

Augment de la Resolució en la Reconstrucció de la Temperatura de l'aigua i de l'aire del llac Baikal durant els últims 60.000 anys

Josep Maria de la Trinxeria Gómez^a; Antoni Rosell-Melé^b

^aAutor del Projecte final de carrera; 4rt curs de la Llicenciatura de Ciències Ambientals

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

4 de Setembre del 2008

Resum

Aquest estudi consisteix en l'augment de la **resolució** en la reconstrucció de la **temperatura** de l'aigua i l'aire del llac **Baikal** durant els últims **60.000 anys** mitjançant l'ús de les **proxies** de reconstrucció de la temperatura **TEX₈₆** i **MAAT**, i la d'aportació de matèria orgànica d'origen terrestre, el **BIT**. L'objectiu general d'aquesta investigació és incrementar la resolució temporal en el mostreig del testimoni CON-01-603-02 per tal de millorar el registre de dades obtingudes i d'aquesta manera poder contrastar la hipòtesi de la **interconnexió** climàtica global, així com identificar esdeveniments climàtics sobtats, tals com els **Heinrich events** i els **esdeveniments D-O**. Un cop obtinguts els resultats s'ha realitzat l'anàlisi de la qualitat i **fiabilitat** de les dades a les resolucions de 5, 10 i 20 Kanys, i es conclou que existeixen diferències globals estadísticament significatives amb els resultats realitzats per Escala *et al.*, (r.n.p [resultats no publicats]), la resolució dels quals es volia augmentar. S'han tractat d'anular aquestes diferències restant o bé sumant la diferència mitjana obtinguda entre les dues mostres en cada un dels intervals de 5 Kanys en què s'han donat aquestes. Els resultats integrats d'Escala *et al.*, (r.n.p) i els d'aquest estudi, aporten dades que recolzen l'hipòtesi de la interconnexió climàtica global, ja que al comparar-los amb els registres climàtics de Groenlàndia (**GRIP2**) i l'Antàrtica (**Vostok**) mostren respostes similars tant per les forces de **Milankovitch** com per les de subMilankovitch.

Paraules clau: Resolució, Temperatura, Baikal, 60.000 anys, *proxies*, TEX₈₆, MAAT, BIT, Interconnexió, *Heinrich events*, Esdeveniments D-O, fiabilitat, GRIP2, Vostok i Milankovitch.

Resumen

Este estudio consiste en el aumento de la **resolución** en la reconstrucción de la **temperatura** del agua y del aire del lago **Baikal** durante los últimos **60.000 años** mediante el uso de las **proxies** de reconstrucción de la temperatura **TEX₈₆** y **MAAT**, y la de aportación de materia orgánica de origen terrestre, el **BIT**. El objetivo general de esta investigación es incrementar la resolución temporal en el muestreo del testimonio CON-01-603-02 para así mejorar el registro de datos obtenidos y poder contrastar la hipótesis de la **interconexión** climática global, así como identificar eventos climáticos abruptos, como los **Heinrich events** o los **eventos O-D**. Una vez obtenidos los resultados se ha realizado el análisis de la calidad y **fiabilidad** de los datos a las resoluciones de 20, 10 i 5 Kaños, desprendiéndose de este que existen diferencias globales estadísticamente significativas con los resultados realizados por Escala *et al.*, (r.n.p [resultados no publicados]), la resolución de los cuáles se pretendía aumentar. Se ha tratado de anular estas diferencias restando o sumando la diferencia media obtenida entre las dos muestras en cada uno de los intervalos de 5 Kaños en que se han dado. Los resultados integrados d'Escala *et al.*, (r.p.n.) i los de este estudio, aportan datos que apoyan la hipótesi de la interconexión climática global, ya que al compararlos con los registros climáticos de Groenlandia (**GRIP2**) i la Antàrtida (**Vostok**) muestran respuestas similares para las fuerzas de **Milankovitch** como las de subMilankovitch.

Palabras clave: Resolución, Temperatura, Baikal, 60.000, *proxies*, TEX₈₆, MAAT, BIT, Interconexión, *Heinrich events*, Eventos D-O, fiabilidad, GRIP2, Vostok i Milankovitch.

Abstract

This paper investigates the increase of the resolution in reconstructing the temperature of water and air in Lake **Baikal** during the last **60.000** years taking the temperature **proxies** **TEX₈₆** and **MAAT**. We also want to calculate the index of organic terrestrial input (**BIT**).

General goal of this work is to increase core's temporal resolution CON-01-603-02 so as to better know register of known data and so, to be able to analyze the hypothesis of global climatic **interconexion** and climatic unexpected events such as **Heinrich events** and **D-O events**. Once the quality and **reliability** of data analysis had been done, realized that there were statistic differences in a global level, compared with results done by Escala *et al.*, (n.p.r. [non published results]) which resolution is that on wanted increase.

Decided to solve such statistical differences got in the statistic treatment, appeared of intervals each 5 years, by taking the statistic mean difference in the results. The global results done, then, furnish us with data that support the hypothesis of climatic interconnection, because when you compare them climatic data of Antarctic (**Vostok**) and Greenland (**GRIP2**) it has seen similar tendencies so as for **Milankovitch** and **SubMilankovitch** forcing.

Key words: Resolution, Temperature, Baikal, 60.000 years, *proxies*, TEX₈₆, MAAT, BIT, Interconexion, *Heinrich events*, D-O events, reliability, GRIP2, Vostok i Milankovitch.

1. Introducció

Actualment comença a assentar-se el consens entre la comunitat científica de que el clima està canviant, en part degut a la combustió de combustibles fòssils i la desaparició de les selves tropicals. L'informe de l'Hípic del 2007 afirma que la temperatura terrestre ha augmentat $0,76 \pm 0,2^\circ\text{C}$ des del 1850 al 2005, i que ho ha fet d'una manera molt més pronunciada i abrupte des de les últimes dues dècades. Aquest fet és un dels principals factors degut als quals 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 climàtics naturals i la modelització de la reconstrucció de la circulació oceànica.

Ara bé és inherent a la paleoclimatologia que existeixi una falta de registres instrumentals i que es produeixi un impossibilitat física de realitzar anàlisis directes de variables físiques i químiques relacionades amb les condicions climàtiques passades. És per aquest motiu que es fa imprescindible utilitzar una *proxy*, un mètode indirecte de reconstrucció de la temperatura, que, mitjançant un indicador mesurat en els sediments o bé en testimonis de gel del passat, respon sistemàticament i de forma mesurable a canvis en una variable que no podria ser mesurada directament d'altra manera (Wefer *et al.*, 1999). Entre aquestes són especialment importants les

proxies quantitatives, que a més, permeten la valoració i l'avaluació quantitativa de les variables que es volen estudiar. Tota *proxy*, però, necessita un procés de calibratge entre la variable climàtica que s'està estudiant i el descriptor que s'utilitza per valorar-lo, de manera que s'establirà la relació algebraica que servirà per transformar el valor del paràmetre en el valor de la variable climàtica que s'està estudiant.

Al 2002, sorgeix una *proxy* basada en marcadors orgànics per Schouten *et al.*, (2002). Aquesta *proxy*, anomenada TEX₈₆ es basa en la distribució dels GDGT's (Glicerol Dialquil Glicerol Tetraèter), un lípid de la membrana del Crenarchaeota marí. Aquesta distribució dels GDGT's dels Crenarqueotes en sediments de diferents procedències geogràfiques varia amb la SST o la LST. (Schouten *et al.*, 2002) i en base a aquesta variació en la distribució dels GDGT's en funció de la temperatura s'ha proposat l'índex TEX₈₆ (86 carbon TetraEther Index [Índex de Tetraèters de 86 carbonis]). En aquest sentit, 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 GDGT's Tetraèters ramificats, i que serveixen per estimar la temperatura anual de l'aire i el pH del sòl.

El sediments de la conca Nord del llac Baikal proveeixen un arxiu paleoclimàtic excepcional i d'alta qualitat d'un interval de temps de gran envergadura (BDP-Members, 1997a, b, 2000),

fins als 12 Ma A.P., i són un testimoni de referència dels cicles paleoclimàtics de l'interior del continent asiàtic (Propenko *et al.*, 2001). La seva forta 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 d'aquest projecte final de carrera és augmentar la resolució en la reconstrucció de la temperatura de la zona del llac Baikal durant l'Holocè i el Plistocè més recent, període que compren aproximadament els últims 60.000 anys, per tal d'aportar noves dades paleoclimàtiques que contribueixin en l'anàlisi de la hipòtesi de la interconnexió climàtica. De manera més específica es pretén estimar les tendències de la temperatura superficial de l'aigua (LST), de l'aire (MAAT) i l'índex d'aportació de matèria orgànica d'origen terrestre (TOM, [BIT]) de la conca Nord del llac Baikal durant els últims 60.000 anys. També es vol avaluar la qualitat i la fiabilitat de les dades resultants de la integració de dos mostres de resultats de mètodes diferents a resolucions diferents. És d'interès analitzar el comportament general del clima de la conca Nord del llac Baikal durant el lapse de temps que compren la investigació, així com identificar successos climàtics curts i abruptes durant el període de temps estudiat a la conca Nord del llac Baikal, centrant-se amb el *Heinrich events* i els produïts durant el pas del període glacial a l'interglacial actual, utilitzant per una banda els resultats de resolució augmentada i per l'altre els de les dues resolucions integrades. Finalment també es pretén comparar els resultats integrats amb les dues resolucions amb els registres paleoclimàtics a Grenlàndia i l'Antàrtida durant els últims 60000 anys i establir l'existència d'interconnexions climàtiques entre els dos hemisferis terrestres.

3. Metodologia

Es va procedir a l'anàlisi de 54 mostres de sediments de la conca Nord del llac Baikal

procedents del testimoni CON-01-603-02 pertanyents al *CONTINENT project* (2001-2004). Els sediments van ser deshidratats prèviament mitjançant una liofilització. Posteriorment, es va procedir a 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 (CEM). 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. Llavors 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) [alumina]. Un cop realitzat això, el solvent va ser evaporat mitjançant l'evaporador rotatori *Speedvac® concentrator SPD 11V (ThermoSavant)*, 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 Milipore de 0,45µm *Milipore PVDF*.

L'anàlisi es va dur a terme utilitzant un instrument *Agilent 1100 HPLC* acoblat a un espectròmetre de masses *Esquire 3000* de trampa d'ions *Bruker* amb una interfície APCI. Els extractes van ser separats a 30°C amb una columna *Prevail Cyano (Alltech)* [2.1x150mmx3µm]. El sistema HPLC/MS-APCI va equipat amb una precolumna filtre, isocràticament utilitzant hexane/n-propanol (98:2). La velocitat del flux va ser 0.3mL/min i es van injectar 10µm de mostra extreta. Els paràmetres de l'espectròmetre de masses han estat 5000V de potencial de corona, 4200 V de voltatge de capil·lar i la temperatura de la cambra de desolvatació era 300°C i la del N₂ sec 250°C. Els GDGT's revelants pel 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 Resultats amb la resolució augmentada

a) Per la **reconstrucció de la temperatura de l'aigua (LST)** del lapse de temps comprés entre els 7 i els 37 Kanys A.P. (abans de l'època actual) s'ha de dir que la temperatura mitjana global observada és de 4.6°C , essent la precisió del mètode $\pm 0.16^{\circ}\text{C}$. Es pot observar una tendència general a l'augment de la temperatura, dels 3.9°C a l'inici, als 36.3 Kanys A.P., a 6.5°C als 7.1 Kanys A.P., augmentant la temperatura 2.6°C en 28.400 anys. El màxim valor de la LST es dona als 10.8 Kanys A.P., i té un valor de 7°C . El mínim en canvi és d' 1.5°C i correspon a l'edat de 24.7 Kanys A.P. És un període d'alta freqüència d'oscil·lacions. La resolució mitjana temporal aconseguida és de 348 anys, essent el màxim i el mínim 957 i 21 anys.

b) La **reconstrucció de la temperatura de l'aire (MAAT)** pel mateix lapse de temps indica una tendència a l'augment, de 4.8°C de rang. La temperatura mitjana global és -4.3°C , essent la precisió del mètode $\pm 0.27^{\circ}\text{C}$, i el màxim valor de MAAT observat es correspon als 12.2 Kanys A.P., i pren l'únic valor positiu de tot el període, 0.3°C . El mínim correspon als 23.7 Kanys A.P., i té un valor de -7.5°C . És un període d'alta freqüència oscil·latòria de la temperatura. Pel que fa a la resolució temporal, és, lògicament, la mateixa que en el cas de la LST.

c) La **reconstrucció de l'índex BIT**, que mesura la quantitat de matèria orgànica d'origen terrestre (TOM) té com a valor mig global 0.38 , i la precisió del mètode és ± 0.03 . La tendència que presenta el BIT és a la disminució, dels 0.43 inicials als 0.37 finals, de 0.06 de rang. El màxim valor del BIT es troba als 18.8 Kanys A.P., i és de 0.63 . El mínim en canvi és 0.18 als 8.8 Kanys A.P.

4.2 Anàlisi de la fiabilitat i la qualitat de les dades

a) Anàlisi Gràfic: Valorant les diferències que existeixen entre el mateix interval de temps, de 7 a 37 Kanys A.P., per les mostres de resolució augmentades tractades en el punt anterior i les d'Escala et al., (r.n.p.) des del punt de vista gràfic, s'observa que tant per la reconstrucció feta amb el MAAT i la LST s'observen diferències

significatives en els primers 20 Kanys comptant des de l'any 0 . En canvi, dels 20 als 40 Kanys A.P. no s'observen. Aquesta observació es basa que durant el primer interval s'observa una distància que es repeteix entre ambdues mostres, de manera que, pel cas de la LST, es troben sempre les d'Escala et al., (r.n.p.) per sobre i pel MAAT per sota. Per l'índex BIT s'aprecia que ambdues gràfiques s'entrecreuen constantment durant tot el lapse de temps que dura l'interval comú entre les mostres.

b) Intervals de confiança i prova T a resolució global, 5, 10 i 20 Kanys

b₁) LST

Pels resultats de resolució augmentada l'I.C. és $[4.14, 4.95]^{\circ}\text{C}$ i per Escala et al., $[5.23, 6.42]^{\circ}\text{C}$. Per tant els intervals de confiança no es toquen. Després de comprovar gràfica i numèricament que les poblacions segueixen una distribució normal, la prova T al 95% de confiança nivell global dona que sí que existeixen diferències estadísticament significatives entre les dues mostres i que la diferència mitjana entre elles és d' -1.3°C . A la resolució de 5 Kanys, la prova T al 95% de confiança dona que hi ha dos intervals en que es produeixen diferències estadísticament significatives, entre els 7 i els 17 Kanys A.P., essent la diferència mitjana entre les mostres d' -1.1°C de 7 a 12 Kanys A.P., i de -2.1°C de 12 a 17 Kanys A.P. Amb resolució 10 i 20 Kanys, s'observa que les diferències estadísticament significatives son presents en ambdós casos els primers 20 Kanys.

b₂) MAAT

Pels resultats de resolució augmentada l'I.C. és $[-4.3, -4.92]^{\circ}\text{C}$ i per Escala et al., $[-5.3, -5.9]^{\circ}\text{C}$. Per tant els intervals de confiança no es toquen. Després de comprovar gràfica i numèricament que les poblacions segueixen una distribució normal, la prova T al 95% de confiança nivell global dona que sí que existeixen diferències estadísticament significatives entre les dues mostres i que la diferència mitjana entre elles és de 0.9°C . A la resolució de 5 Kanys, la prova T al 95% de confiança dona que hi ha dos intervals en que es produeixen diferències estadísticament significatives, entre els 7 i els 12 Kanys A.P., essent la diferència mitjana entre les mostres

d'1.4°C i 1.6°C de 22 a 27 Kanys A.P. Amb resolució 10 Kanys, s'observen diferències estadísticament significatives durant els primers 30 Kanys i per la resolució de 20 Kanys, s'observa que les diferències estadísticament significatives son presents en ambdós casos els primers 20 Kanys.

b₃) BIT

Pel BIT no s'observen diferències estadísticament significatives després de fer la prova T per les diferents resolucions, després de comprovar normalitat. L'I.C per les mostres de resolució augmentada és [0.374, 0.423] i per les d'Escala et al., (p.n.) és [0.378, 0.450]. Per tant, un està totalment a dintre de l'altre.

4.3 Resultats conjunts

a) Per la **reconstrucció de la temperatura de l'aigua (LST)** del lapse de temps comprés entre els 0 i els 60 Kanys A.P. (abans de l'època actual) s'ha de dir que la temperatura mitjana global observada és de 5.7°C, essent la precisió del mètode d'Escala et al., (r.n.p) $\pm 0.24^\circ\text{C}$ i les del present estudi $\pm 0.16^\circ\text{C}$. Es pot observar una tendència general a l'augment de la temperatura, dels 2.2°C a l'inici, als 57.1 Kanys A.P., a 6.6°C als 0 Kanys A.P., augmentant la temperatura 4.4°C en 28.400 anys. El màxim valor de la LST es dona als 52.8 Kanys A.P., i té un valor d'11°C. El mínim en canvi és d'1.5°C i correspon a l'edat de 24.7 Kanys A.P. És un període d'alta freqüència d'oscil·lacions. La resolució mitjana temporal aconseguida és de 426 anys, essent el màxim i el mínim 1344 i 21 anys.

b) La **reconstrucció de la temperatura de l'aire (MAAT)** pel mateix lapse de temps indica una tendència a la disminució, de 0.6°C de rang. La temperatura mitjana global és -5.1°C, essent la precisió del mètode d'Escala et al., (r.n.p) de 0.2°C, i el màxim valor de MAAT observat es correspon als 12.2 Kanys A.P., i pren l'únic valor positiu de tot el període, 0.3°C. El mínim correspon als 22.7 Kanys A.P., i té un valor de -9.6°C. És un període d'alta freqüència oscil·latòria de la temperatura. Pel que fa a la resolució temporal, és, lògicament, la mateixa que en el cas de la LST.

c) La **reconstrucció de l'índex BIT**, que mesura la quantitat de matèria orgànica d'origen terrestre (TOM) té com a valor mig global 0.44, i la precisió del mètode és ± 0.03 . La tendència que presenta el BIT és a la disminució, dels 0.53 inicials als 0.29 finals, de 0.24 de rang. El màxim valor del BIT es troba als 51.4 Kanys A.P., i és de 0.79. El mínim en canvi és 0.18 als 8.8 Kanys A.P.

5. Discussió de Resultats

5.1 Anàlisi de la fiabilitat de les dades

En primer lloc s'ha de dir que s'ha identificat un *outlier* pertanyent a les mostres d'Escala et al., (r.n.p) que no s'ha tingut en compte ni a l'hora de descriure els resultats, ni en la discussió ni en el tractament estadístic, i que correspon a la temperatura -2,5°C a 23.9 Kanys A.P.

Respecte el tipus d'error que s'ha pogut esdevenir, si es tractés d'un error sistemàtic tindria que haver-hi una resolució a partir de la qual en tots els intervals existissin diferències significatives, no anar-se alternant perquè és unidireccional. Ara bé, a banda de petits intervals on s'entrecreuen les dues mostres, si que s'aprecia una tendència considerablement contínua a que els resultats de Escala et al., (r.n.p.) estiguin sempre per sobre, i no es dona cap cas de que la situació es capgiri, per tant és molt probable que es tracti d'un error sistemàtic. També poden haver-hi altres explicacions. Una fa referència al procés d'anàlisi amb l'HPLC/MS-APCI, ja que durant aquest no es va observar el regiosòmer del crenarchaeol, que en les anàlisis d'Escala et al., (r.n.p), sí que apareixien. Si no hi detecció del regiosòmer del Crenarqueol, l'índex TEX₈₆ resultant és més alt, fet que produeix que les temperatures siguin més baixes del que havien de ser, que de fet ja és el que passa. Un altre fa referència al calibratge de la màquina, així com a la poca concentració de les mostres, motiu pel qual es creu necessari la reextracció de GDGT's sediments

El mecanisme d'anulació de les diferències i per tant la possibilitat de tractar ambdós mostres conjuntament és sumar (en el cas de la LST) o restar (en el cas del MAAT) les mitjanes de les

diferències als valors de temperatures obtinguts per tal que així les diferències s'anul·lessin, ja que llavors sumarien 0.

5.2 Comparació amb els registres de Grenlàndia i l'Antàrtida

Els testimonis de gel proveeixen uns senyals de temperatura extremadament valuosos i d'alta qualitat, ideals per estudiar els canvis climàtics globals. El GRIP (*Greenland Ice Core Project*) i el Vostok són dos projectes molt ambiciosos que tracten de reconstruir les temperatures que s'han assolit durant bona part de la història climàtica de la Terra Com que un dels objectius establerts en aquesta investigació és aprofundir en el coneixement de la hipòtesi de la teleconnexió climàtica global, és necessari comparar les mostres obtingudes amb aquests registres, que com s'ha dit, són representatius dels dos Hemisferis Terrestres. D'aquesta manera s'estaran comparant temperatures provinents de l'Hemisferi Nord, del Sud i de la zona central d'Àsia. De l'anàlisi conjunt dels registres es formulen les següents observacions:

a) Les estimacions obtingudes en aquest anàlisi, pertanyents al llac Baikal, són més similars a les del registre de Grenlàndia que al del Vostok, malgrat que tots tres registres tenen diferències considerables.

b) Els punts en comú dels tres registres són aquells processos climàtics relacionats amb els cicles de Milankovitch.

c) Els tres registres presenten un augment de la temperatura molt marcat, just a la Terminació I, aproximadament cap als 10 Kanys A.P., que és precisament el moment a partir del qual es posen totalment de manifest les condicions interglacials que actualment experimenta el clima de la Terra

d) En els tres casos, es dona una relativa disminució de les temperatures fins a arribar a un punt a partir del qual, es produeix un punt d'inflexió i comencen a augmentar. Aquest punt fa referència a LGM (*Last Glacial Maximum*), i malgrat el pendent no és tan acusat en els registres de Grenlàndia i de l'Antàrtida.

e) És perfectament observable, sobretot en el registre de *Greenland*, el *Younger Dryas*. A l'Antàrtida s'observa que l'*Older Dryas* és menys abrupte, però més dilatat en el temps. En canvi, l'*Older Dryas* perd intensitat en la disminució en el registre del Baikal i sembla que està molt més desfasat en el temps, gairebé 10 Kanys més tard.

f) El LGM de la zona del Baikal es correlaciona millor amb el registre de Grenlàndia que amb el de l'Antàrtida.

g) És molt marcat l'escalfament que es dona entre les dues èpoques de refredament anteriorment nomenades, i es corresponen a l'*Interstadial Bolling*, el qual també es distingeix clarament a l'Antàrtida però més apaivagat, mentre que a la zona del Baikal també està considerablement remarcant.

h) S'observen la successió d'*stadials* i *interstadials* propis de l'era glacial.

Això permet la formulació de les següents hipòtesis:

1) Els tres registres tenen elements en comú, com són aquells processos climàtics dirigits pels cicles de Milankovitch, com per exemple els cicles glacials/interglacials, als quals tenen una resposta semblant, tant en edat com en intensitat.

2) També mostren respostes els tres registres a processos dirigits per forces anomenades de sub-Milankovitch, com és *Younger Dryas*, i els D-O que s'observen al llarg de tota l'era glacial, com l'escalfament propi del *Bolling*

3) Els esdeveniments D-O podrien tenir un origen a l'Hemisferi Nord, ja que la resposta és intensa en els registres de Grenlàndia i va perdent força a mesura que s'augmenta la distància, essent la resposta més dèbil a l'Antàrtida.

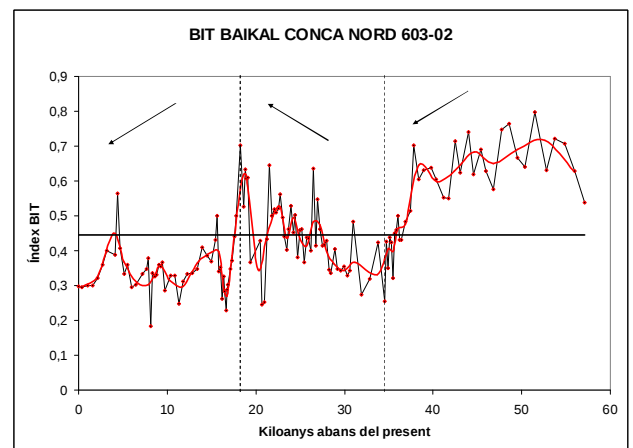
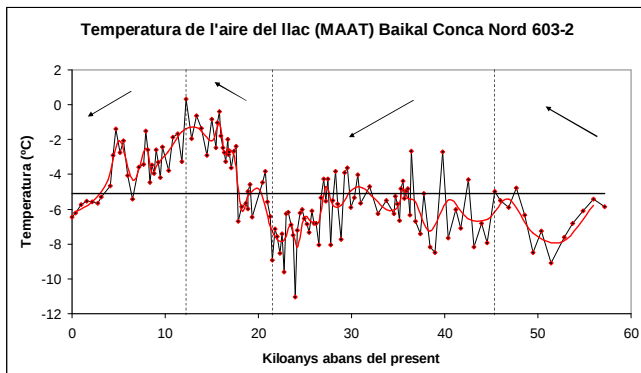
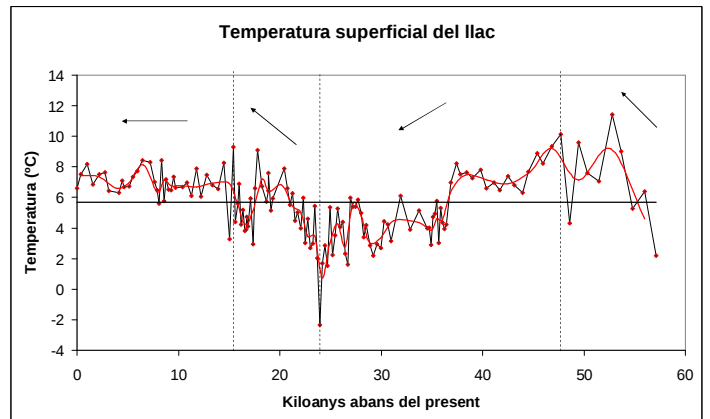
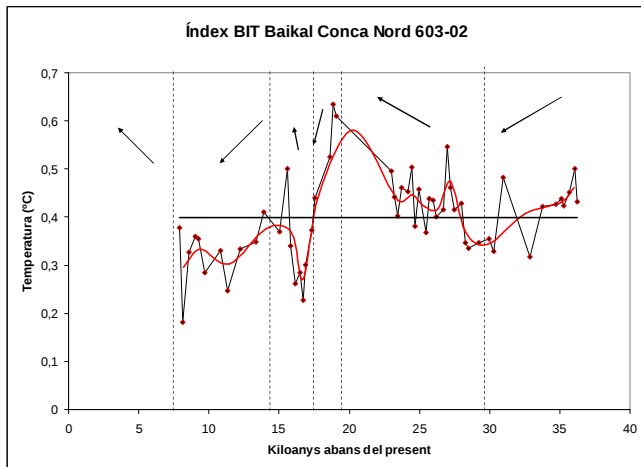
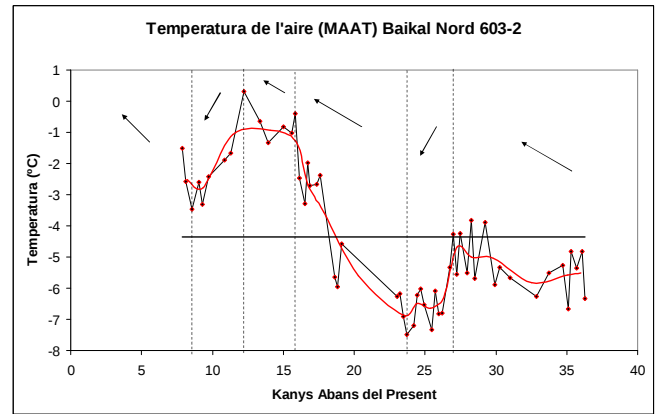
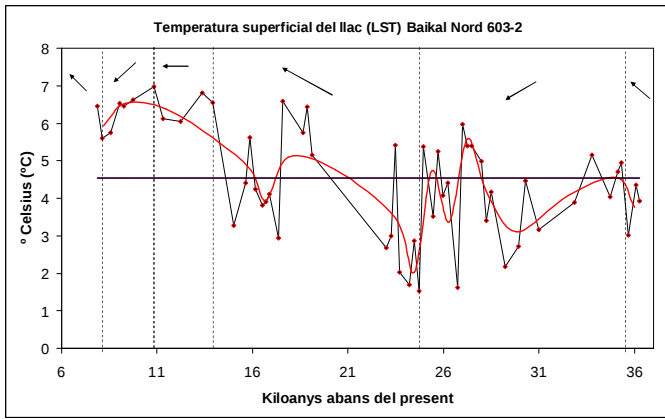


Figura 1: Representació de les tendències de la temperatura pels resultats de resolució augmentada i els d'Escala et al., (r.p.n.)

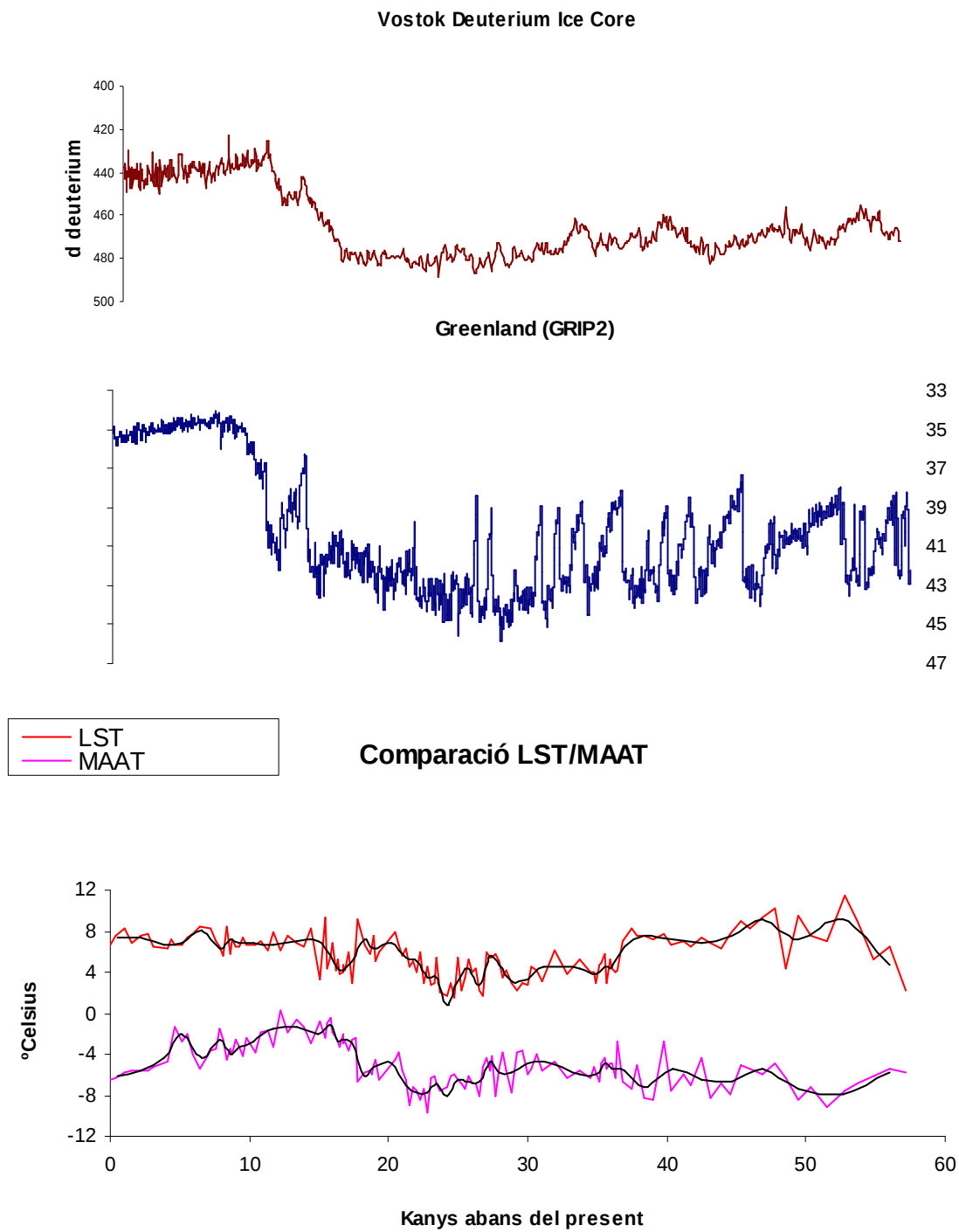


Figura 2: Comparació dels registres de Grenlàndia i Vostok

6. Conclusions

La resolució obtinguda per Escala *et al.*, (r.n.p.) al 2006 té com a valor mig 743 anys, essent els valors màxims i mínims, 2596 i 234 anys respectivament. Aquestes resolucions temporals, són, 200 anys superiors de rang mig a les obtingudes en el present estudi.

És important mencionar que amb l'anàlisi estadístic s'han detectat diferències estadísticament significatives entre la mostra objecte d'estudi d'aquesta investigació i les d'Escala *et al.*, (r.n.p.). Després de l'anàlisi d'aquestes dades es creu que aquestes diferències han sorgit degut a un *offset* entre els dos lots de dades, produït per varies raons, la més important de les quals és la no detecció del regioisòmer del Crenarqueol en cap ni una de les mostres analitzades en aquest estudi.

Aquestes dades obtingudes posen de manifest l'acció d'algun tipus de mecanisme de transport de les condicions climàtiques a escala global, de manera que aquests tres registres característics de tres localitzacions del Mon allunyades entre si mostrin tendències en la temperatura similars com a resposta a canvis com, per exemple, la insolació solar, o l'eclíptica terrestre, que pertanyen als cicles de Milankovitch. Així com també a d'altres tipus de canvis no relacionats directament amb aquests cicles, i que s'anomenen forces de *subMilankovitch*, però que també tenen un efecte global.

7. Referències

Escala, M.; Rosell-Melé, Antoni: Resultats no publicats

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.

Schouten, S.H., EC; Pancost, RD; Damste, JSS, 2000. Widespread occurrence of structurally diverse tetraether membrane lipids: Evidence for the ubiquitous presence of low-temperature relatives of hyperthermophiles. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97(26), 14421-14426.

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. 734pag