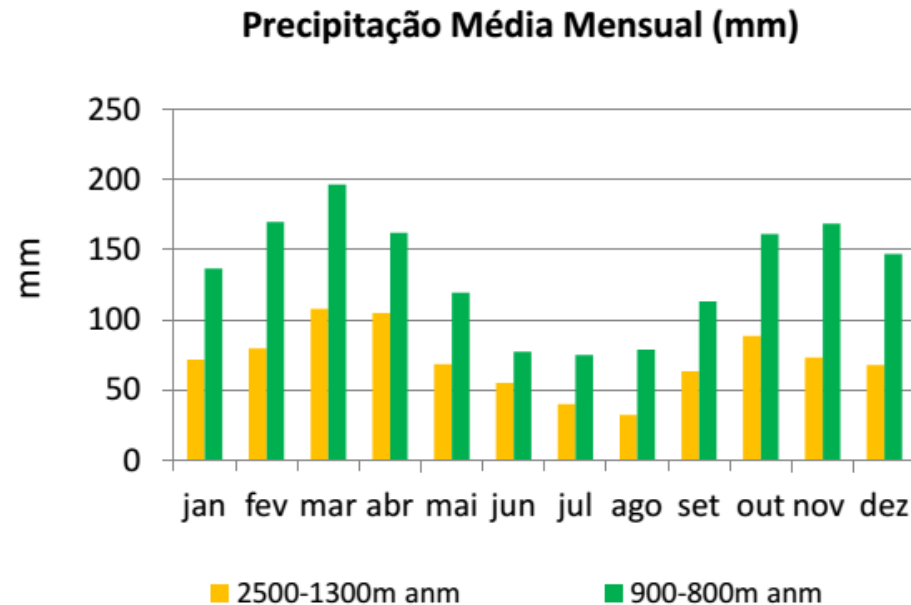
- 1. Chachapoyas
- 2. Pomacochas
- 3. Jazan
- 4. Jumbilla

● entre 800-900manm

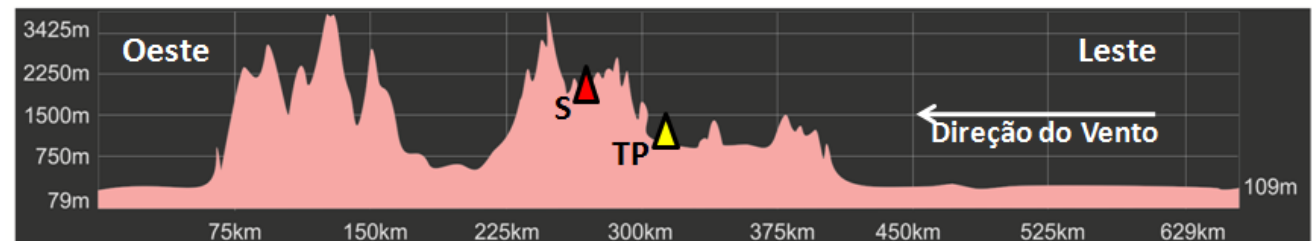
- 5. Soritor
- 6. Rioja
- 7. Naranjillo

4. Clima local del Área de Estudio

- Periodo: **1964-2014**
- **Regimen de precipitación bimodal:** Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ) sobre la región.
- El volumen de lluvia disminuye conforme la altitud aumenta.
- Bloqueo de la Humedad



Precipitação Média Mensual (mm)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	TOTAL
2500-1300m anm	70	80	106	106	68	55	40	32	64	88	74	68	852
900-800m anm	135	170	194	162	120	77	75	78	113	160	169	147	1601



5. La Monzón Sud-Americana (MSA) en el Pasado

En el pasado

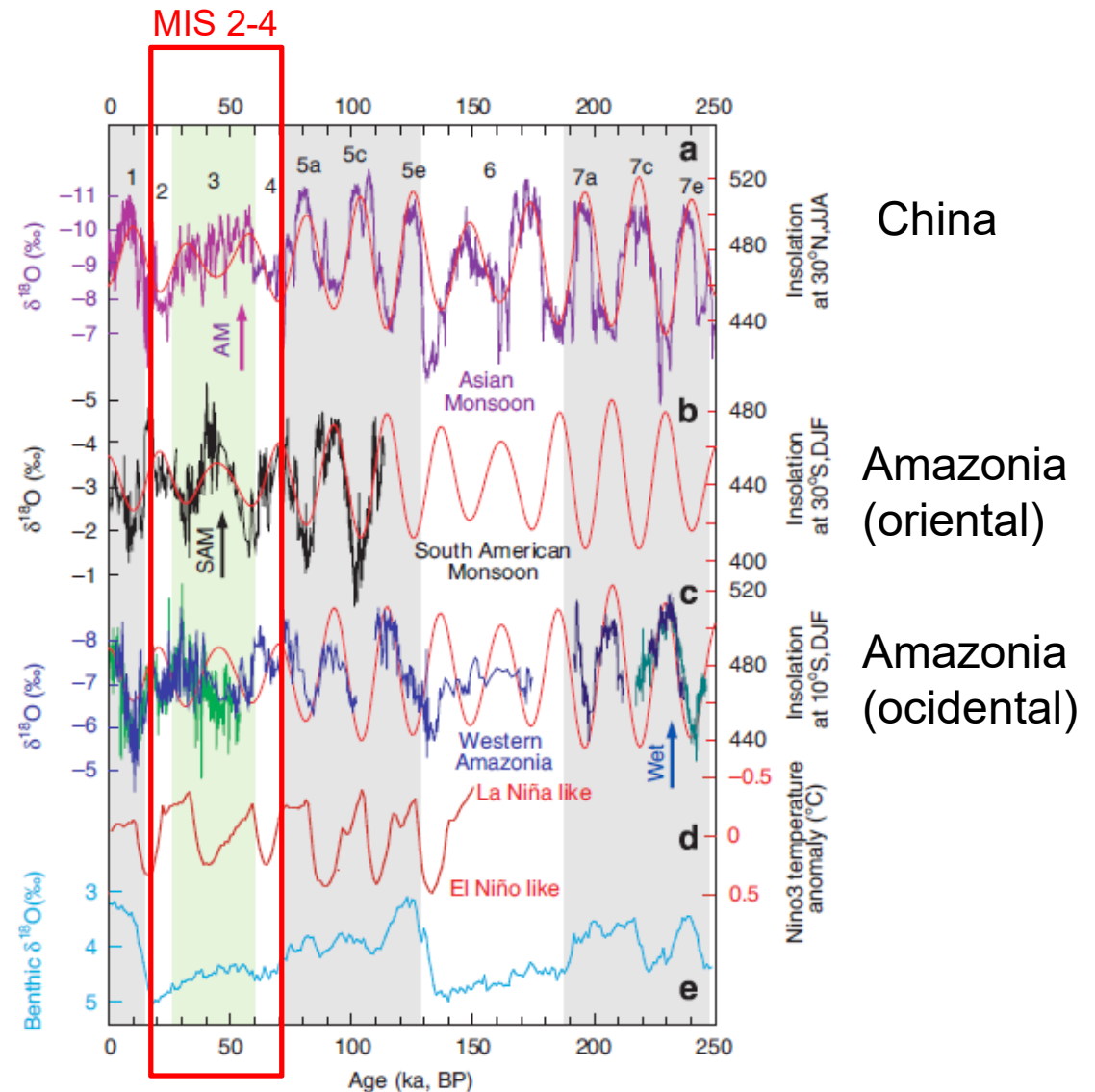
Problemática:

Forzante de la Insolación

•La variación de la insolación, según el ciclo de precesión→ ha sido considerada la principal forzante del ciclo hidrológico en la región bajo el dominio de la MSA.

•HIPOTESIS DEL PALEOMONZÓN

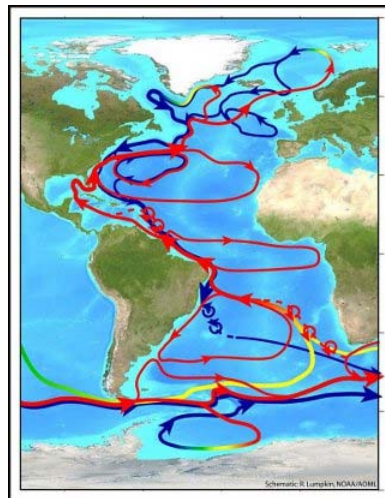
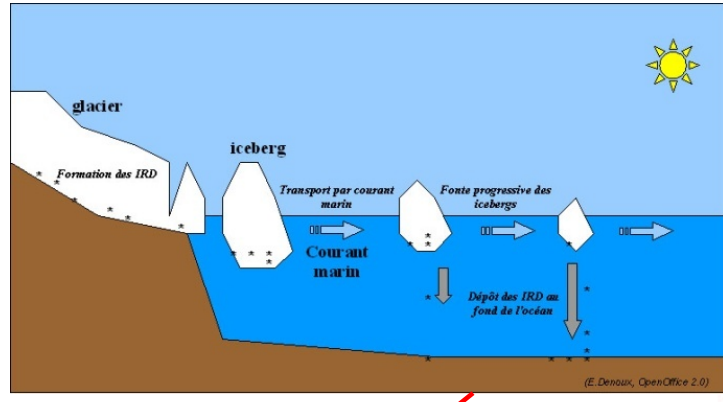
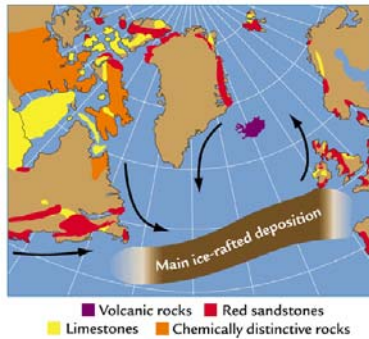
•CONDICIONES DE CONTORNO GLACIALES (MIS 2-4) (Cruz et al., 2007; Fornace et al., 2014).



Cheng et al., 2013

5. La Monzón Sud-Americana (MSA) en el pasado

Qué afectó la ITCZ y la MSA en el MIS 2-4?
Forzante Oceánica



Fuente: Bedford Institute of Océanography.

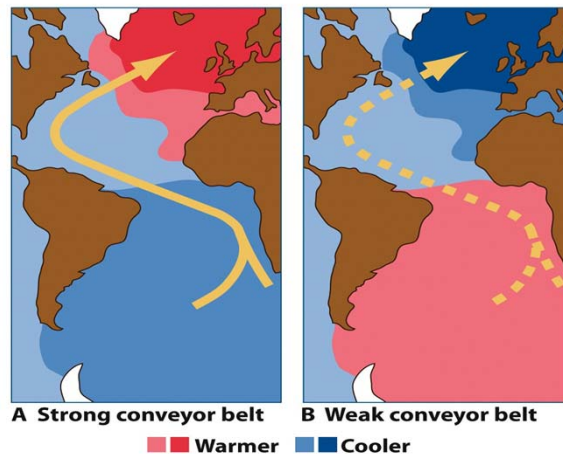
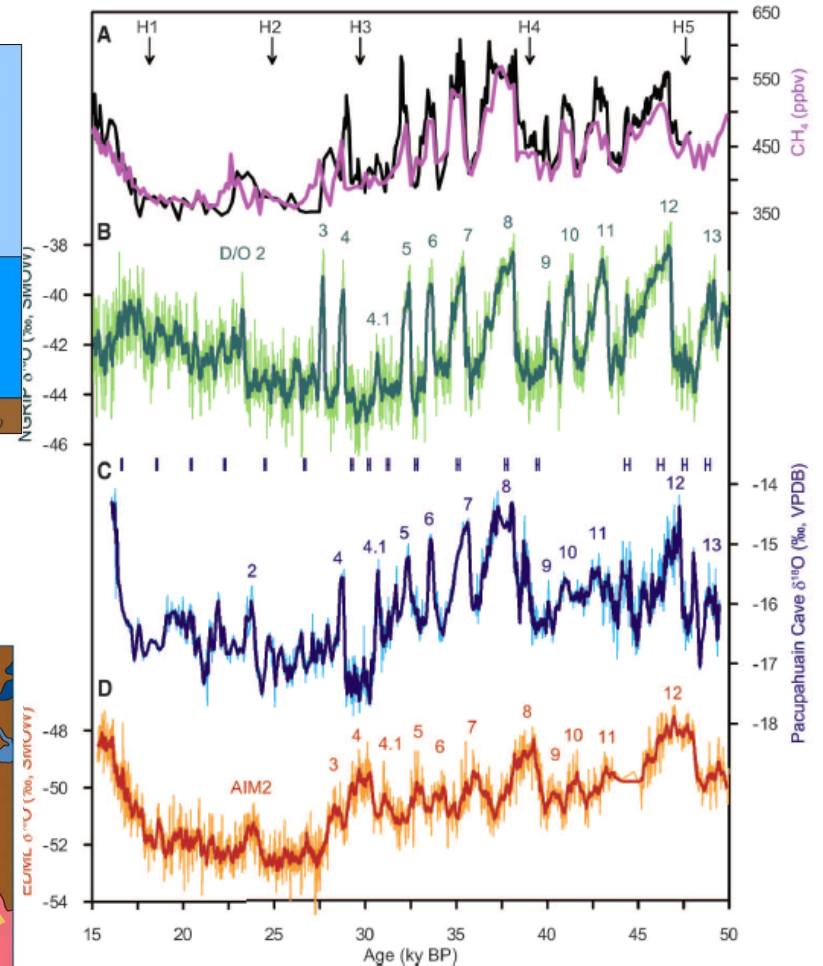


Figure 14-17



Kanner et al., 2012

5. La Monzón Sud-Americana (MSA) en el Pasado

“See-Saw Hypothesis”

En el pasado
Eventos Abruptos

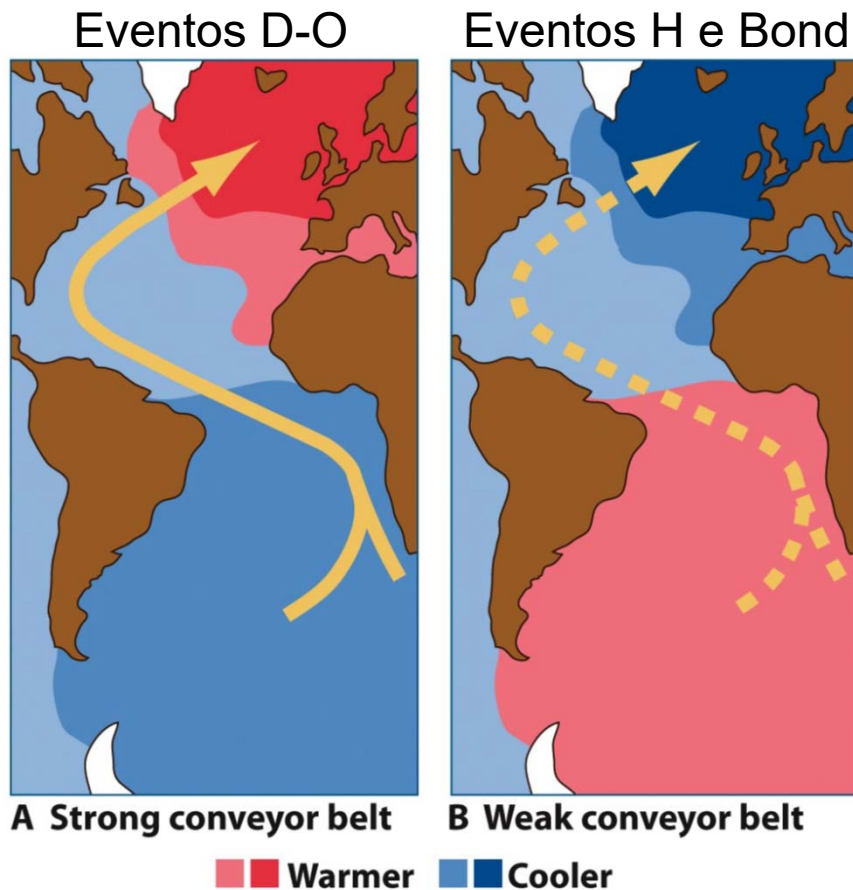


Figure 14-17
Earth's Climate: Past and Future, Second Edition
© 2008 W.H. Freeman and Company

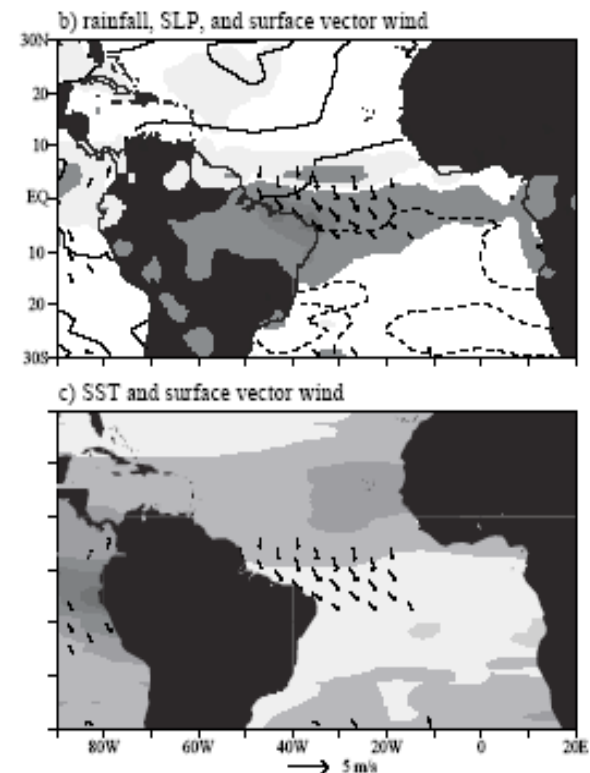
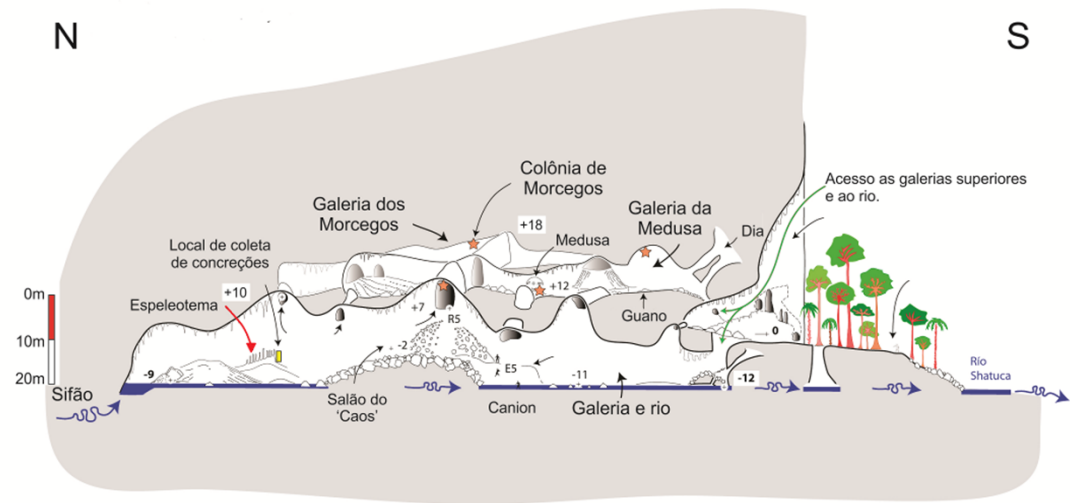


Figure 3.3 — a) Seasonal rainfall anomalies over the Nordeste region of Brazil. b) Correlation of Nordeste rainfall index with rainfall anomaly (shaded), wind vector and sea surface pressure (contours). c) Correlation of Nordeste rainfall index with SST (shaded) and wind vector (courtesy of Mitchell).

6. Materiales y Métodos

5.1. Colecta de estalagmitas



Bigot, 2008

Sha- 2

1.60- cm-de longitud, cubre los últimos 38 ky BP,
con un hiatus desde 1.9 hasta 0.4 ky BP.

82cm → corresponden al HOLOCENO

5. Materiais e Métodos

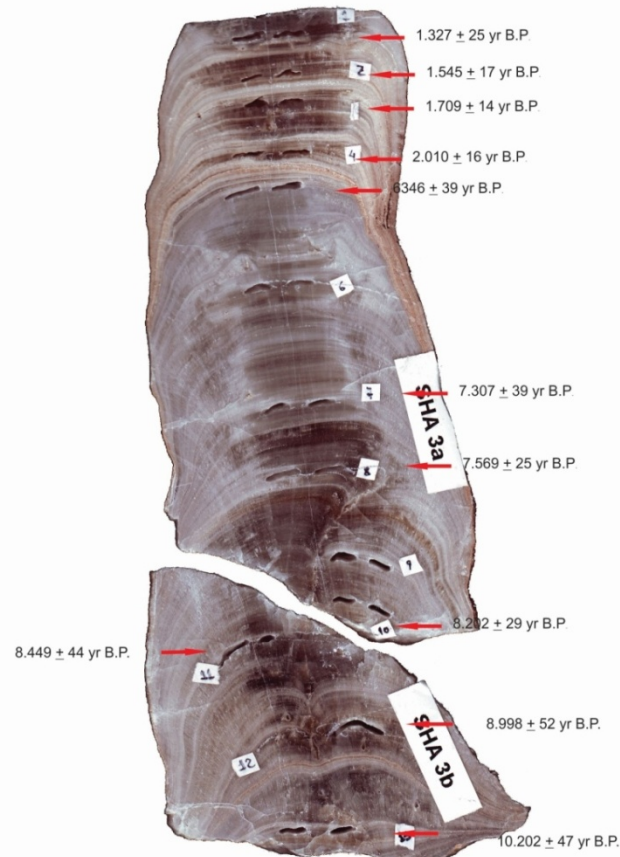
5.1. Coleta de estalagmites

Sha-1 :

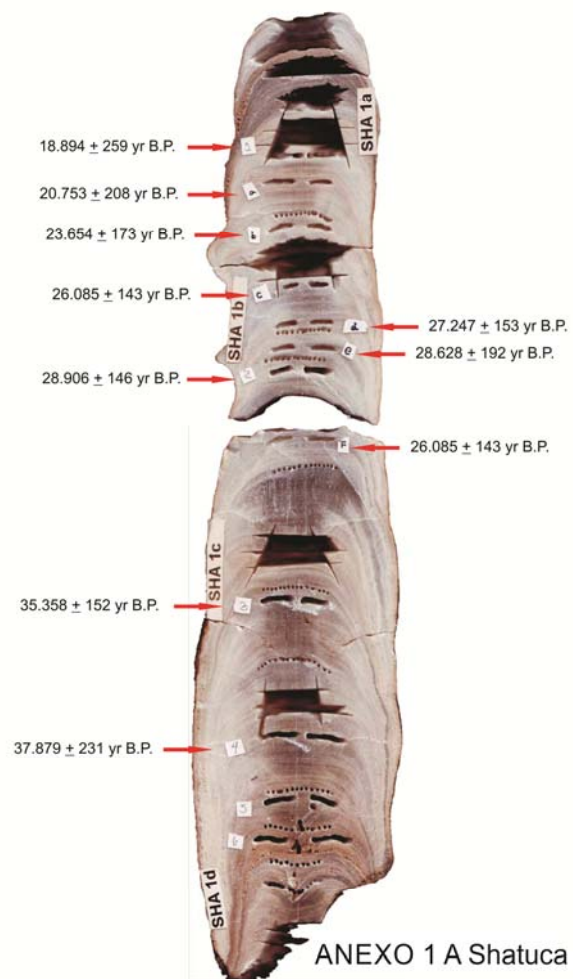
50cm- de comprimento
cobre a parte mais antiga
do registro (desde 18.4 até
38 ka AP).

Sha-3:

23.8 cm . 10.1 a 1.3 ka AP.
Hiatus: 6.3 a 2 ka AP.



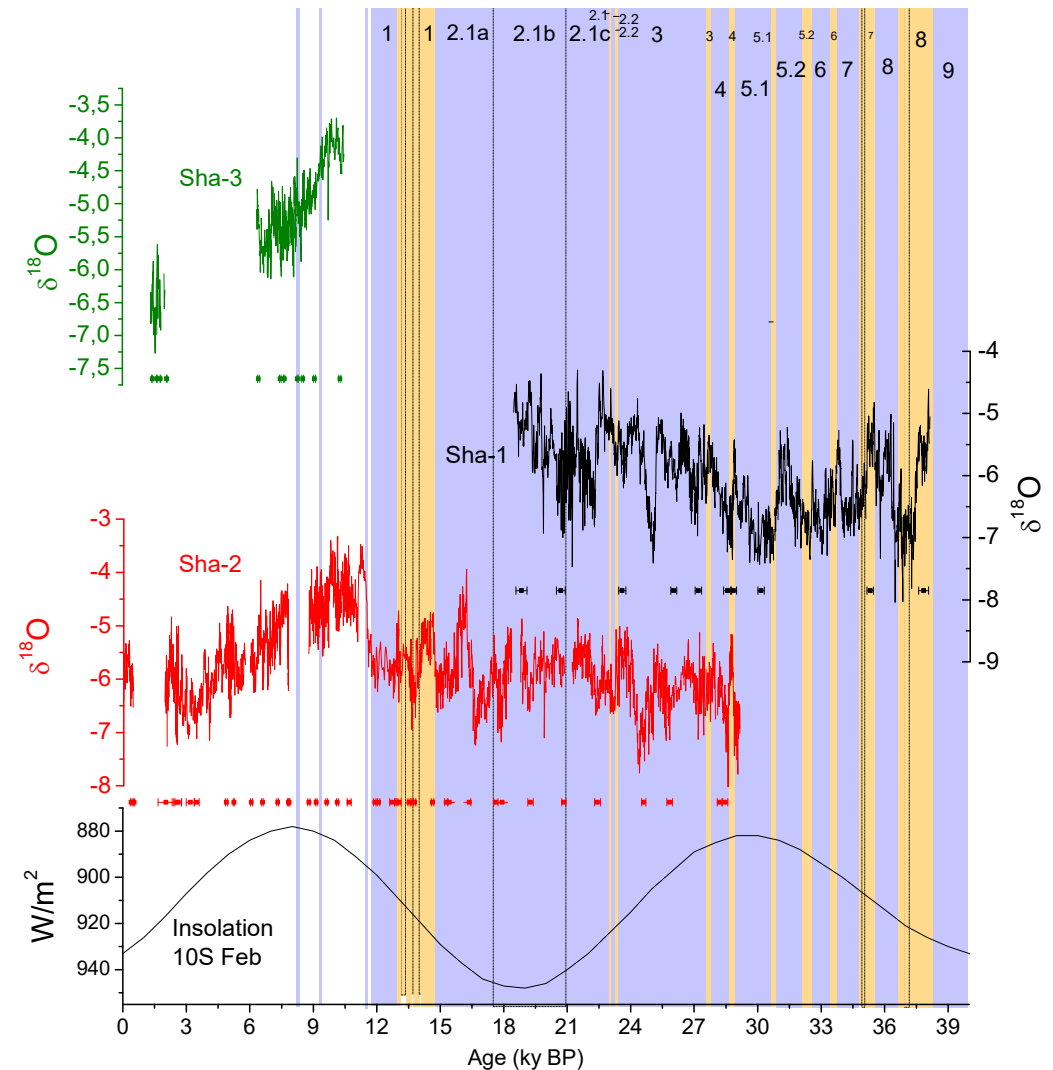
ANEXO 1 C - Shatuca 3



ANEXO 1 A Shatuca 1

7. Resultados

- Sha-1 : El perfil isotópico consiste en 1992 valores de $\delta^{18}\text{O}$ interpolados entre 10 dataciones U/Th.
- Sha- 2: 3221 valores de $\delta^{18}\text{O}$ interpolados entre 39 dataciones U/Th.
- Sha-3: 632 valores de $\delta^{18}\text{O}$, interpolados linealmente entre 10 dataciones U/Th.



7. Resultados

Composite: 5552 valores de $\delta^{18}\text{O}$
(resolución promedio: ~ 6.65 años.).

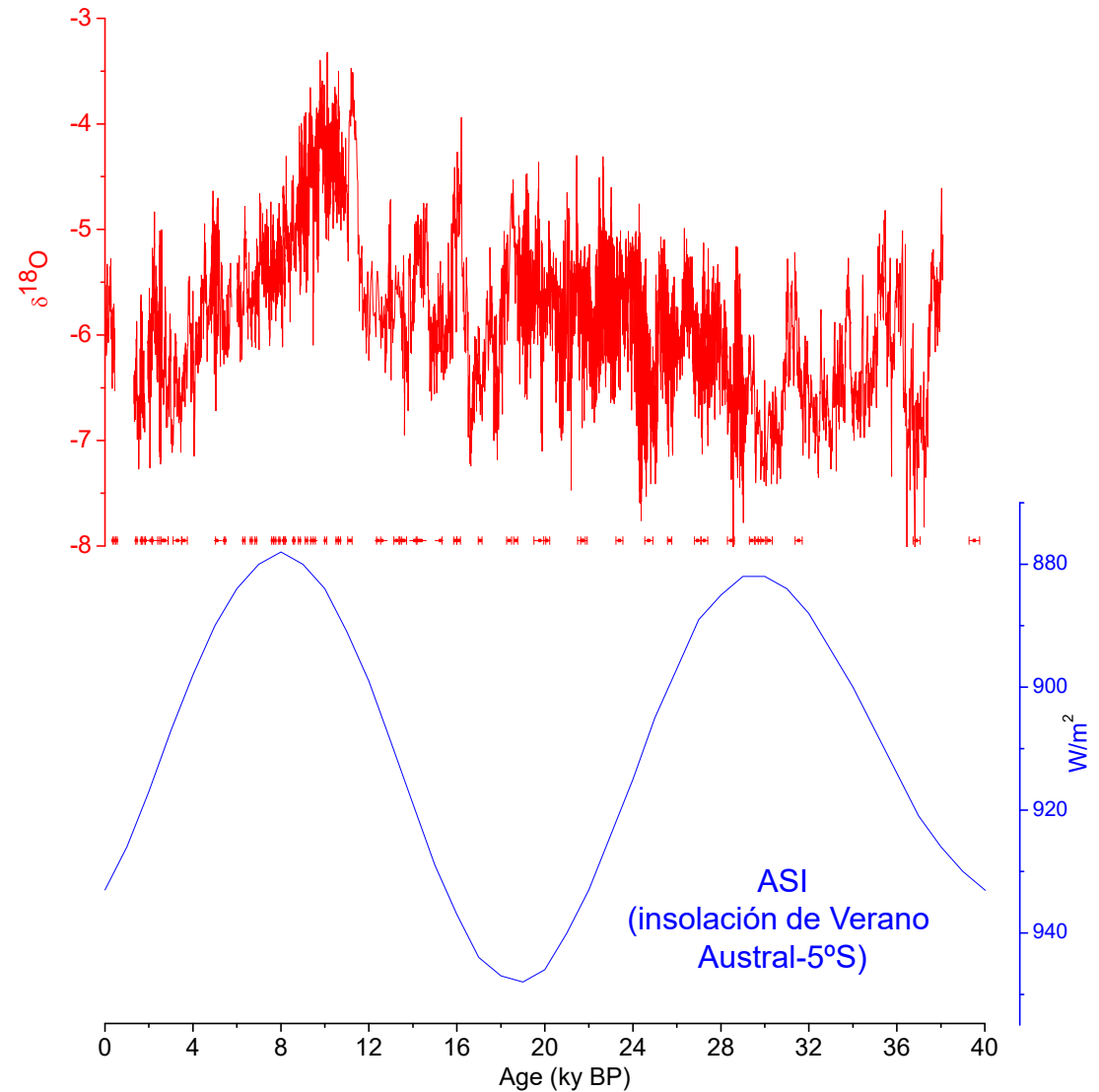
Composite Holoceno: 1763 valores de $\delta^{18}\text{O}$
(resolución promedio: ~ 5.23 años).

Período Holoceno $\rightarrow$ resolución: 0.3 a 20 años.

Período Glacial y Deglacial $\rightarrow$
resolución: 5 e 33 años.

Shatuca no tiene correlación con la ASI
entre 40-11 ky BP, eso también fue
observado por:

Mosblech et al., 2012; Cheng et al.,
2013a; Fornace et al., 2014



8. Discusión

HOLOCENO (10mil años)

Forzante: Insolación

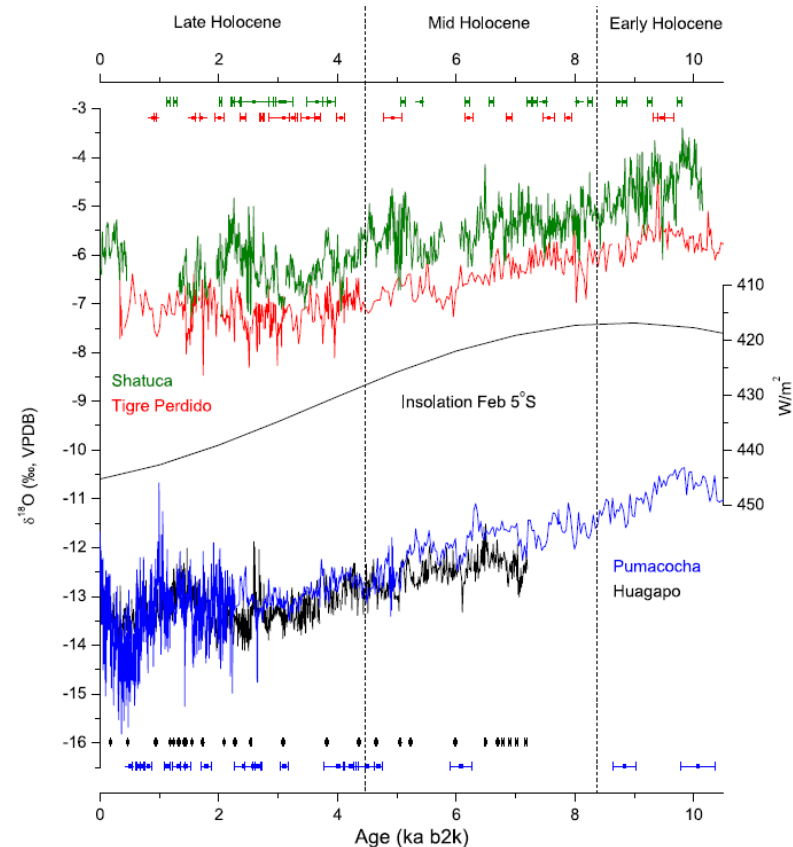
El registro de Shatuca al igual que otros registros andinos muestra que hubo un control de la insolacion sobre la Insolacion a lo largo del Holoceno.



Holocene changes in monsoon precipitation in the Andes of NE Peru based on $\delta^{18}\text{O}$ speleothem records



M.G. Bustamante ^{a,b,*}, F.W. Cruz ^{a,b}, M. Vuille ^c, J. Apaéstegui ^{b,d}, N. Strikis ^{a,e}, G. Panizo ^f, F.V. Novello ^a, M. Deininger ^g, A. Sifeddine ^{b,h}, H. Cheng ^{i,j}, J.S. Moquet ^a, J.L. Guyot ^h, R.V. Santos ^k, H. Segura ^d, R.L. Edwards ^j



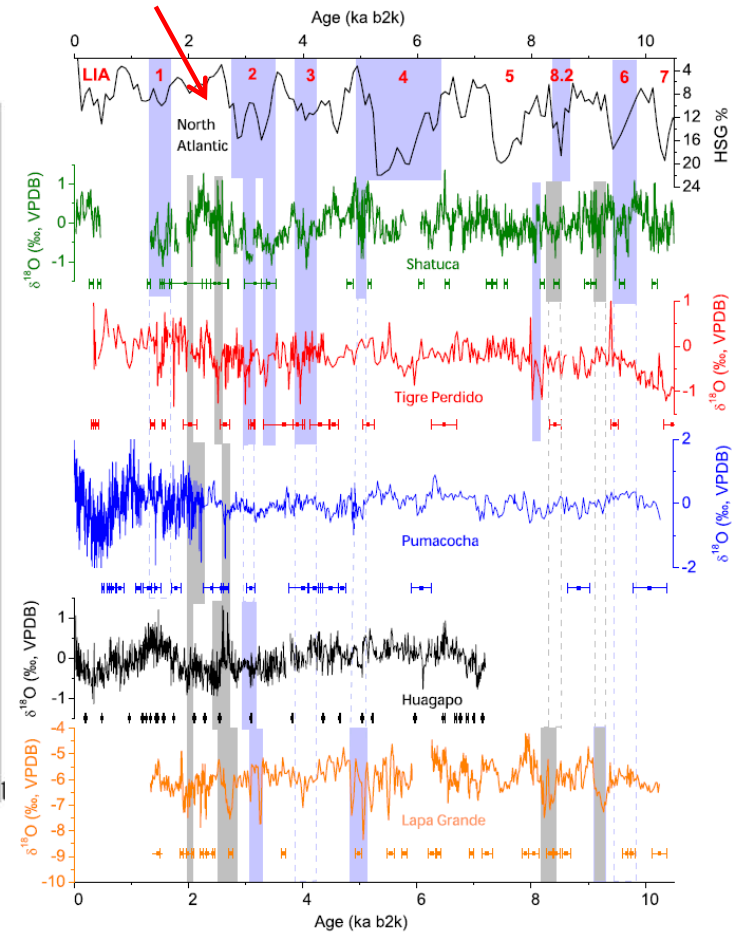
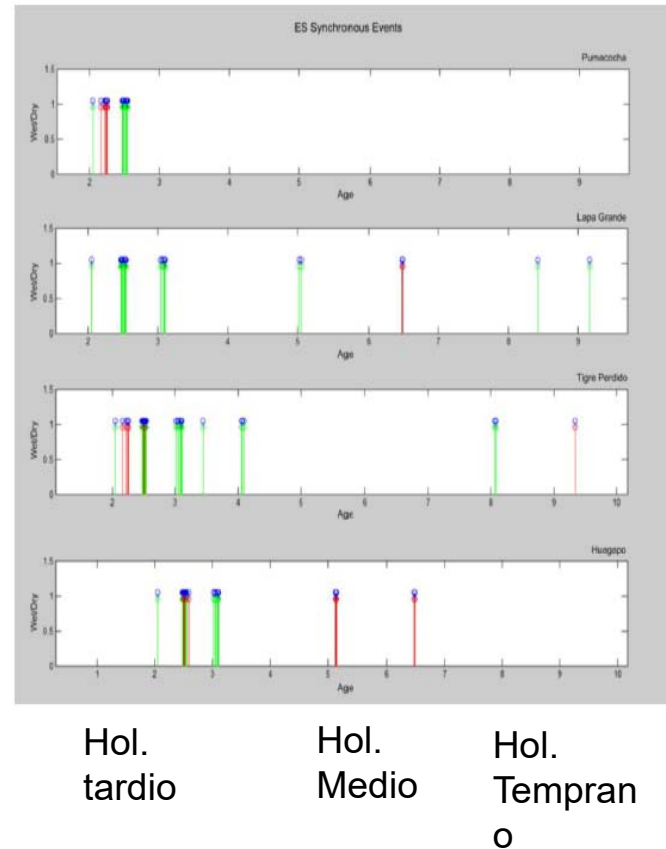
8. Discusión

Sin embargo, al quitarle la tendencia a las curvas, podemos ver que también ocurren variaciones en menor escala de tiempo, algunas de ellas sincrónicas con cambios abruptos de otras regiones andinas.

Forzante:
Condiciones
Oceánicas

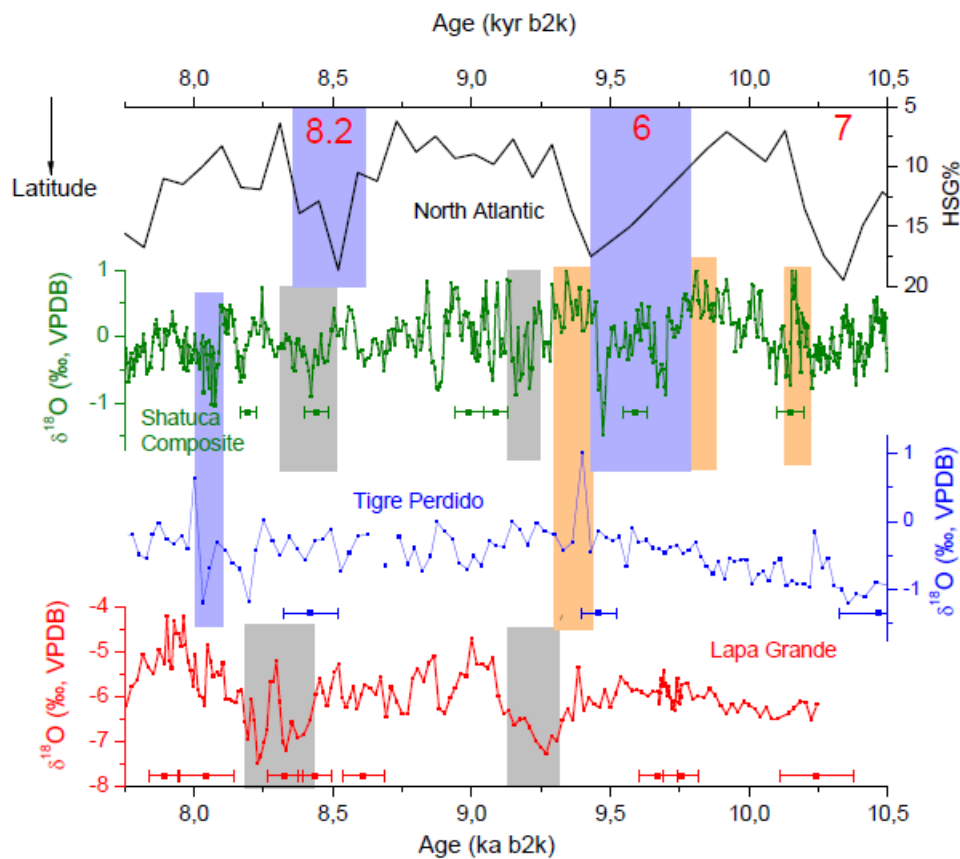
EVENTOS
BOND

Bond events

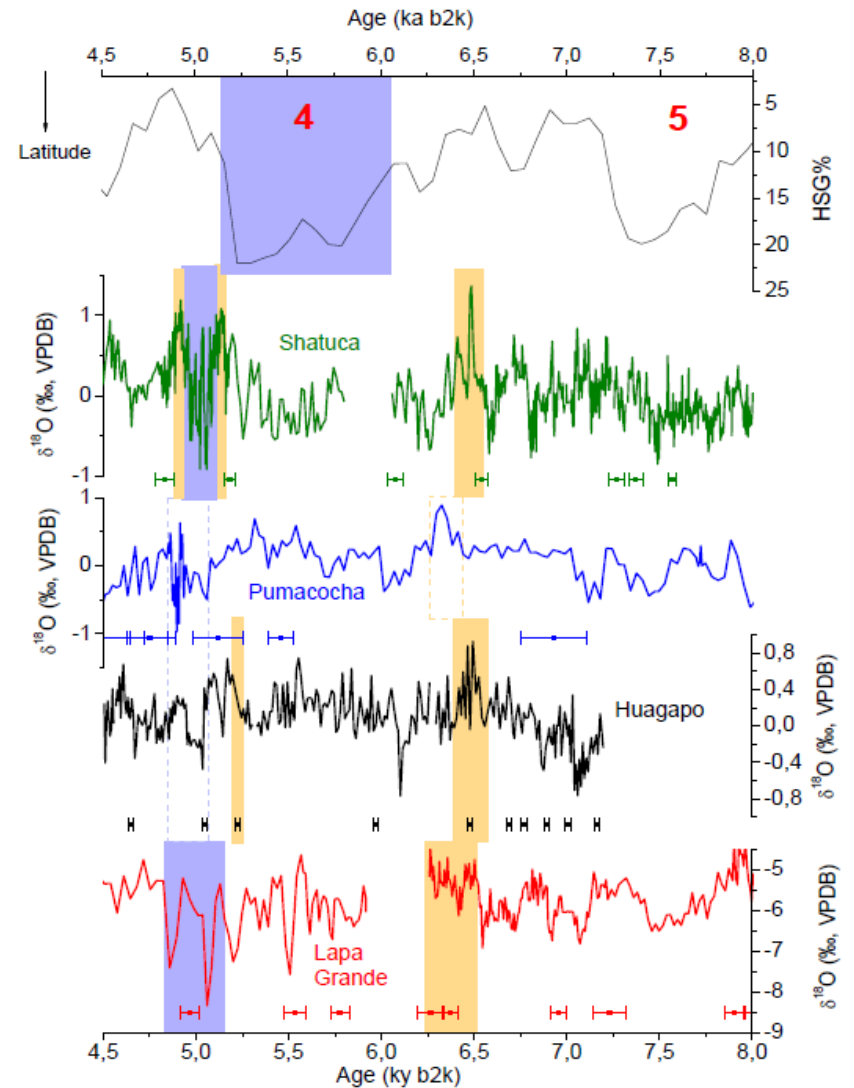


8. Discusión

Holoceno Temprano



Holoceno Medio

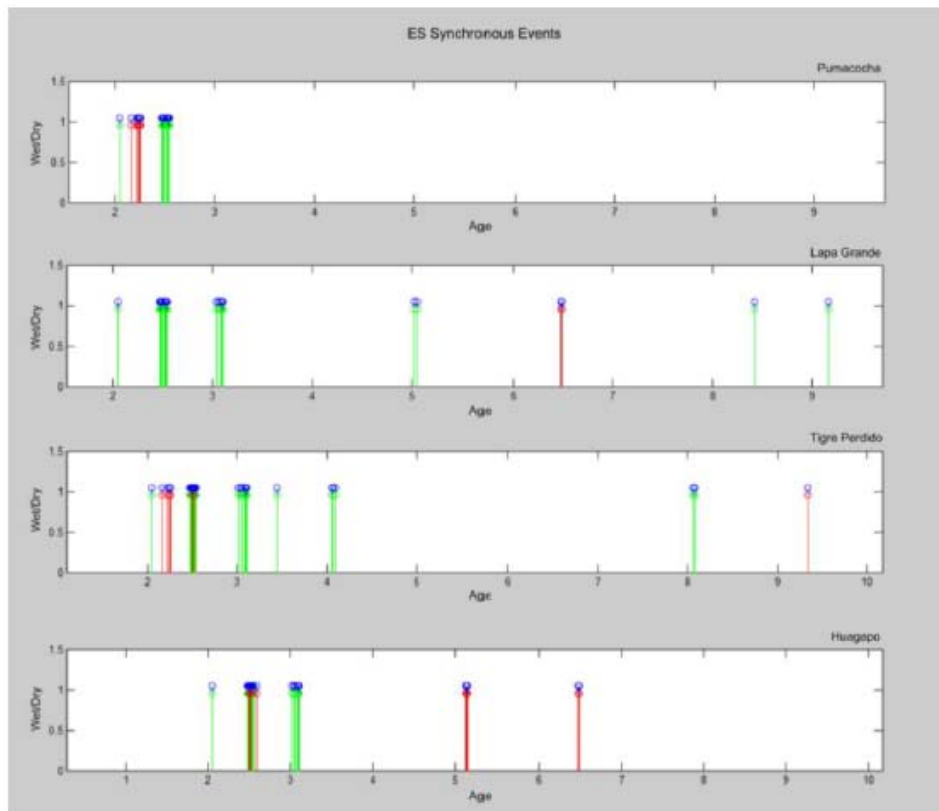


8. Discusión

Holoceno tardío



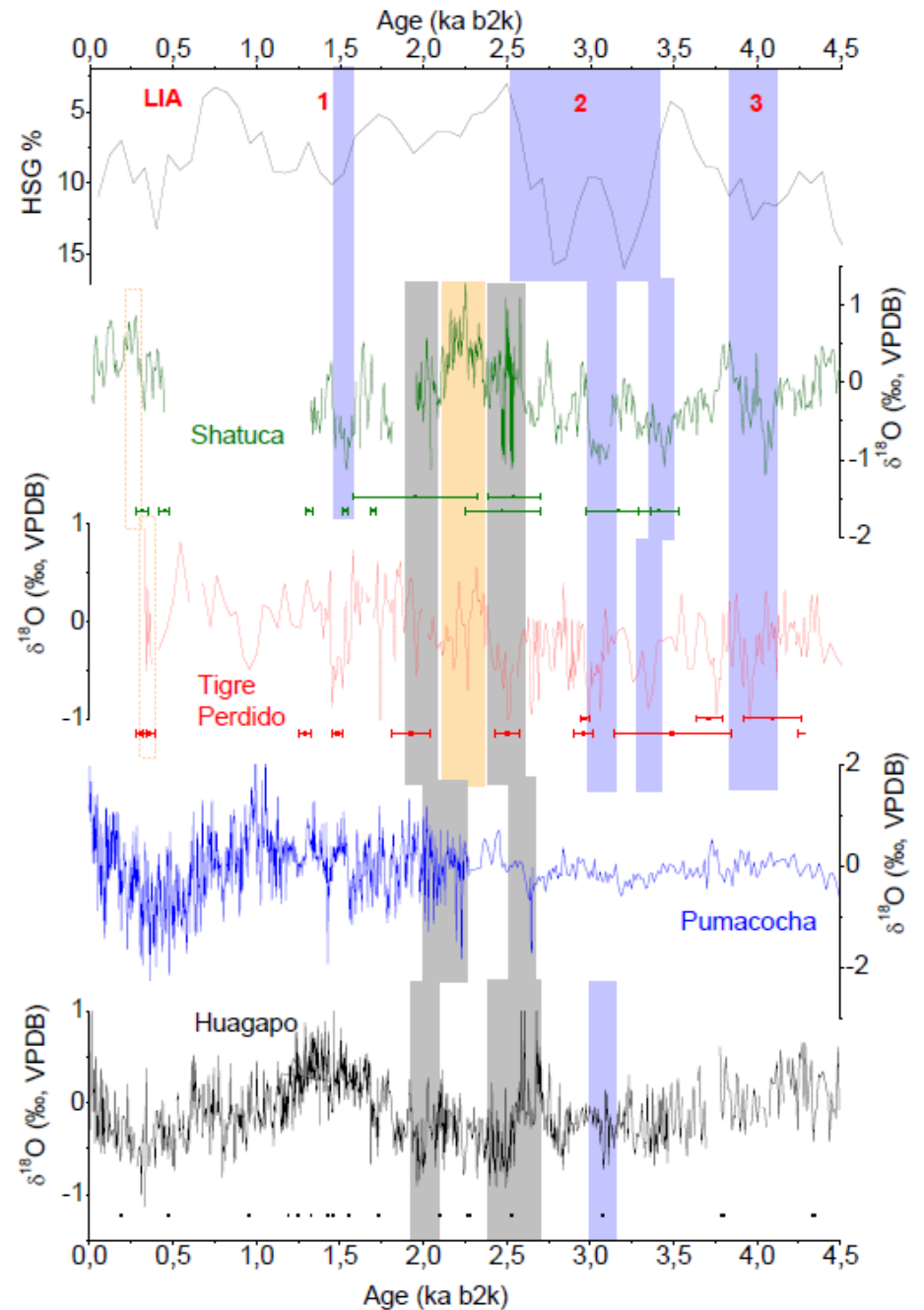
A pesar de los errores cronológicos
Se observa cierta sincronía



Hol. tardío

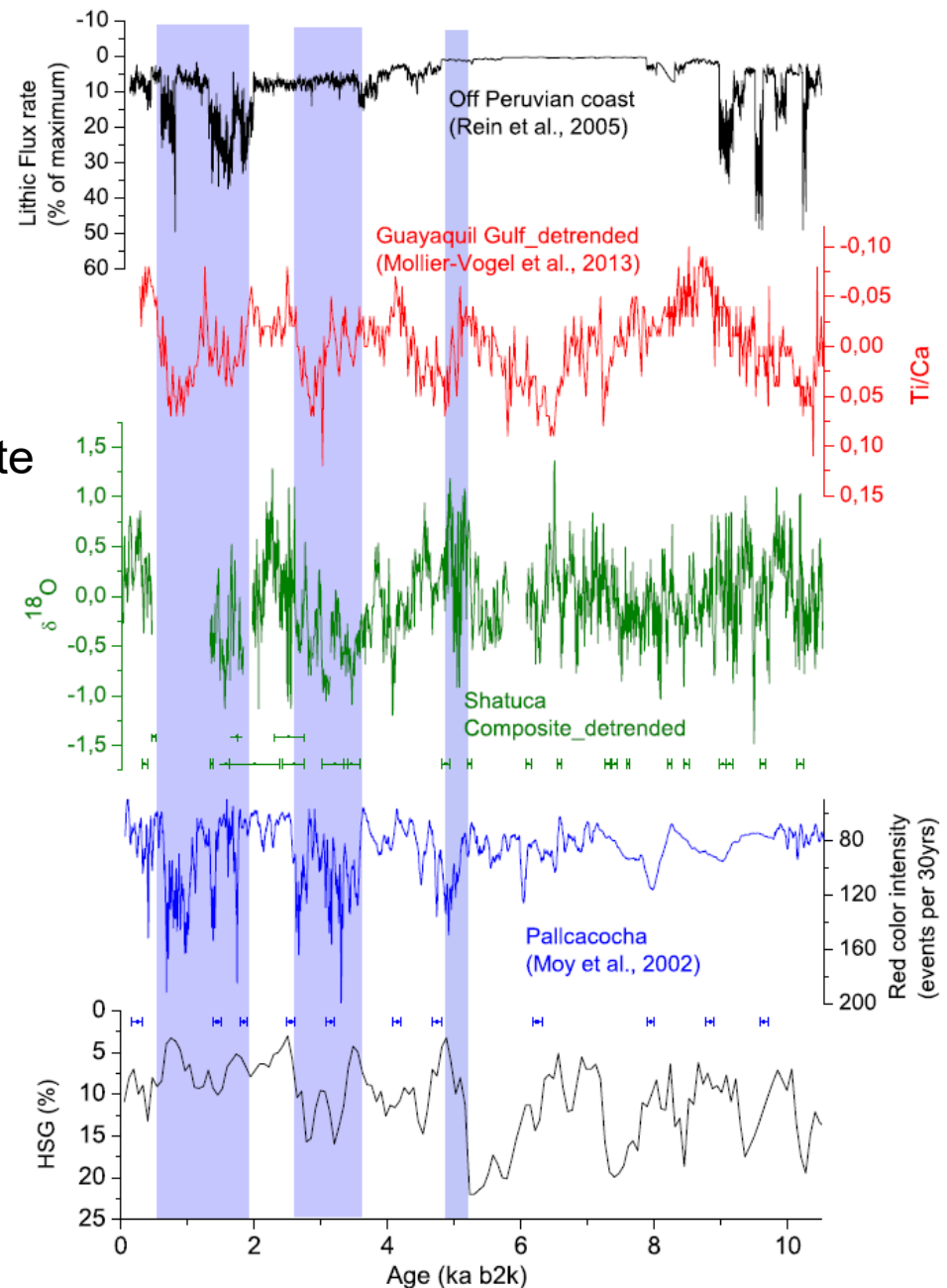
Hol. Medio

Hol. Temprano



8. Discusión

Talvez el aumento de humedad observado en el lago Pallcacocha Sea debido al aumento de transporte De humedad durante los eventos Bond del Holoceno tardio



9. Conclusiones

- Holoceno Inferior (2.000 anos de duração) → aumento gradual de la humedad durante el Holoceno (síncronico con la insolación). Entre 3-16°S.
- Durante el Holoceno, vários eventos abruptos ocurrieron, siendo Shatuca, el primer registro de la región andina que muestra varios eventos abruptos ocurridos durante el Holoceno inferior y médio.
- En el Holoceno inferior y médio eventos abruptos fueron registrados en 9.4, 8.9, 8.3 y 8.1 ka AP.

9. Conclusiones

- Durante el Holoceno medio, se observó que diversos cambios climáticos bruscos ocurrieron en altitudes intermedias andinas (5°S), en el período entre 5.02 y 4.88 ka AP.
- Durante el Holoceno tardío, hay tendencia de aumento de humedad y un aumento de la variabilidad en escala decenal y centenaria. Shatuka posee un pobre control de edad para este período, complicando la comparación con otros registros andinos. Sin embargo, la variabilidad climática muestra la ocurrencia de eventos sincrónicos para el período entre 4-1 ka AP, entre registros andinos situados en diferente altitud. Y parece que el aumento de transporte de humedad durante los eventos BOND a partir del Holoceno medio por causa de la mayor insolación de verano, generaron

A photograph of a dense, green forest covering rolling hills and mountains. The sky is overcast with grey clouds. The text "Muchas Gracias!!" is overlaid in white, bold font in the upper center of the image.

Muchas Gracias!!

**Merci
Obrigada!**

bustamanterosell@gmail.com