

Estudi exploratori per a la reconstrucció de la temperatures de l'aigua i aire en la conca central del llac Baikal (Sibèria) en els últims 40.000 anys

Nereo Cuesta Abil^a; Antoni Rosell-Melé^b

^aProjecte final de carrera; 4rt curs de la llicenciatura de Ciències Ambientals

^bDirector del Project; ICTA, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra 08193, Catalunya

29 de Juny de 2009

Resum

Aquest estudi consisteix en un anàlisi **exploratori** que té per objectiu principal la realització d'una reconstrucció de la **temperatura** de l'aigua i l'aire del llac **Baikal** durant els últims **40.000 anys**. El treball s'ha dut a terme mitjançant l'ús de les **proxys** de reconstrucció de la temperatura y la utilització dels mètodes **TEX₈₆**, **MAAT**, i la d'aportació de matèria orgànica d'origen terrestre, el **BIT**, aplicant-les a la mostra VER93-2 st GC-24, extreta pel *Baikal Drilling Project* a la conca central, amb l'objectiu de fer una aportació de dades paleoclimàtiques per tal d'aconseguir una millora en les interpretacions de futurs esdeveniments climàtics, i d'identificar esdeveniments climàtics sobtats, tals com els **Heinrich events** i els **Youngers Dryas**. Abans de la realització de l'anàlisi de les mostres s'ha dut a terme una **extrapolació de l'edat** en el testimoni, degut a que l'edat del core BDP VER93-2.st.GC-24 havia estat extrapolada fins a 277,5 cm de profunditat i en el present estudi s'ha ampliat l'anàlisi fins als 460 cm. de profunditat. Un cop obtinguts els resultats s'ha realitzat un càlcul de precisió i reproductibilitat per tal de conèixer una estimació quantitativa de la variabilitat de les dades obtingudes en les diferents proxys, en el qual ha estat demostrat una baixa variabilitat de les dades, exceptuant la variabilitat del **TEX₈₆** i la precisió del **MAAT**. Per a la localització dels diferents esdeveniments climàtics donats durant l'**Holocè** i el **Plistocè** s'han realitzat anàlisis gràfics dels propis resultats, juntament i en comparació dels resultats realitzats per Escala *et al.* (r.n.p [resultats no publicats]) en la conca sud, i de l'estudi publicat per Prokopenko *et al.*, en el que s'analitza la presència de diatomees i matèria orgànica l'Atlàntic Nord. Els resultats integrats d'Escala *et al.*,(r.n.p) i els d'aquest estudi coincideixen en la datació dels diferents esdeveniments, amb alguna variació hipotèticament produïda per l'extrapolació d'edat realitzada en el present estudi i la gran aportació de matèria orgànica en el lloc d'extracció del testimoni per part del riu Selenga. Aquests resultats mostren una possible relació entre els esdeveniments climàtics i la variació de la temperatura de l'aigua.

Paraules clau :Exploració, Baikal, 40.000 anys, proxy, Temperatura, TEX₈₆, MAAT, BIT, Heinrich Events, Younger Dryas, Extrapolació, Edat, Holocè, Plistocè.

Resumen

Este estudio consiste en un análisis **exploratorio** que tiene por objetivo principal la realización de una reconstrucción de la **temperatura** del agua y el aire del lago **Baikal** durante los últimos **40.000 años**. El trabajo se ha llevado a cabo mediante el uso de **proxys** de reconstrucción de la temperatura y la utilización de los métodos **TEX₈₆**, **MAAT**, y la de aportación de materia orgánica

de origen terrestre, el **BIT**, aplicándose a la muestra VER93-2 st GC-24, extraída por Baikal Drilling Project en la cuenca central, con el objetivo de hacer una aportación de datos paleoclimáticos para conseguir una mejora en las interpretaciones de futuros eventos climáticos, y de identificar eventos climáticos repentinos, tales como los **Heinrich Events** y los **Youngers Dryas**. Antes de la realización del análisis de las muestras se ha llevado a cabo una **extrapolación de la edad** en el testimonio, debido a que la edad del core BDP VER93-2.st.GC-24 había sido extrapolada hasta 277,5 cm de profundidad y en el presente estudio se ha ampliado el análisis hasta los 460 cm. de profundidad. Una vez obtenidos los resultados se ha realizado un cálculo de precisión y reproducibilidad para conocer una estimación cuantitativa de la variabilidad de los datos obtenidos en las diferentes proxys, en el cual ha sido demostrado una baja variabilidad de los datos, exceptuando la variabilidad del TEX₈₆ y la precisión del MAAT. Para la localización de los diferentes eventos climáticos dados durante el **Holoceno** y el **Pleistoceno** se han realizado análisis gráficos de los propios resultados, junto y en comparación de los resultados realizados por Escala et al. (n.p. [resultados no publicados]) en la cuenca sur, y del estudio publicado por Prokopenko et al., en el que se analiza la presencia de diatomeas y materia orgánica del Atlántico Norte. Los resultados integrados de Escala et al., (n.p.) y los de este estudio coinciden en la datación de los diferentes eventos, con alguna variación hipotéticamente producida por la extrapolación de edad realizada en el presente estudio y la gran aportación de materia orgánica en el lugar de extracción del testigo por parte del río Selenga. Estos resultados muestran una posible relación entre los eventos climáticos y la variación de la temperatura del agua.

Palabras clave: Exploración, Baikal, 40.000 años, *proxy*, Temperatura, TEX₈₆, MAAT, BIT, *Heinrich Events*, *Younger Dryas*, Extrapolación, Edad, Holoceno, Pleistoceno.

Abstract

This study is an **exploratory analysis** so as to make a reconstruction of the water and air temperature in the **Baikal** lake during the latest **40,000 years**, through **temperature** reconstruction *proxies* **TEX₈₆** and **MAAT** and the contribution of terrestrial organic materials, the **BIT**. The general objective of this project is to realize an exploratory study considering the VER93-2 st.GC-24 sampling testimony, extracted by the *Baikal Drilling Project* from the central basin, in order to contribute with paleoclimatic data so as to improve the interpretation of future climatic events and to identify sudden climatic events, as are *Heinrich events* and *Youngers Dryas*. Before analysing the samples we have made an **age extrapolation** since the age of the core BDP VER93-2.st.GC-24 was determined up to 277,5 cm depth and in this study the analysis has been made up to 460 cm depth. Once the results obtained I realized a precision and reproductibility calculation to get a quantitative estimation of the variability of the different *proxies* obtained data. A low variability of the data has been proved with the exception of TEX₈₆ variability and MAAT precision. In order to locate the various **Holocene** and **Pleistocene** climatic events, graphic analysis of the results have been made, and at the same time the results have been compared with those of Escala *et al.* (n.p. [non published results]) in the southern basin and a study published by Prokopenko *et al.*, where it has been analysed the presence of diatomees and organic materials in the Northern Atlantic Ocean. The integrated results in Escala *et al.*'s and the ones of this study coincide in the dates of the different events, with some divergences produced, hypothetically, by the extrapolation of age assumed in this study and the huge apportation of organic material from the Selenga river in the

location of samples extraction. The results show a possible relation between climatic events and temperature variation in the water temperature.

Keywords : Exploratory analysis, Baikal, 40.000years, *proxy*, Temperature, TEX₈₆, MAAT, BIT, *Heinrich Events*, *Younger Dryas*, Age, Extrapolation, Holocene, Plistocene

1. Introducció

El sistema climàtic ha canviat tant a escala global com a escala regional des de finals de l'era pre-industrial i alguns d'aquests canvis poden atribuir-se a les activitats humanes, que tenen una forta influència en l'augment en la concentració a l'atmosfera de gasos d'efecte hivernacle (GEH)(Llebot,1998). En l'informe presentat l'any 2007 pel Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC) s'evidencia que la temperatura terrestre a escala global, ha sofert un increment destacat de la temperatura i aquest s'ha produït d'una forma força pronunciada de $0,76 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ des de l'any 1850 fins al 2005, i es destaca que la diferència de temperatura que és pot donar entre 1990-2100 pot arribar a estar entre $1,4^{\circ}\text{C}$ i $5,8^{\circ}\text{C}$. Tot i l'existència d'aquest informe, encara no s'ha pogut trobar experimentalment un indicador amb el qual les prediccions formulades siguin del tot fiables. En conseqüència d'aquest dèficit s'ha produït un creixent interès en aprofundir i entendre els canvis climatològics i geològics del passat. En aquest sentit, la determinació de la SST (Sea Surface Temperature), o bé de la temperatura superficial lacustre (Lake Surface Temperature), juga un paper de vital importància per la reconstrucció dels canvis en el sistema climàtic del planeta.

La reconstrucció del paleoclima és la manera de conèixer com funciona el dinamisme del sistema climàtic, i quins són els diferents factors que fan que aquest canviï a escala temporal i espacial. La paleoclimatologia requereix d'un mètode d'anàlisi indirecte com són les *proxies*. Una *proxy* és un indicador

mesurable que reconstrueix de forma indirecta paràmetres com la temperatura, salinitat, contingut en nutrients, contingut en oxigen, concentració de CO₂, velocitat del vent i productivitat (Wefer et al., 1999)

Els fòssils moleculars (*biomarcadors*), han estat utilitzat com a *proxies*, i han proporcionat una eina molt útil per a la informació paleoclimàtica en les darreres dècades. De particular importància ha estat el descobriment de la aplicació dels biomarcadors, com a tècnica per determina la SST (P.Sachs et al., 2000). Entre els biomarcadors trobem una *proxy* descoberta al 2002 per Schouten *et al.*. Aquesta *proxy*, anomenada TEX₈₆ es basa en el nombre d'anells de ciclopentà que trobem en el glicerol dialquil glicerol tetraether (GDGTs), un lípid de la membrana dels creanarqueotes marins. En base a aquesta variació en la distribució dels GDGTs en funció de la temperatura s'ha proposat l'índex TEX₈₆ (86 carbon TetraEther Index). Alhora d'interpretar els resultats, els valors alts de TEX₈₆ es correspondran a temperatures relativament més fredes. De manera similar es troba l'índex d'aportació de matèria orgànica terrestre (BIT) i el MAAT, basats en els GDGTs Tetraèters ramificats, i que serveixen per estimar la temperatura anual de l'aire i contingut de matèria orgànica del sòl.

El llac Baikal localitzat a Sibèria és un llac tectònic de grans dimensions amb grans registres sedimentaris, amb 10 kilòmetres de gruix sedimentari que probablement representen una història de més de 25 milions d'anys (Charlet et al.,2004). La seva eminent continentalitat, fa d'aquest llac un lloc principal per estudiar l'extensió de les

característiques dels canvis climàtics hemisfèrics i globals.

2. Objectius

L'objectiu general proposat en aquest projecte de final de carrera, és realitzar un estudi exploratori, per fer una reconstrucció de temperatures de l'aire i de l'aigua i el contingut de matèria orgànica en el llac Baikal, durant l'Holocè i el Plistocè, aproximadament entre els 40 Ka BP, i els temps actuals. Amb la intenció que aquestes dades facin una petita aportació, en la comprensió del canvis soferts al clima del planeta, i així poder aportar dades paleoclimàtiques per a la interpretació de futurs esdeveniments en el sistema climàtic del planeta. Per a aconseguir la següent fita s'ha dut a terme l'anàlisi del core VER93-2 st.GC-24, extret a Buguldeyka, a la conca central del Baikal a una profunditat de 355 m. (Karabanov et al.,2004) Per tal d'assolir aquest objectiu general s'han plantejat un seguit d'objectius específics. De manera més específica es vol mesurar la distribució de GDGTs en el core VER93-2 st.GC-24 i calcular els índexs TEX₈₆, MAAT i BIT, fer una estimació de les temperatures superficials del llac (LST) i de l'aire (MAAT) i analitzar el comportament del clima en la conca central del llac Baikal tot realitzant una comparació entre els resultats obtinguts amb el TEX₈₆ i el MAAT, i valors obtinguts per diferents estudis realitzats a la mateixa zona d'estudi, però amb l'ajuda d'altres *proxies*. Fent especial èmfasi en la detecció dels períodes inestables que hagin pogut tenir lloc com els *Heinrich Events* o el *Younger Dryas*.

3. Metodologia

En el present estudi s'ha utilitzat el core VER93-2 st.GC-24 extret pel *Baikal Drilling Project* de la conca central del llac . S'ha dut a terme un deshidratat previ de les mostres

mitjançant una liofilització. Un cop les mostres han estat liofilitzades, s'ha procedit per extreure la matèria orgànica amb DCM:MeOH (3:1) juntament amb l'acció de temperatura i pressió utilitzant un microones amb un sistema de reacció accelerat . Les extraccions van ser centrifugades 5 minuts a 2200 rpm per la completa sedimentació de les partícules sòlides inorgàniques, quedant un sobrenedant format per dissolvent i matèria orgànica en dissolució. Tot seguit, es va afegir Hexà:propanol (9:1) i DCM:MeOH (1:1) per la separació de les fraccions apolars i polars respectivament per columnació amb Hidròxid d'Alumina (III) .Un cop realitzat això, el solvent va ser evaporat mitjançant l'evaporador rotatori *Speedvac® concentrator SPD 11V*, i després es va procedir a la redissolució de la mostra amb DCM:MeOH (1:1), per després ser filtrats a través d'un filtre de 0,45µm acoblat a una agulla *Hamilton* de 200 µL.

L'anàlisi es va realitzar mitjançant el *Dionex P680 HPLC* acoblat a un espectròmetre de masses amb una interfície APCI. Els extractes van ser separats a 30°C amb una columna *Preval* de cianopropilsilà (CN) amb les següents característiques: 150mm llargada, 2,1mm amplada i 3µm de diàmetre de partícula (*Alltech*) Els extractes han estat monitoritzats en la proporció *m/z*. Entre aquests es troben els GDGTs que posteriorment han estat emprats per analitzar el TEX₈₆ i el MAAT van ser monitoritzats a la proporció *m/z* 1302 (I), 1300 (II), 1298 (III), 1296 (IV) i 1292 (regiòsomers V i VI); 1022 (I), 1020 (Ib), 1018 (Ic), 1036 (II), 1034 (IIb), 1032 (IIc), 1050 (III), 1048 (IIIb) i 1056 (IIIc);

4. Resultats

4.1 Extrapolació de l'edat.

A l'hora de realitzar la datació de les mostres analitzades en aquest estudi s'ha dut a

terme una extrapolació de l'edat. Les mostres rebudes del core VER93-2 st.GC-24 havien estat datades fins als 11,4 Ka BP. Els valors de l'edat anteriors a l'Holocè havien estat extrapolades fins als 277,5 cm, de la secció C3, de profunditat amb model no corregit.

En aquest projecte s'analitzen mostres de l'Holocè i anteriors a aquest període, les quals van dels 280 cm de la secció C3 als 460 cm de la secció C4. Per aquest motiu s'ha realitzat una datació de l'edat d'aquests testimonis més llunyans. L'extrapolació s'ha dut a terme relacionant en una gràfica els cm de profunditat, amb l'edat de les últimes mostres no corregides. Tot seguit, s'ha utilitzat la fórmula de la recta de regressió (figura 14), per donar valors a les edats restants de les seccions C3 i C4. S'han agafat els cm totals de profunditat i s'ha utilitzat la fórmula per extrapolar-ne l'edat.

4.2 Resultats de la reconstrucció de temperatures de l'aigua i l'aire al llac Baikal en 40.000 d'anys

a) Per la **reconstrucció de la temperatura de l'aigua (LST)** en el període de temps comprès entre els 34 Ka BP fins als 24 Ka BP consten fortes pujades i baixades de les temperatures, amb una tendència a l'alça, passant dels 6,5°C als 13,5 °C, essent la precisió del mètode $\pm 0.5^\circ\text{C}$. Es pot observar una tendència general al descens de la temperatura, entre els 24 Ka BP i els 13 Ka BP, passant de 13,5 °C, a la mínima de -0,5 °C. Entre els 13 Ka BP i els 11,7 Ka BP destaca un període de grans oscil·lacions de temperatura amb 10 °C de diferència en alguns casos. En el transcurs de temps que va dels 11,7 Ka BP i els 6 Ka BP, tot i existir una falta de testimonis la temperatura de l'aigua es refreda. El període més proper a l'actualitat es caracteritza per un marcat escalfament de l'aigua amb un refredament oscil·latori consecutiu.

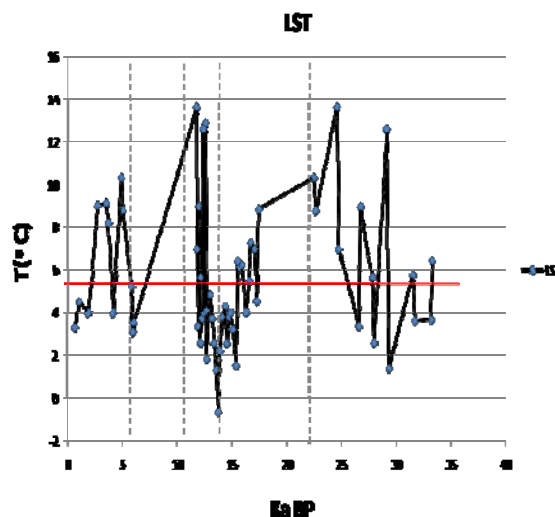


Fig. 1- Reconstrucció de la temperatura superficial de l'aigua del llac Baikal mitjançant l'índex TEX_{86} . Les línies verticals discontinues separen els diferents períodes analitzats en aquest estudi. FONT: elaboració pròpia.

b) La **reconstrucció de l'índex BIT**, que mesura la quantitat de matèria orgànica d'origen terrestre (TOM) té com a valor mig global 0,5, i la precisió del mètode és ± 0.001 . Els valors del BIT presenten oscil·lacions, però en general son força elevats. La tendència que presenta el BIT és a la disminució, en el primer període delimitat entre els 33 Ka BP i els 22 Ka BP els valors estan per sobre de la mitjana. En canvi, després de tot un seguit de variacions, en el darrer transcurs de temps els valors es troben per sota de la mitjana, entre el 0,35 i 0,5.

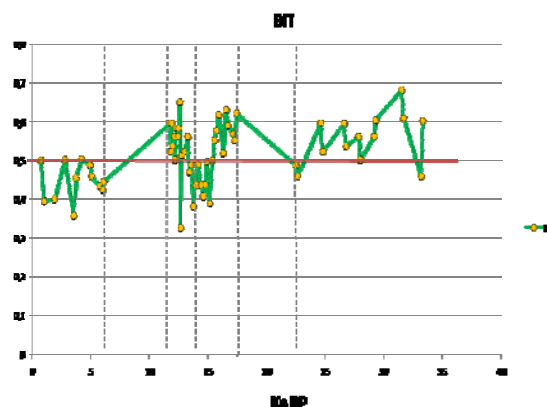


Fig. 2- Reconstrucció de valors de l'índex BIT en la conca central del llac Baikal. Les línies verticals discontinues separen els diferents períodes analitzats en aquest estudi. La línia vermella determina el valor de la mitjana en el període. FONT: elaboració pròpia.

c) En la **reconstrucció de la temperatura de l'aire (MAAT)** la temperatura mitjana global és -1.7°C , essent la precisió del mètode $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$. La tendència general del MAAT es manténir la temperatura de l'aigua, però en el transcurs de tot el període analitzat es donen fortes variacions de temperatura amb diferències de fins a 10°C . Entre els 14 i 11,7 Ka BP es dona la mínima de $-6,8^{\circ}\text{C}$ i la màxima de $3,7^{\circ}\text{C}$.

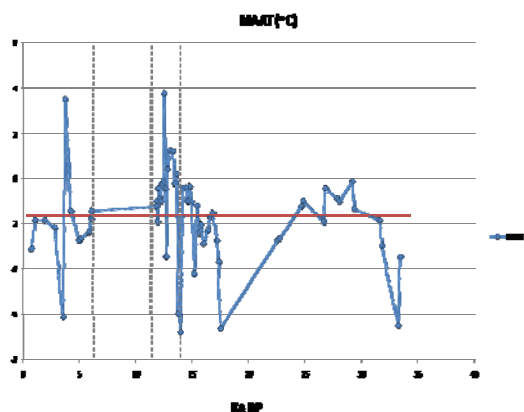


Fig. 3- Reconstrucció de valors de la temperatura mitjana anual de l'aire en la conca central del llac Baikal. Les línies verticals discontinues separen els diferents períodes analitzats en aquest estudi. FONT: elaboració pròpia.

5. Discussió de Resultats

5.1 TEX_{86}

El model aconseguit de LST mitjançant el TEX_{86} , ens mostra en general valors de temperatura de l'aigua força elevats, comparats amb els valors obtinguts en la conca sud del llac Baikal (M.Escala, 2008). La reconstrucció de la conca sud presenta una tendència general similar a la de la conca central, però en aquesta última els valors són molt més accentuats. La hipòtesi que es planteja, és que aquest valors alts de temperatura poden estar relacionats amb l'aportació de materials terrestres provinents de la conca del Selenga. El primer gran pic de temperatura identificat en els resultats (27 ka BP) pot estar relacionat amb el penúltim dels

Heinrich Events (HE), això explicaria el pic de $12,9^{\circ}\text{C}$ per el refredament del clima després del HE que provocà la disminució d'aportacions d'aigua freda al llac. Un altre factor que pot donar explicació a aquest alt valor de temperatura, seria un increment de l'aportació de GDGTs d'origen terrestre, provocada pel desglaç, que podrien esbiaixar el valor del TEX_{86} .

En el període posterior al HE, entre els 27 Ka BP i 24 Ka BP l'aportació d'aigua del desglaç disminuiria, augmentant així la temperatura, la LST i la presència de diatomees (Prokopenko et al., 2001). Posteriorment els valors de LST començarien a disminuir, entre els 24 i 15 Ka BP, degut al últim període glacial (LGM). Entre els 15 Ka BP i 13 Ka BP van tenir lloc els *Younger Dryas*, això podria haver causat un augment de la LST en la conca central del Baikal. Aquesta hipòtesi es recolza amb l'absència de diatomees que mostra Prokopenko et al., en aquest temps.

Als 13 Ka BP els valors obtinguts de LST són massa elevats si es compara amb els resultats d'Escala et al., i els esdeveniments climàtics del període. Per últim en el període més recent, dels 10 Ka BP als 700 anys BP, la tendència de les temperatures tendiria a la baixa, el que pot significar un apropament a una Petita Edat de Gel propera als nostres temps, 0 i 5 Ka BP (B.Alley, 2000).

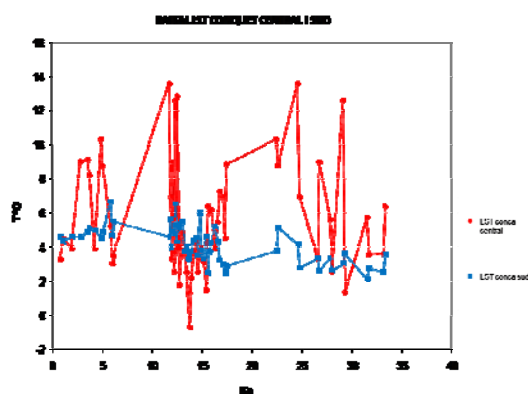


Fig 4- Comparació de la reconstrucció de les temperatures en la conca centra (elaboració pròpia) i la conca sud (M.Escala, 2008).

5.2 BIT

La influència del Delta del Selenga en la conca central és tal, que aquesta zona és una de les menys profundes del Baikal degut a la deposició sedimentària, entre els 200 i 1000 metres de profunditat (Bolgrien et al., 1995). La primera hipòtesi general que es planteja, és que els valors del BIT de la conca central són significativament superiors als de la conca sud (M.Escala, 2008) en el període que compren del 33,4 Ka BP fins als 700 anys BP, per la constant aportació de material terrestre rebuda en la conca central. Fruit de la proximitat al Delta del Selenga, zona de sedimentació y recepció d'aigües provinents del desgel. Els elevats valors del BIT que es donen entre els 30 Ka BP i els 27 Ka BP poden ser conseqüència del desgel provocat per l'escalfament climàtic del *Heinrich Event* (Lowe & Walker, 1997), causant una aportació d'aigua amb alt contingut en material terrestre. El posterior descens de l'aportació de matèria orgànica d'origen terrestre pot ésser degut a la proximitat del *Last Glacial Maximum*, on la disminució de temperatures van propiciar un període glacial amb una disminució del desgel. Un cop finalitzats els *Younger Dryas* en els 12 Ka BP, i amb el progressiu refredament de l'aigua, el BIT teòricament hauria d'experimentar valors més alts, per després ser contrastat amb un sobtat decreixement que té lloc als 5 i 0 Ka BP que podria ser explicat per el refredament del clima (B.Alley, 2000)

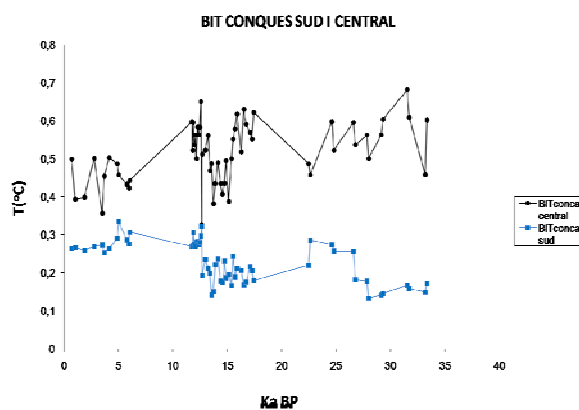


Fig.5- Comparació dels valors de BIT obtinguts a la conca sud (M.Escala,2008) amb els valors de la conca central (elaboració pròpia)

5.3 MAAT

El primer període compres entre els 33 Ka BP i els 17,4 Ka BP podria estar format per un període glacial, on les temperatures van disminuint conforme s'aproxima el *LGM*, exceptuant un període en que la temperatura augmenta coincidint amb el penúltim Heinrich Event. Entre els 17 Ka BP i els 14 Ka BP es pot reconèixer un període interglacial, amb temperatures més temperades, que finalitzaria amb els *Younger Dryas* (13-11 Ka BP). Entre els 14 Ka BP i els 12 Ka BP, les temperatures tornen a estar marcades per un refredament, que ens serveix com a indicador dels *Youngers Dryas*. I per últim, la disminució general de les temperatures que es dona des dels 12 Ka BP fins als temps més recents, podria trobar la explicació en la última curta era glacial.

Cal remarcar que la reconstrucció de temperatures mitjanes anuals de l'aire, hauria de ser més fiable que la reconstrucció obtinguda mitjançant el TEX_{86} , de la temperatura superficial de l'aigua del llac Baikal, pel motiu que l'índex MAAT no rep la influència del BIT.

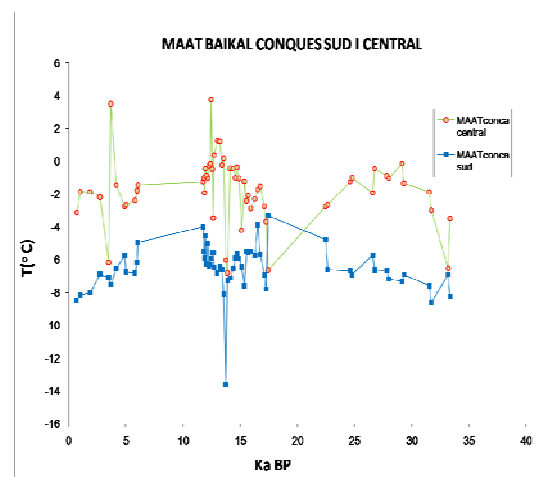


Fig.6- Comparació dels valors de MAAT obtinguts a la conca sud (M.Escala,2008) amb els valors de la conca central (elaboració pròpia)

5.4 Comparació dels valors obtinguts de LST i MAAT

La reconstrucció de les temperatures de l'aigua i de l'aire divergeixen de forma considerable. L'explicació a aquesta diferència entre el MAAT i LST, podria ser la influència del BIT en LST. Si en la conca sud ja hi ha presència de GDGTs ramificats d'origen terrestre, en la conca central aquesta influència pot ser incrementada, per la seva proximitat a una font d'aportació de sediments terrestres com és el Delta del Selenga. Aquesta influència podria causar una interferència en els valors de la LST. Cal remarcar però, que les dues reconstruccions coincideixen en el descens més importants de les temperatures, tant en el *LGM* com en els *Younger Dryas*. Per últim el MAAT pot presentar errors, ja que els índex CBT i MBT i la seva aplicació en el MAAT mai han sigut calibrats per a l'estudi de LST, però si per temperatures superficial oceàniques (SST).

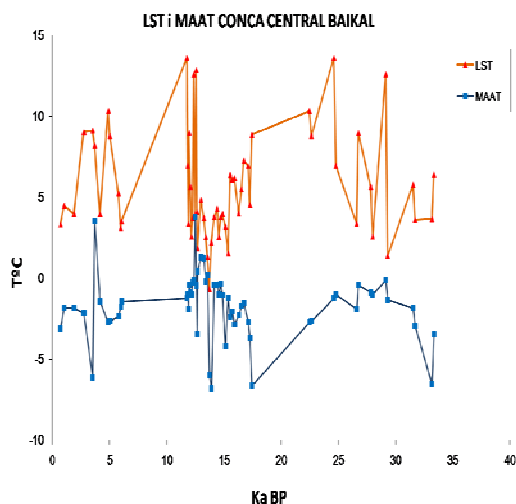


Fig.7- Representació gràfica de la correlació entre la LST i EL MAAT en la conca central del llac Baikal FONT: elaboració pròpia

5.4 Comparació dels valors obtinguts de LST i BIT.

Les gràfiques obtingudes segueixen una mateixa tendència decreixent. El fet que els

pics càlids, que varien entre els 13,5°C i els 10 °C, presents en la LST en els 29 Ka BP, 24 Ka BP i 22 Ka BP coincideixin amb valors de BIT entre els 0,4 i 0,7, ens pot indicar una constant aportació de GDGTs ramificats i isoprenoides. Aquestes aportacions són provocades per l'arrossegament de sediments causats per factors climàtics, com és el desglaç de grans masses de gel o bé per la forta intensitat dels vents i les pluges. Els registres sobre els canvis de volum de gel sobre la superfície de la Terra, mostren que en els últims 100 Ka BP aquests han disminuït de forma considerable (B.Alley, 2000), per un escalfament progressiu del planeta, exceptuant certes oscil·lacions fredes com el *LGM* o *Younger Dryas* (Williams et al., 1998). Durant el *LGM* (21-17 Ka BP) el refredament del clima i l'acumulació de gel, característic d'aquest període, poden ser els causants de la disminució en els valors del BIT. Que augmentarien la fiabilitat de les dades en l'anàlisi del índex TEX₈₆ i en la reconstrucció de la LST.

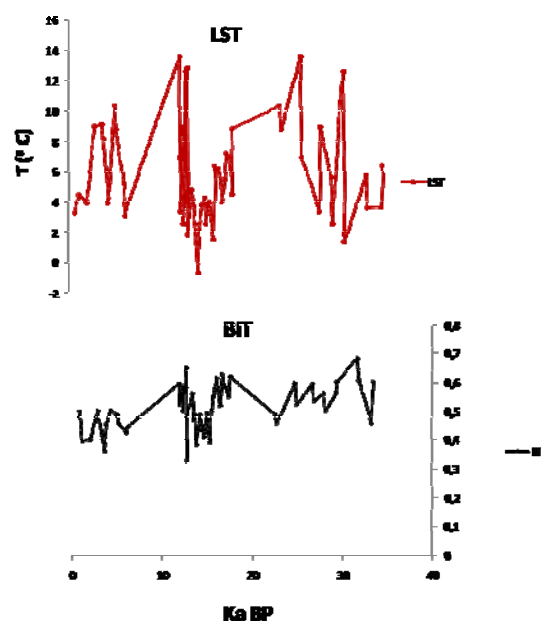


Fig.8- Representació gràfica de la correlació entre la LST i el BIT en la conca central del llac Baikal FONT: elaboració pròpia.

6. Conclusions

A partir de la comparació amb altres reconstruccions de temperatures, com la realitzada per *M.Escala*., y altres estudis realitzats amb diferents *proxies* en el llac Baikal (Prokopenko et al., 2001), s'ha pogut observar tot un seguit de semblances en els diferents registres. Tot i que els resultats presentats poden haver estat afectats per errors de precisió, quan s'ha fet la discussió i comparació amb altres *proxies*, com són la presència de diatomees, i s'ha intentat representar i situar les grans oscil·lacions climàtiques de la època, datades en tot un seguit d'estudis, els resultats han demostrat estar en la tendència generalitzada de tots aquest estudis. En la localització del *LGM*, la coincidència en la comparació ha estat molt més clara, pel fort descens de temperatures. En canvi en la representació del *Heinrich Events* i els *Youngers Dryas* l'estudi divergeix en uns milers d'anys amb la reconstrucció presentada per *Prokopenko* et al., al 2001. La diferencia entre períodes d'uns milers d'anys, aproximadament, pot guardar relació amb l'extrapolació de l'edat realitzada en el projecte, ja que l'edat tractada sempre ha estat aproximada. Per altra banda cal esmentar dos factors, que han tingut important rellevància en l'estudi. El primer és la zona on s'ha realitzat l'extracció de les mostres, la conca central del llac Baikal, ja que és una zona caracteritzada per tenir menys profunditat que altres parts de les conques del Baikal, per tant això indica una presència superior de sediments. En un segon terme l'absència de testimonis de la secció C2 del core VER93-2 st.GC-24, no ha permès la reconstrucció completa del període entre els 12 i 18 Ka BP.

La finalitat d'aquesta exploració en la reconstrucció de temperatures, ha estat poder fer una interpretació dels resultats obtinguts, per així detectar possibles períodes inestables en els últims 40 Ka BP i poder veure si aquests canvis climàtics tenen repercussions sobre les masses d'aigua continental, en

aquest cas el llac Baikal. Fita que ha estat assolida demostrant una forta correlació entre els canvis soferts en la LST, provocats per variacions en el sistema climàtic.

7. Referències

Bradley, R.S. 1999. Paleoclimatology. Reconstructing Climates of the Quaternary. Harcourt Academic Press.

Bolgrien D.W., Granin N.G., Levin L. Surface temperature dynamics of Lake Baikal observed from AVHRR images. // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing; 1995; 61(2): 211-216.

B.Alley. The Two-Mile Time Machine. Ice cores, abrupt climate change, and our future. Princeton University Press, New Jersey, 2000.

Charlet, F., Fagel, N., De Batist, M., Hauregard, F., Minnebo, B., Meischner, D., 2005. Sedimentary dynamics on isolated highs in Lake Baikal: evidence from detailed high-resolution geophysical data and sediment cores. Global and Planetary Change 46(1-4), 125.

Colman, S.M., Peck, J.A., Karabanov, E.B., Carter, S.J., Bradbury, J.P., King, J.W., Williams, D.F., 1995. Continental Climate Response To Orbital Forcing From Biogenic Silica Records In Lake Baikal. Nature 378(6559), 769-771.

Colman, John A. Peck, Josephine Hatton, Eugene B. Karabanov & John W. King. Biogenic silica records from the BDP93 drill site and adjacent areas of the Selenga Delta, Lake Baikal, Siberia. Journal of Paleolimnology, 1999.

DeLong, E.F., King, L.L., Massana, R., Cittone, H., Murray, A., Schleper, C. i Wakeham, S.G., 1998. Dibiphytanyl ether lipids in nonthermophilic crenarchaeotes. Applied And Environmental Microbiology 64(3), 1133-1138.

Escala, M., Rosell-Melé, A., Masqué, P. (2006) Rapid screening of glycerol dialkyl glycerol tetraethers in continental Eurasia samples using HPLC/APCI-ion trap mass spectrometry

Escala, M., Oberhanhansli, H., Sturm, M., Rosell-Melé, A. (2006) Flux of glycerol tetraethers in the water column and sediments of lake Baikal.

Hopmans, E.C., Weijers, J.W.H., Schefuss, E., Herfort, L., Damste, J.S.S. i Schouten, S., 2004. A novel proxy for terrestrial organic matter in sediments based on branched and isoprenoid tetraether lipids. *Earth And Planetary Science Letters* 224(1-2), 107-116.

Karabanov, E.B., Prokopenko, A.A., Williams, D.F., Colman, S.M., 1998. Evidence from Lake Baikal for Siberian glaciation during oxygen-isotope substage 5d. *Quaternary Research* 50(1), 46-55.

Karabanov, E.B., Prokopenko, A.A., Williams, D.F., Khursevich, G.K., 2000. A new record of Holocene climate change from the bottom sediments of Lake Baikal. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 156(3-4), 211-224.

Karabanov E.B., Prokopenko A.A., Williams D.F., Colman S.M. Evidence from Lake Baikal for Siberian glaciation during oxygen-isotope substage 5d. // *Quater.Res.*; 1998; 50.

Kozhova, L.R Izvest'eva. Lake Baikal, evolution and Biodiversity.1998 Williams, D.F., Peck, J., Karabanov, E.B., Prokopenko, A.A., Kravchinsky, V., King, J., Kuzmin, M.I., 1997. Lake Baikal record of continental climate response to orbital insolation during the past 5 million years. *Science* 278(5340), 1114-1117.

Lowe, J., Walker H. Reconstructing quaternary environments / Prentice Hall, cop. 1997 Descripció XXII, 446 p. : il.; 25 cm

Llebot Raglati, Josep Enric. El cambio climático. Editorial Rubes, Barcelona 1998. 160p: 23 cm

Prokopenko, A.A., Karabanov, E.B., Williams, D.F., Kuzmin, M.I., Khursevich, G.K., Gvozdkov, A.A., 2001a. The detailed record of climatic events during the past 75,000 yrs BP from the Lake Baikal drill core BDP-93-2. *Quaternary International* 80-1, 59-68.

Powers, L.A., Werne, J.P., Johnson, T.C., Hopmans, E.C., Damste, J.S.S., Schouten, S., 2004. Crenarchaeotal membrane lipids in lake sediments: A new 180 paleotemperature proxy for continental paleoclimate reconstruction? *Geology* 32(7), 613-616.

Schouten, S., Hopmans, E.C., Schefuss, E. i Damste, J.S.S., 2002. Distributional variations in marine crenarchaeotal membrane lipids: a new tool for reconstructing ancient sea water temperatures? *Earth and Planetary Science Letters* 204(1-2), 265-274

Wefer, G., Berger, W.H., Bijma, J. i Fischer, G., 1999. Clues to ocean history: a brief overview of *proxies*. Use of *proxies* in paleoceanography: examples from the South Atlantic.

Williams, M., Dunkerley, D., De Decker, P., Kershaw, P., Chapell, J., *Quaternary environments* / London : Arnold, 1998 , 329

Weijers, J.W.H., Schouten, S., van den Donker, J.C., Hopmans, E.C. i Sinninghe-Damsté, J.S., 2007. Environmental controls on bacterial tetraether membrane lipid distribution in soils. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71 703:713.

