



Defensa del Projecte fi de carrera
Llicenciatura de Ciències Ambientals

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

Autor: Josep Maria de la Trinxeria
Director: Antoni Rossell-Melé
Setembre 2008

Índex General

- ▶ 1. Introducció
- ▶ 2. Metodologia
- ▶ 3. Resultats
- ▶ 4. Discussió
- ▶ 5. Conclusions
- ▶ 6. Propostes de millora

1. Introducció

1.1 Marc Temporal: El Quaternari

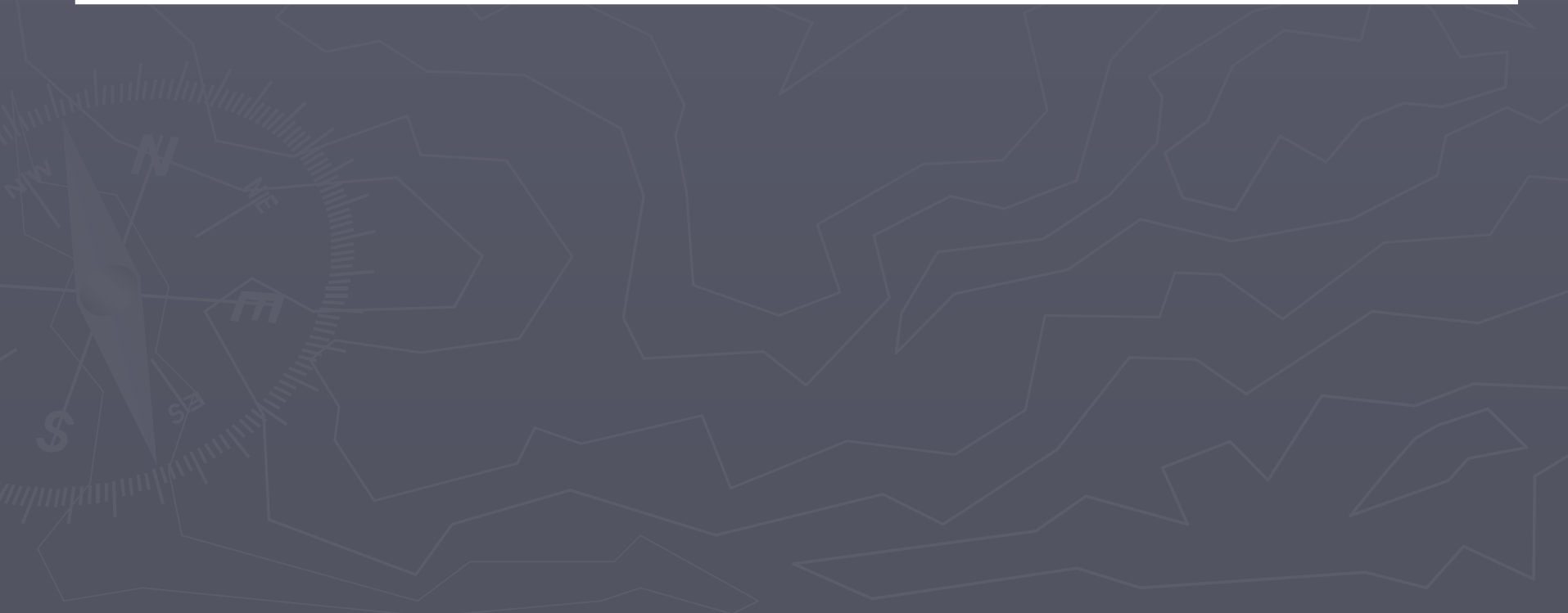
1.2 La zona d'estudi: El llac Baikal

1.3 Les *proxies* TEX₈₆, MAAT i BIT

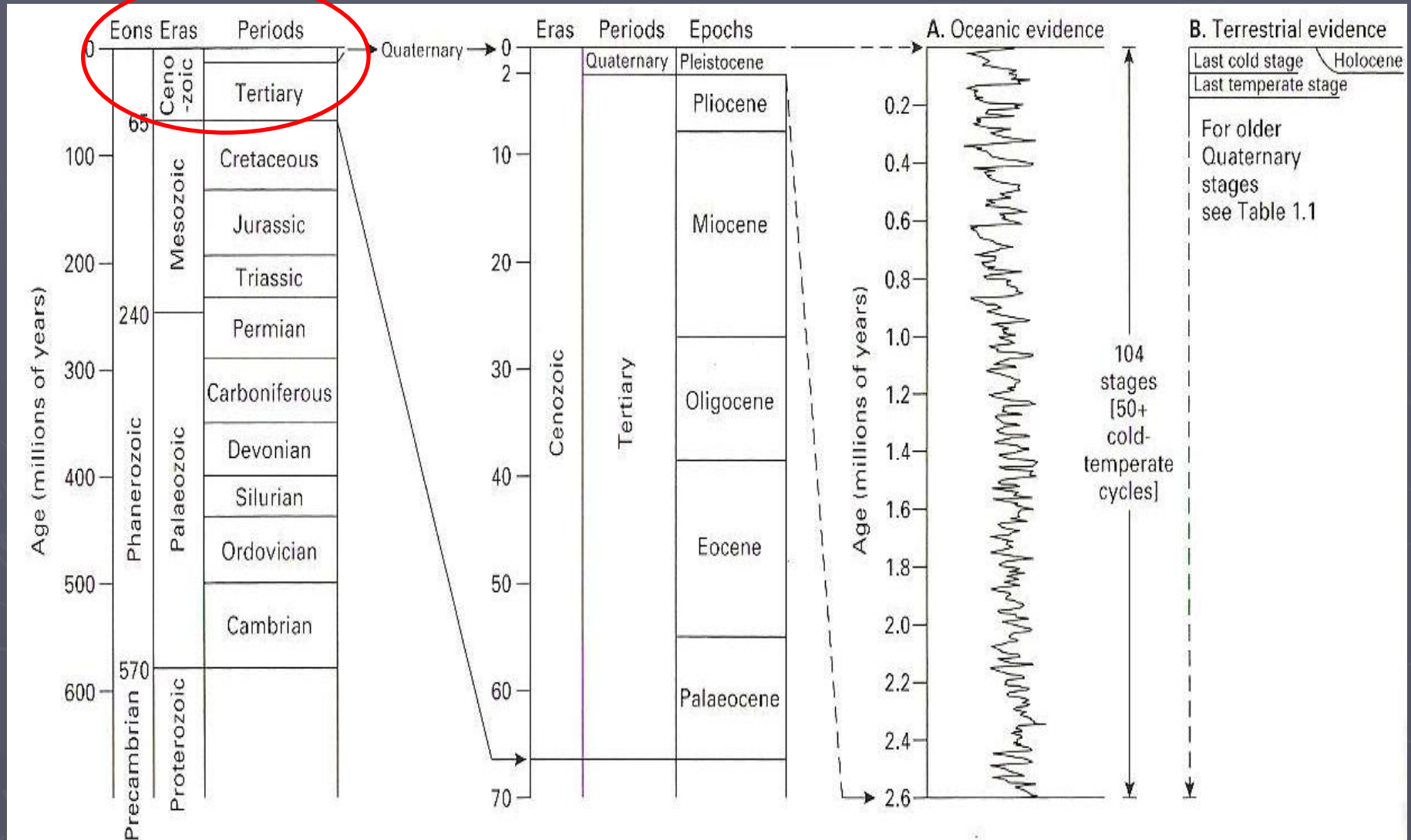
1.4 Objectius

1.1 Marc Temporal: El Quaternari

L'era geològica més recent és la del Cenozoic, **dels 65 Ma A.P. fins a l'actualitat**, i es divideix en els períodes Terciari i **Quaternari**.



1.1 Marc temporal: El Quaternari



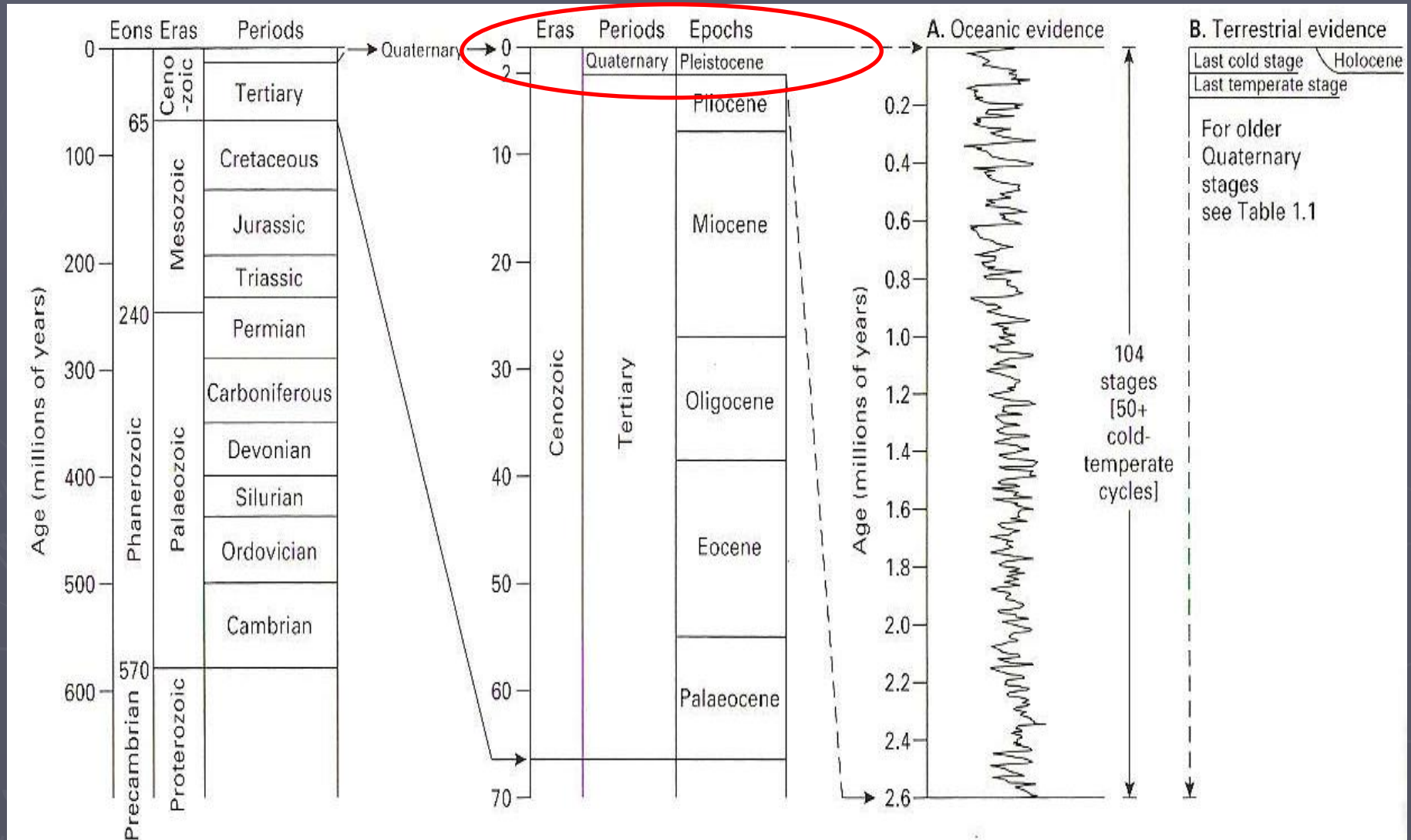
(Lowe & Walker, 1997)

1.1 Marc Temporal: El Quaternari

El Quaternari, dels **1.8 Ma A.P. fins a l'actualitat**, es divideix, al seu torn, en l'època del **Plistocè (1.8 Ma A.P.-10 Ka A.P.)** i l'**Holocè (10 Ka A.P.-0 Ka A.P.)**.

El marc temporal d'aquesta investigació, dels 60 Ka A.P. fins als 0 Ka A.P., està inclòs dintre del Plistocè i l'Holocè.

1.1 Marc temporal: El Quaternari



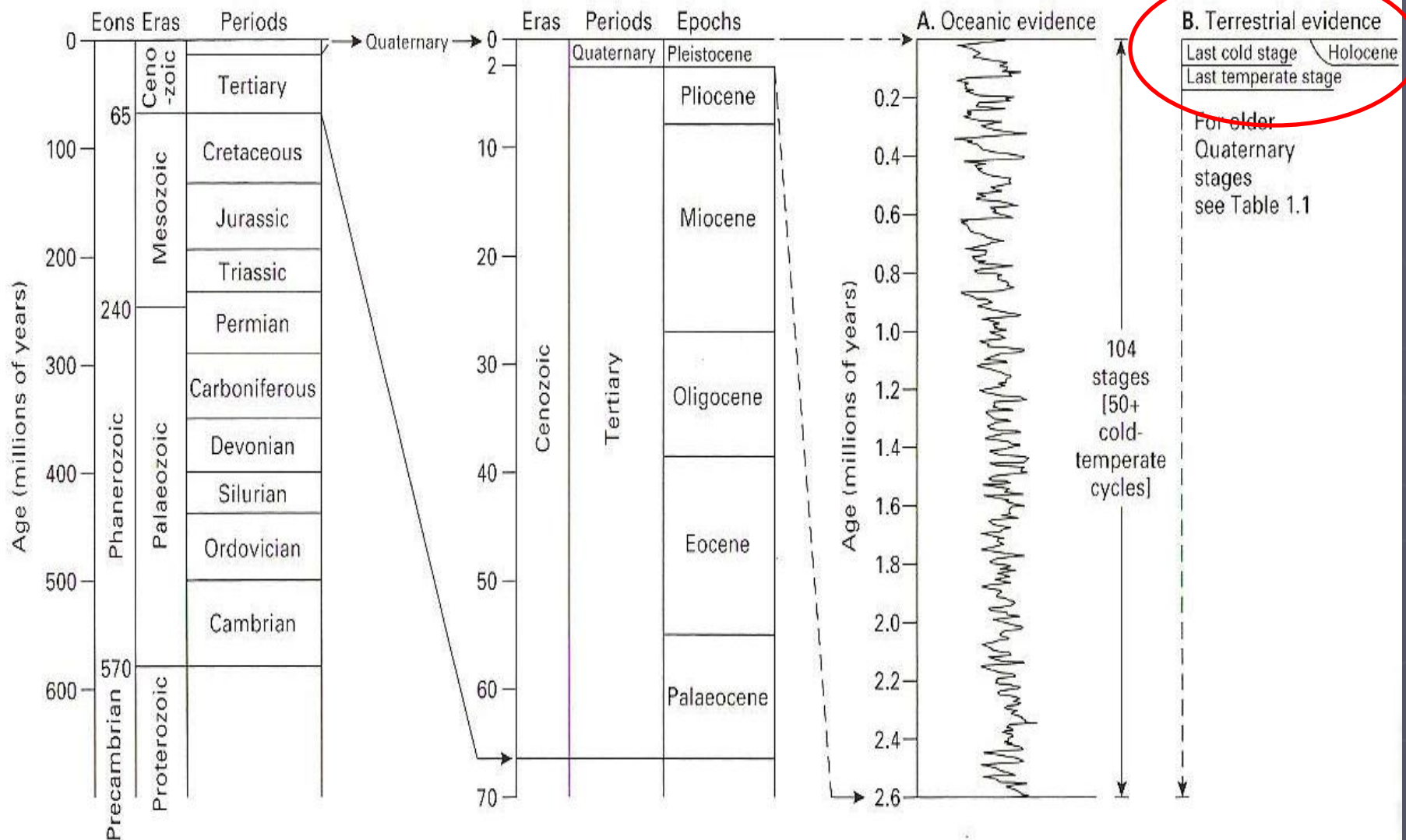
(Lowe & Walker, 1997)

1.1 Marc Temporal: El Quaternari

Dels 117 als 10 Ka A.P. es va donar l'última era glacial, i dels 10 Ka A.P. fins a l'actualitat s'està donant un període interglacial.

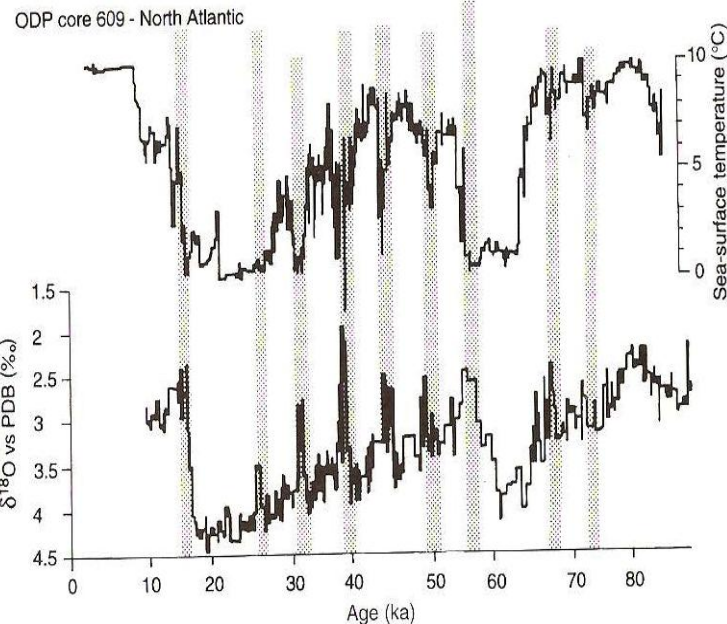
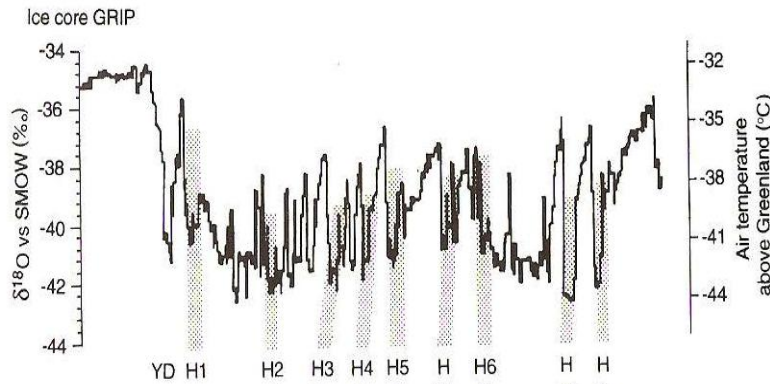
El període estudiat abasta part de la subetapa central (74-24 Ka A.P.) i subetapa superior (24-10 Ka A.P.) de l'última glaciació, i l'actual període interglacial (10-0 Ka A.P.).

1.1 Marc temporal: El Quaternari



(Lowe & Walker, 1997)

1.1.1 Fluctuacions de la temperatura i Esdeveniments sobtats



Dansgaard *et al.*, 1993

Williams *et al.*, 1998

Esdeveniments D-O (*Dansgaard-Oeschger events*)



Oscil·lacions abruptes de la temperatura d'entre 7 i 13°C de rang; 18 durant el període estudiat

Heinrich events



Caigudes abruptes de la temperatura, 5 durant el període estudiat

1. Introducció

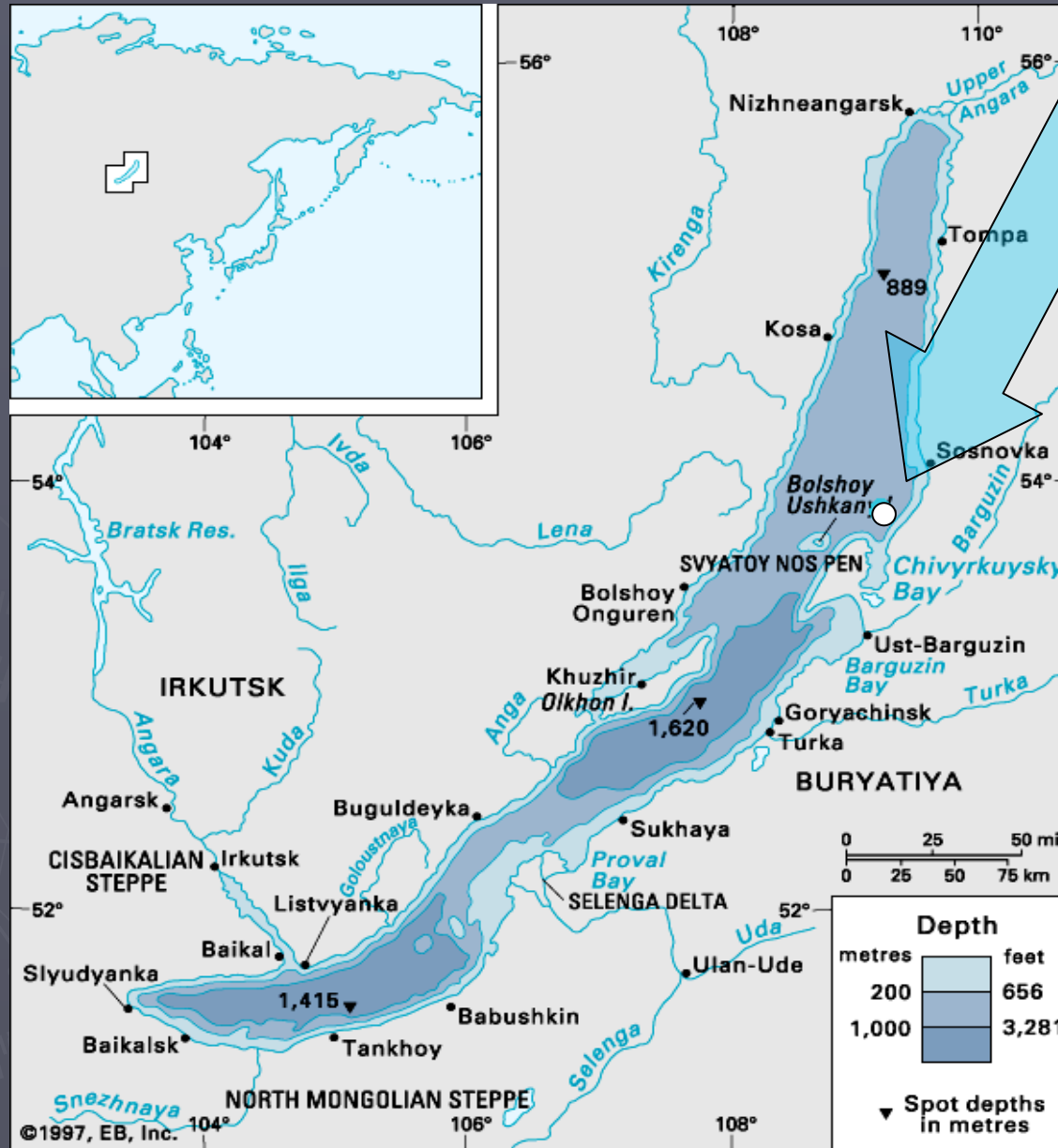
1.1 Marc Temporal: El Quaternari

1.2 La zona d'estudi: El llac Baikal

1.3 Les *proxies* TEX₈₆, MAAT i BIT

1.4 Objectius

1.3 La zona d'estudi: el llac Baikal



CON 01-603-2

1.3 La zona d'estudi: el llac Baikal



(Colàs *et al.*, 1986)

1. Introducció

1.1 Marc Temporal: El Quaternari

1.2 La zona d'estudi: El llac Baikal

1.3 Les *proxies* TEX₈₆, MAAT i BIT

1.4 Objectius

1.4 Les *proxies* TEX₈₆, MAAT i BIT

Mètode indirecte de la reconstrucció de la T°C que utilitza indicadors que responen sistemàticament i de forma mesurable (Wefer *et al.*, 1999) a canvis en una variable



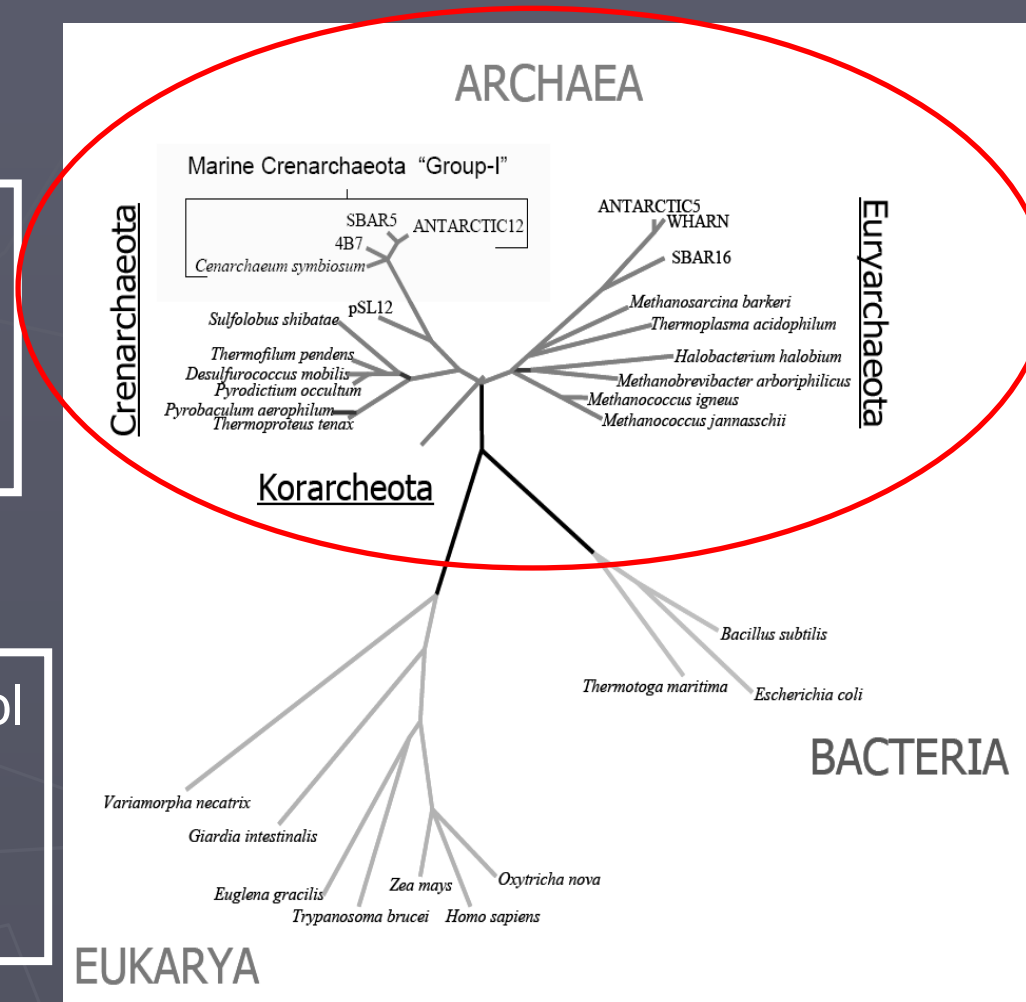
El TEX₈₆, MAAT i BIT són *proxies* quantitatives que utilitzen marcadors orgànics

Basades en la distribució relativa de certs tipus de GDGT's en les Arqueobactèries.

1.4 Les *proxies* TEX₈₆, MAAT i BIT

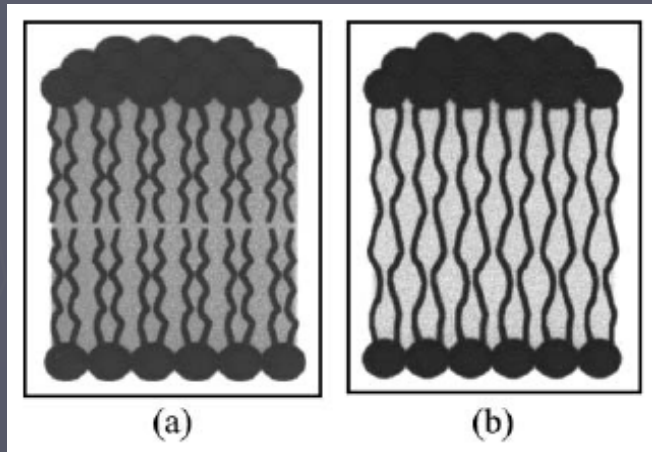
Arqueobactèries: Distribuïdes àmpliament als ambients marins i lacustres (20% del fitoplàncton).

Els GDGT's (glicerol dialquil glicerol tetraèter) són uns lípids característics i únics de la membrana dels Arqueobacteris.



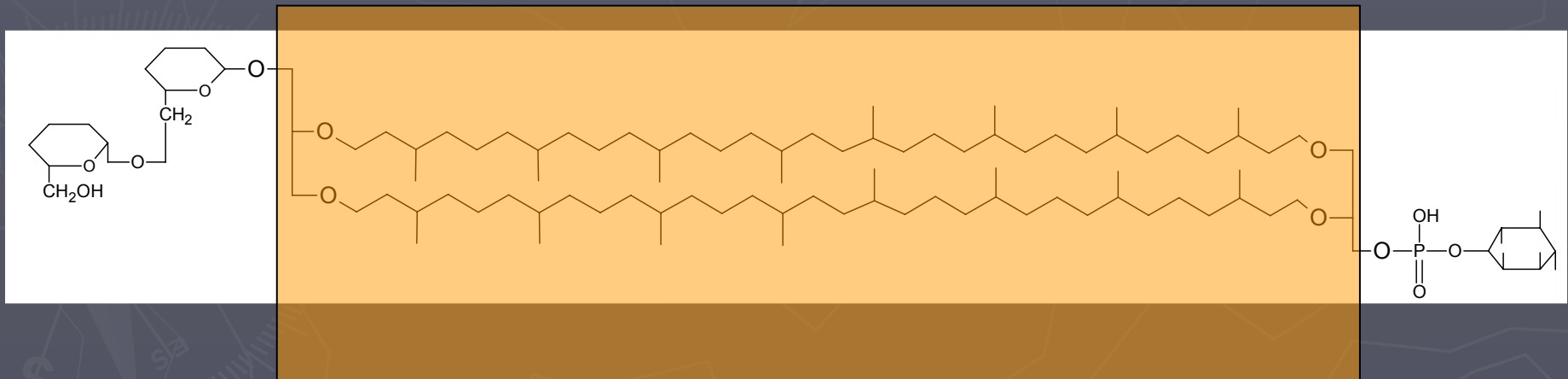
(De long *et al.*, 1998)

1.4 Les *proxies* TEX₈₆, MAAT i BIT



(Gliozzi *et al.*, 2002)

La membrana cel·lular d'Arquea està composta de cadenes de lípids isoprenoidals insaturats de diferents longituds, amb enllaços èter entre el glicerol i el grup polar (Gliozzi *et al.*, 2002), formant monocapes lipídiques amb la unió de quatre enllaços èter, els GDGT's (DeRosa *et al.*, 1996)



GDGT (glicerol dialquil glicerol tetraèter)

1.4 Les *proxies* TEX₈₆, MAAT i BIT

Temperatura superficial de l'aigua



TEX₈₆

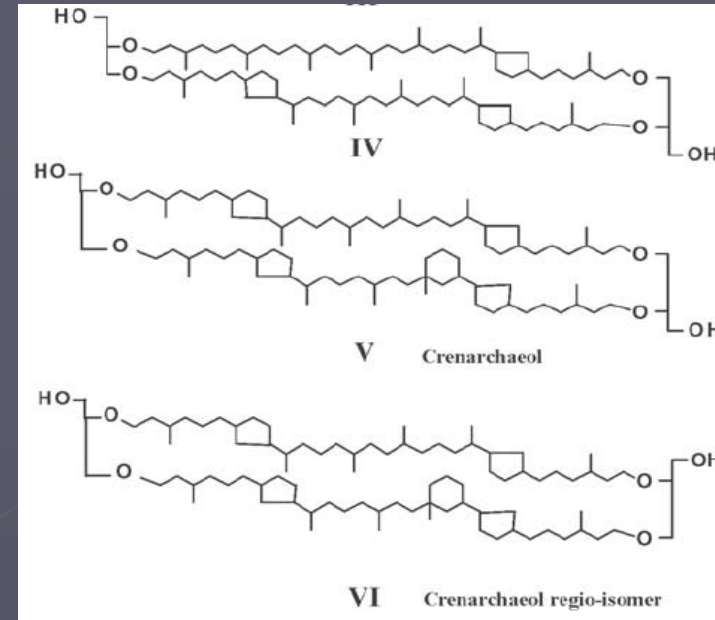
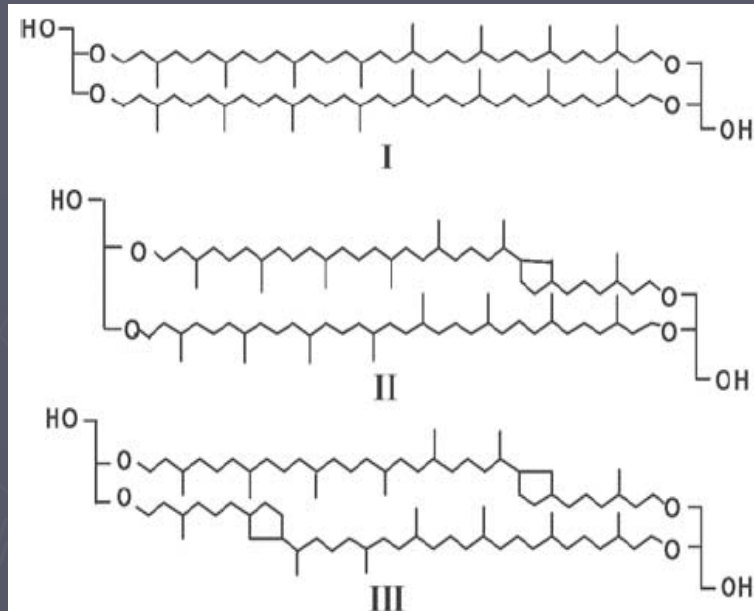


(Schouten *et al.*,
2002)



El nombre d'anells de ciclopentà presents en els
GDGT's varia amb la temperatura (Wuchter *et al.*,
2004)

1.4 Les *proxies* TEX₈₆, MAAT i BIT



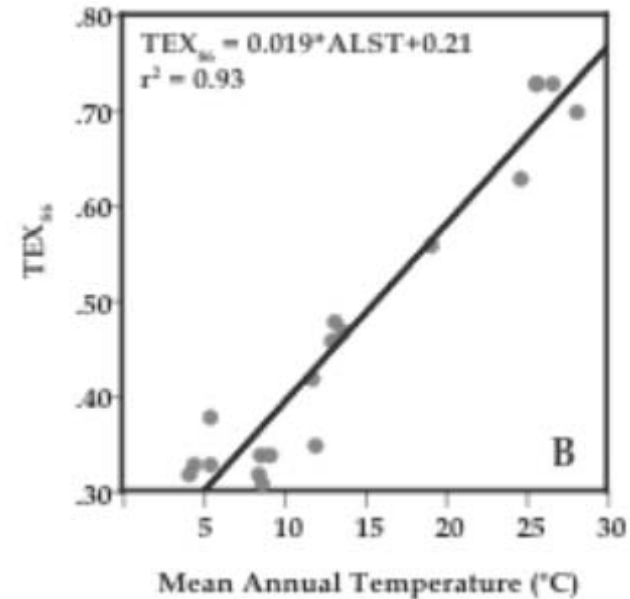
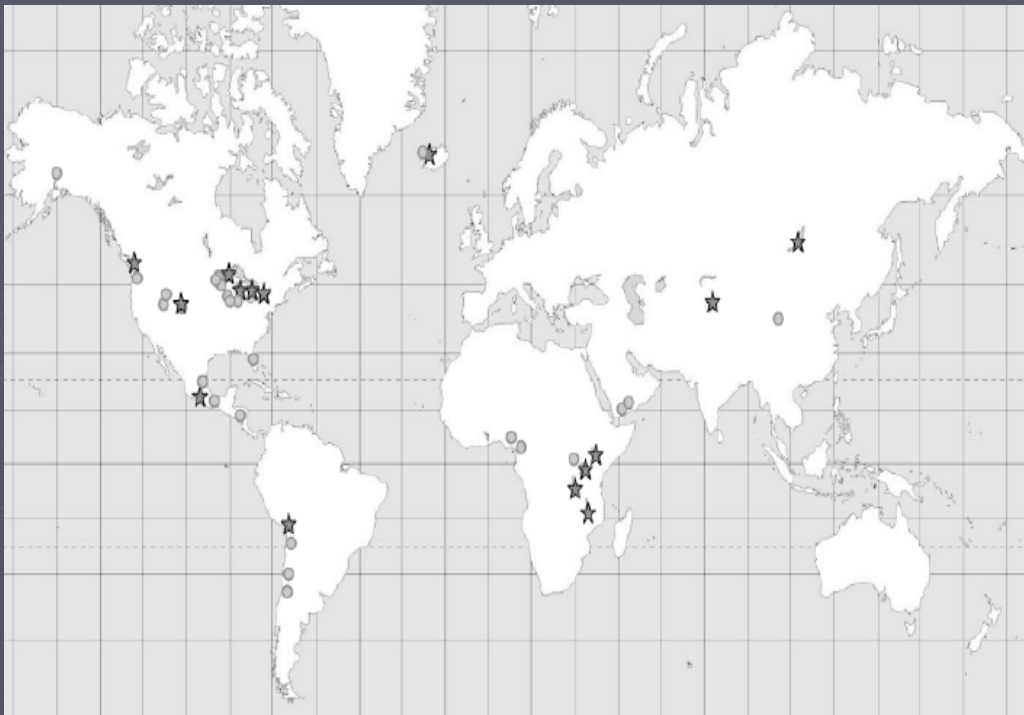
ESTRUCTURES UTILITZADES PER CALCULAR L'ÍNDIX TEX₈₆

$$\text{TEX}_{86} = \frac{\text{III} + \text{IV} + \text{VI}}{\text{II} + \text{III} + \text{IV} + \text{VI}}.$$

Wuchter *et al.*,
2005

1.4 Les *proxies* TEX_{86} , MAAT i BIT

La conversió a $^{\circ}\text{C}$ a partir de l'índex TEX_{86} es fa a partir de la correlació d'aquest amb la LST ($^{\circ}\text{C}$ sup. llac) de diferents emplaçaments d'arreu del món, amb una alta correlació lineal ($r^2 = 0.93$)



1.4 Les *proxies* TEX₈₆, MAAT i BIT

Mitjana anual de la temperatura de l'aire

MAAT

(Weijers *et al.*,
2006)

Basada en la distribució d'un grup nou de GDGT's
ramificats d'origen terrestre (Weijers *et al.*, 2006)

Correlacionats amb la concentració de pH del sòl,
expressada en la proporció CBT (*Cyclisation Branched
Tetraethers*) i amb la MAT (Temperatura Anual
Mitjana) expressada per la proporció MBT (*Methylation
index of Branched Tetraethers*)

1.4 Les *proxies* TEX₈₆, MAAT i BIT

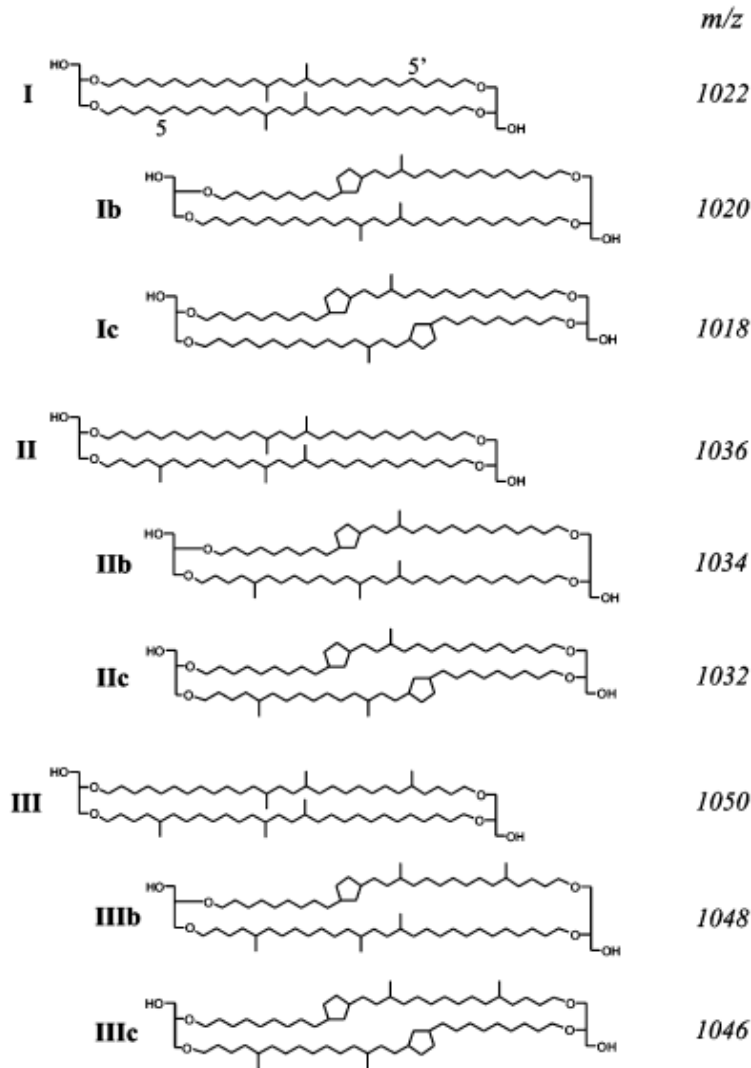


Fig. A1. Chemical structures of the branched glycerol dialkyl glycerol tetraether (GDGT) membrane lipids discussed in the text.

$$\text{CBT} = -\log \left(\frac{([\text{Ib}] + [\text{IIb}])}{([\text{I}] + [\text{II}])} \right)$$

$$\text{MBT} = \frac{[\text{I} + \text{Ib} + \text{Ic}]}{[\text{I} + \text{Ib} + \text{Ic}] + [\text{II} + \text{IIb} + \text{IIc}] + [\text{III} + \text{IIIb} + \text{IIIc}]} \quad (1)$$

$$\text{MBT} = 0.122 + 0.187 * \text{CBT} + 0.020 * \text{MAT} (R^2 = 0.77)$$

Estructures utilitzades pel càlcul de l'índex MAAT

1.4 Les *proxies* TEX₈₆, MAAT i BIT

Aportació de matèria orgànica terrestre

BIT, (*Branched and Isoprenoid Tetraether*
[**Tetraèters ramificats i isoprenoidals**])

BIT

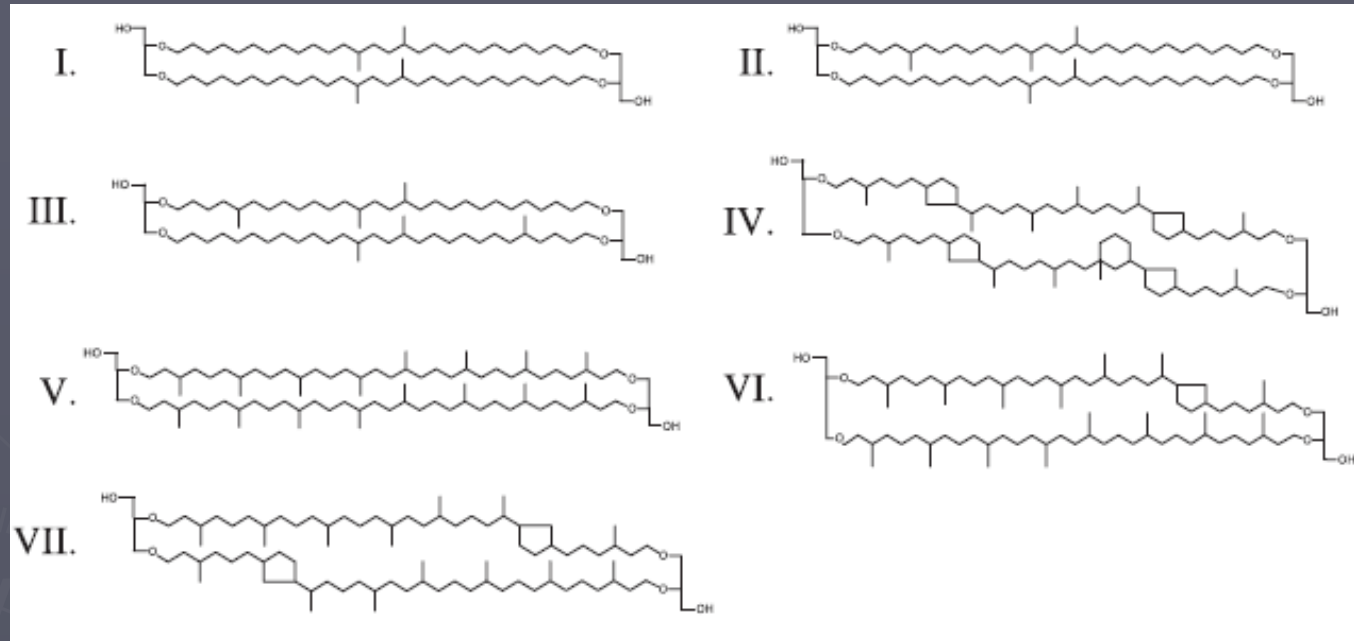
(Hopmans *et al.*,
2004)

Basat en l'abundància dels GDGT's ramificats (matèria orgànica d'origen terrestre), i el Crenarqueol (matèria orgànica aquàtica).

Es pot correlacionar la quantitat de matèria orgànica d'origen terrestre que té aquell sediment.

Nou sistema per detectar l'aportació fluvial als ambients marins i lacustres.

1.4 Les *proxies* TEX₈₆, MAAT i BIT



(Hopmans *et al.*, 2004)

$$\text{BIT} = \frac{[\text{I} + \text{II} + \text{III}]}{[\text{I} + \text{II} + \text{III}] + [\text{IV}]}$$

**Estructures
utilitzades per
calcular l'índex BIT**

1. Introducció

1.1 Marc Temporal: El Quaternari

1.2 La zona d'estudi: El llac Baikal

1.3 Les *proxies* TEX₈₆, MAAT i BIT

1.4 Objectius

1.5 Objectius

Objectiu general



Integrant els resultats obtinguts en aquesta investigació amb uns resultats d'un anàlisi previ en la mateixa zona i període, però de resolució menor (Escala *et al.*, r.n.p. [resultats no publicats]).

Augmentar la resolució en la reconstrucció de la temperatura del llac Baikal durant els últims 60.000 anys.



Canvis en les condicions climàtiques tenen un abast global degut a la interactuació de la hidrosfera i l'atmosfera.

Aportar noves dades paleoclimàtiques que contribueixin en l'anàlisi de la hipòtesi de la interconnexió climàtica.



1.5 Objectius

Objectius específics



```
graph LR; A[Objectius específics] --> B[Utilitzar les proxies de reconstrucció quantitativa de la temperatura TEX86, MAAT i BIT i estimar les tendències de la LST, MAT i l'índex BIT a la conca Nord del llac Baikal]; A --> C[Avaluar la qualitat i la fiabilitat de les dades resultants de la integració de les dues mostres de resultats.]; A --> D[Analitzar el comportament general del clima de la conca Nord del llac Baikal durant el lapse de temps que compren la investigació.]; A --> E[Identificar successos climàtics curts i abruptes durant el període de temps estudiat a la conca Nord del llac Baikal]; A --> F[Comparar els resultats conjunts amb els registres paleoclimàtics a Grenlàndia i l'Antàrtida per establir l'existència d'interconnexions climàtiques entre els dos hemisferis terrestres];
```

Utilitzar les *proxies* de reconstrucció quantitativa de la temperatura TEX86, MAAT i BIT i estimar les tendències de la LST, MAT i l'índex BIT a la conca Nord del llac Baikal

Avaluar la qualitat i la fiabilitat de les dades resultants de la integració de les dues mostres de resultats.

Analitzar el comportament general del clima de la conca Nord del llac Baikal durant el lapse de temps que compren la investigació.

Identificar successos climàtics curts i abruptes durant el període de temps estudiat a la conca Nord del llac Baikal

Comparar els resultats conjunts amb els registres paleoclimàtics a Grenlàndia i l'Antàrtida per establir l'existència d'interconnexions climàtiques entre els dos hemisferis terrestres

Índex General

- ▶ 1. Introducció
- ▶ 2. Metodologia
- ▶ 3. Resultats
- ▶ 4. Discussió
- ▶ 5. Conclusions
- ▶ 6. Propostes de millora

2. Metodologia

2.1 Origen de les mostres

2.2 Procés analític



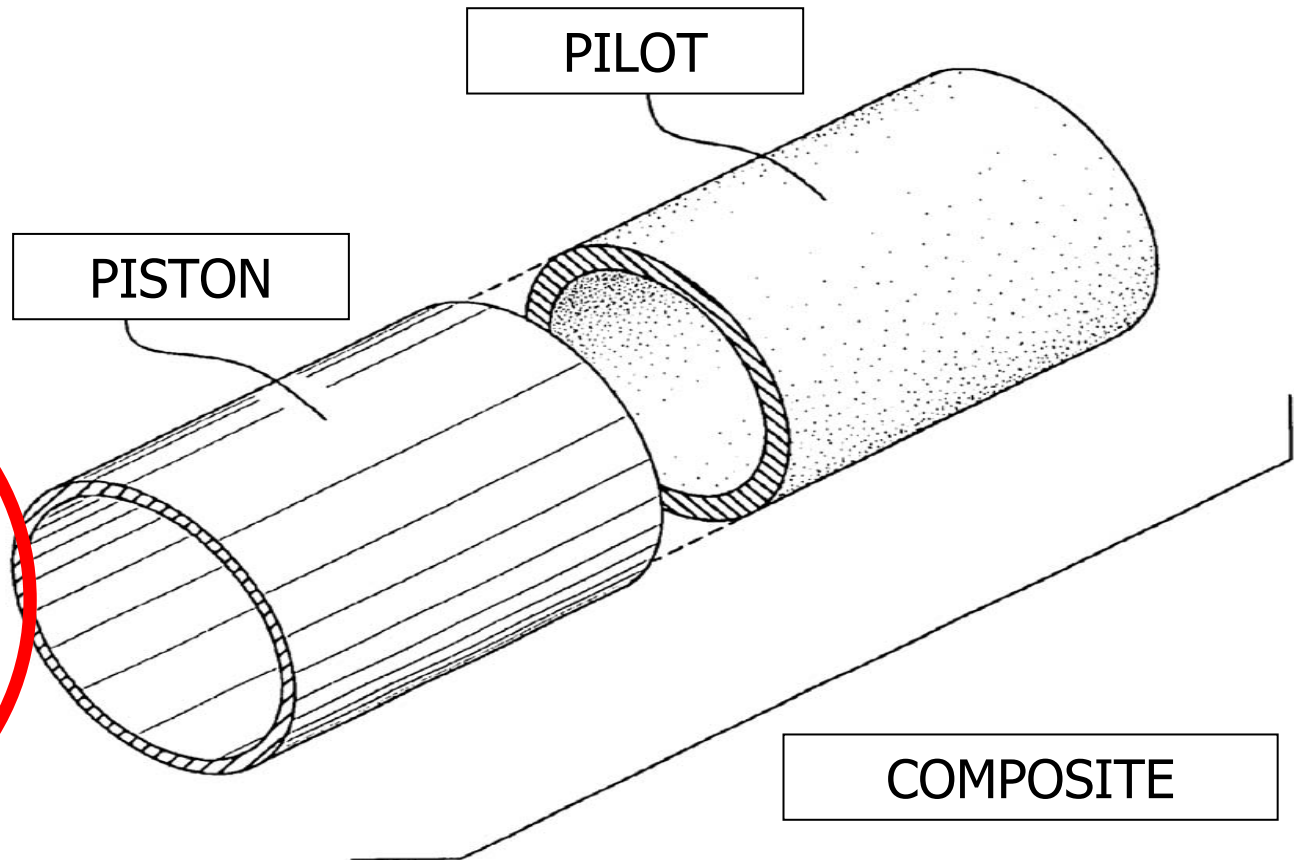
2.1 Origen de les mostres

54 mostres
sediments de
la conca Nord
del llac Baikal

CONTINENT project
(2001-2004)

Continent Ridge

Procés
analític
(esquema
2.2)



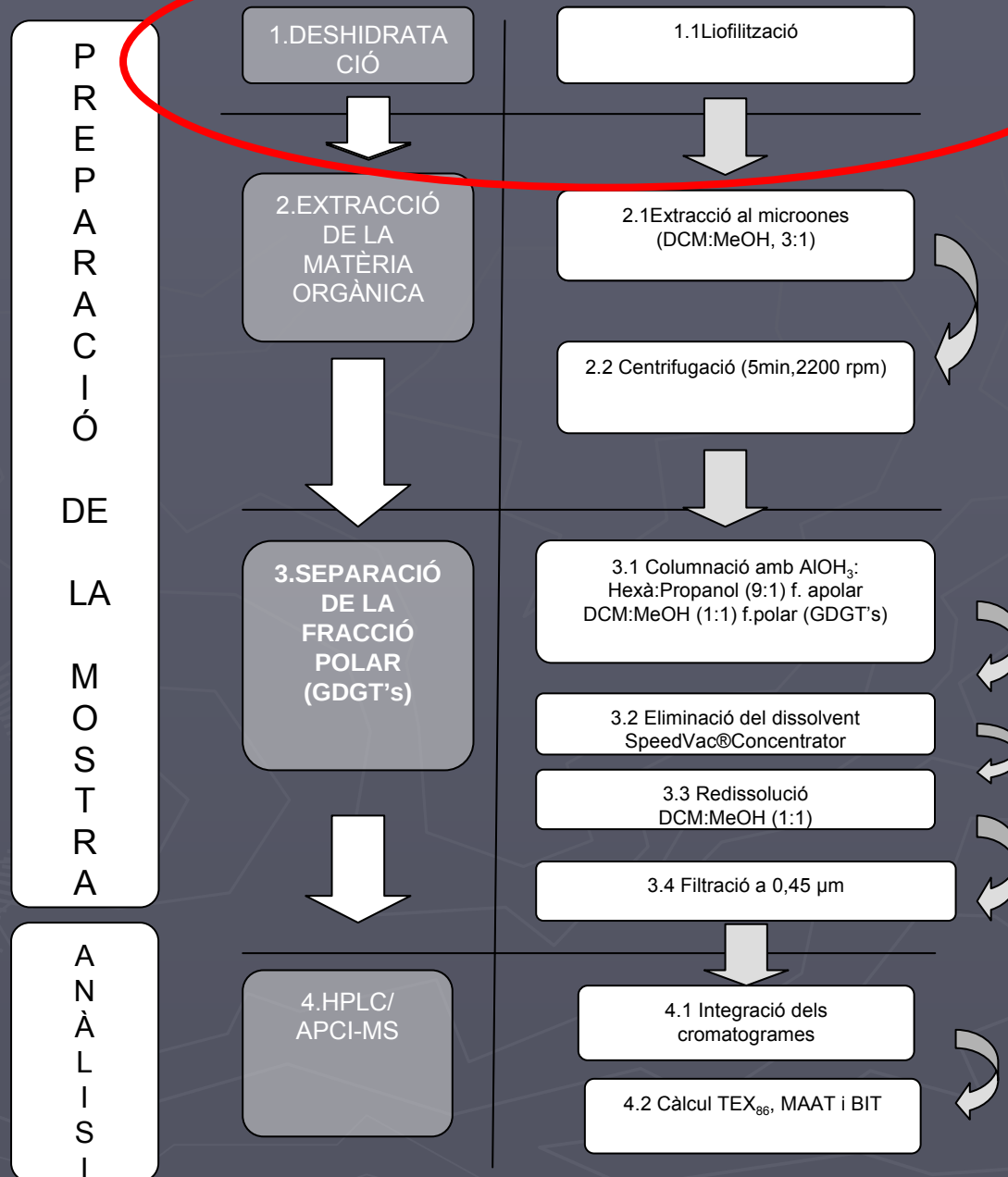
2. Metodologia

2.1 Origen de les mostres

2.2 Procés analític



2.2 Procés analític



(Elaboració pròpia)

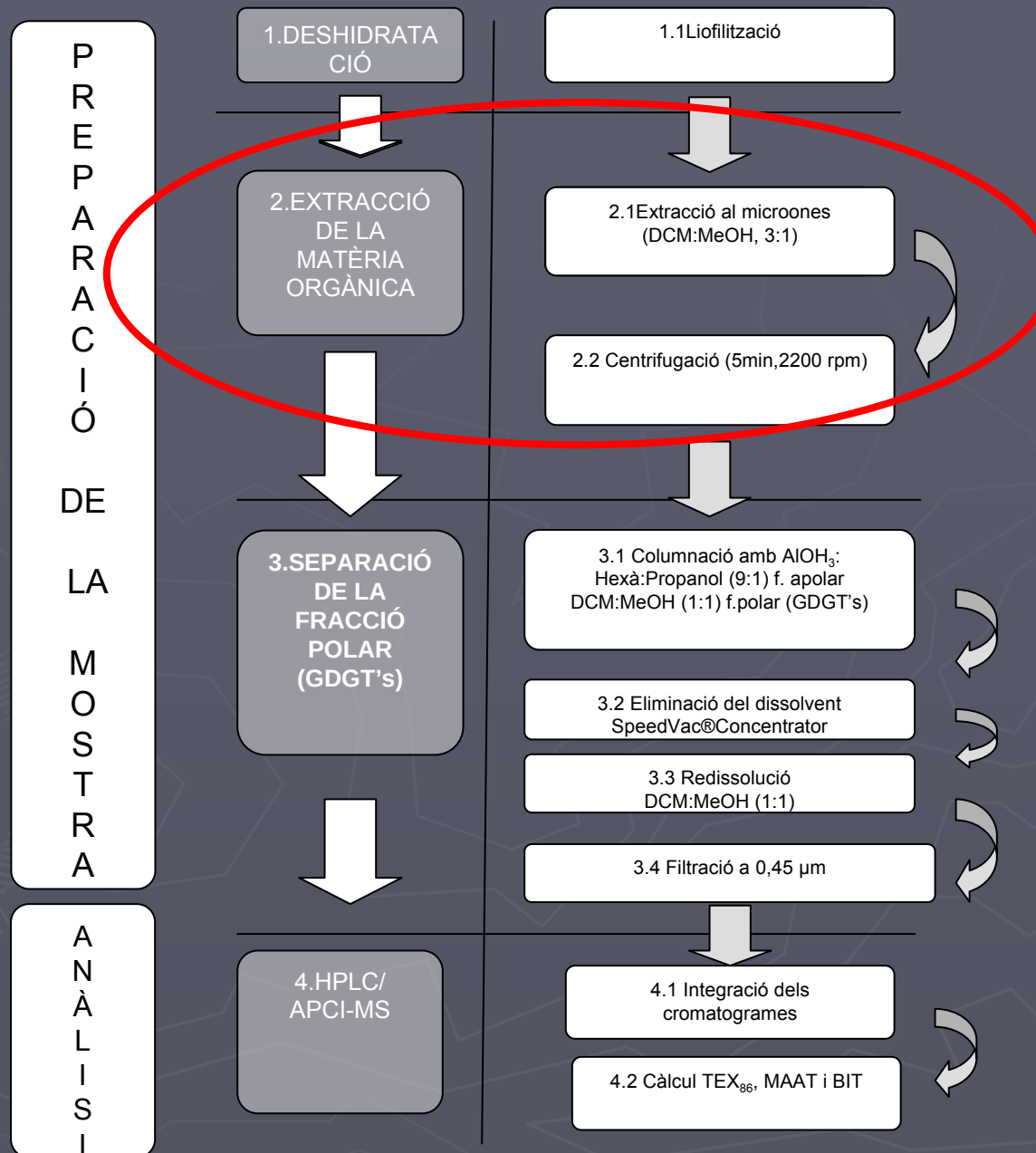
2.2 Procés analític

1. Deshidratació
dels sediments

Liofilització (aprox. 12
hores)



2.2 Procés analític



2.2 Procés analític

1. Deshidratació
dels sediments

Liofilització (12 a 24
hores)

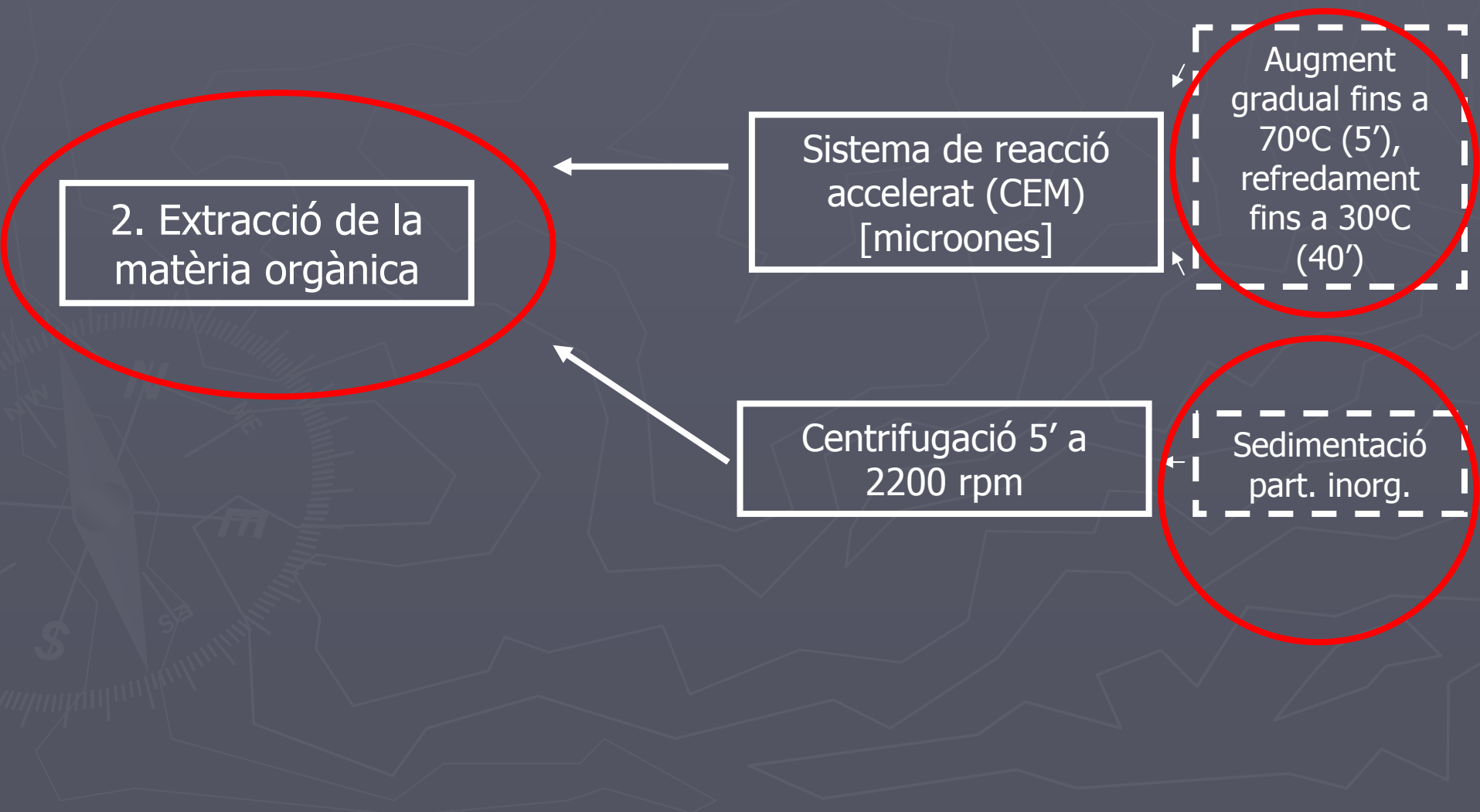
2. Extracció de la
matèria orgànica

Sistema de reacció
accelerat (CEM)
[microones]

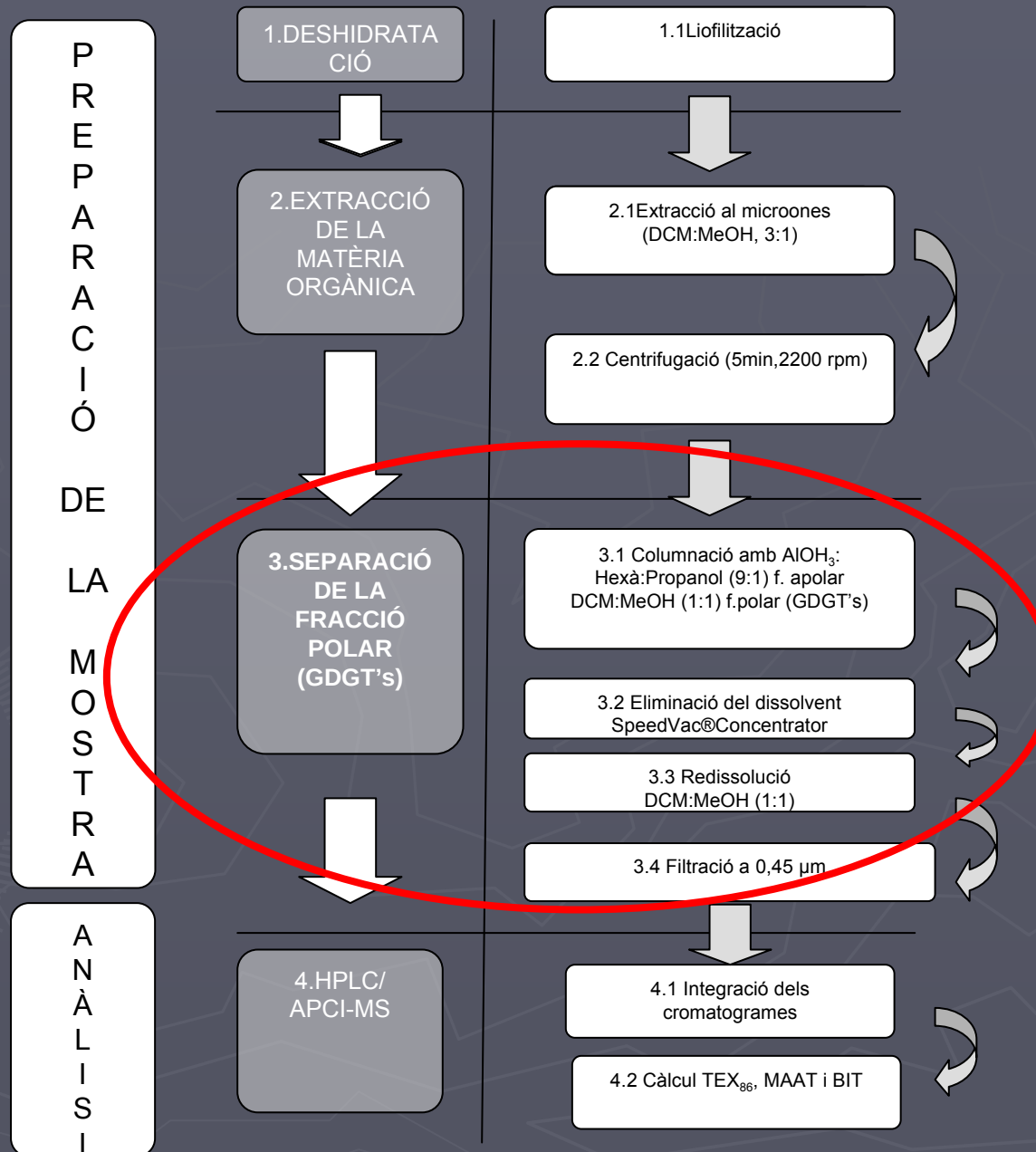
Augment
gradual fins a
70°C (5'),
refredament
fins a 30°C
(40')

Centrifugació 5' a
2200 rpm

Sedimentació
part. inorg.



2.2 Procés analític



(Elaboració pròpia)

2.2 Procés analític

1. Deshidratació
dels sediments

2. Extracció de la
matèria orgànica

3. Separació dels
GDGT's

Columnació [Al(OH)₃]

Liofilització (12 a 24
hores)

Sistema de reacció
accelerat (CEM) al
microones

Centrifugació 5' a
2200 rpm

Augment
gradual fins a
70°C (5'),
refredament
fins a 30°C
(40')

Sedimentació
part. inorg.

Hexà:propanol
(9:1) [f.apolar];
DCM:MeOH
(1:1) [f.polar,
GDGT's]

2.2 Procés analític

1. Deshidratació
dels sediments

Liofilització (12 a 24
hores)

2. Extracció de la
matèria orgànica

Sistema de reacció
accelerat (CEM) al
microones

Augment
gradual fins a
70°C (5'),
refredament
fins a 30°C
(40')

3. Separació dels
GDGT's

Centrifugació 5' a
2200 rpm

Sedimentació
part. inorg.

Columnació (Al(OH)₃)

Saponificació

Escala et al., (r.n.p.)

Hexà:propanol
(9:1) [f.apolar];
DCM:MeOH
[f.polar,
GDGT's]

La hidròlisi d'un èster en condicions bàsiques per formar un grup alcohol i la sal de l'àcid. Els compostos èster s'hidrolitzen i les sals resultants queden separades dels compostos no saponificables (GDGT's)

2.2 Procés analític

1. Deshidratació
dels sediments

Liofilització (12 a 24
hores)

2. Extracció de la
matèria orgànica

Sistema de reacció
accelerat (CEM) al
microones

Augment
gradual fins a
70°C (5'),
refredament
fins a 30°C
(40')

3. Separació dels
GDGT's

Centrifugació 5' a
2200 rpm

Sedimentació
part. inorg.

Columnació (Al(OH)₃)

Evaporació
solvent

Redissolució

N²

Filtració

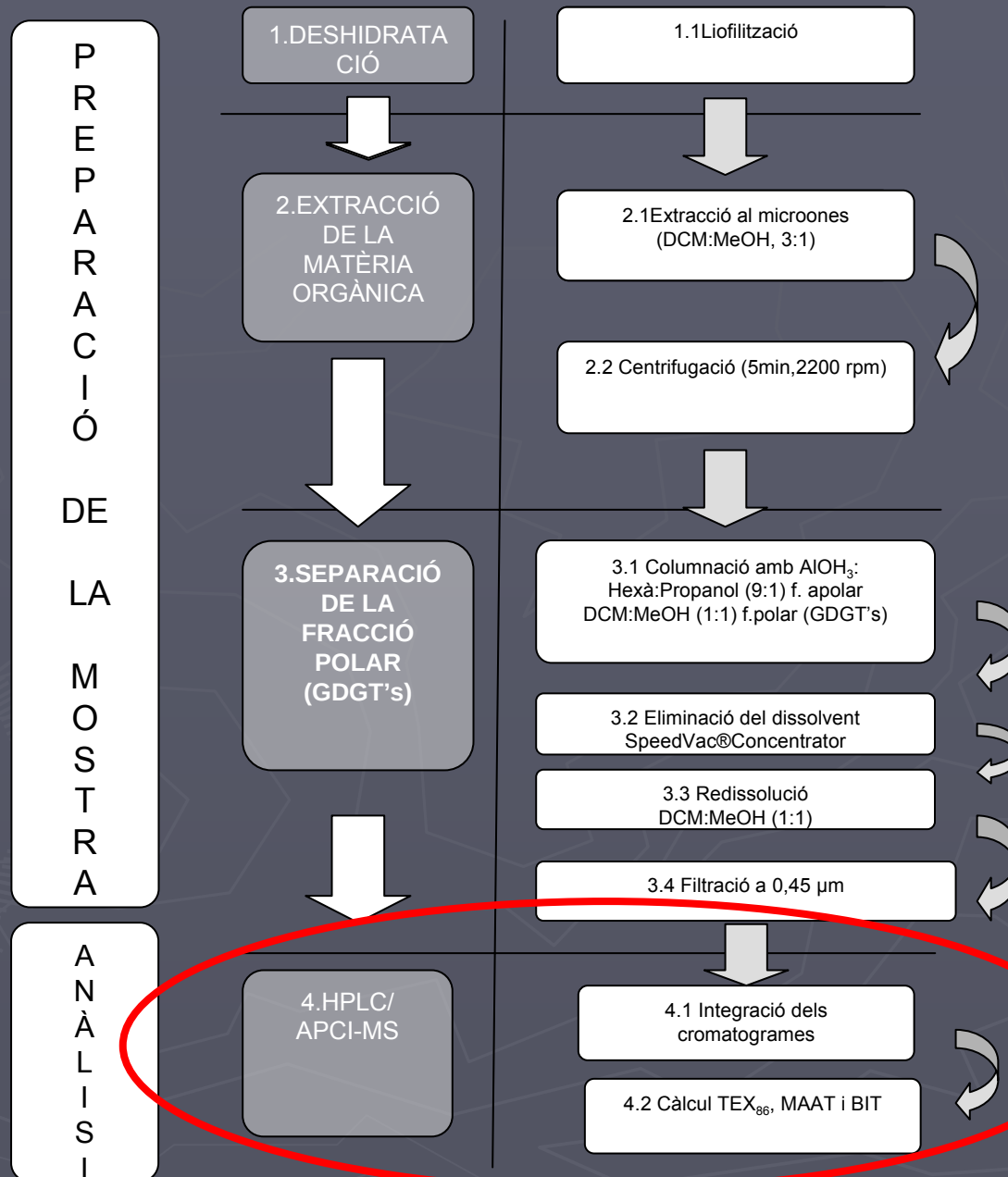
Hexà:propanol
(9:1) [f.apolar];
DCM:MeOH
[f.polar,
GDGT's]

Evaporador
rotatori +
trampa de fred

DCM:MeOH
(1:1)

Redissolució
Hexà:n-
propanol
(99:1) Filtre de
PVDF de 0.45
µL

2.2 Procés analític



(Elaboració pròpia)

2.2 Procés analític

4. Anàlisi Instrumental de les mostres

Servei d'Anàlisi Química de l'UAB
(27 i 28 de Maig del 2008)

60 mostres (5 tandes de 14 mostres)

Diferencial de mostres: blancs i estàndards

Sistema HPLC/APCI-MS

Injecció de 10µm

Agilent 1100 HPLC
(Cromatografia de líquids d'alta resolució)

Interfície *APCI*
(d'ionització química a pressió atmosfèrica)

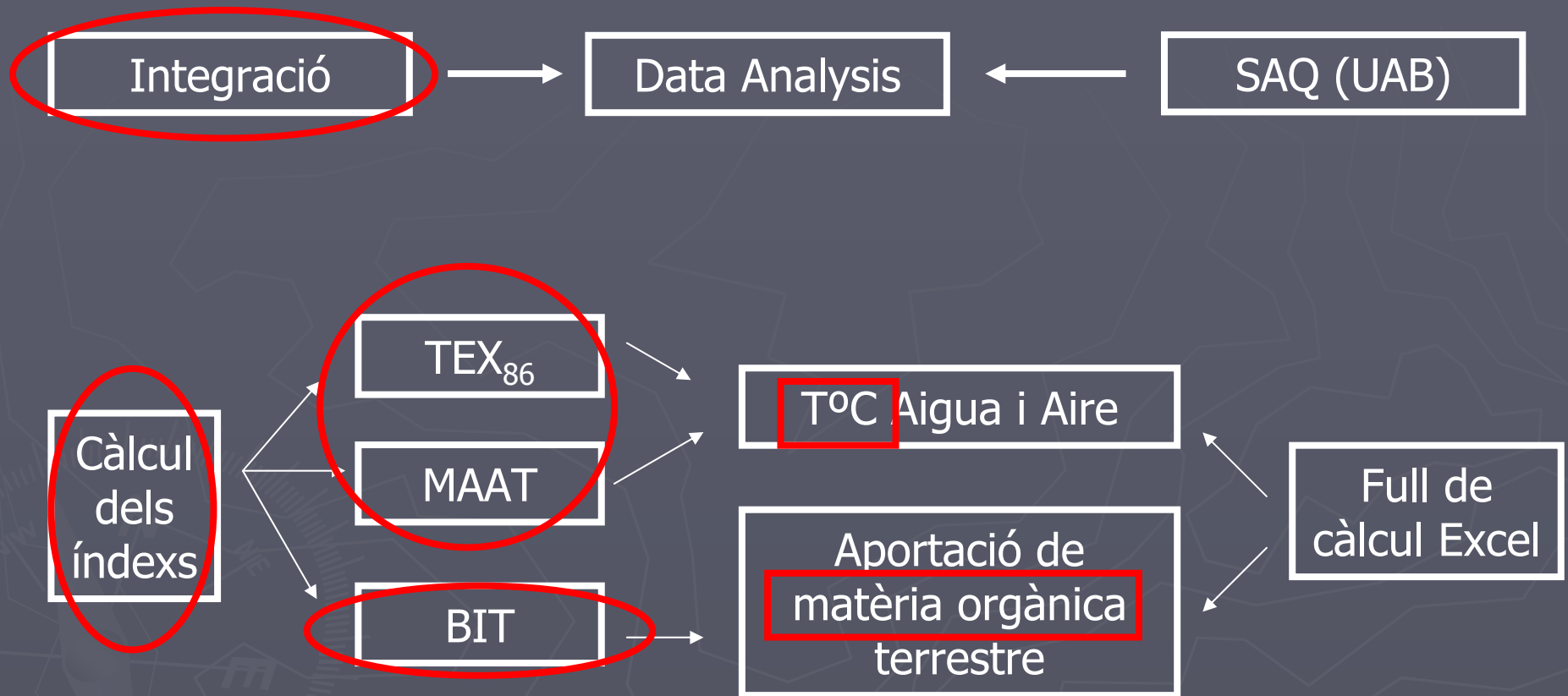
Espectròmetre de masses (*MS*) *Esquire*
3000 de trampa d'ions

30°C; columna *Prevail Cyano (Alltech)* reblerta de sílica modificada amb cianopropilsilà [2.1mm (Φ_{ic}) x 150 mm (ℓ) x 3µm (Φ_{mp})] $V_f = 0.3 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$. El·lució per gradient.

(Escala *et al.*, [r.p.n.]) 30°C; columna *Tracer Cyano (Alltech)* reblerta de sílica modificada amb cianopropilsilà [4 mm (Φ_{ic}) x 150 mm (ℓ) x 5µm (Φ_{mp})] $V_f = 1 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$. El·lució per gradient.

Injecció i detecció dels ions segons la seva proporció massa/càrrega (m/z)

2.2 Procés analític



Índex General

- ▶ 1. Introducció
- ▶ 2. Metodologia
- ▶ 3. Resultats
- ▶ 4. Discussió
- ▶ 5. Conclusions
- ▶ 6. Propostes de millora

3. Resultats

3.1 Augment de la resolució

3.2 Anàlisi de la fiabilitat de les dades

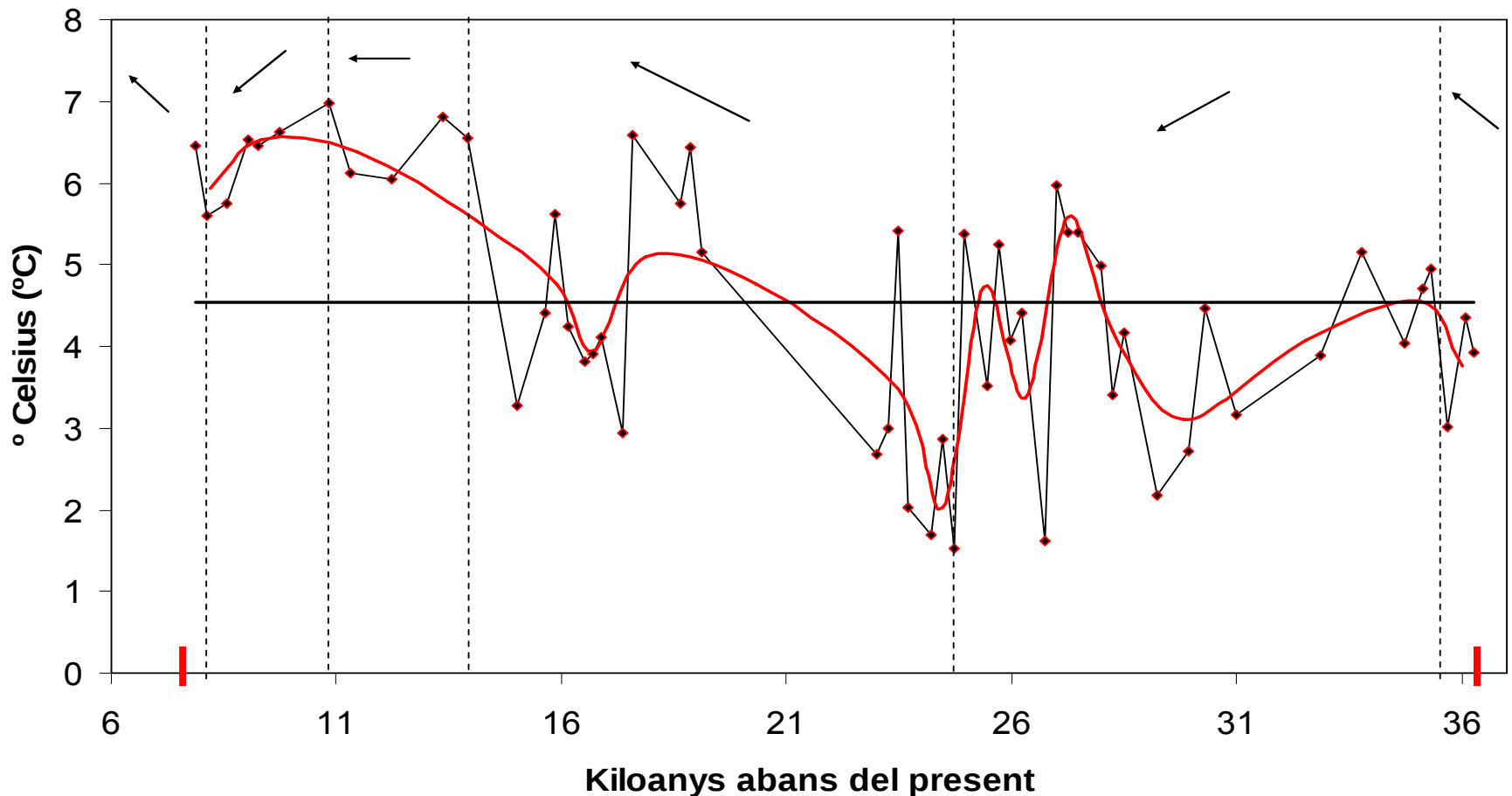
3.3 Resultats conjunts

3.1 Augment de la resolució

Temperatura superficial de l'aigua del llac Baikal (core CON-01-603-02)

TEX₈₆

Temperatura superficial del llac (LST) Baikal Nord 603-2



3.1 Augment de la resolució

Interval de temps: 36.3 als 7.9 Ka A.P.

Temperatura mitjana: 4.6°C

Precisió del mètode: 0.16°C

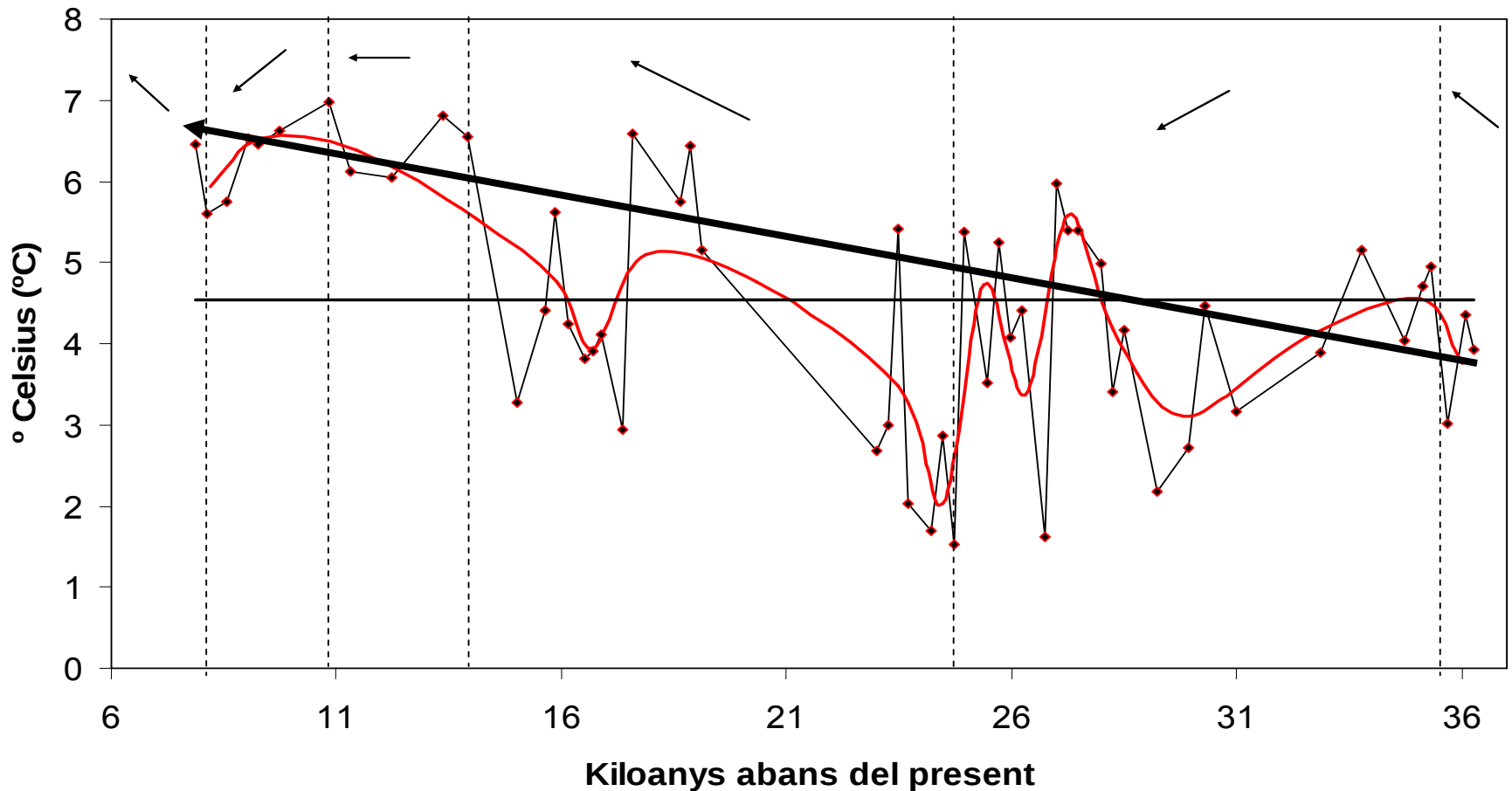
Tendència global a l'augment de la temperatura (2.6°C en 28.400 anys)

3.1 Augment de la resolució

Temperatura superficial de l'aigua del llac Baikal (core CON-01-603-02)

TEX₈₆

Temperatura superficial del llac (LST) Baikal Nord 603-2



3.1 Augment de la resolució

Interval de temps: 36.3 als 7.9 Ka A.P.

Temperatura mitjana: 4.6°C

Precisió del mètode: 0.16°C

Tendència global a l'augment de la temperatura (2.6°C en 28.400 anys)

Màxim 7.0°C (10.8 Ka A.P.)

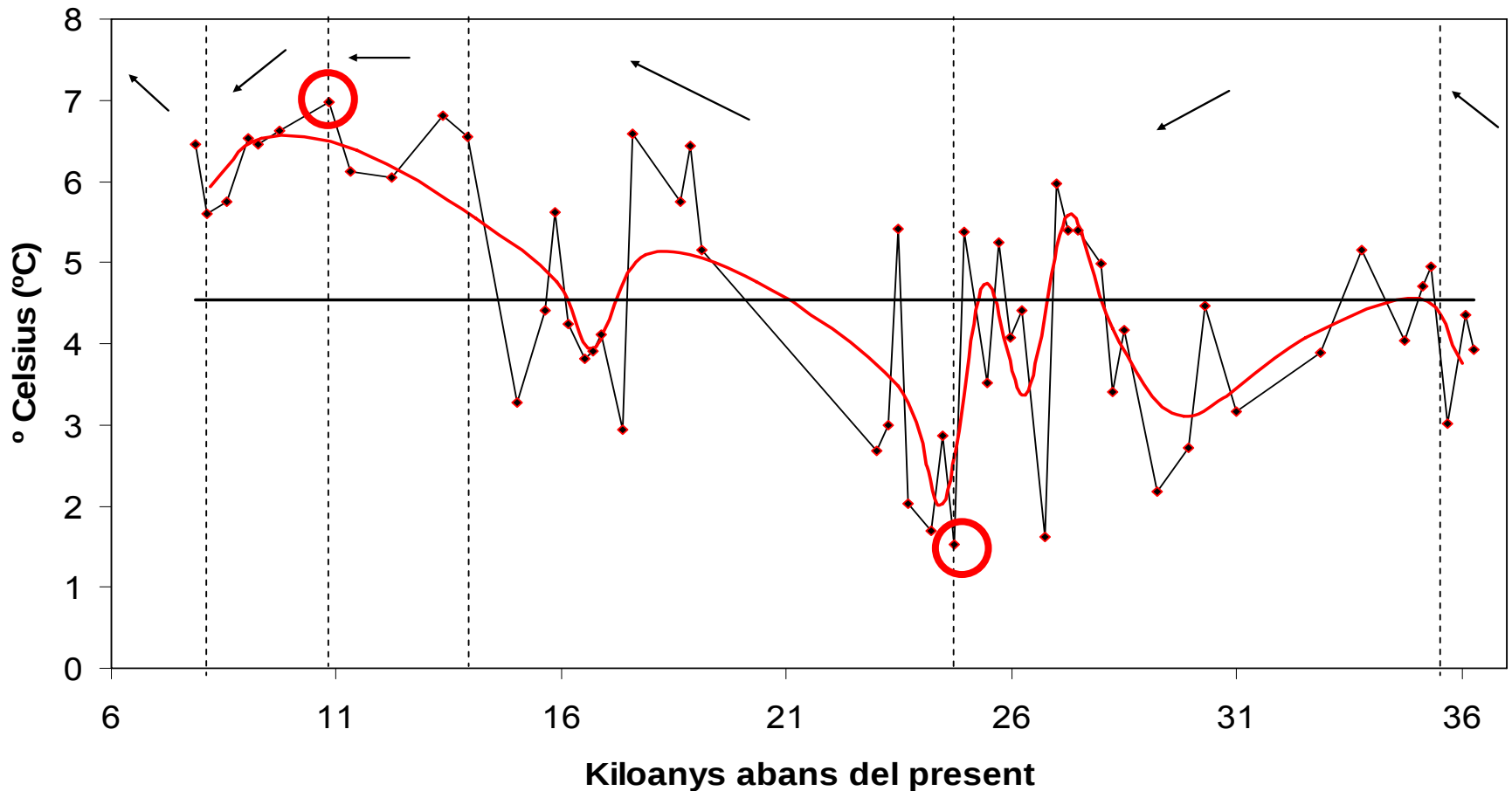
Mínim 1.5°C (24.7 Ka A.P.)

3.1 Augment de la resolució

Temperatura superficial de l'aigua del llac Baikal (core CON-01-603-02)

TEX₈₆

Temperatura superficial del llac (LST) Baikal Nord 603-2



3.1 Augment de la resolució

Interval de temps: 36.3 als 7.9 Ka A.P.

Temperatura mitjana: 4.6°C

Precisió del mètode: 0.16°C

Tendència global a l'augment de la temperatura (2.6°C en 28.400 anys)

Màxim 7.0°C (10.8 Ka A.P.)

Mínim 1.5°C (24.7 Ka A.P.)

Alta freqüència d'oscil·lacions, la màxima 5.5°C (24.7-10.8 Ka A.P.)

Valor de resolució global mitjà 348 anys; Màxim i mínim 957 i 21 anys

3.1 Augment de la resolució

Interval de temps: 36.3 als 7.9 Ka A.P.

Temperatura mitjana: 4.6°C

Precisió del mètode: 0.16°C

Tendència global a l'augment de la temperatura (2.6°C en 28.400 anys)

Màxim 7.0°C (10.8 Ka A.P.)

Mínim 1.5°C (24.7 Ka A.P.)

Alta freqüència d'oscil·lacions, la màxima 5.5°C (24.7-10.8 Ka A.P.)

Valor de resolució global mitjà 348 anys; Màxim i mínim 957 i 21 anys

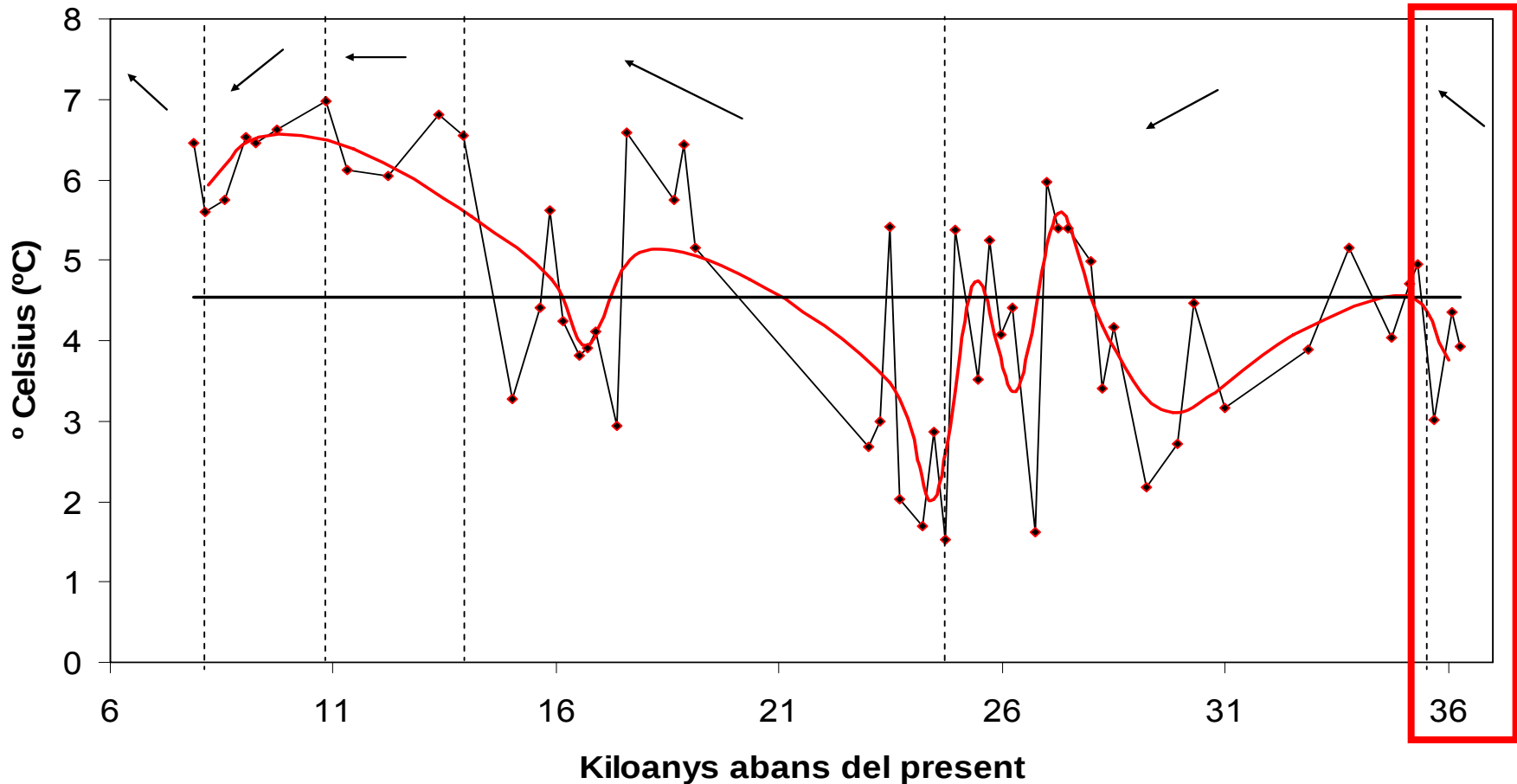
6 subperíodes segons la tendència local de la temperatura

3.1 Augment de la resolució

Temperatura superficial de l'aigua del llac Baikal (core CON-01-603-02)

TEX₈₆

Temperatura superficial del llac (LST) Baikal Nord 603-2

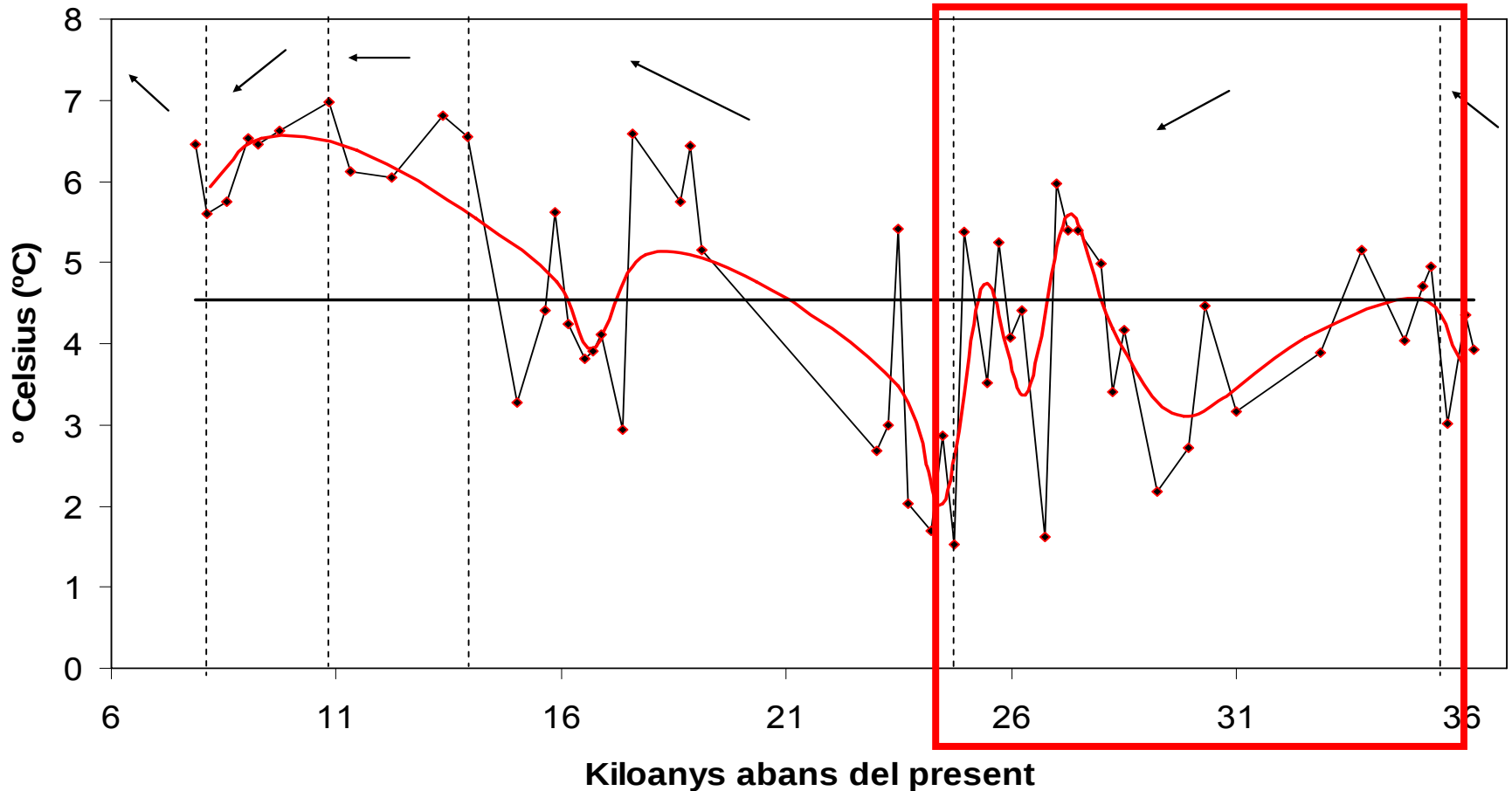


3.1 Augment de la resolució

Temperatura superficial de l'aigua del llac Baikal (core CON-01-603-02)

TEX₈₆

Temperatura superficial del llac (LST) Baikal Nord 603-2

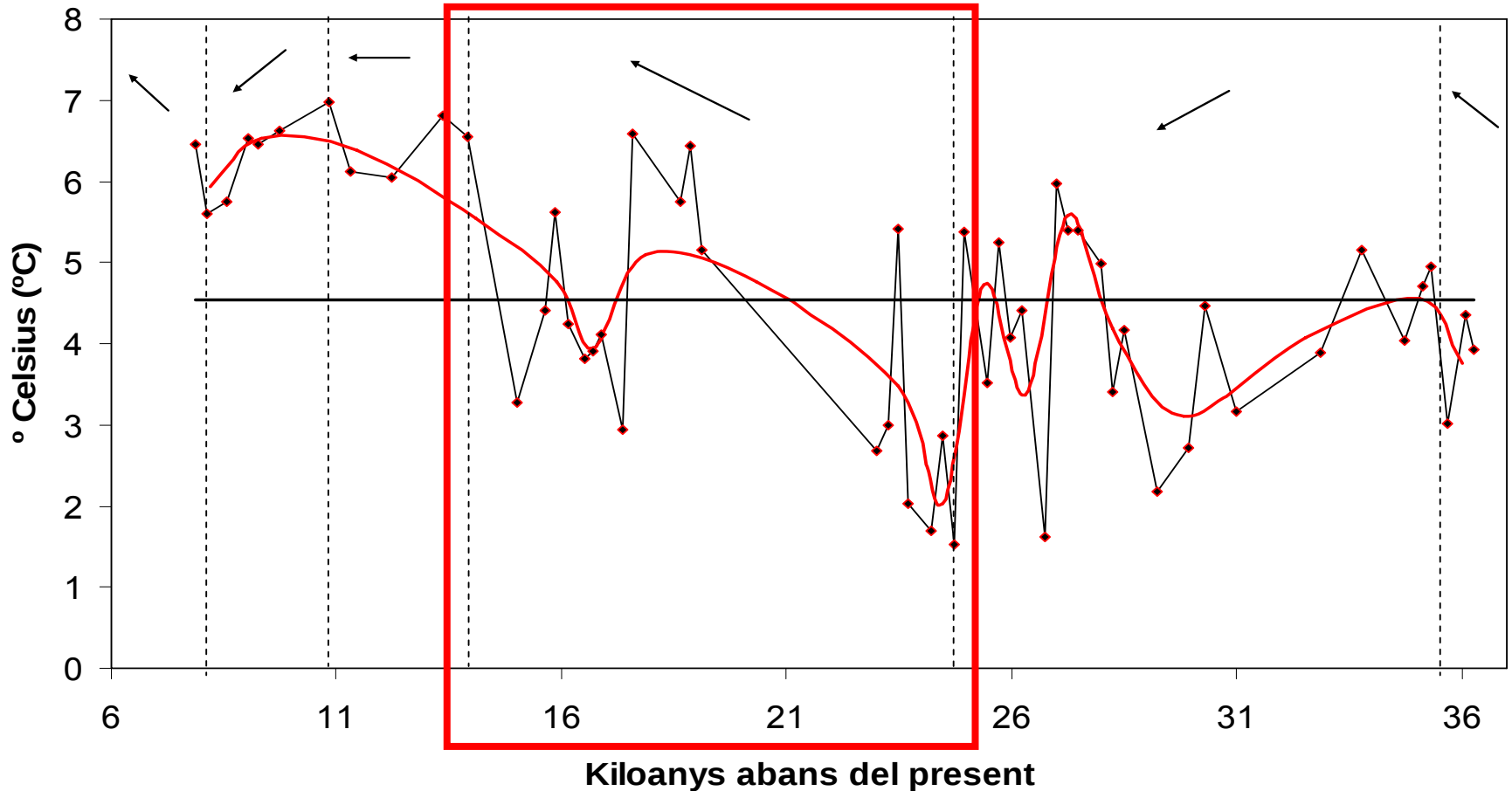


3.1 Augment de la resolució

Temperatura superficial de l'aigua del llac Baikal (core CON-01-603-02)

TEX₈₆

Temperatura superficial del llac (LST) Baikal Nord 603-2

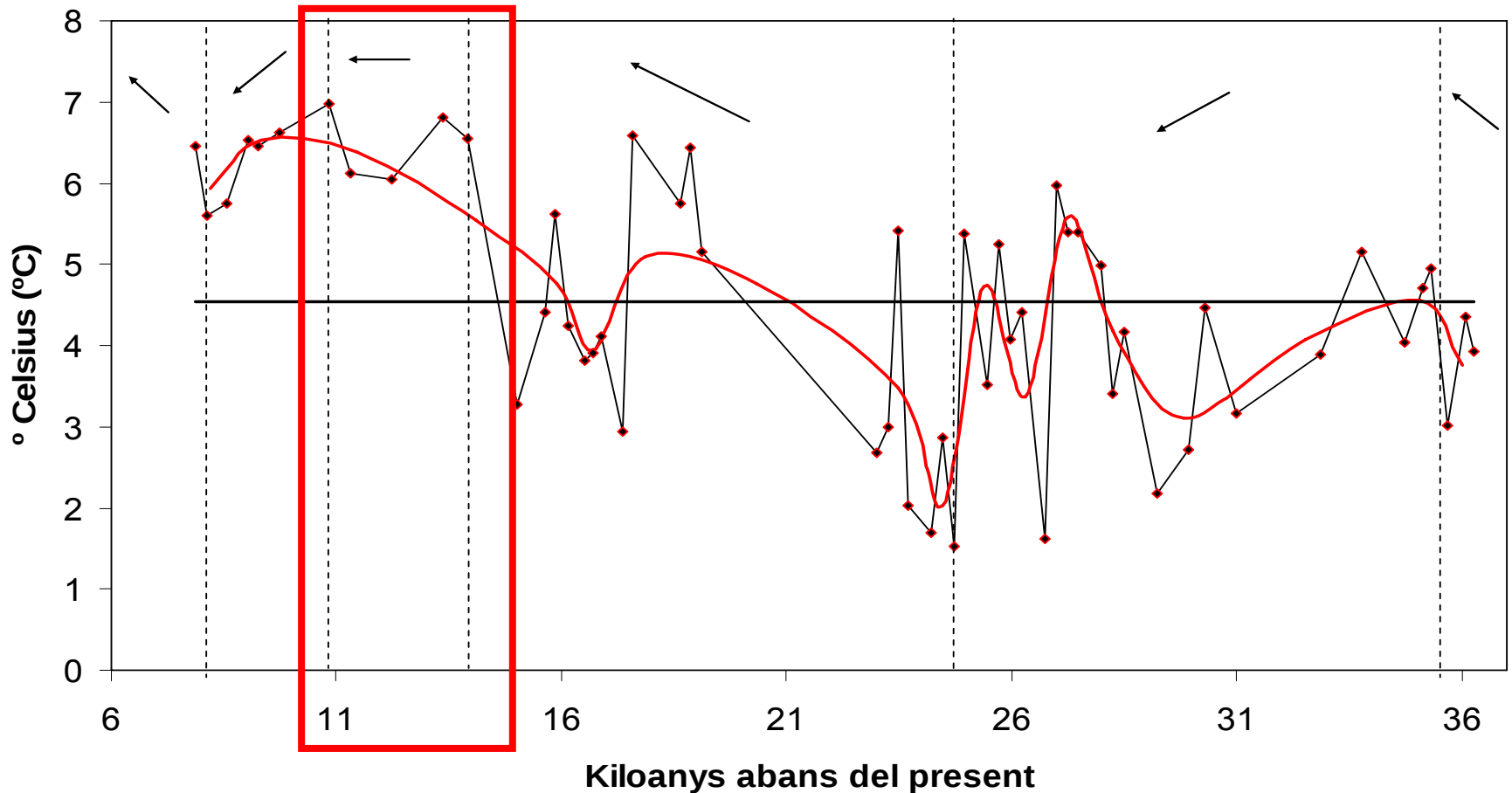


3.1 Augment de la resolució

Temperatura superficial de l'aigua del llac Baikal (core CON-01-603-02)

TEX₈₆

Temperatura superficial del llac (LST) Baikal Nord 603-2

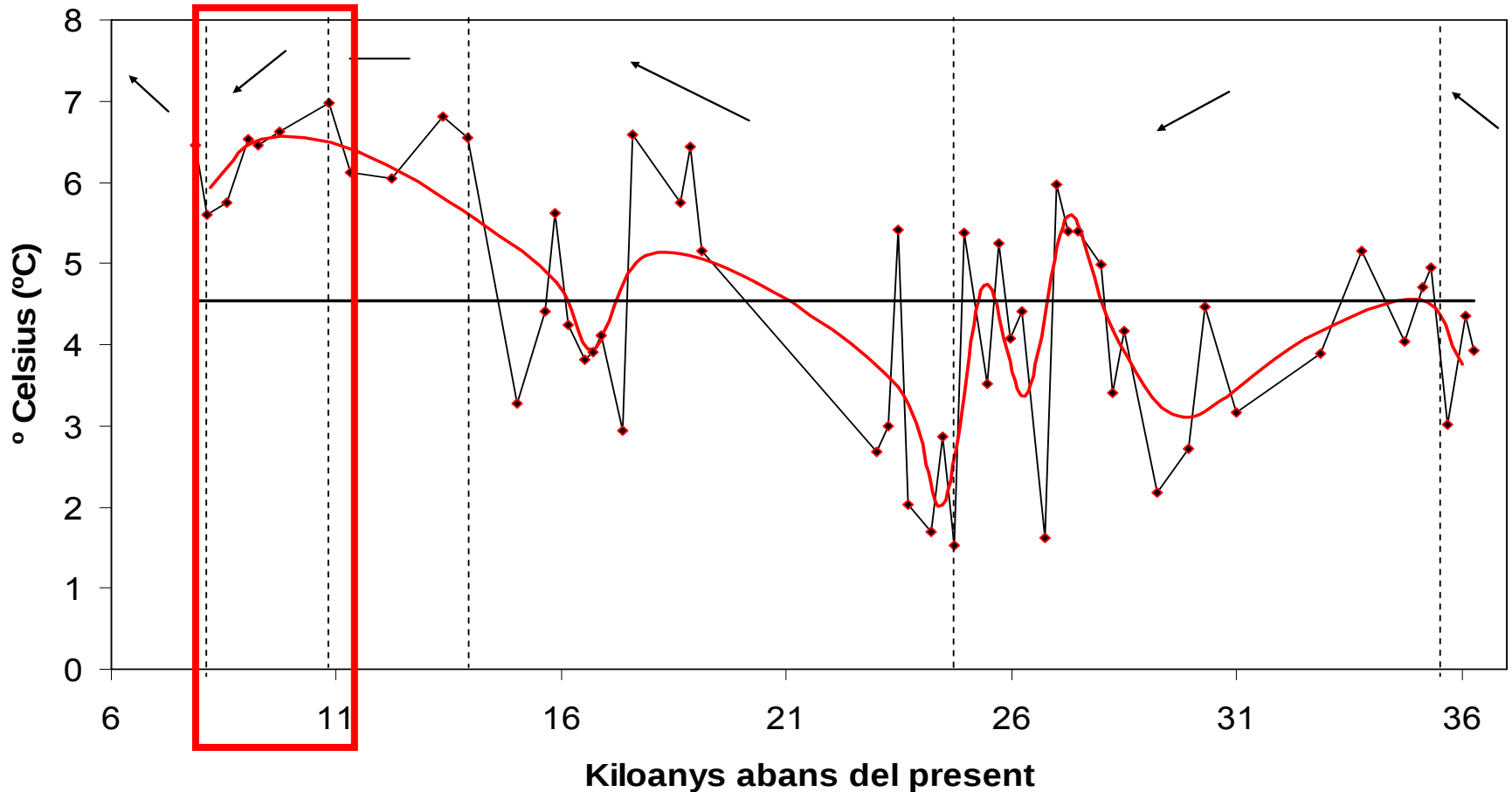


3.1 Augment de la resolució

Temperatura superficial de l'aigua del llac Baikal (core CON-01-603-02)

TEX₈₆

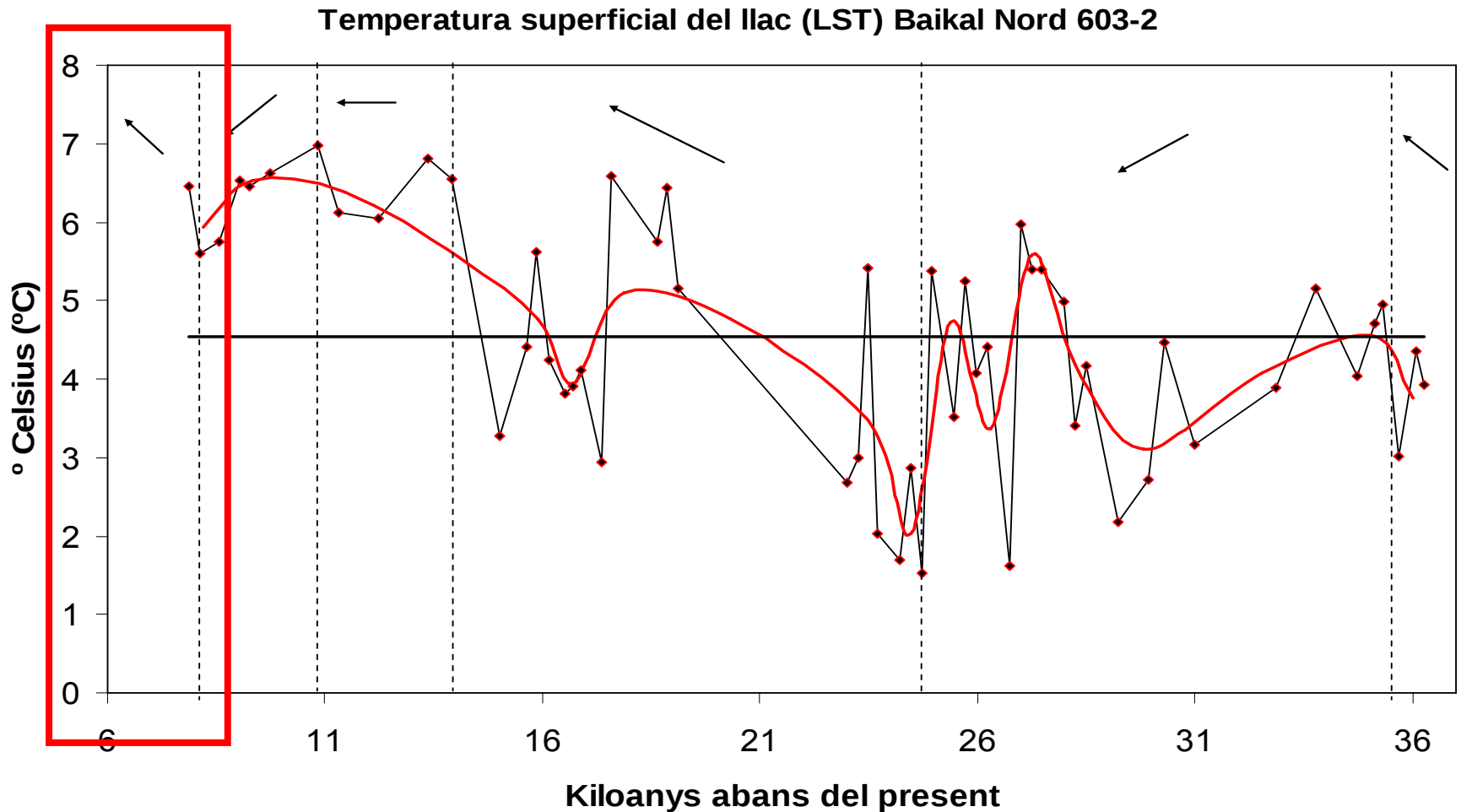
Temperatura superficial del llac (LST) Baikal Nord 603-2



3.1 Augment de la resolució

Temperatura superficial de l'aigua del llac Baikal (core CON-01-603-02)

TEX₈₆



3.1 Augment de la resolució

Interval de temps: 36.3 als 7.9 Ka A.P.

Temperatura mitjana: 4.6°C

Precisió del mètode: 0.16°C

Tendència global a l'augment de la temperatura (2.6°C en 28.400 anys)

Màxim 7.0°C (10.8 Ka A.P.)

Mínim 1.5°C (24.7 Ka A.P.)

Alta freqüència d'oscil·lacions, la màxima 5.5°C (24.7-10.8 Ka A.P.)

Valor de resolució global mitjà 348 anys; Màxim i mínim 957 i 21 anys

6 subperíodes segons la tendència local de la temperatura

Augment (36.3-35.3 Ka A.P.)

Descens (35.3-24.7 Ka A.P.)

Augment (24.7-13.3 Ka A.P.)

Estable (13.3-10.8 Ka A.P.)

Descens (10.8-8.1 Ka A.P.)

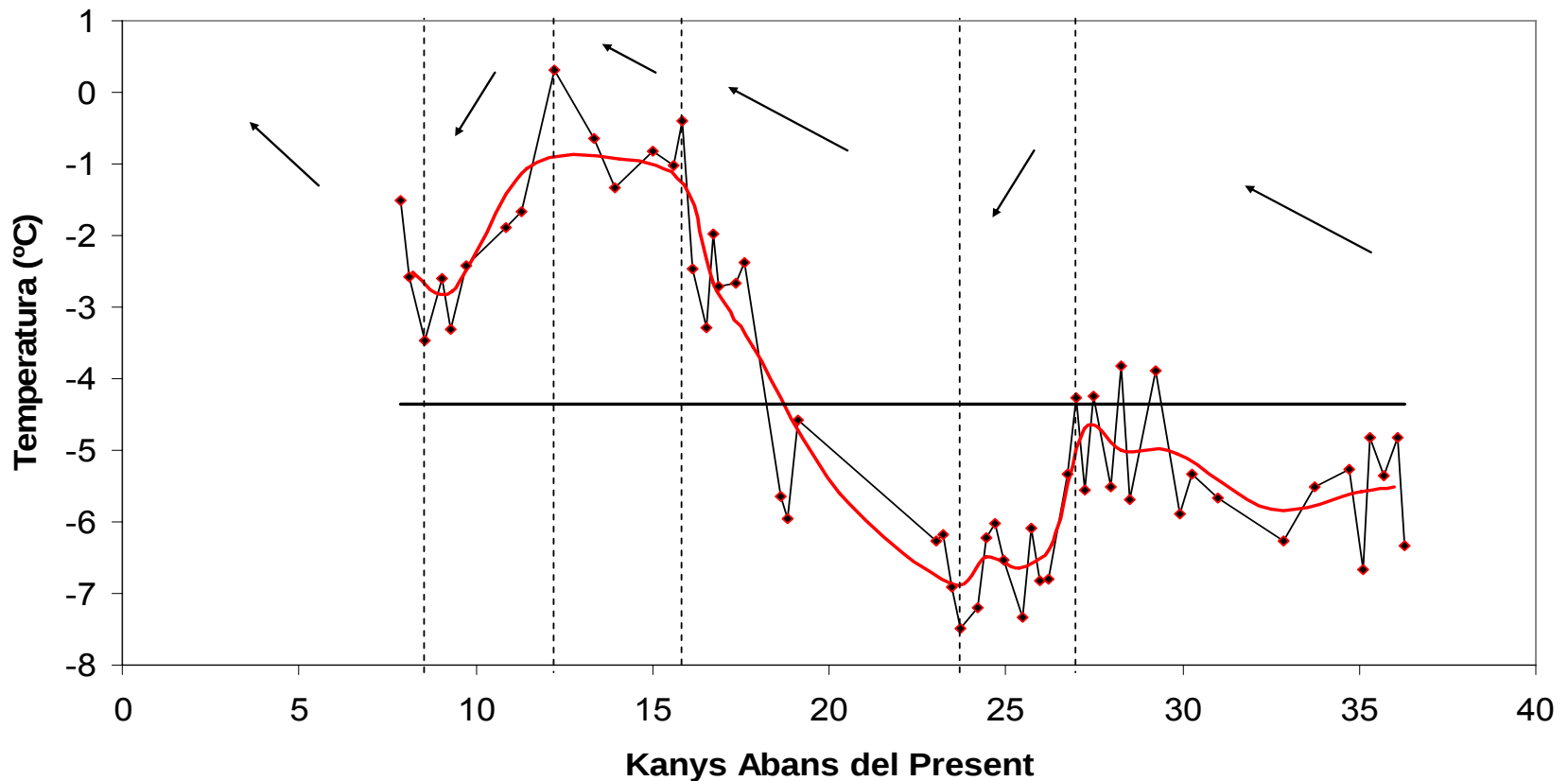
Augment (8.1-7.9 Ka A.P.)

3.1 Augment de la resolució

Temperatura de l'aire del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

MAAT

Temperatura de l'aire (MAAT) Baikal Nord 603-2



3.1 Augment de la resolució

Interval de temps: 36.3 als 7.9 Ka A.P.

Temperatura mitjana: -4.3°C

Precisió del mètode: 0.27°C

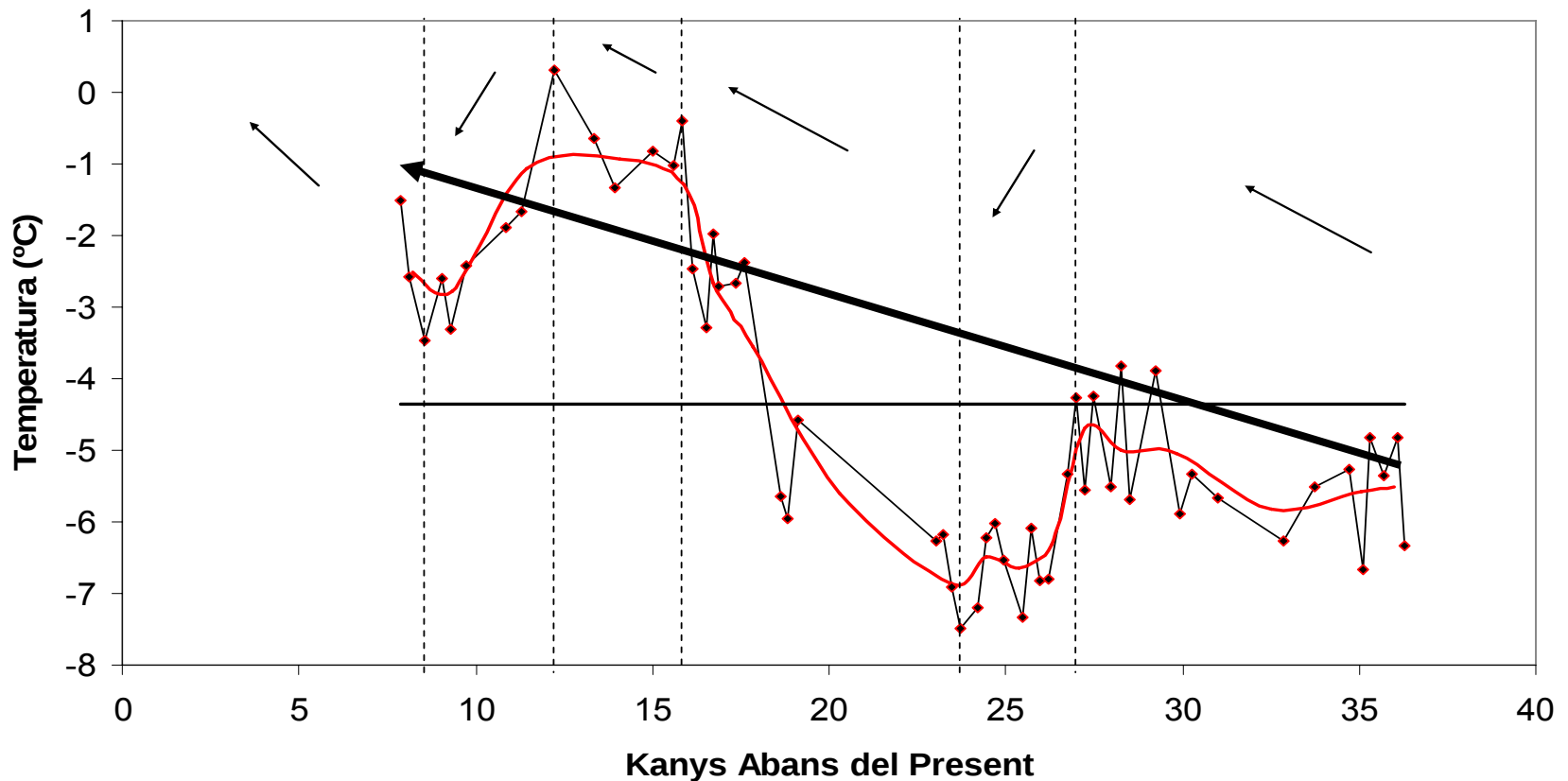
Tendència global a l'augment de la temperatura (4.8°C en 28.400 anys)

3.1 Augment de la resolució

Temperatura de l'aire del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

MAAT

Temperatura de l'aire (MAAT) Baikal Nord 603-2



3.1 Augment de la resolució

Interval de temps: 36.3 als 7.9 Ka A.P.

Temperatura mitjana: -4.3°C

Precisió del mètode: 0.27°C

Tendència global a l'augment de la temperatura (4.8°C en 28.400 anys)

Màxim 0.3°C (12.2 Ka A.P.)

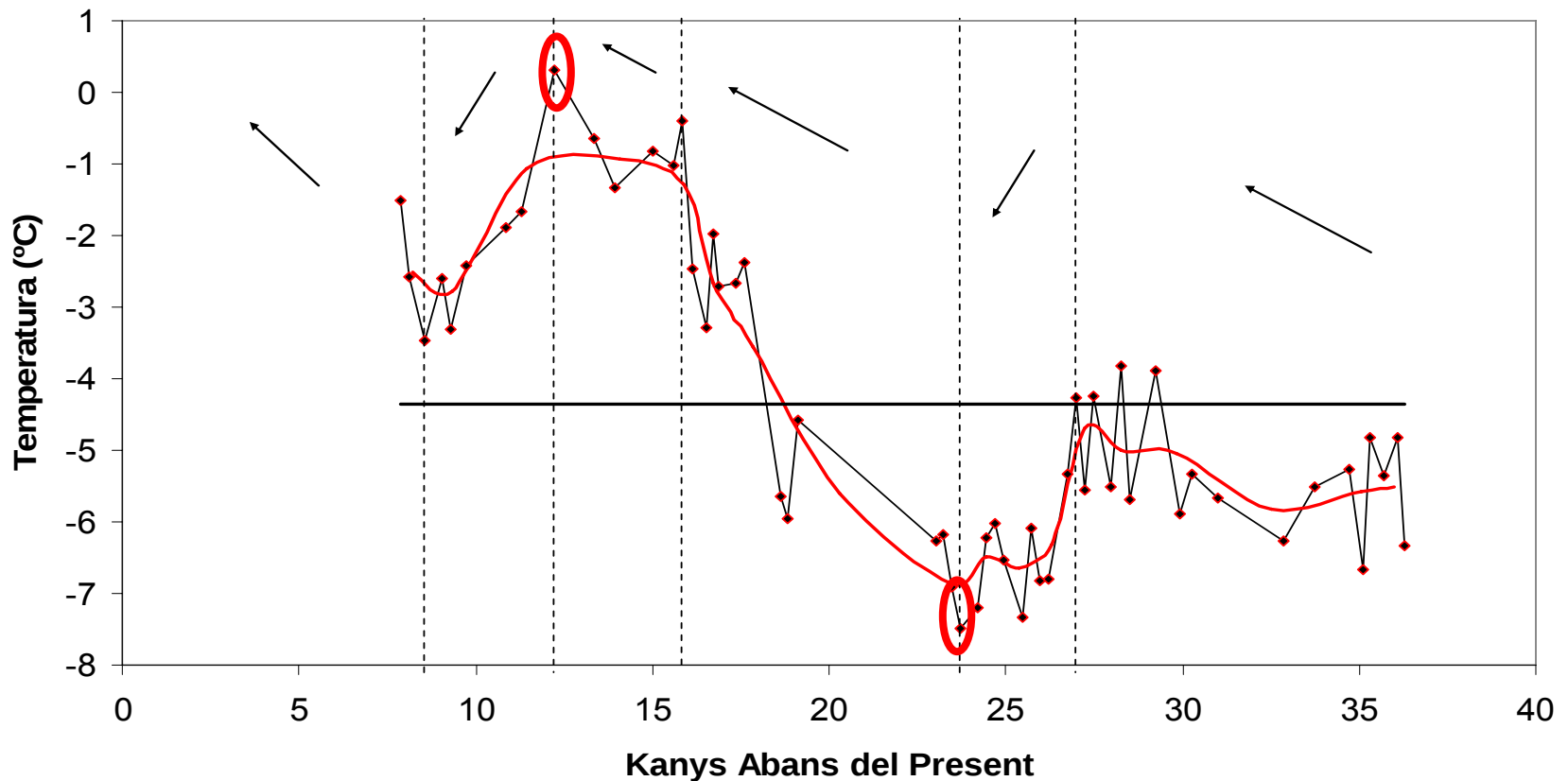
Mínim -7.5°C (23.7 Ka A.P.)

3.1 Augment de la resolució

Temperatura de l'aire del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

MAAT

Temperatura de l'aire (MAAT) Baikal Nord 603-2



3.1 Augment de la resolució

Interval de temps: 36.3 als 7.9 Ka A.P.

Temperatura mitjana: -4.3°C

Precisió del mètode: 0.27°C

Tendència global a l'augment de la temperatura (4.9°C en 28.400 anys)

Màxim 0.3°C (12.2 Ka A.P.)

Mínim -7.5°C (23.7 Ka A.P.)

Alta freqüència d'oscil·lacions, la màxima 7.8°C (23.7-12.2 Ka A.P.)

Valor de resolució global mitjà 348 anys; Màxim i mínim 957 i 21 anys

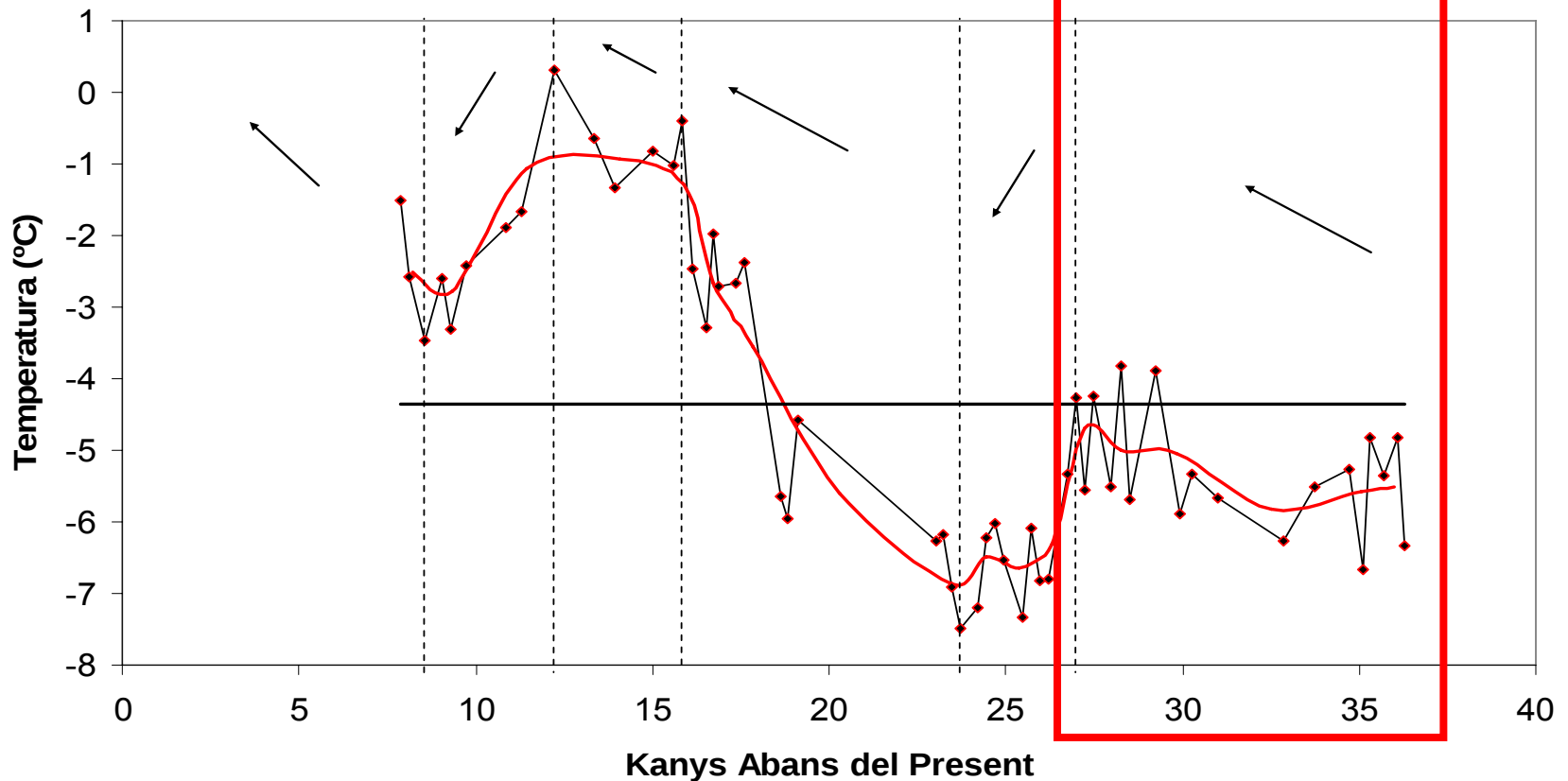
5 subperíodes segons la tendència local de la temperatura

3.1 Augment de la resolució

Temperatura de l'aire del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

MAAT

Temperatura de l'aire (MAAT) Baikal Nord 603-2

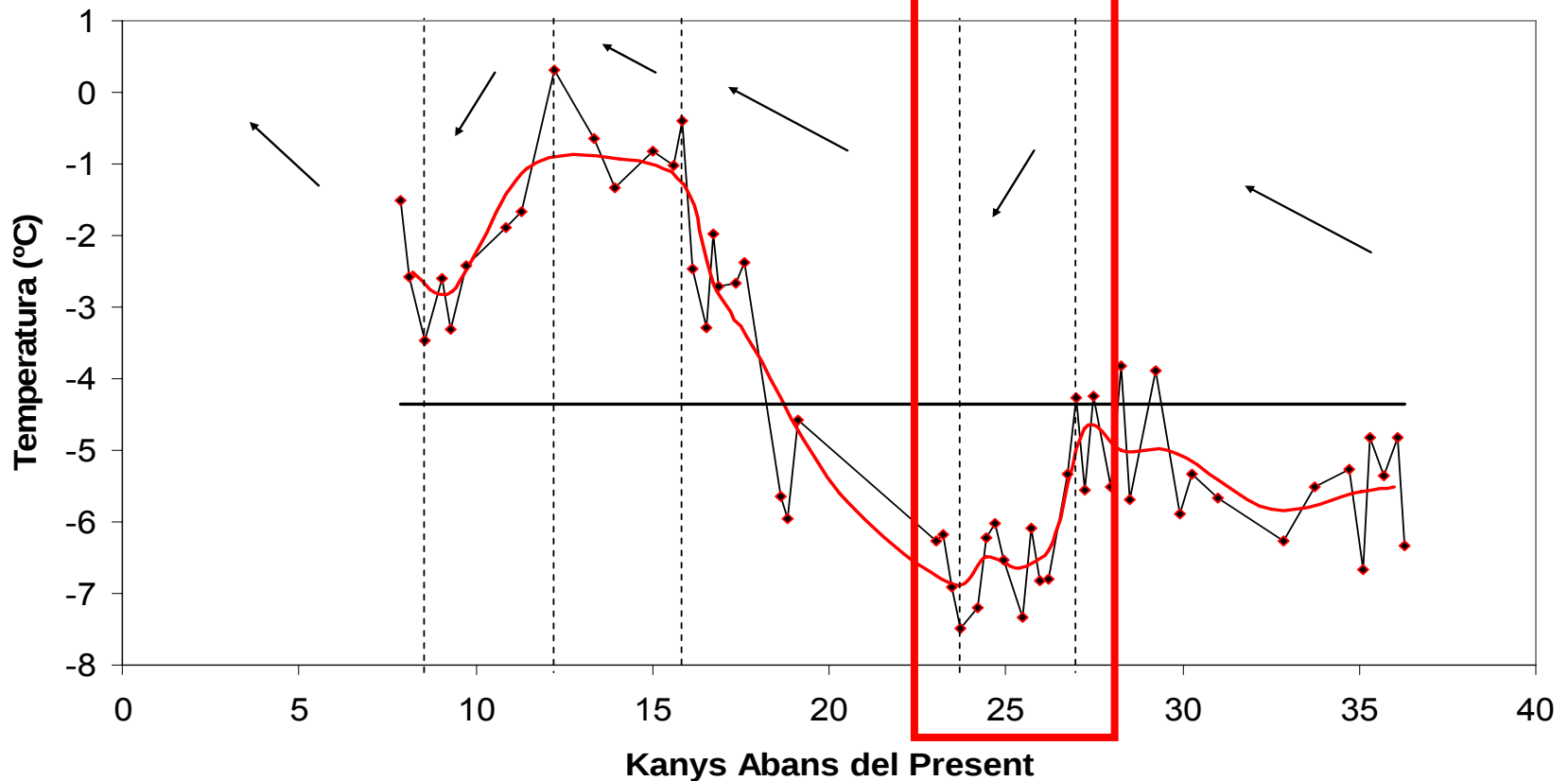


3.1 Augment de la resolució

Temperatura de l'aire del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

MAAT

Temperatura de l'aire (MAAT) Baikal Nord 603-2

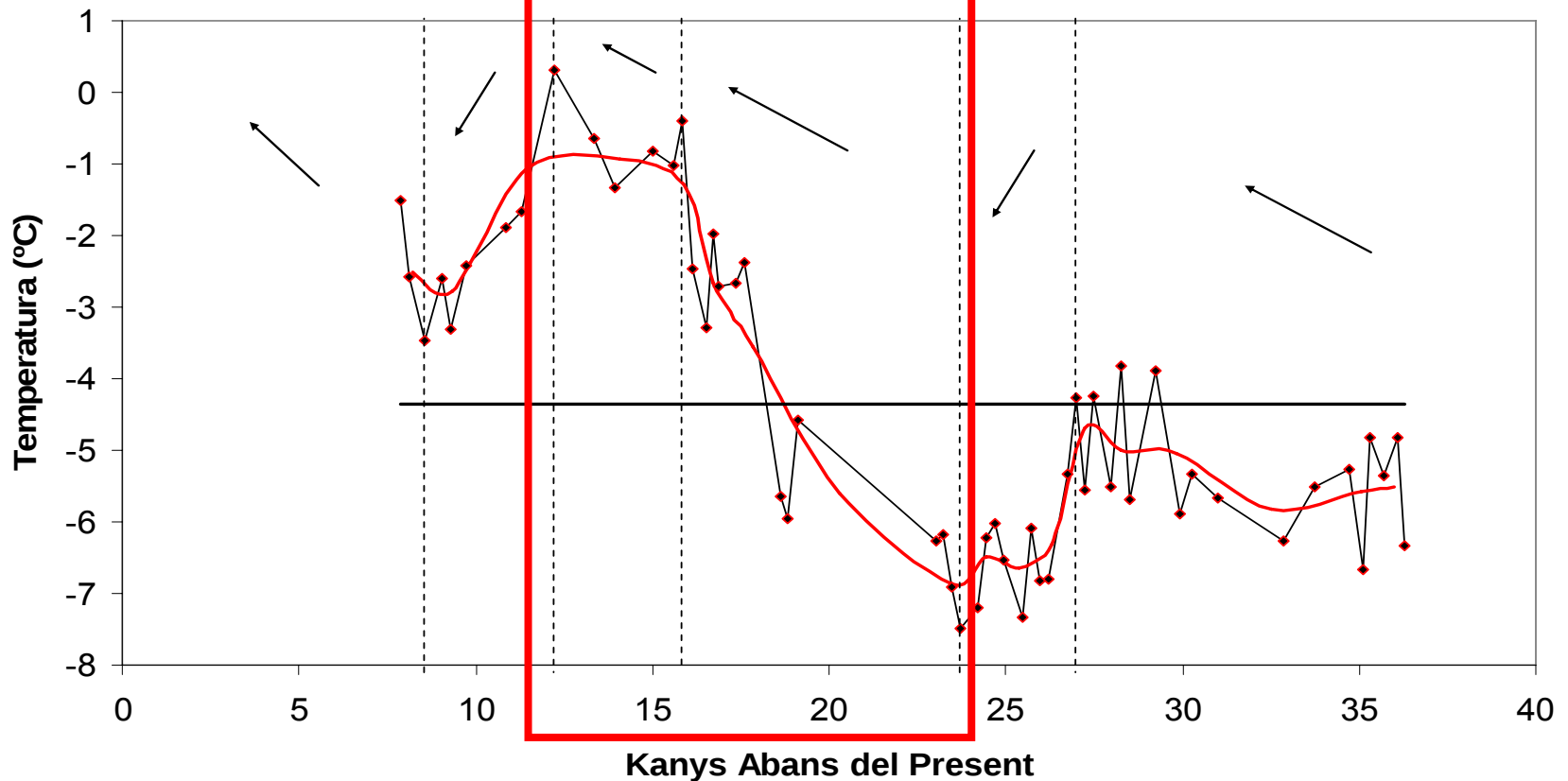


3.1 Augment de la resolució

Temperatura de l'aire del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

MAAT

Temperatura de l'aire (MAAT) Baikal Nord 603-2

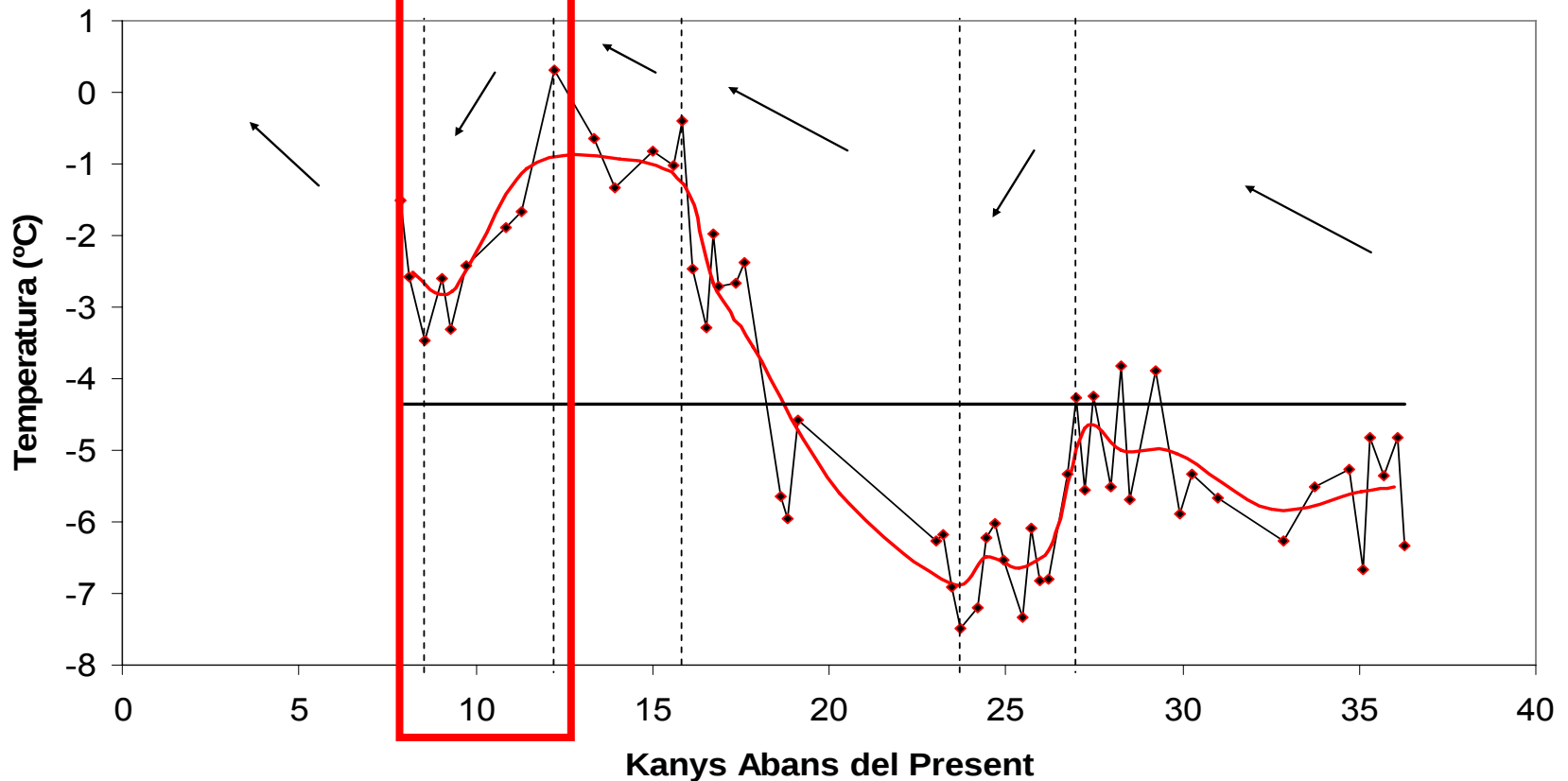


3.1 Augment de la resolució

Temperatura de l'aire del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

MAAT

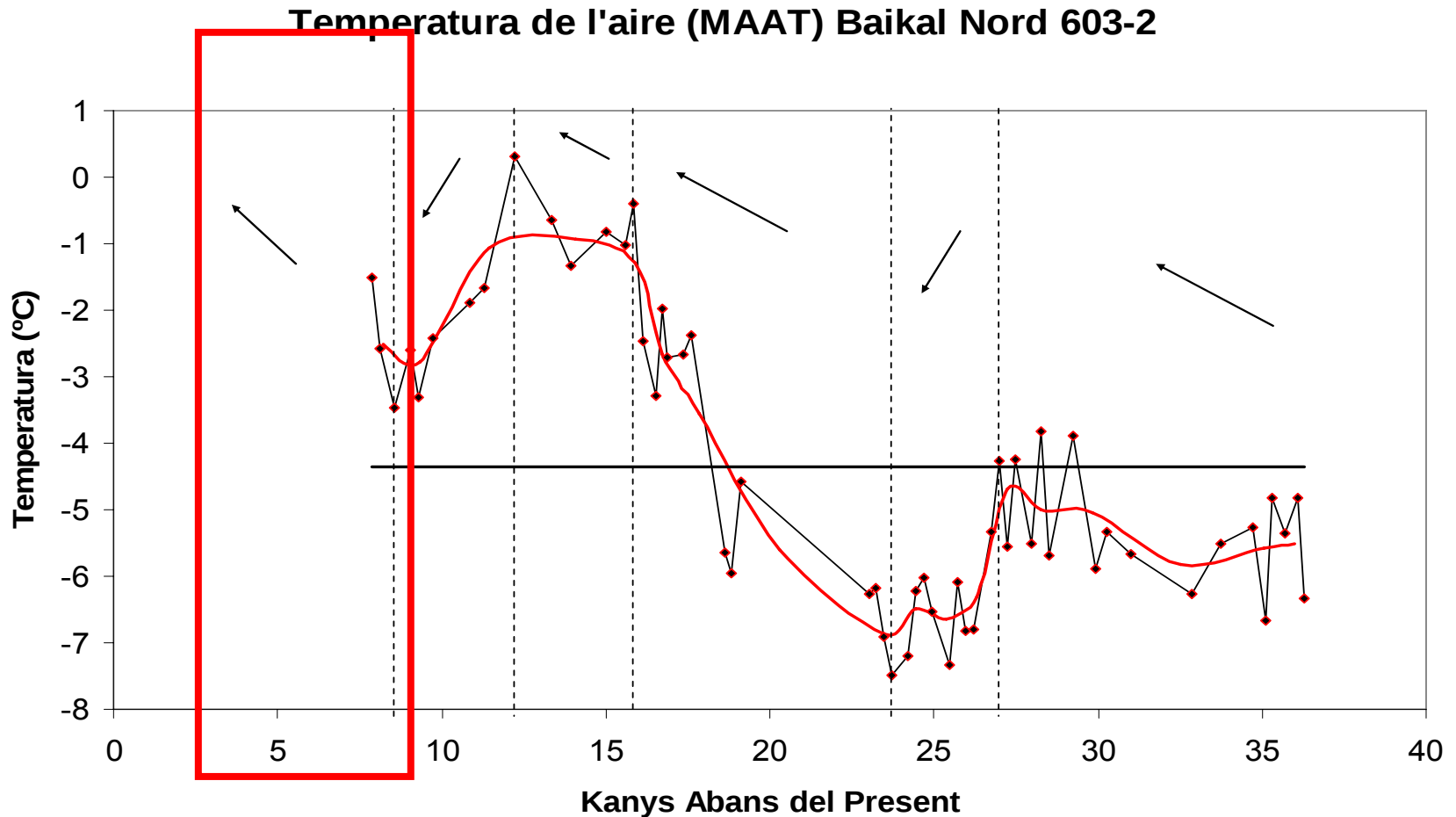
Temperatura de l'aire (MAAT) Baikal Nord 603-2



3.1 Augment de la resolució

Temperatura de l'aire del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

MAAT



3.1 Augment de la resolució

Interval de temps: 36.3 als 7.9 Ka A.P.

Temperatura mitjana: -4.3°C

Precisió del mètode: 0.27°C

Tendència global a l'augment de la temperatura (4.9°C en 28.400 anys)

Màxim 0.3°C (12.2 Ka A.P.)

Mínim -7.5°C (23.7 Ka A.P.)

Alta freqüència d'oscil·lacions, la màxima 7.8°C (23.7-12.2 Ka A.P.)

Valor de resolució global mitjà 348 anys; Màxim i mínim 957 i 21 anys

5 subperíodes segons la tendència local de la temperatura

Augment (36.3-26.9 Ka A.P.)

Descens (26.9-23.7 Ka A.P.)

Augment (23.7-12.2 Ka A.P.)

Descens (12.2-8.6 Ka A.P.)

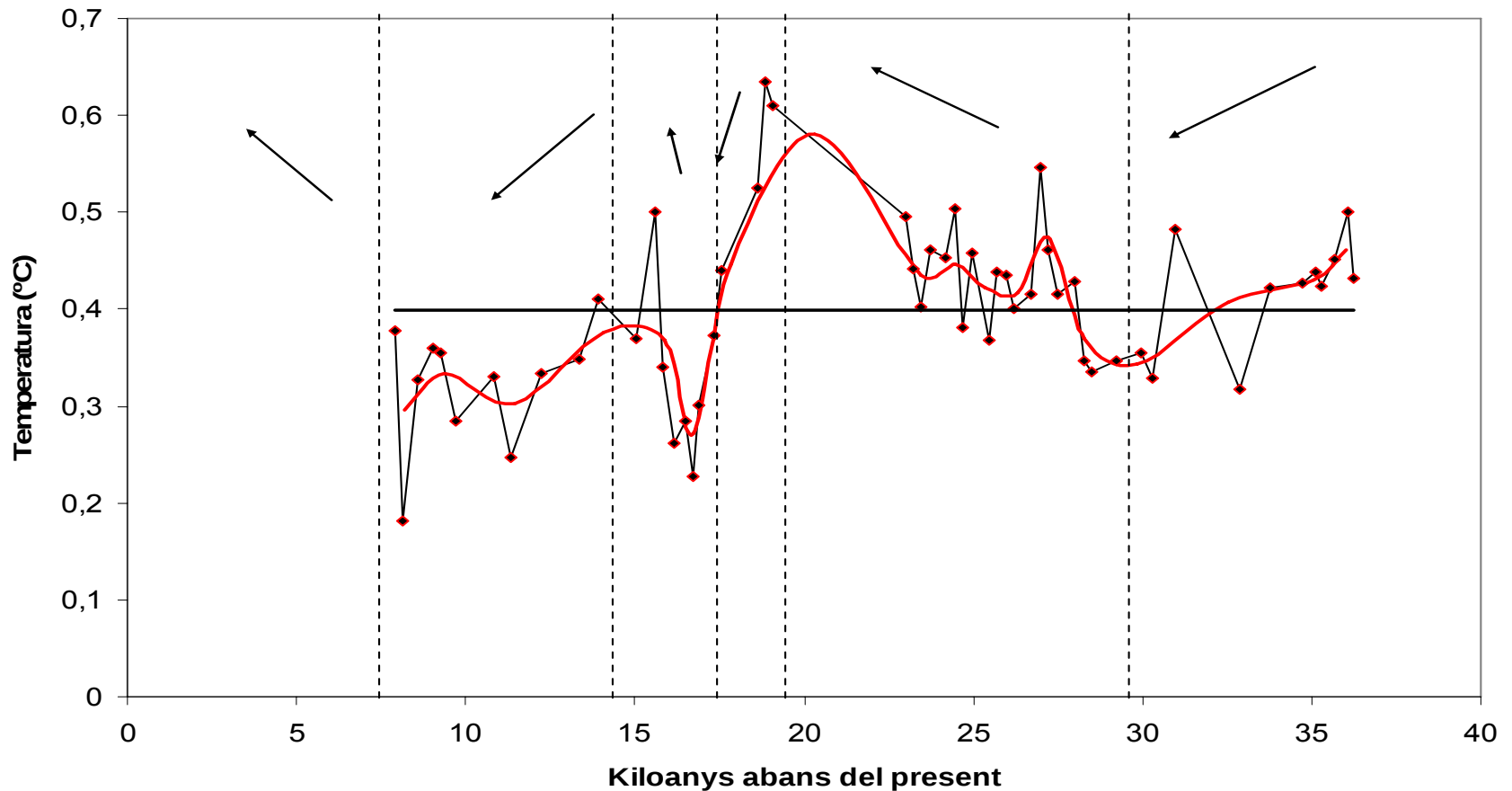
Augment (8.6-7.9 Ka A.P.)

3.1 Augment de la resolució

Índex BIT del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

BIT

Índex BIT Baikal Conca Nord 603-02



3.1 Augment de la resolució

Interval de temps: 36.3 als 7.9 Ka A.P.

Valor del BIT mitjà: 0.38

Precisió del mètode: 0.01

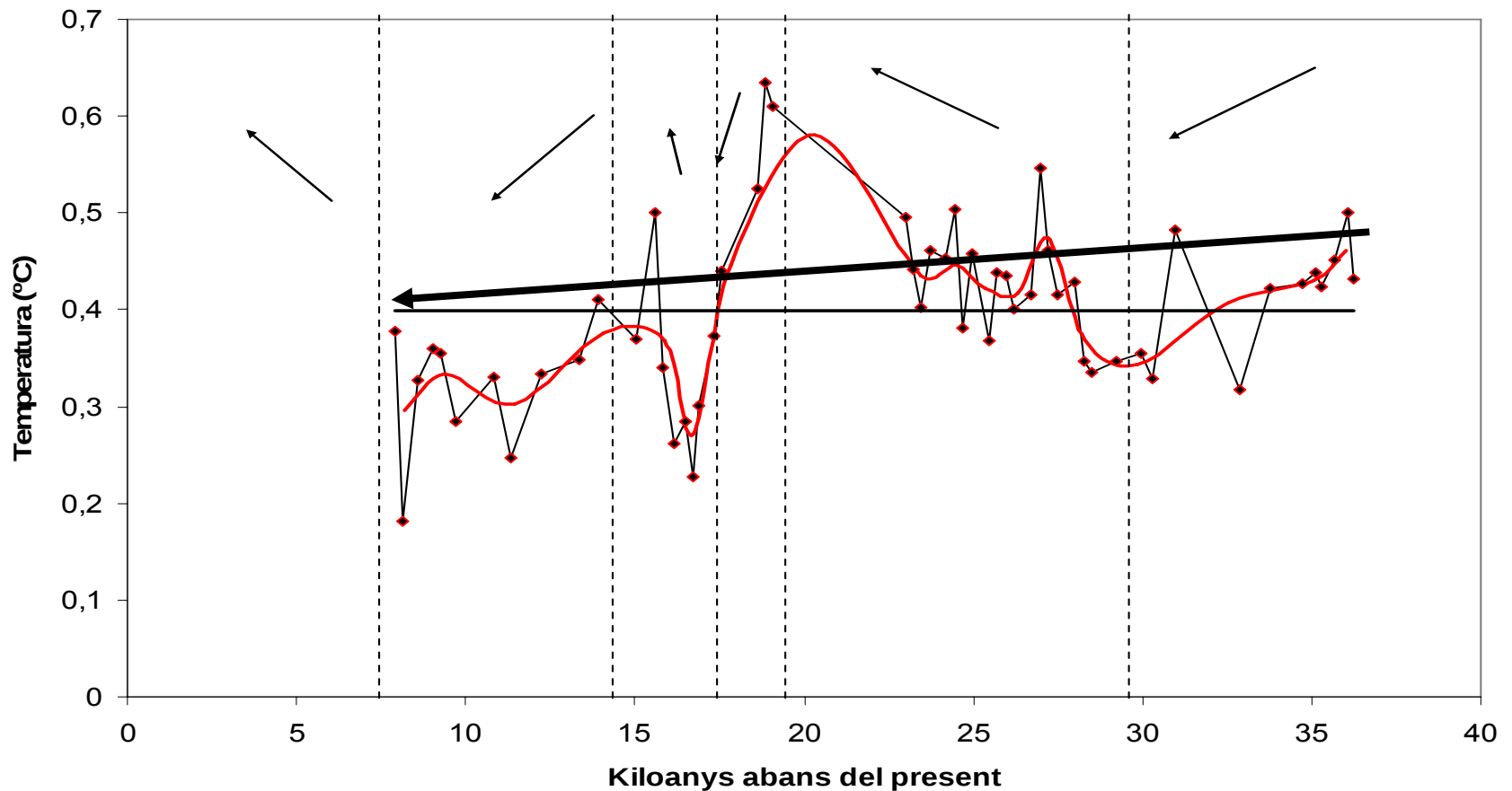
Tendència global a la
disminució del valor del BIT
(de rang 0.06 en 28.400 anys)

3.1 Augment de la resolució

Índex BIT del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

BIT

Índex BIT Baikal Conca Nord 603-02



3.1 Augment de la resolució

Interval de temps: 36.3 als 7.9 Ka A.P.

Valor del BIT mitjà: 0.38

Precisió del mètode: 0.01

Tendència global a la disminució del valor del BIT (de rang 0.06 en 28.400 anys)

Màxim 0.63 (18.8 Ka A.P.)

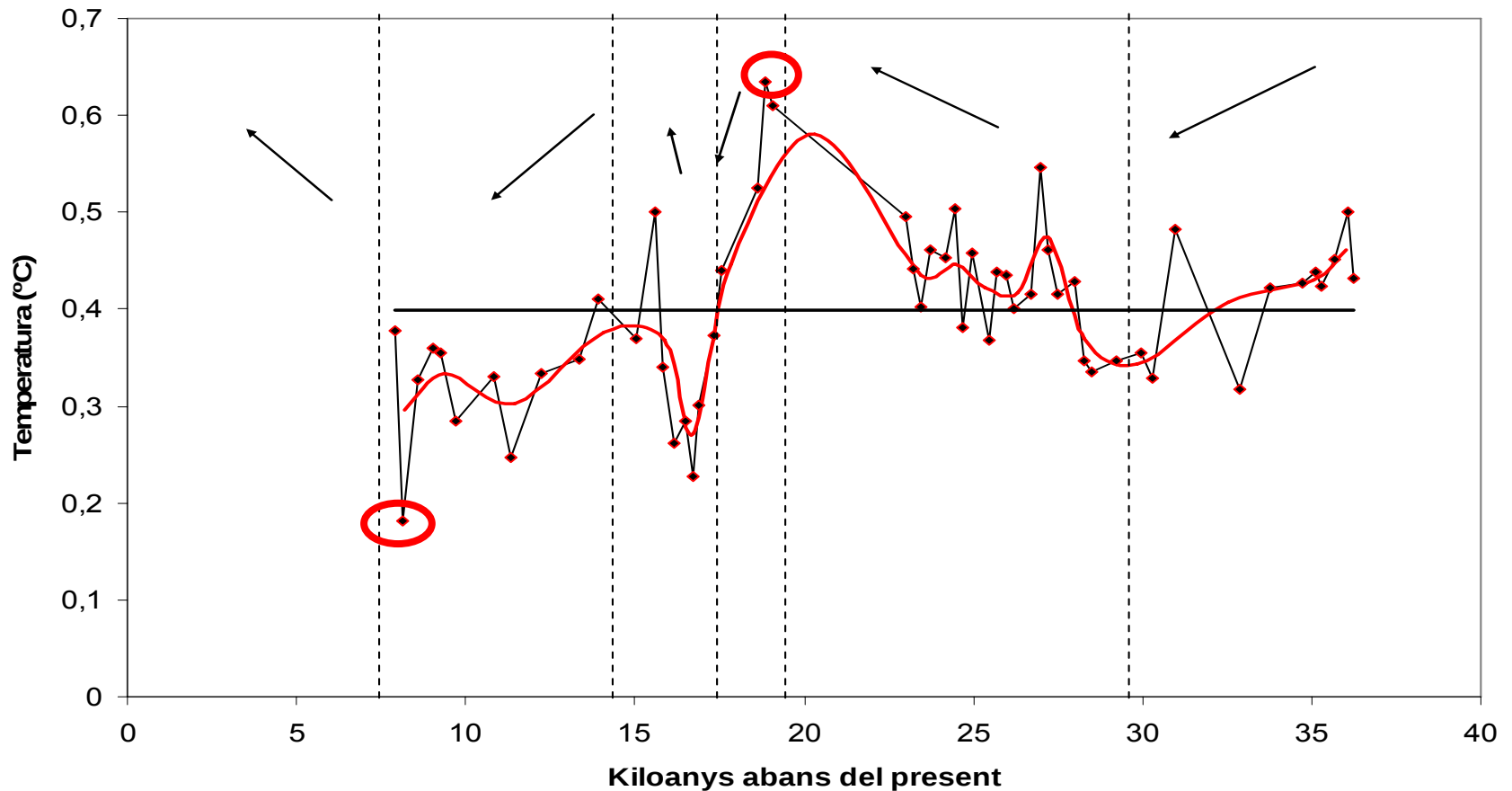
Mínim 0.18 (8.1 Ka A.P.)

3.1 Augment de la resolució

Índex BIT del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

BIT

Índex BIT Baikal Conca Nord 603-02



3.1 Augment de la resolució

Interval de temps: 36.3 als 7.9 Ka A.P.

Valor del BIT mitjà: 0.38

Precisió del mètode: 0.01

Tendència global a la disminució del valor del BIT (de rang 0.06 en 28.400 anys)

Màxim 0.63 (18.8 Ka A.P.)

Mínim 0.18 (8.1 Ka A.P.)

Alta freqüència d'oscil·lacions, la màxima 0.33 (28.5-18.8 Ka A.P.)

Valor de resolució global mitjà 348 anys; Màxim i mínim 957 i 21 anys

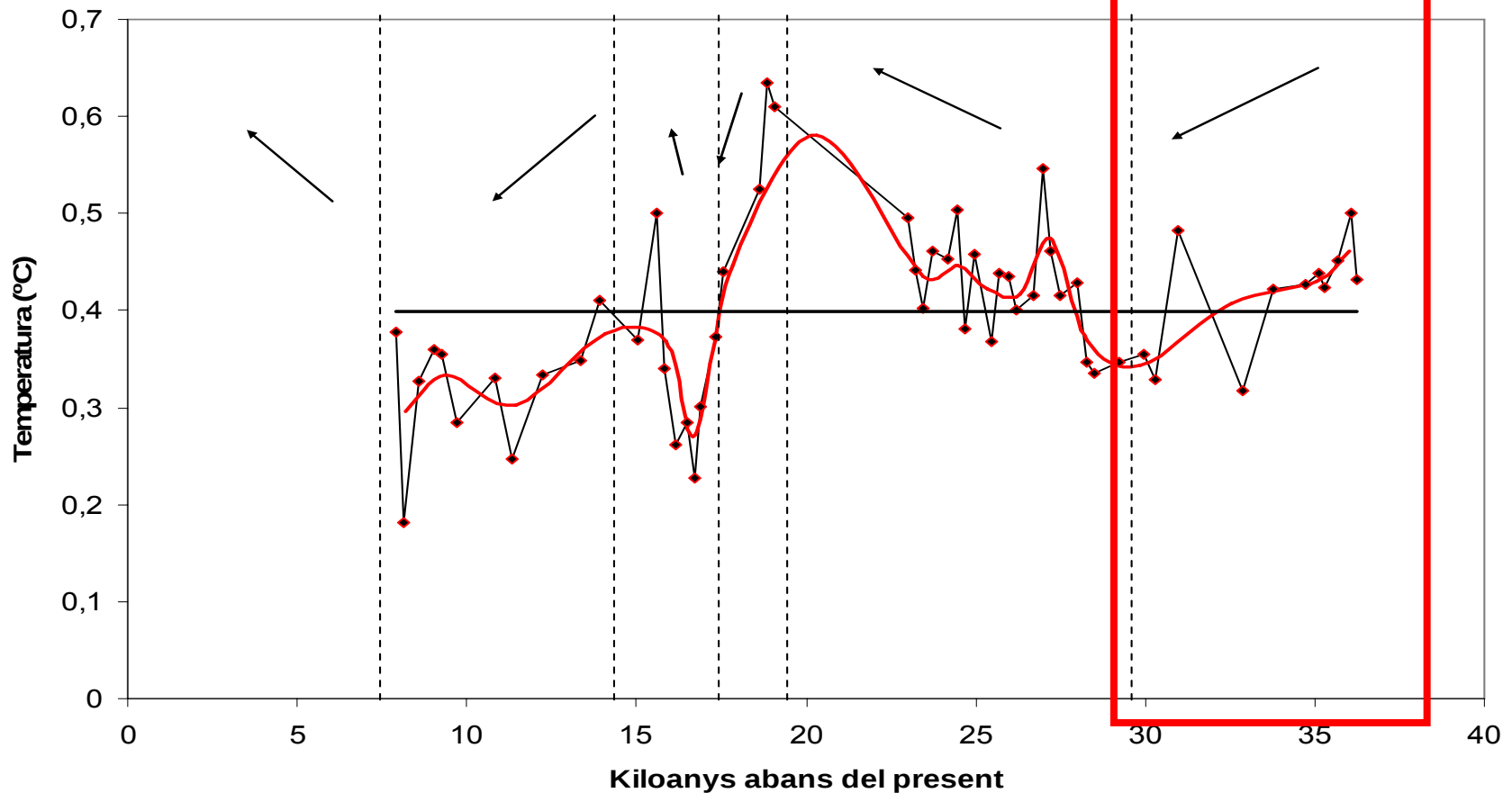
6 subperíodes segons la tendència local del BIT

3.1 Augment de la resolució

Índex BIT del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

BIT

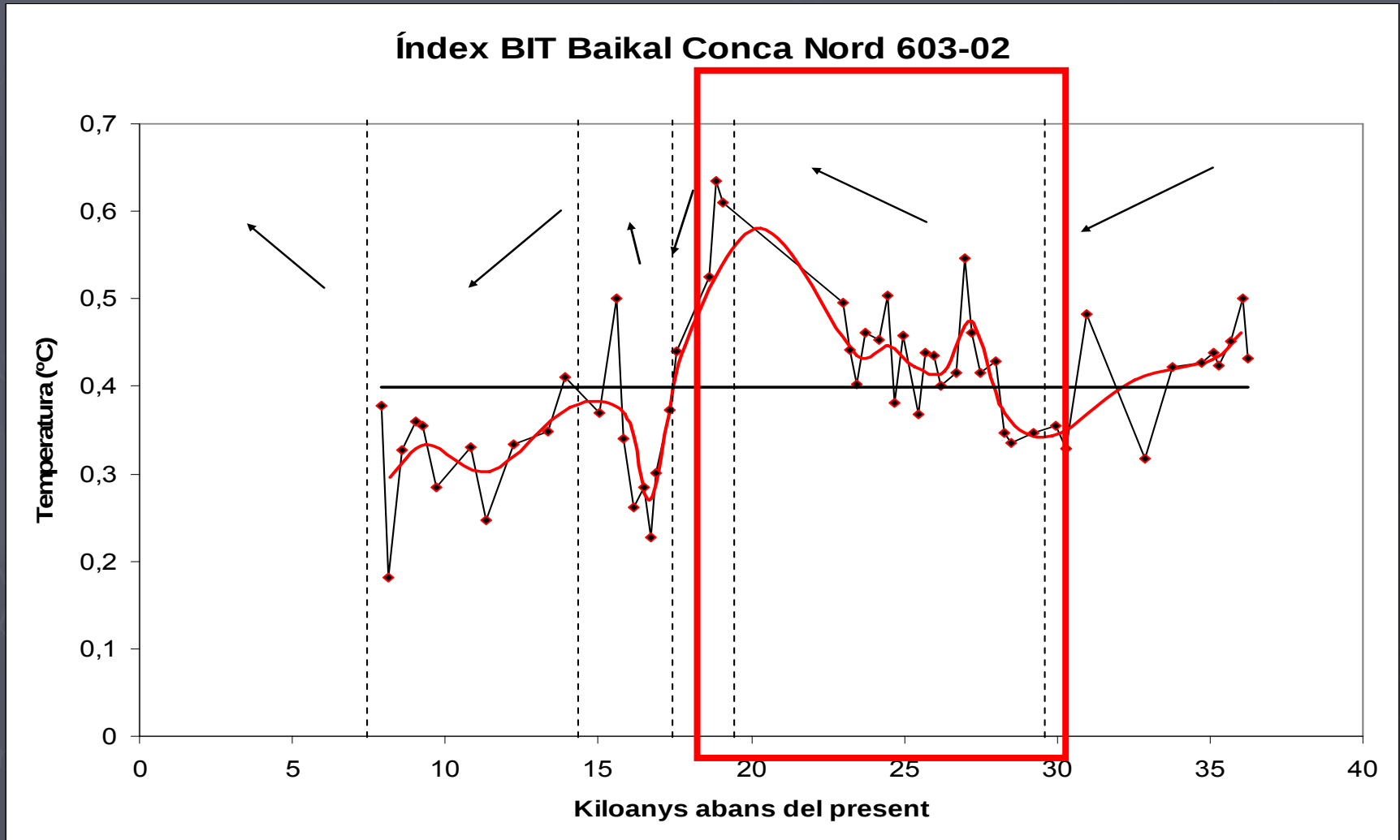
Índex BIT Baikal Conca Nord 603-02



3.1 Augment de la resolució

Índex BIT del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

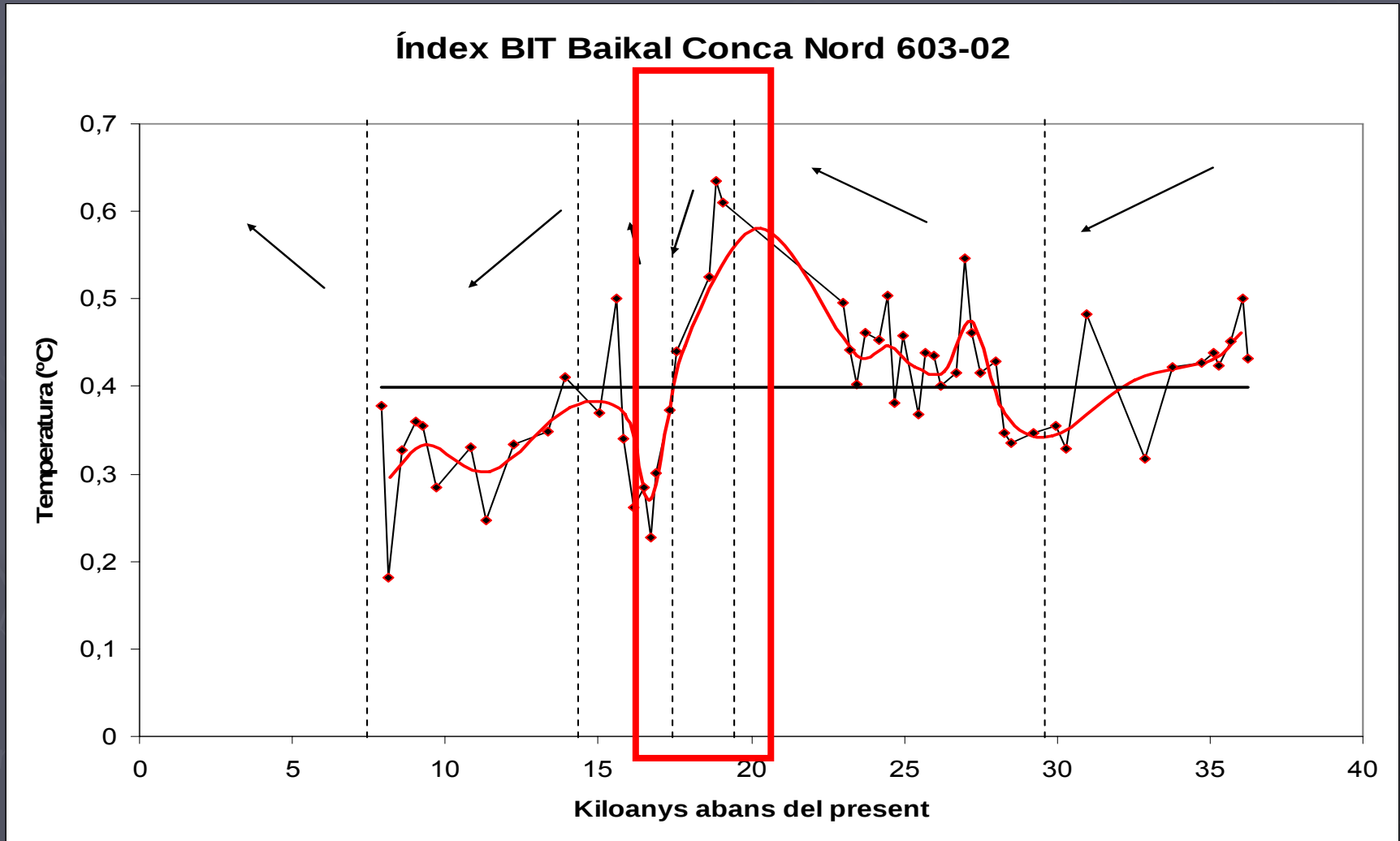
BIT



3.1 Augment de la resolució

Índex BIT del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

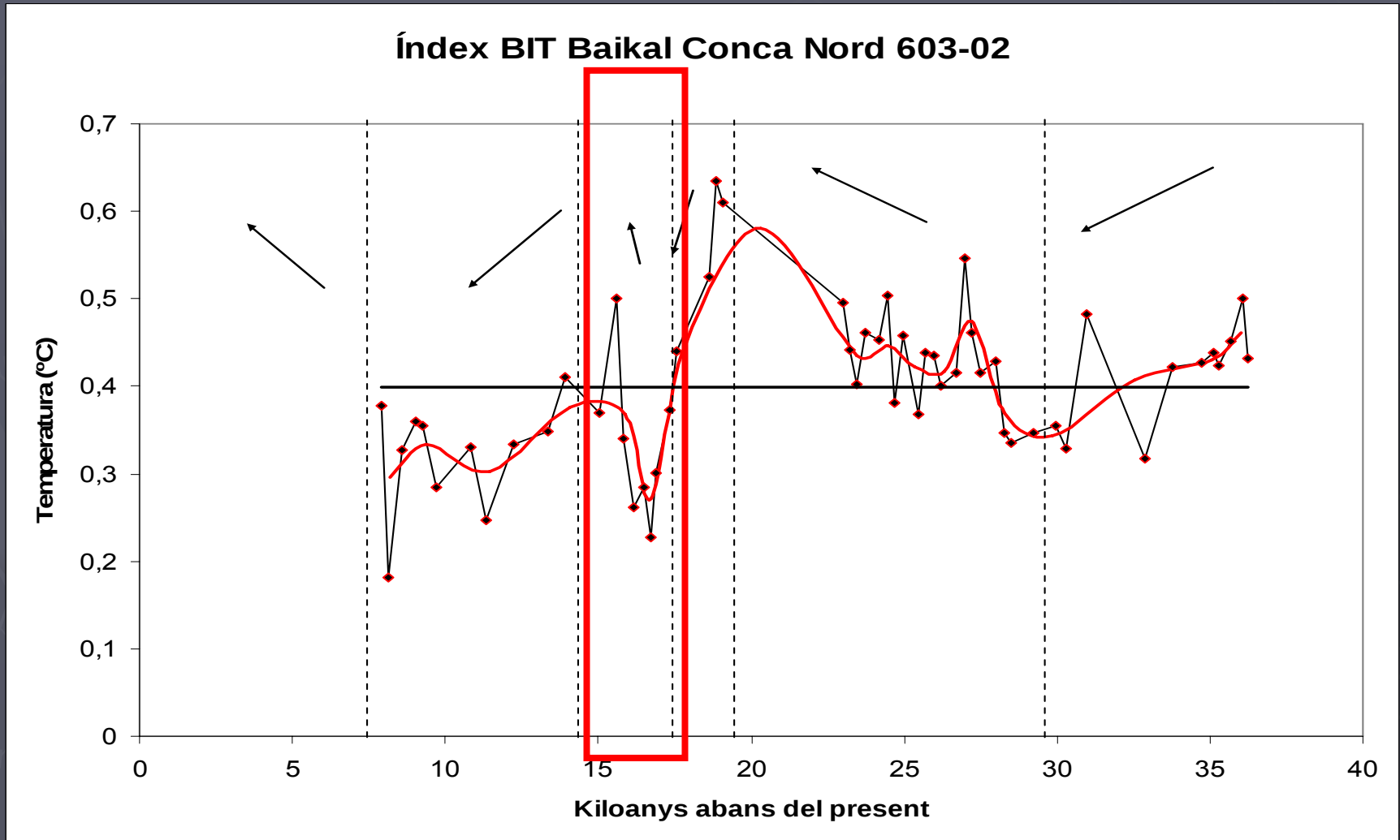
BIT



3.1 Augment de la resolució

Índex BIT del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

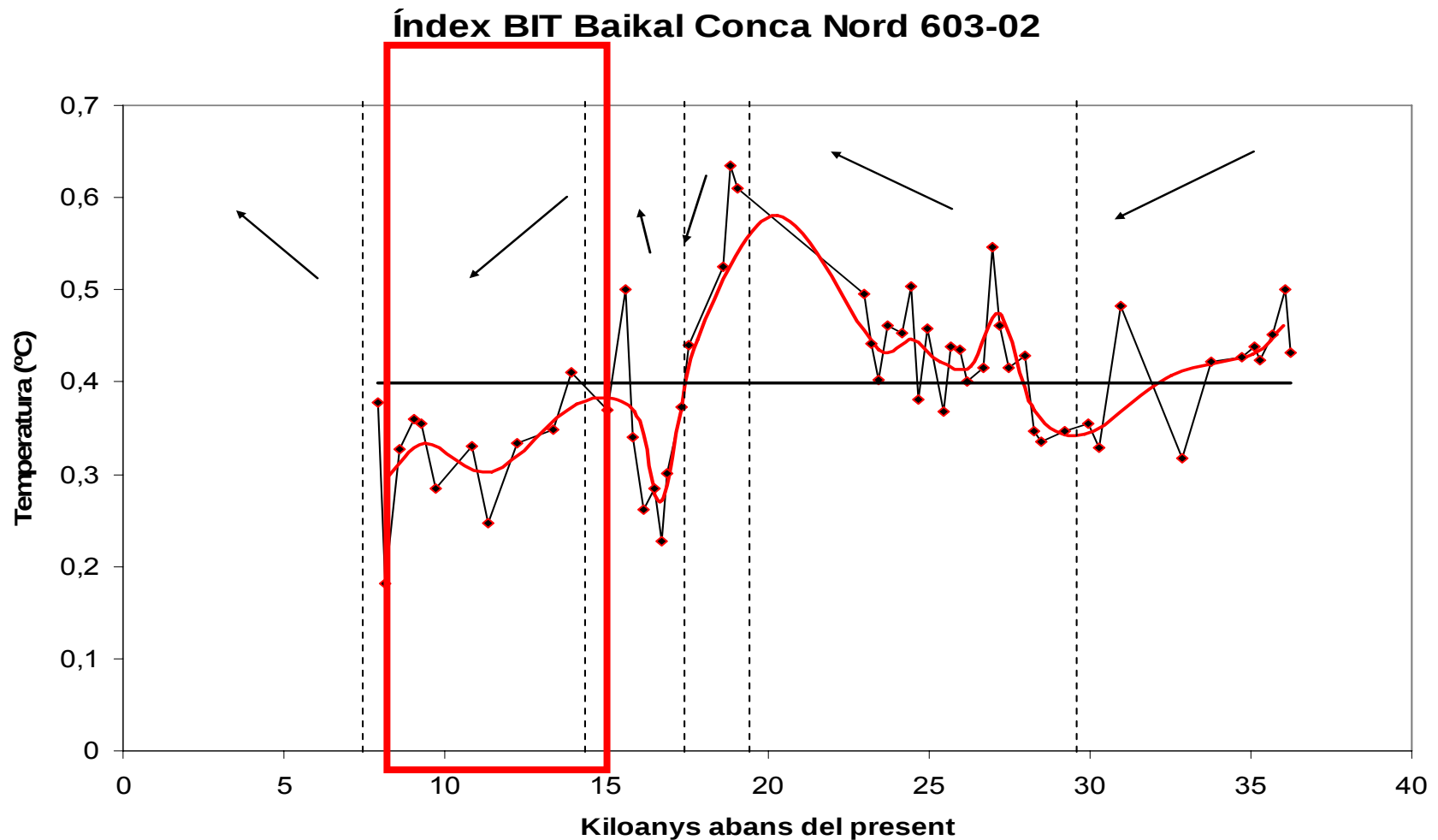
BIT



3.1 Augment de la resolució

Índex BIT del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

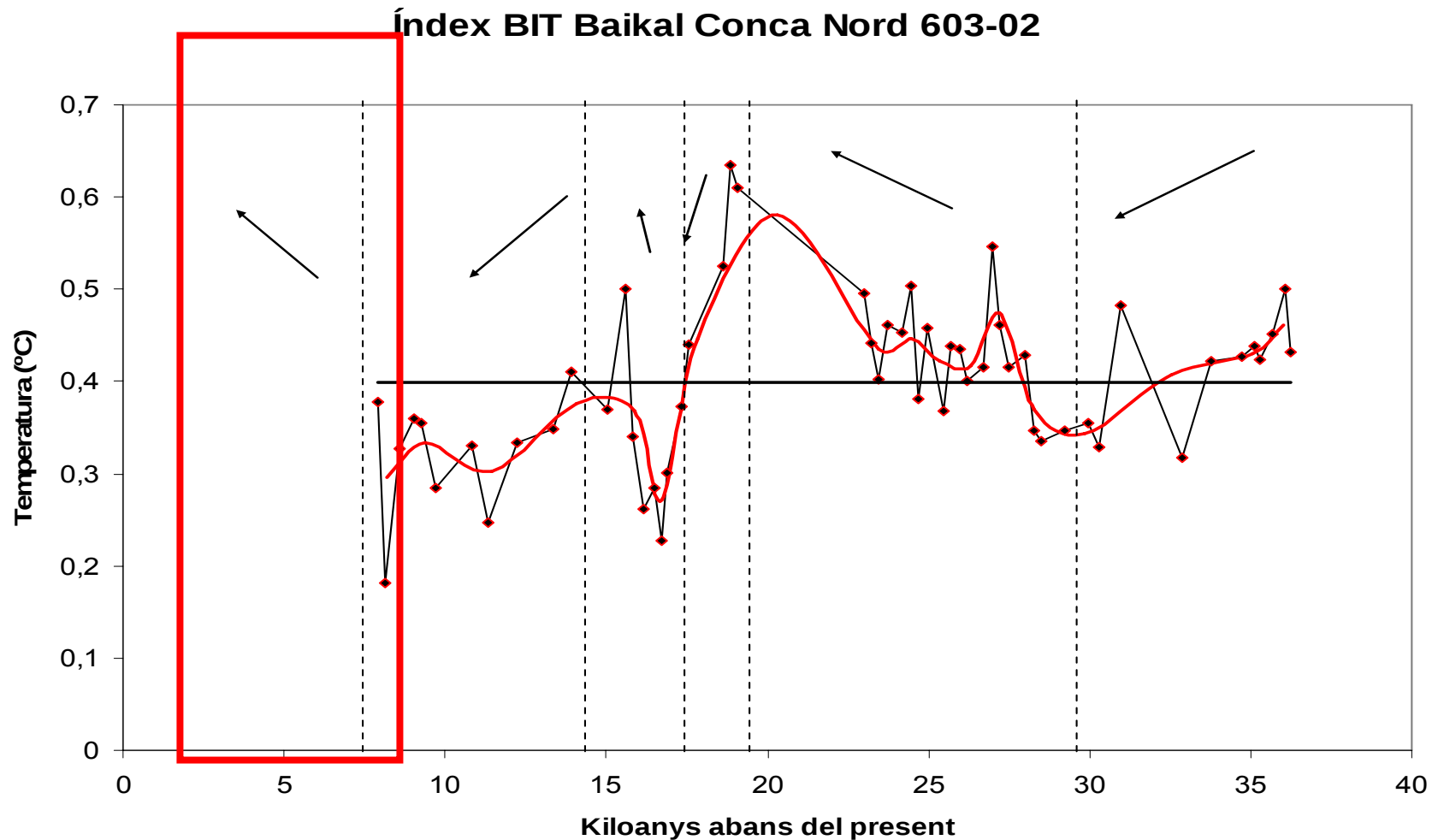
BIT



3.1 Augment de la resolució

Índex BIT del llac Baikal (*core* CON-01-603-02)

BIT



3.1 Augment de la resolució

Interval de temps: 36.3 als 7.9 Ka A.P.

Valor del BIT mitjà: 0.38°C

Precisió del mètode: 0.01°C

Tendència global a la disminució del valor del BIT (de rang 0.06 en 28.400 anys)

Màxim 0.63°C (18.8 Ka A.P.)

Mínim 0.18°C (8.1 Ka A.P.)

Alta freqüència d'oscil·lacions, la màxima 0.33°C (28.5-18.8 Ka A.P.)

Valor de resolució global mitjà 348 anys; Màxim i mínim 957 i 21 anys

6 subperíodes segons la tendència local de la temperatura

Descens (36.3-28.5 Ka A.P.)

Augment (28.5-18.8 Ka A.P.)

Descens (18.8-16.7 Ka A.P.)

Augment (16.7-15.6 Ka A.P.)

Descens (15.6-8.1 Ka A.P.)

Augment (8.1-7.9 Ka A.P.)

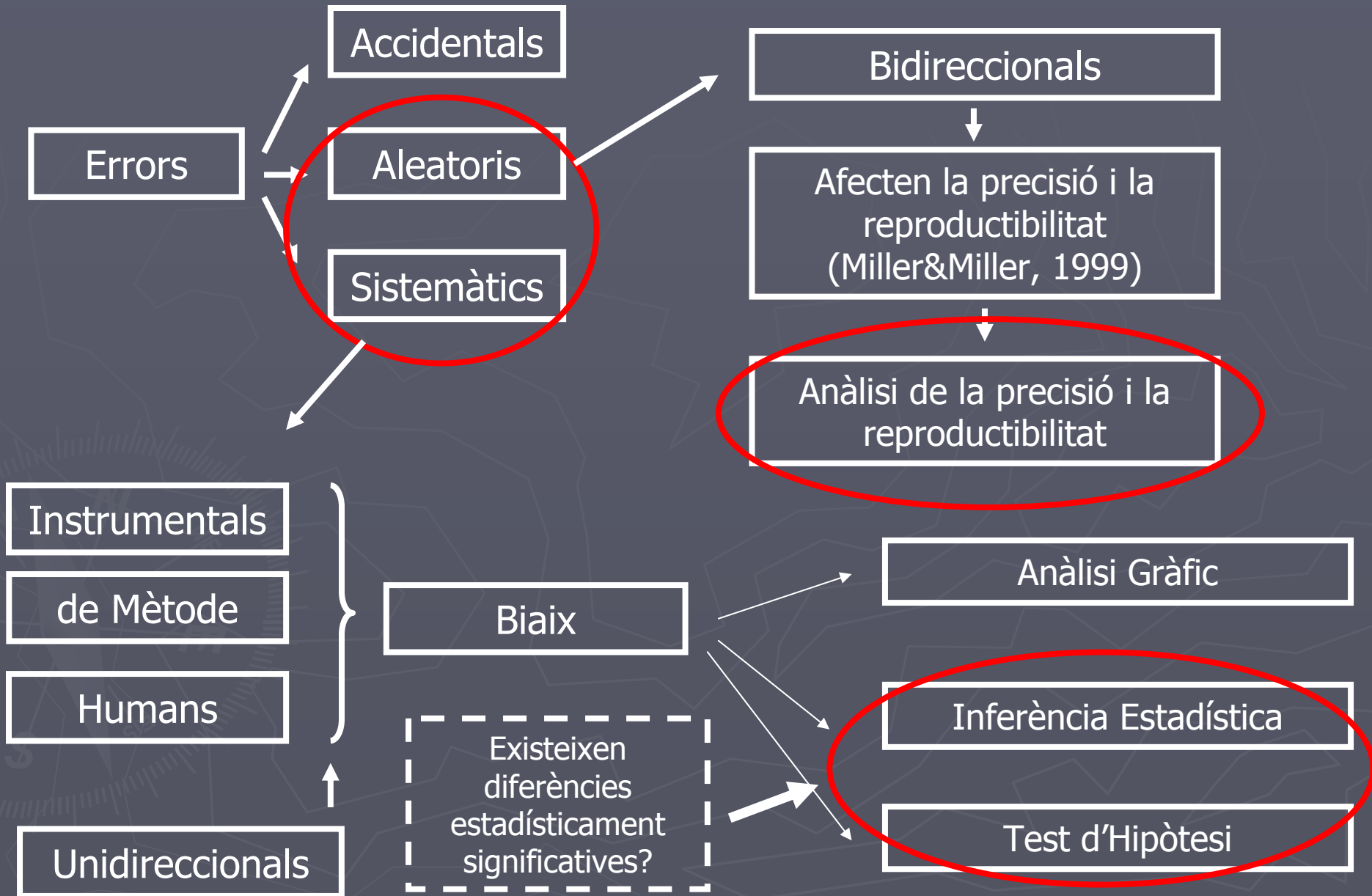
3. Resultats

3.1 Augment de la resolució

3.2 Anàlisi de la fiabilitat de les dades

3.3 Resultats conjunts

3.2 Fiabilitat de les dades



3.2 Fiabilitat de les dades

Precisió i
reproductibilitat
obtingudes

TEX₈₆

PRECISSIÓ	TEX ₈₆
PROMIG	0,271
DESV. ESTAND.	0,003
DESV. ESTAND. (T°C)	0,164
DESV. ESTAND. RELATIVA (DER %)	1,152

REPRODUCTIBILITAT	TEX ₈₆
PROMIG	0,275
DESV. ESTAND.	0,009
DESV. ESTAND. (T°C)	0,490
DESV. ESTAND. RELATIVA (DER %)	3,388

MAAT

PRECISSIÓ	MAAT
PROMIG	-3,668
DESV. ESTAND. (T°C)	0,272
DESV. ESTAND. RELATIVA (DER %)	7,415

REPRODUCTIBILITAT	MAAT
PROMIG	-3,413
DESV. ESTAND. (T°C)	0,405
DESV. ESTAND. RELATIVA (DER %)	11,862

BIT

PRECISSIÓ	BIT
PROMIG	0,348
DESV. ESTAND.	0,004
DESV. ESTAND. RELATIVA (DER %)	1,177

REPRODUCTIBILITAT	BIT
PROMIG	0,357
DESV. ESTAND.	0,009
DESV. ESTAND. RELATIVA (DER %)	2,545

(elaboració pròpia)

3.2 Fiabilitat de les dades

Comparació gràfica

(Resultats d'aquesta
investigació) $\pm \partial_{\text{TEX86, MAAT i BIT}}$
d'aquesta investigació

[Escala *et al.*, (r.n.p.)]
 $\pm \partial_{\text{TEX86, MAAT i BIT d'Escala}}$
et al., (r.n.p)

Entrecreuament

Sí

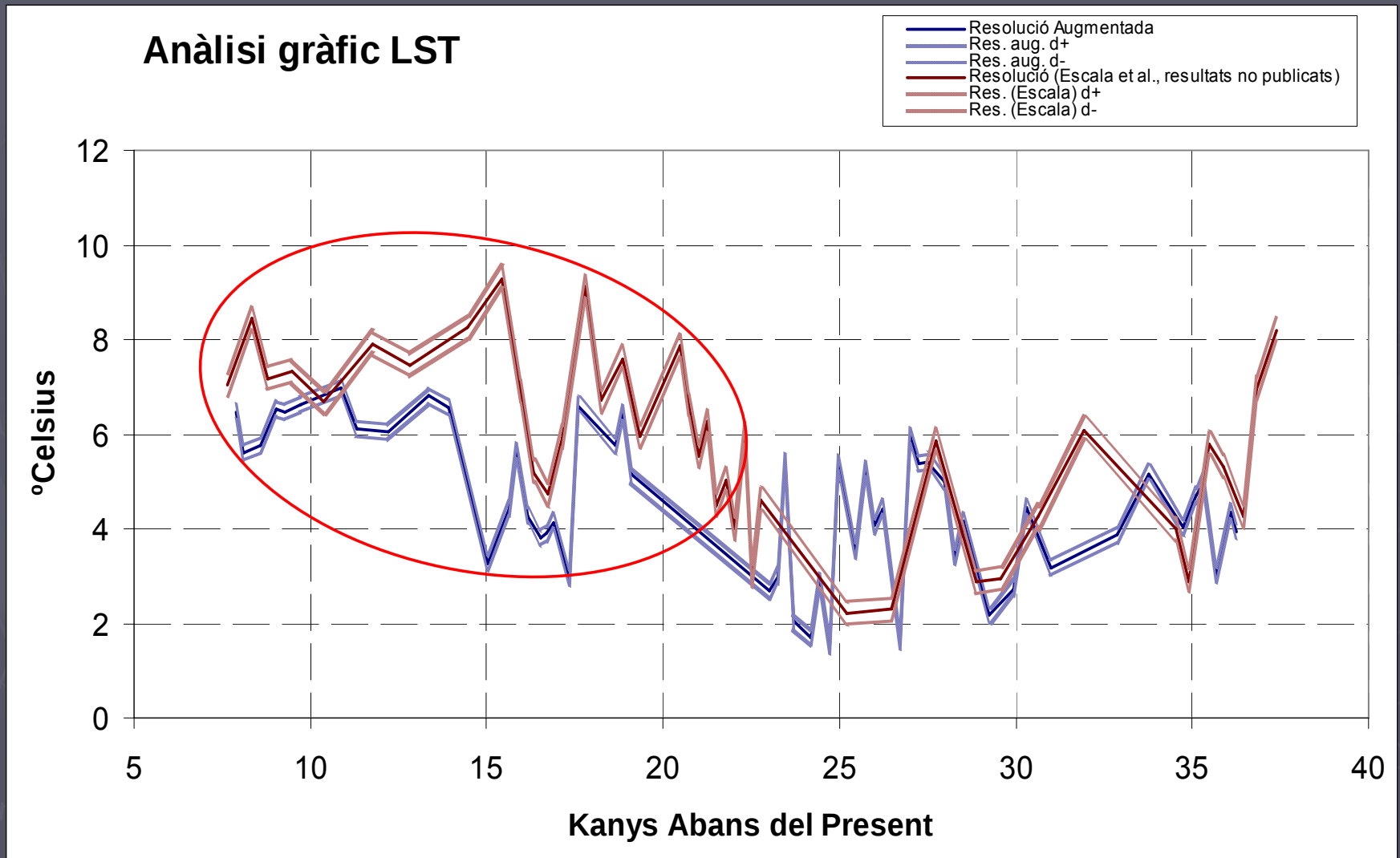
No indicis de diferències
estadísticament
significatives

No

Indicis de diferències
estadísticament
significatives

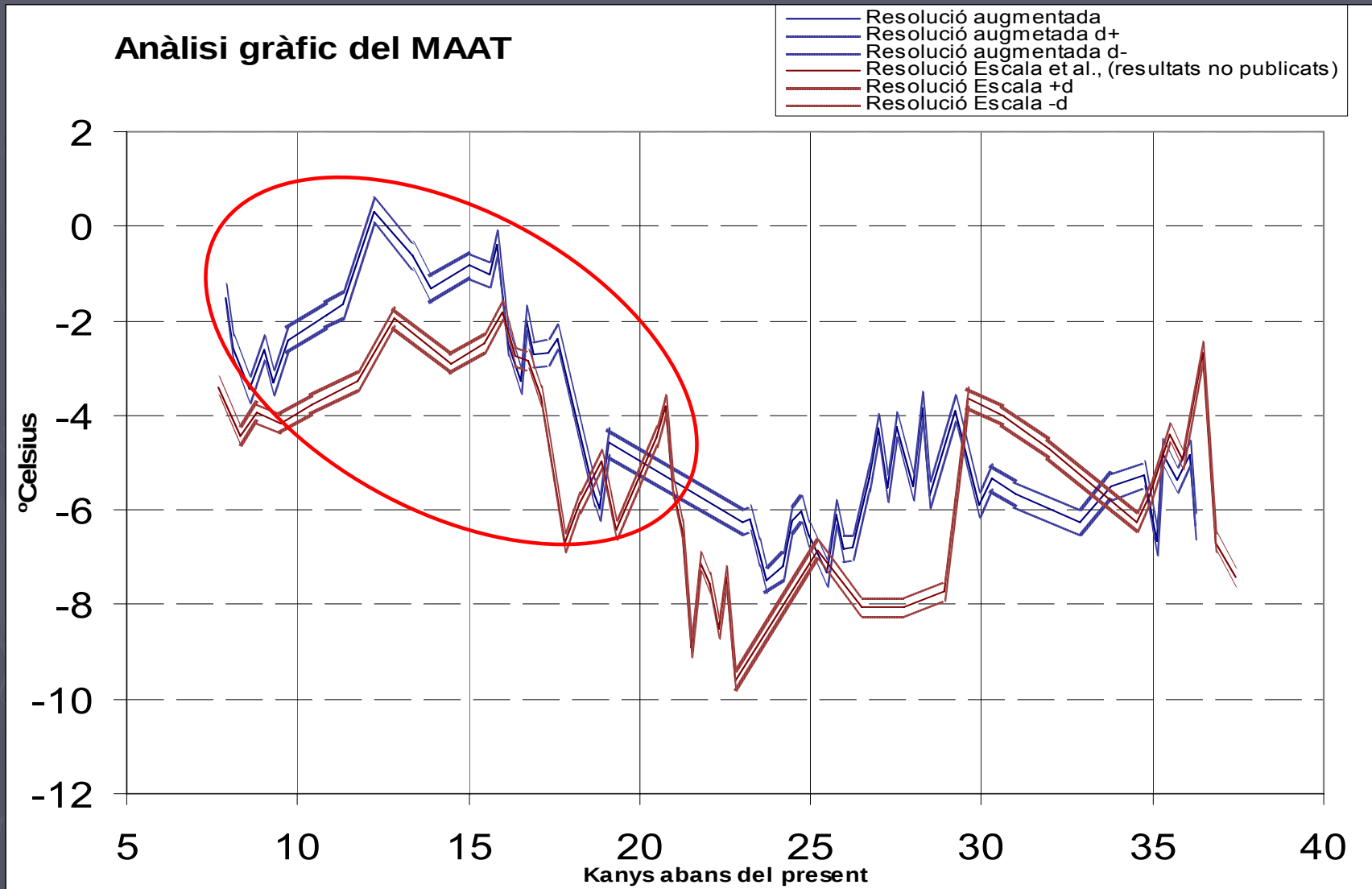
3.2 Fiabilitat de les dades

Comparació gràfica de la LST



3.2 Fiabilitat de les dades

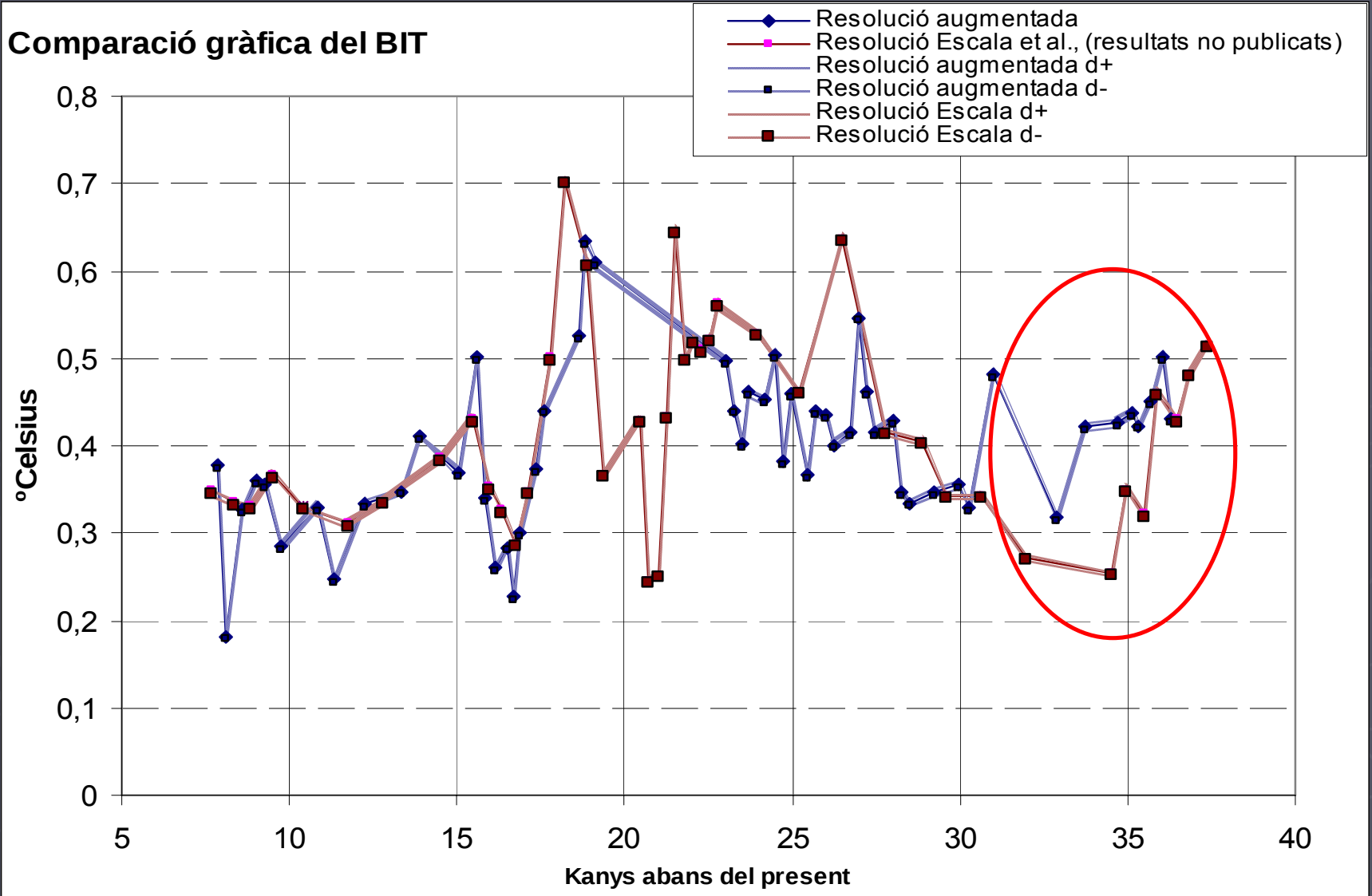
Comparació gràfica de la MAAT



3.2 Fiabilitat de les dades

Comparació gràfica de l'índex BIT

Comparació gràfica del BIT



3.2 Fiabilitat de les dades

Inferència Estadística i Test d'Hipòtesi



SPSS for Windows 15



Superposició
Intervals de
confiança (95%)



Prova T de
comparació de
dues mitjanes de
mostres
independents



Comprovar
Normalitat

Prova T de
comparació de les
dues mitjanes
resolució global

Prova T de
comparació de les
dues mitjanes
resolucions 5, 10 i
20 Ka

Des de quina
resolució hi ha
diferències
estadísticament
significatives?

3.2 Fiabilitat de les dades

LST (TEX₈₆)

I.C. (95%):

[4.14,4.95]°C i
[5.23,6.42]°C
(Escala *et al.*, r.p.n.)

A nivell global **sí** que
existeixen diferències
estadísticament
significatives

MAAT

I.C. (95%):

[-4.3,-4.9]°C i [-5.3,
-5.9]°C (Escala *et al.*, r.p.n.)

A nivell global **sí** que
existeixen diferències
estadísticament
significatives

BIT

I.C. (95%):

[0.374,0.423]°C i
[0.378,0.450]°C
(Escala *et al.*, r.p.n.)

A nivell global **no**
existeixen diferències
estadísticament
significatives

Prova T a diferents
resolucions

És en els primers 20
Ka on existeixen
diferències
estadísticament
significatives

3. Resultats

3.1 Augment de la resolució

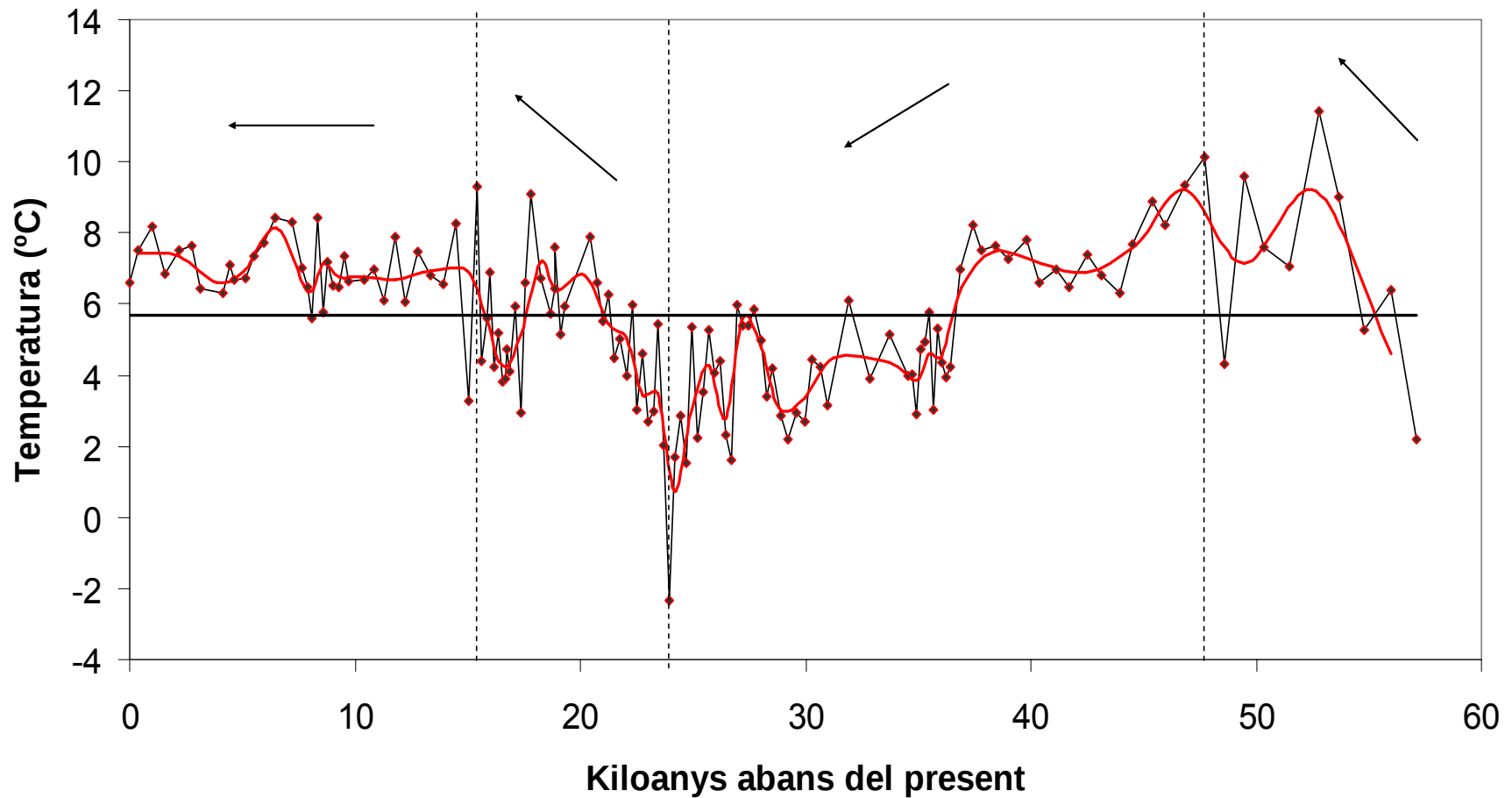
3.2 Anàlisi de la fiabilitat de les dades

3.3 Resultats conjunts

3.3 Resultats Conjunts

LST (TEX₈₆)

Temperatura superficial del llac



3.3 Resultats Conjunts

Interval de temps: 57.1 als 0 Ka A.P.

LST mitjana: 5.7°C

Tendència global a l'augment de la temperatura, 4.4°C en 57.100 anys

Màxim 11.4°C (52.8 Ka A.P.)

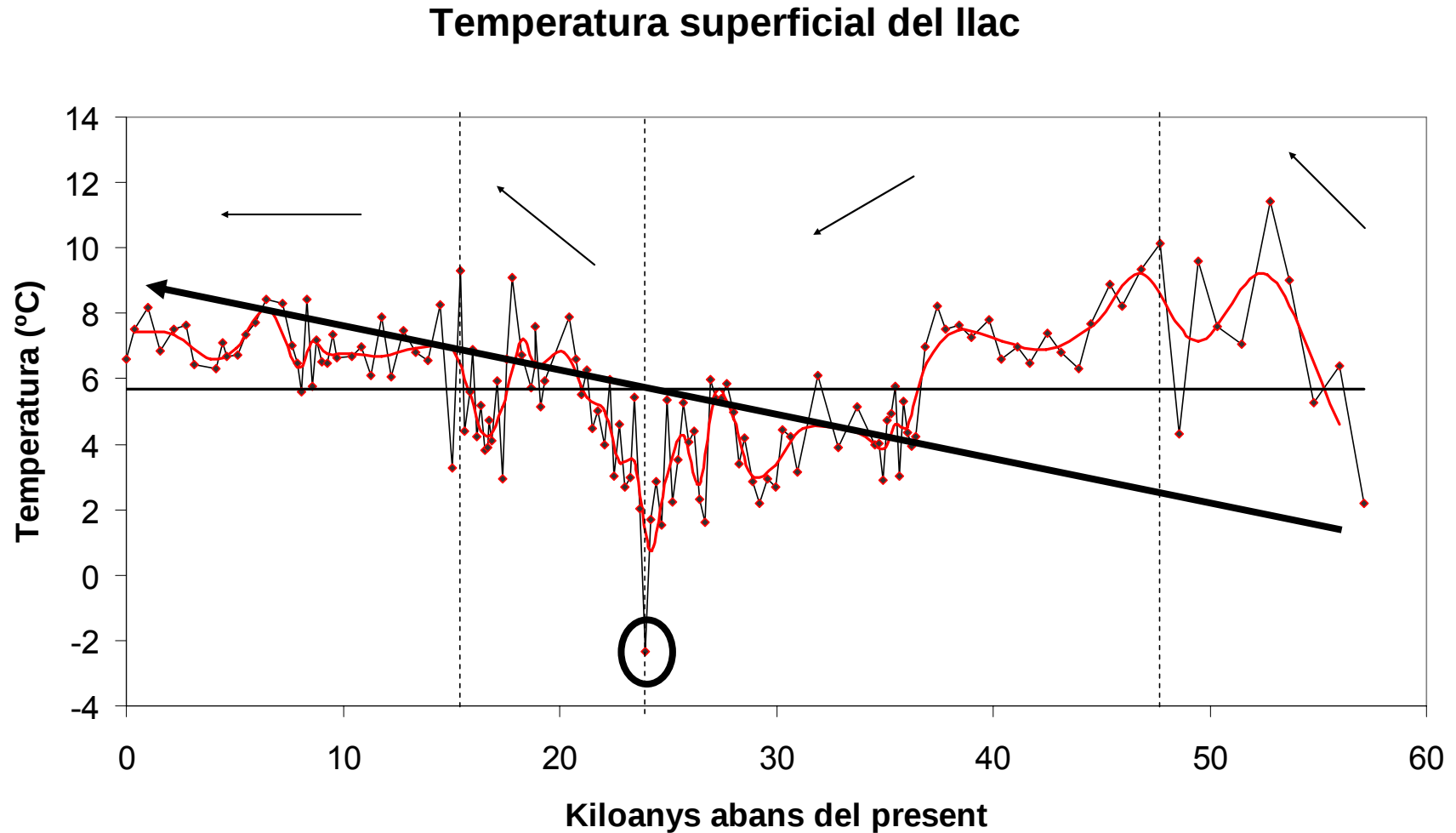
Mínim 1.5°C (24.7 Ka A.P.)

Alta freqüència d'oscil·lacions, la màxima 9.2°C (57.1-52.8 Ka A.P.)

Valor de resolució global mitjà 426 anys; Màxim i mínim 1344 i 21 anys

3.3 Resultats Conjunts

LST (TEX₈₆)



3.3 Resultats Conjunts

Interval de temps: 57.1 als 0 Ka A.P.

LST mitjana: 5.7°C

Tendència global a l'augment de la temperatura, 4.4°C en 57.100 anys

Màxim 11.4°C (52.8 Ka A.P.)

Mínim 1.5°C (24.7 Ka A.P.)

Alta freqüència d'oscil·lacions, la màxima 9.2°C (57.1-52.8 Ka A.P.)

Valor de resolució global mitjà 426 anys; Màxim i mínim 1344 i 21 anys

4 subperíodes segons la tendència local de la temperatura

Augment (57.1-47.7 Ka A.P.)

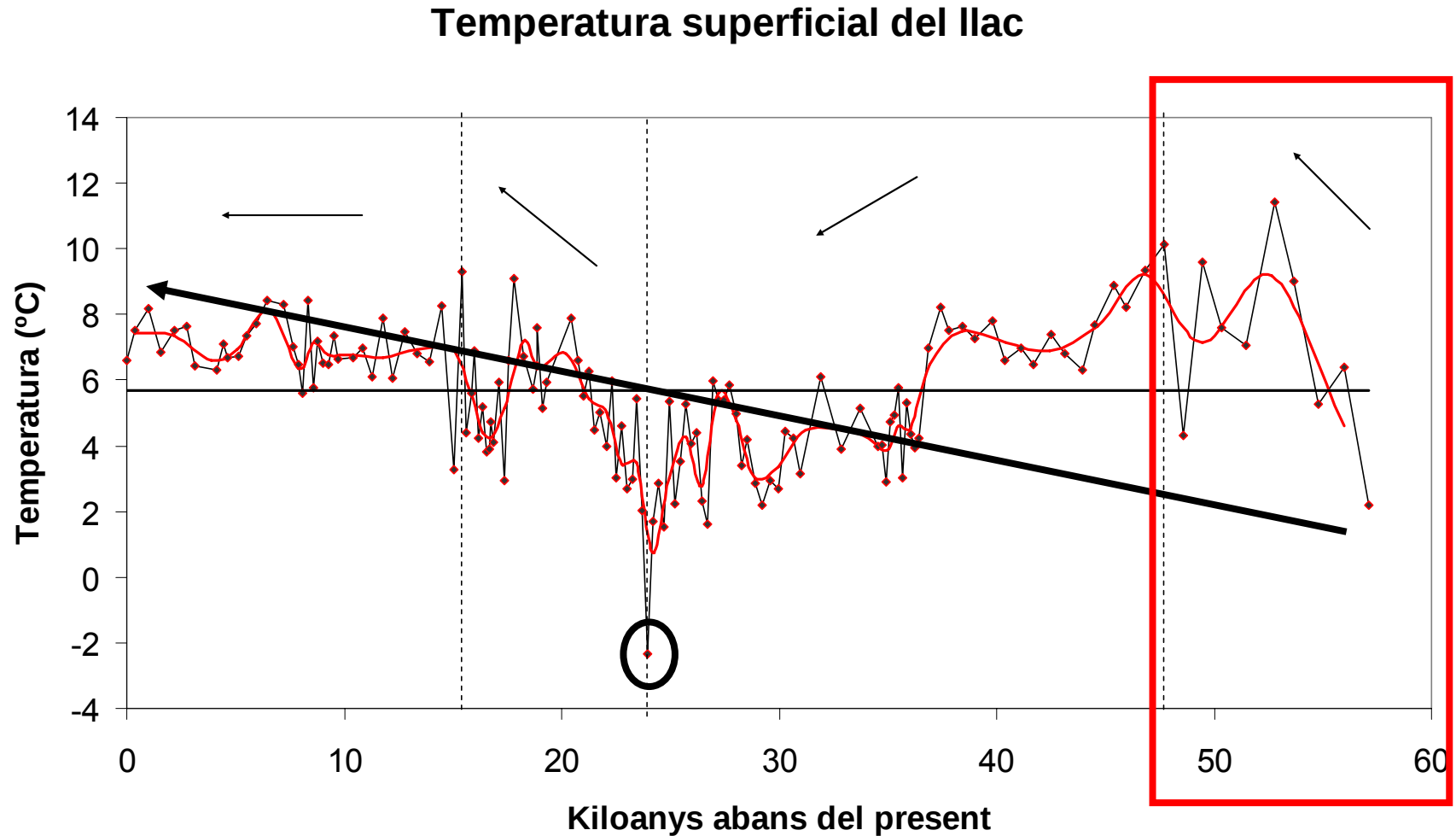
Descens (47.7-24.7 Ka A.P.)

Augment (24.7-13.9 Ka A.P.)

Estable (13.9-0 Ka A.P.)

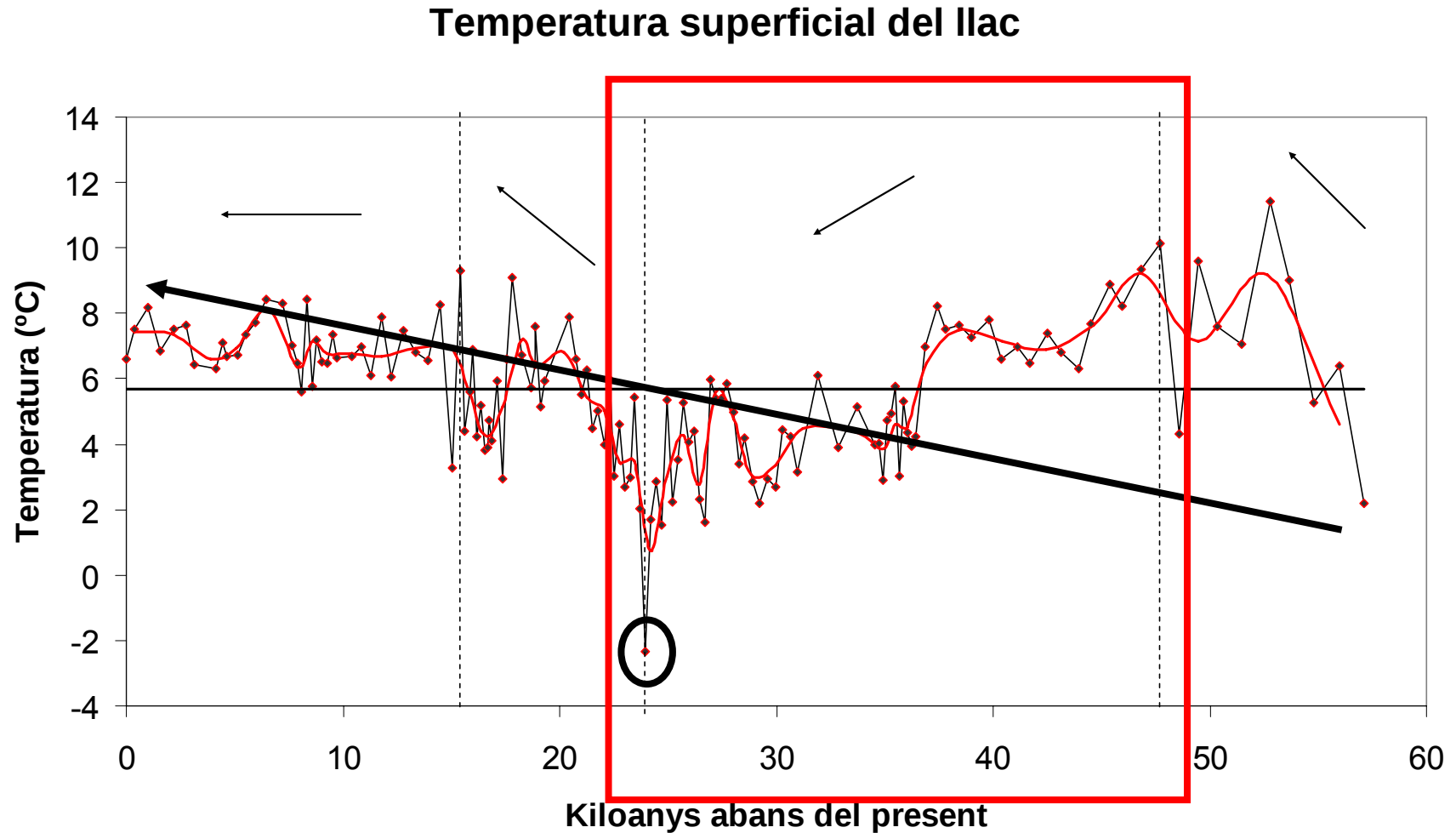
3.3 Resultats Conjunts

LST (TEX₈₆)



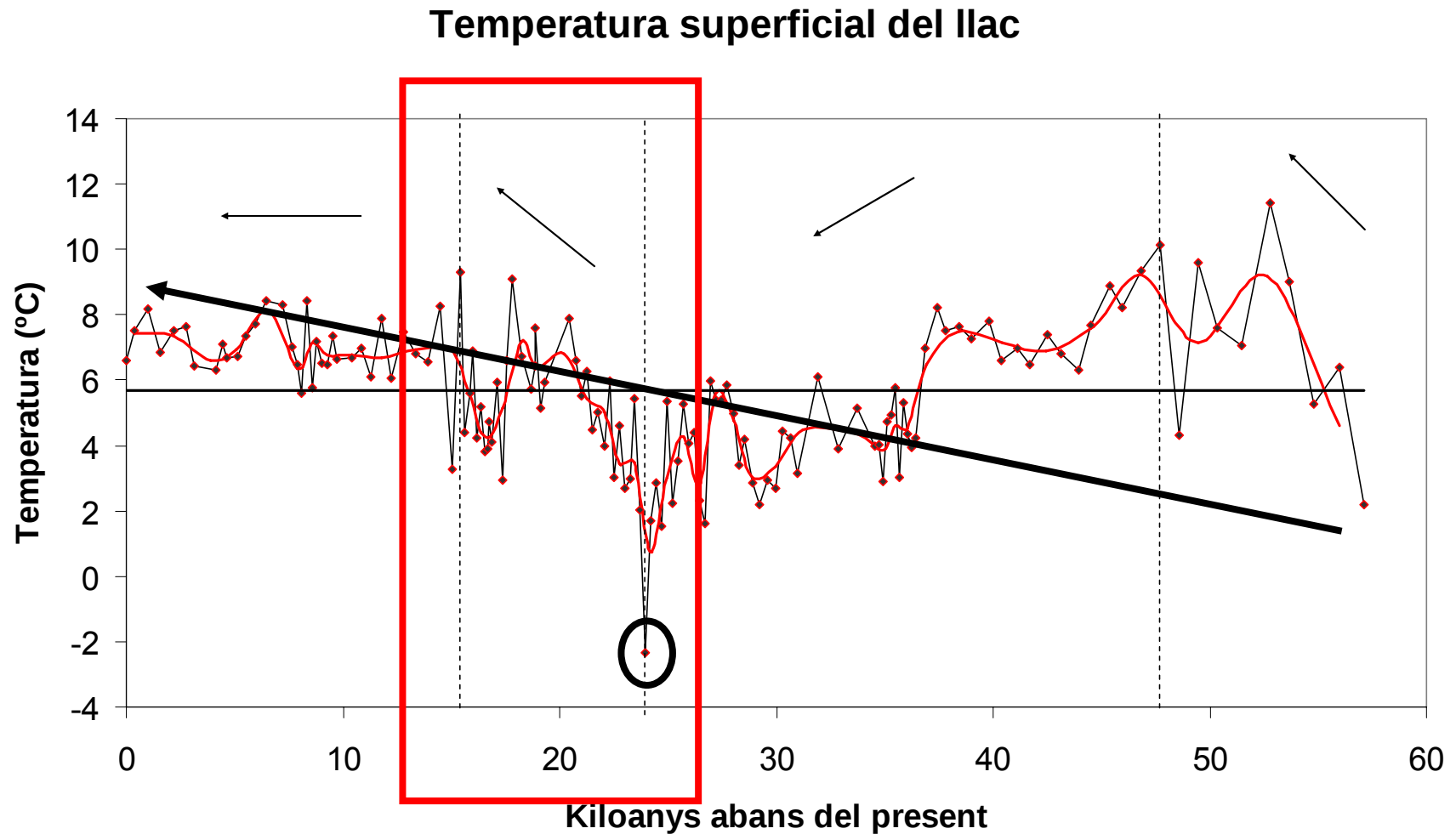
3.3 Resultats Conjunts

LST (TEX₈₆)



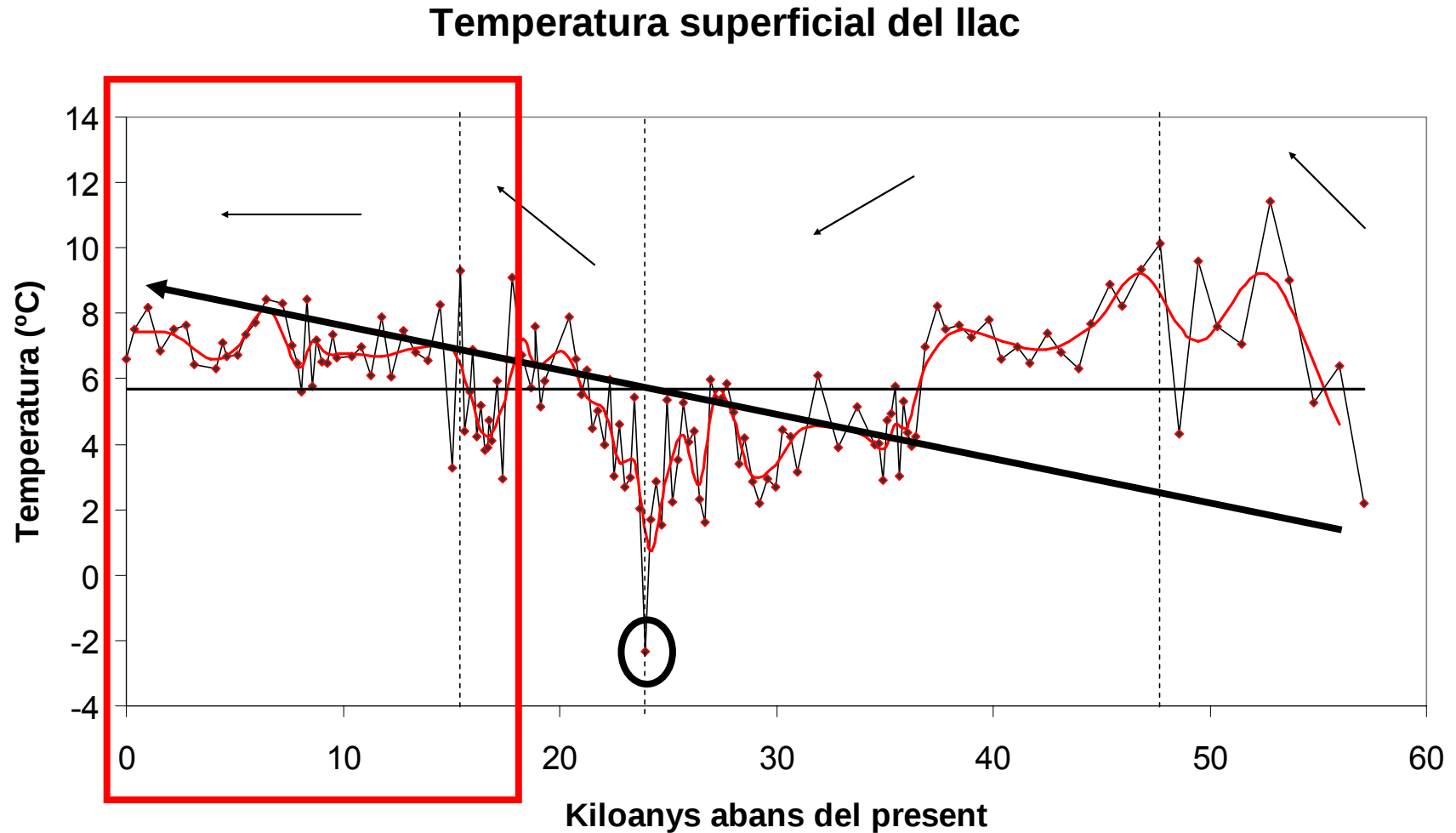
3.3 Resultats Conjunts

LST (TEX₈₆)



3.3 Resultats Conjunts

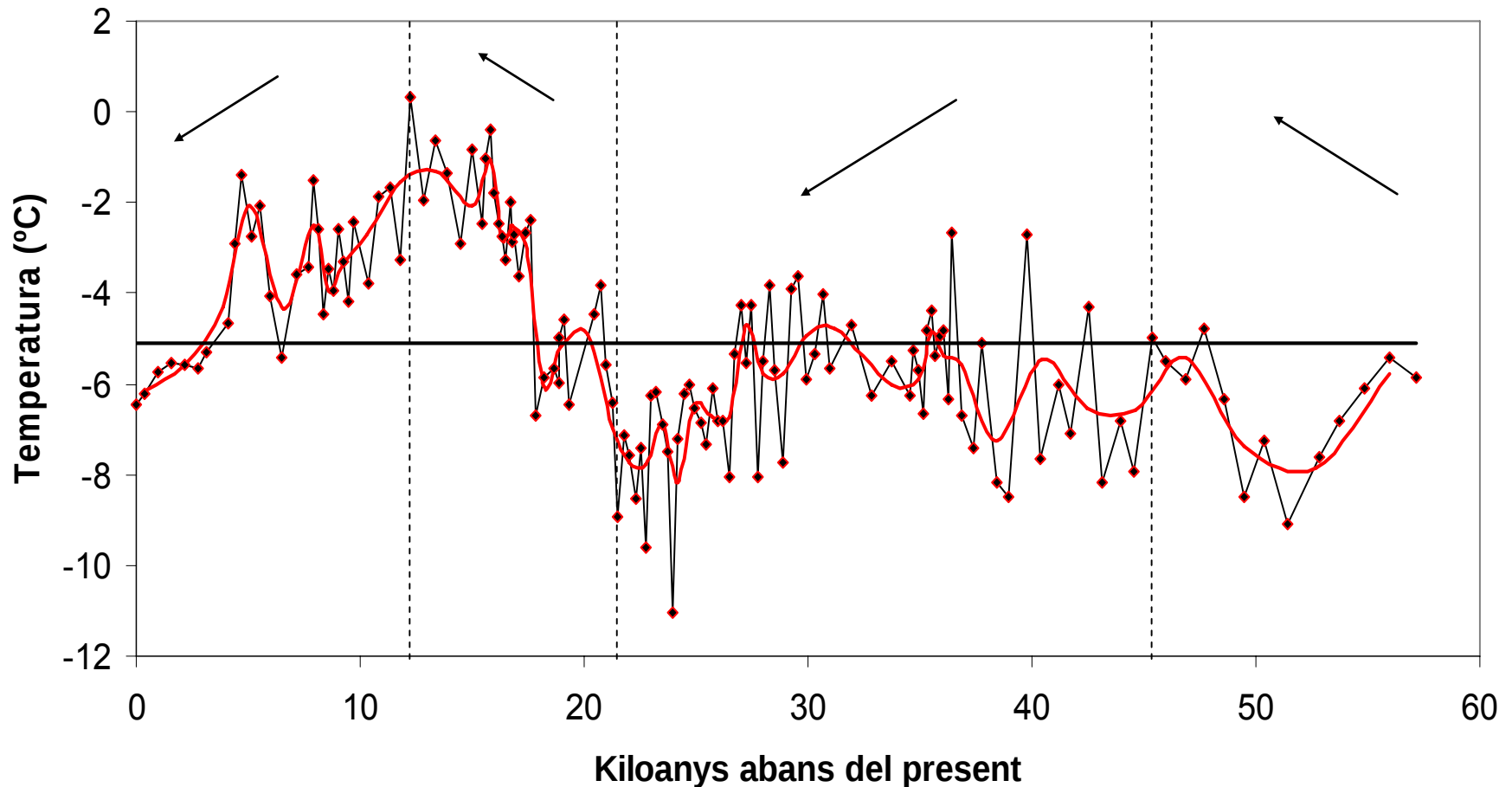
LST (TEX₈₆)



3.3 Resultats Conjunts

MAAT

Temperatura de l'aire del llac (MAAT) Baikal Conca Nord 603-2



3.3 Resultats Conjunts

Interval de temps: 57.1 als 0 Ka A.P.

MAAT mitjana: -5.1°C

Tendència global a una estabilització de la temperatura

Màxim 0.3°C (12.2 Ka A.P.)

Mínim -9.6°C (22.7 Ka A.P.)

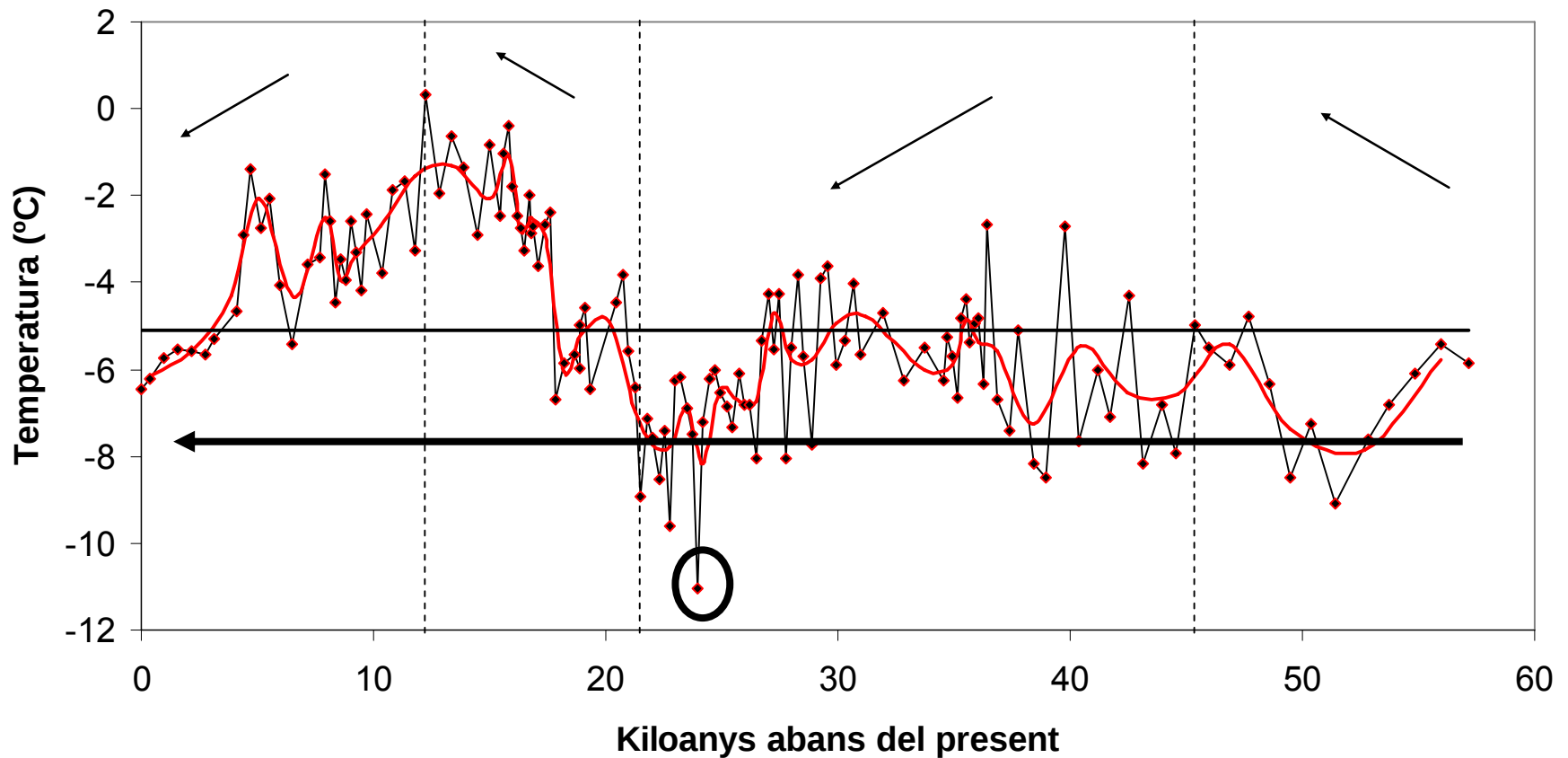
Alta freqüència d'oscil·lacions, la màxima 11°C (22.7-12.2 Ka A.P.)

Valor de resolució global mitjà 426 anys; Màxim i mínim 1344 i 21 anys

3.3 Resultats Conjunts

MAAT

Temperatura de l'aire del llac (MAAT) Baikal Conca Nord 603-2



3.3 Resultats Conjunts

Interval de temps: 57.1 als 0 Ka A.P.

MAAT mitjana: -5.1°C

Tendència global a una estabilització de la temperatura

Màxim 0.3°C (12.2 Ka A.P.)

Mínim -9.6°C (22.7 Ka A.P.)

Alta freqüència d'oscil·lacions, la màxima 11°C (22.7-12.2 Ka A.P.)

Valor de resolució global mitjà 426 anys; Màxim i mínim 1344 i 21 anys

4 subperíodes segons la tendència local de la temperatura

Augment (57.1-45.3 Ka A.P.)

Descens (45.3-22.7 Ka A.P.)

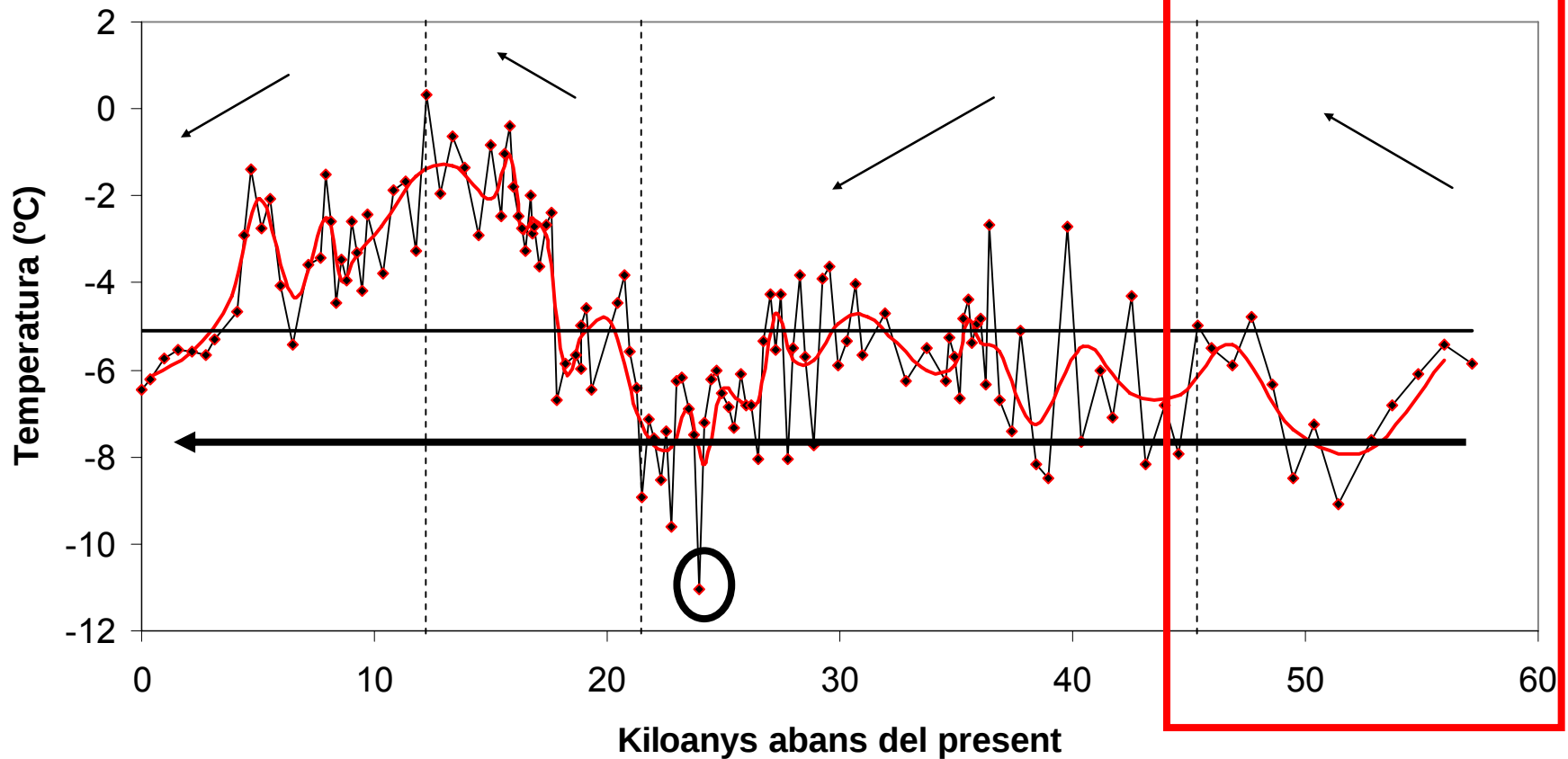
Augment (22.7-12.2 Ka A.P.)

Descens (12.2-0 Ka A.P.)

3.3 Resultats Conjunts

MAAT

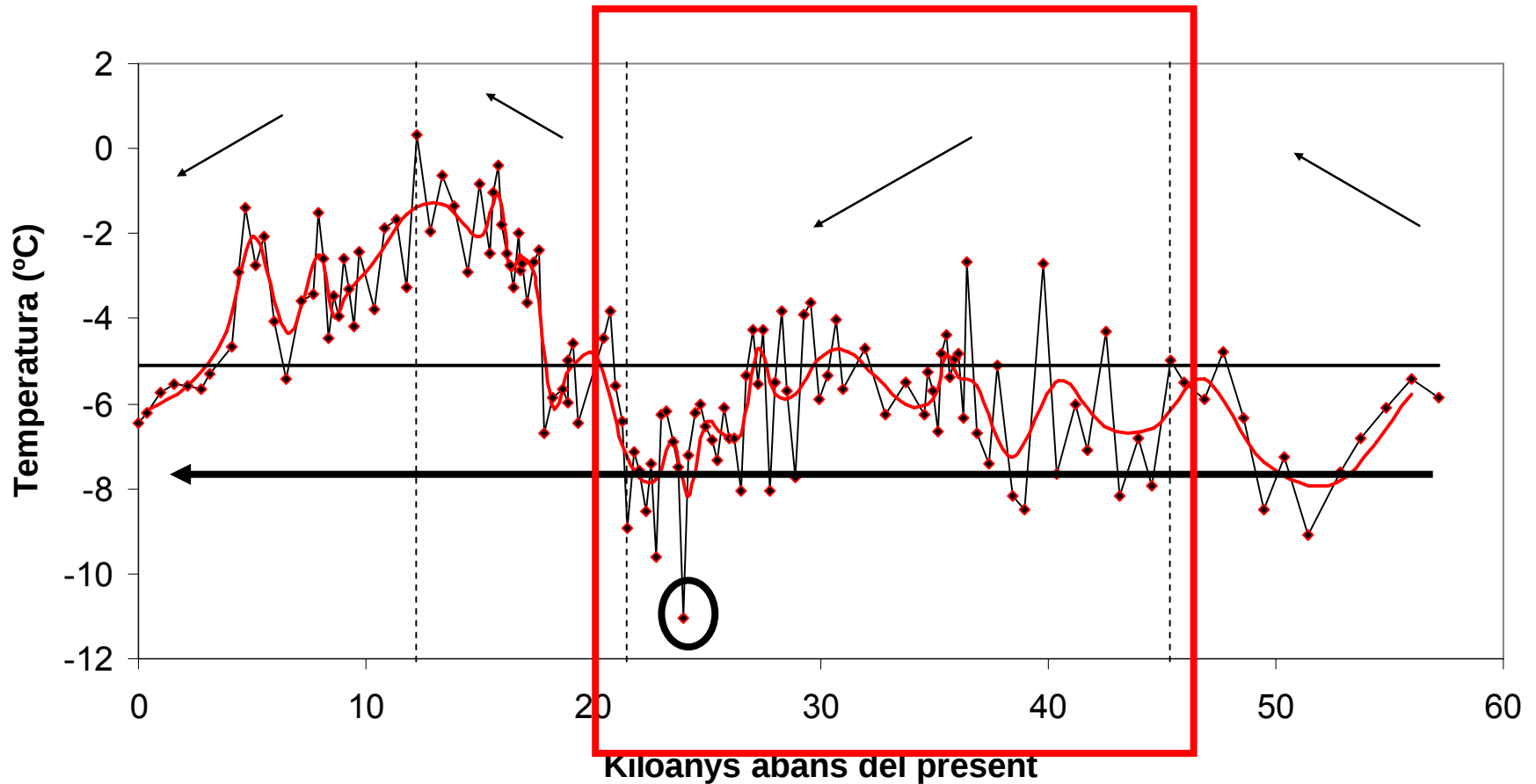
Temperatura de l'aire del llac (MAAT) Baikal Conca Nord 603-2



3.3 Resultats Conjunts

MAAT

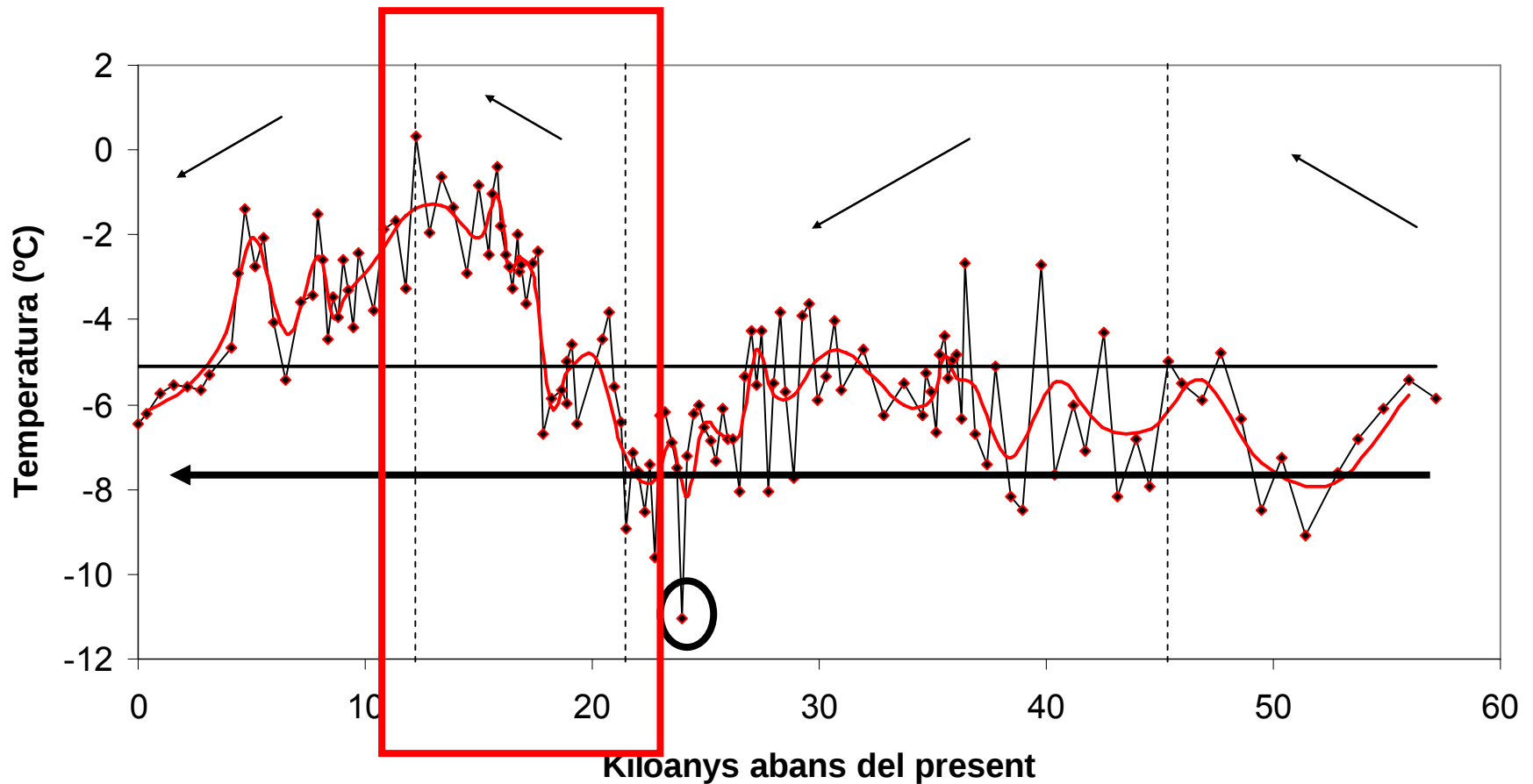
Temperatura de l'aire del llac (MAAT) Baikal Conca Nord 603-2



3.3 Resultats Conjunts

MAAT

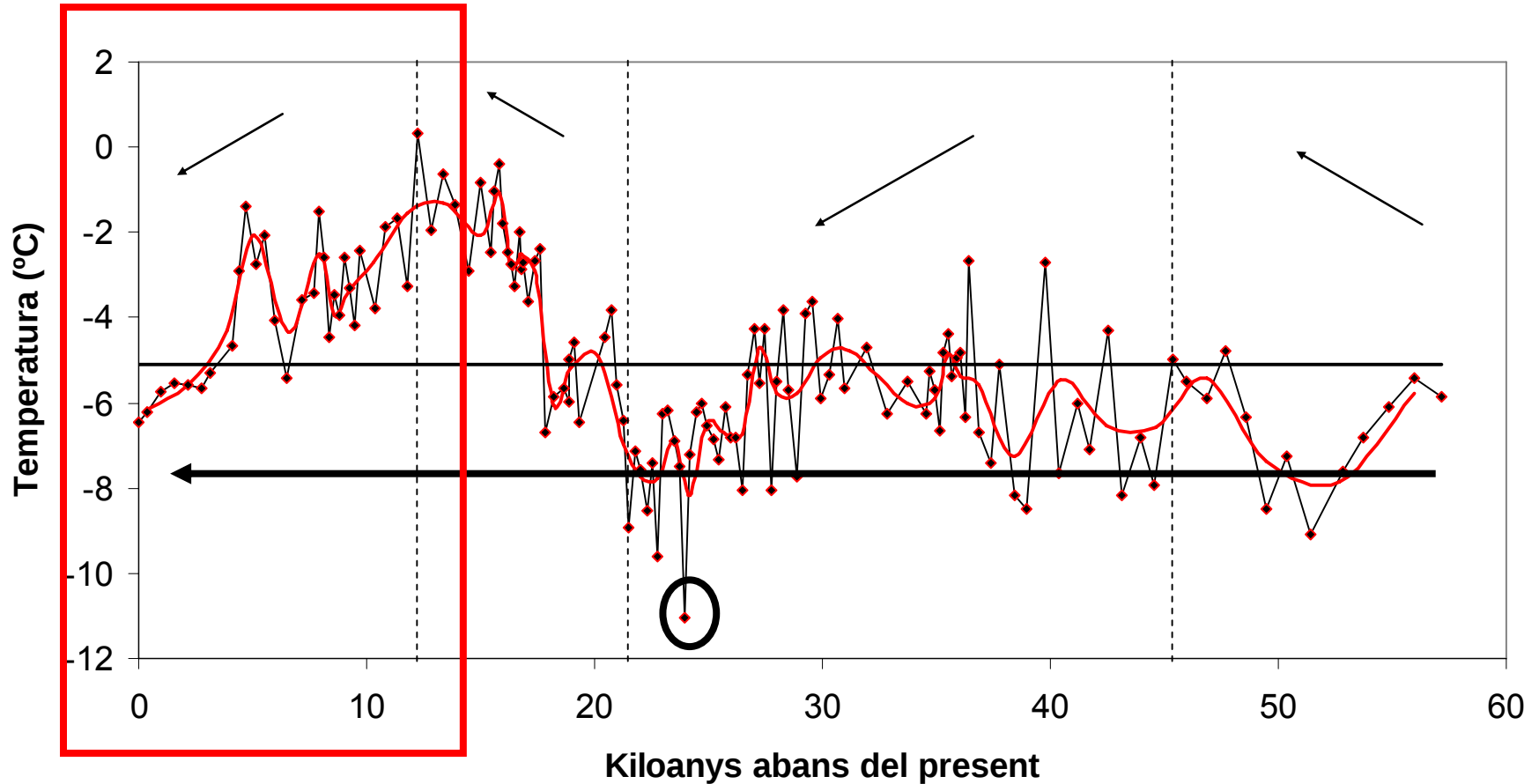
Temperatura de l'aire del llac (MAAT) Baikal Conca Nord 603-2



3.3 Resultats Conjunts

MAAT

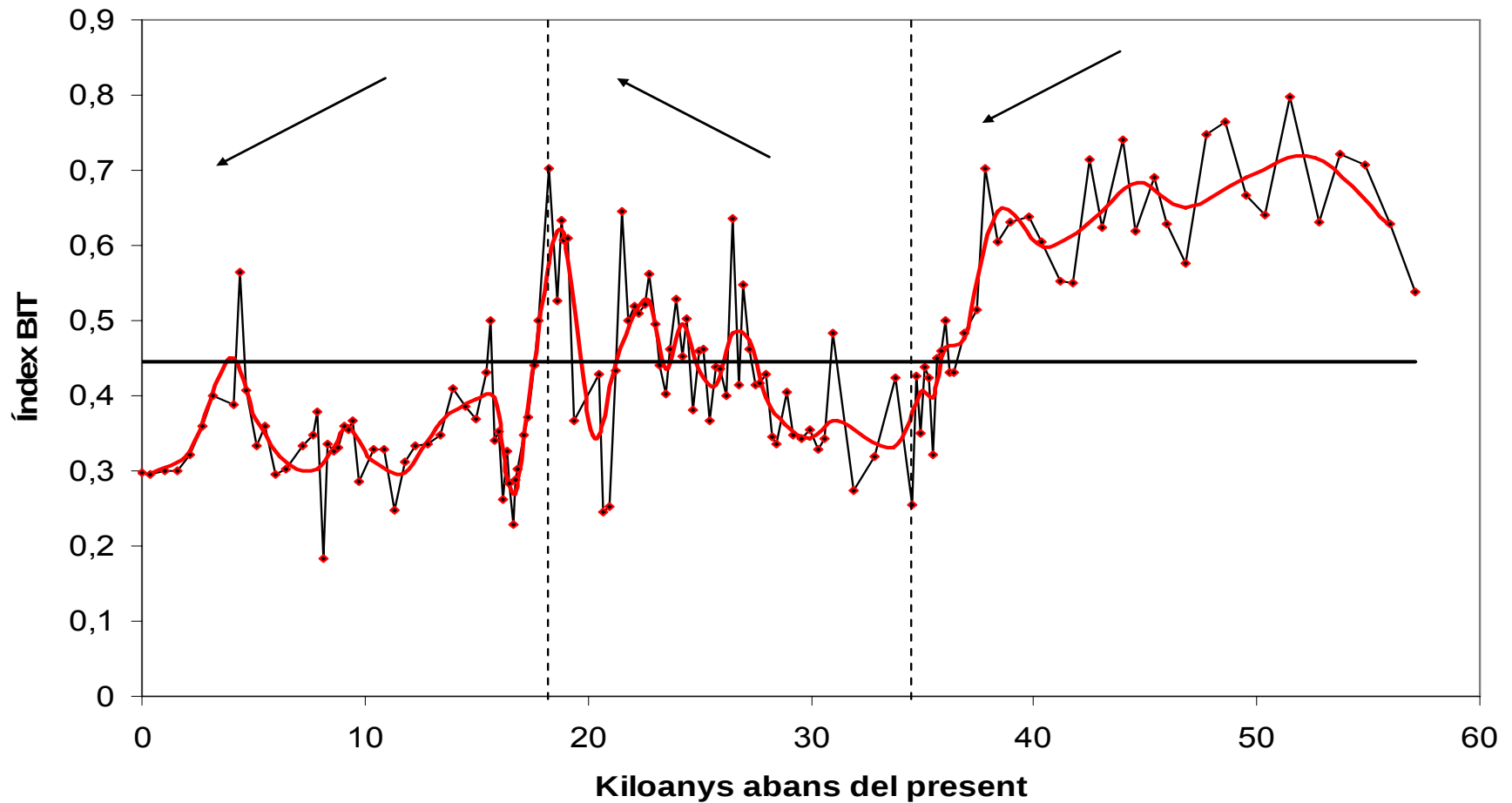
Temperatura de l'aire del llac (MAAT) Baikal Conca Nord 603-2



3.3 Resultats Conjunts

BIT

BIT BAIKAL CONCA NORD 603-02



3.3 Resultats Conjunts

Interval de temps: 57.1 als 0 Ka A.P.

BIT mitjà 0.44°C

Tendència global a una disminució del BIT, 0.24 en 57.100 anys

Màxim 0.79 (51.4 Ka A.P.)

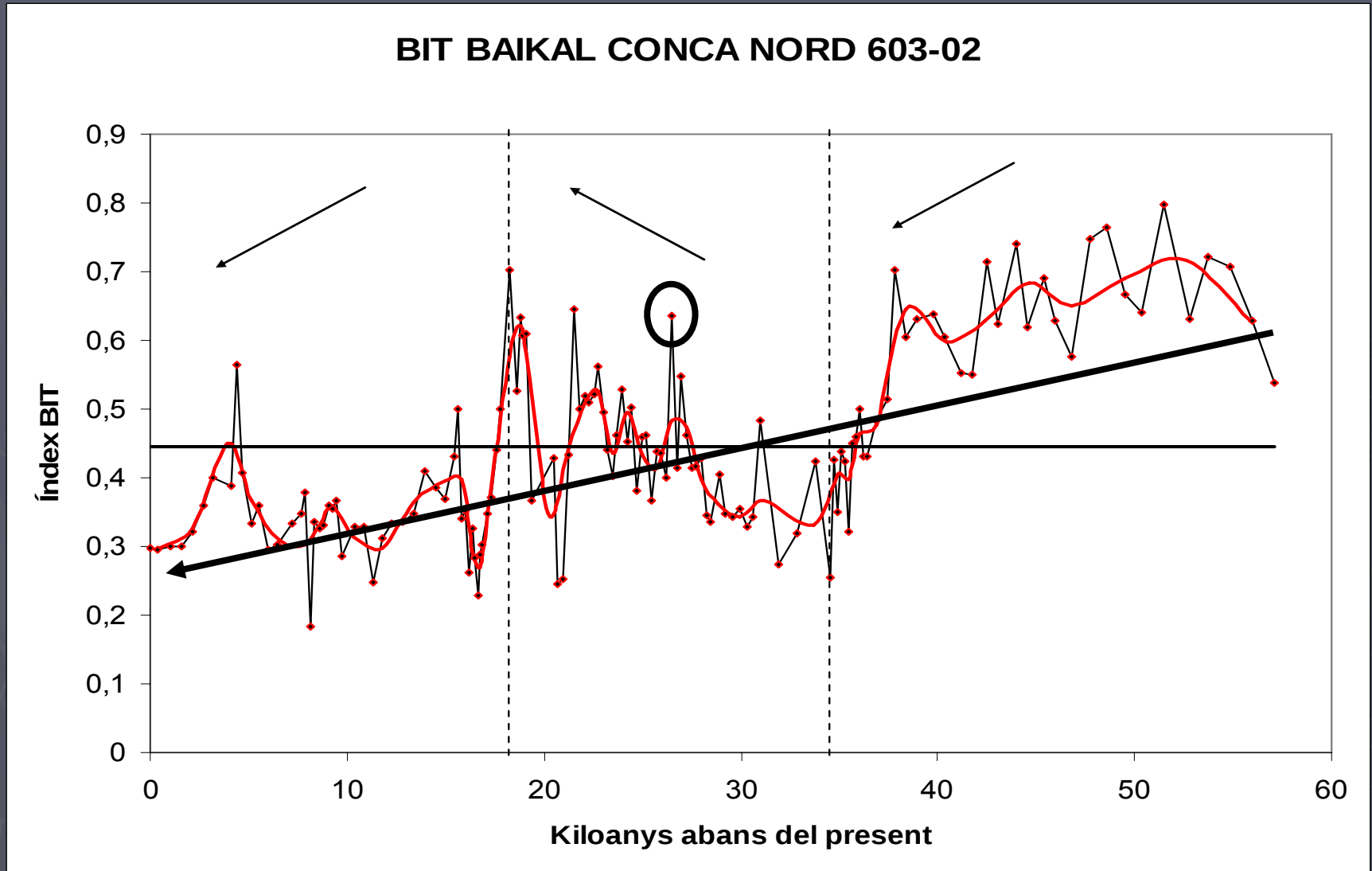
Mínim 0.18 (8.1 Ka A.P.)

Alta freqüència d'oscil·lacions, la màxima 0.24

Valor de resolució global mitjà 426 anys; Màxim i mínim 1344 i 21 anys

3.3 Resultats Conjunts

BIT



3.3 Resultats Conjunts

Interval de temps: 57.1 als 0 Ka A.P.

BIT mitjà: 0.44°C

Tendència global a una disminució del BIT, 0.24 en 57.100 anys

Màxim 0.79 (51.4 Ka A.P.)

Mínim 0.18 (8.1 Ka A.P.)

Alta freqüència d'oscil·lacions, la màxima 0.24

Valor de resolució global mitjà 426 anys; Màxim i mínim 1344 i 21 anys

3 subperíodes segons la tendència local del BIT

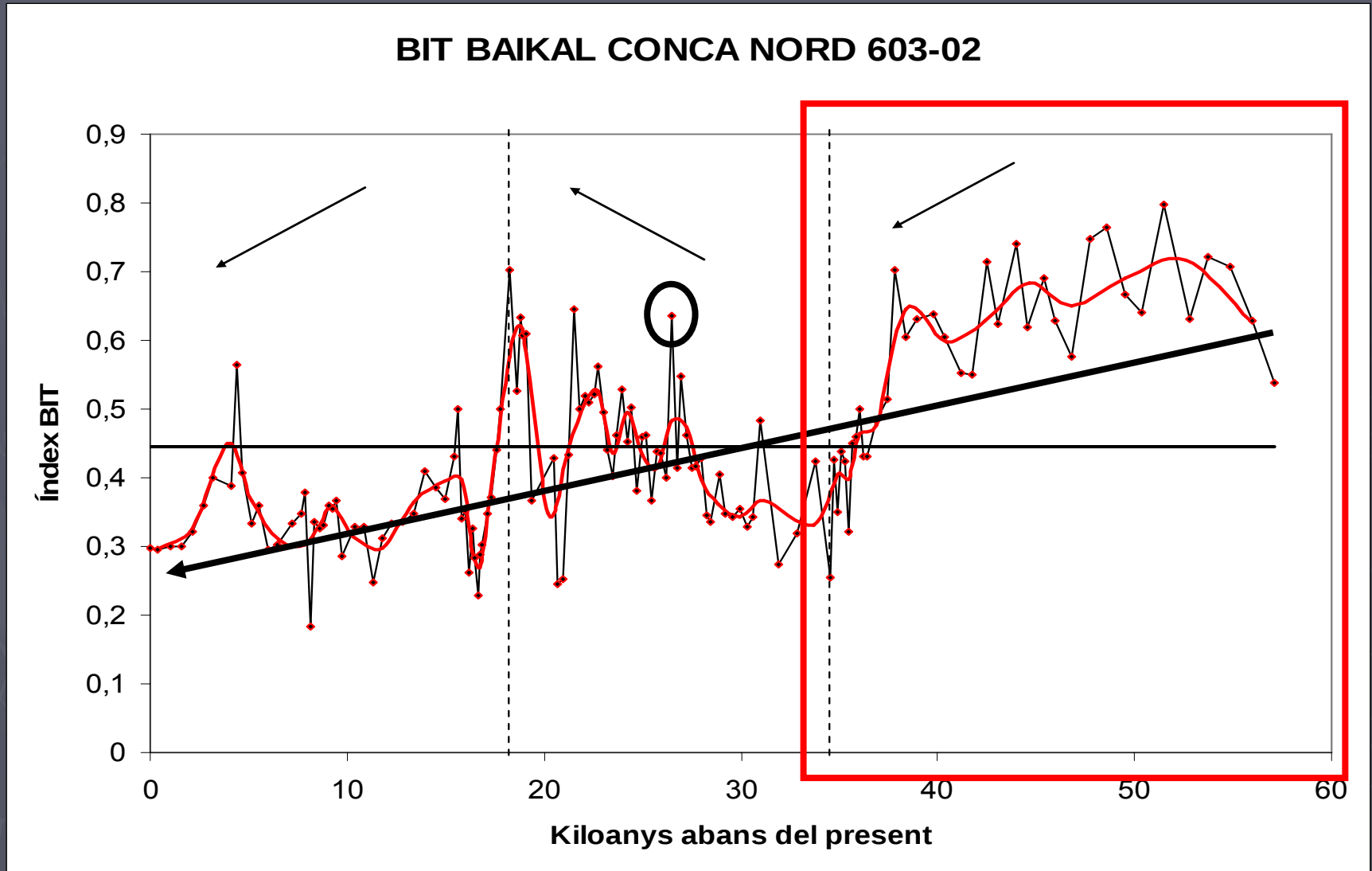
Descens (57.1-34.5 Ka A.P.)

Augment (34.5-18.2 Ka A.P.)

Descens (18.2-0 Ka A.P.)

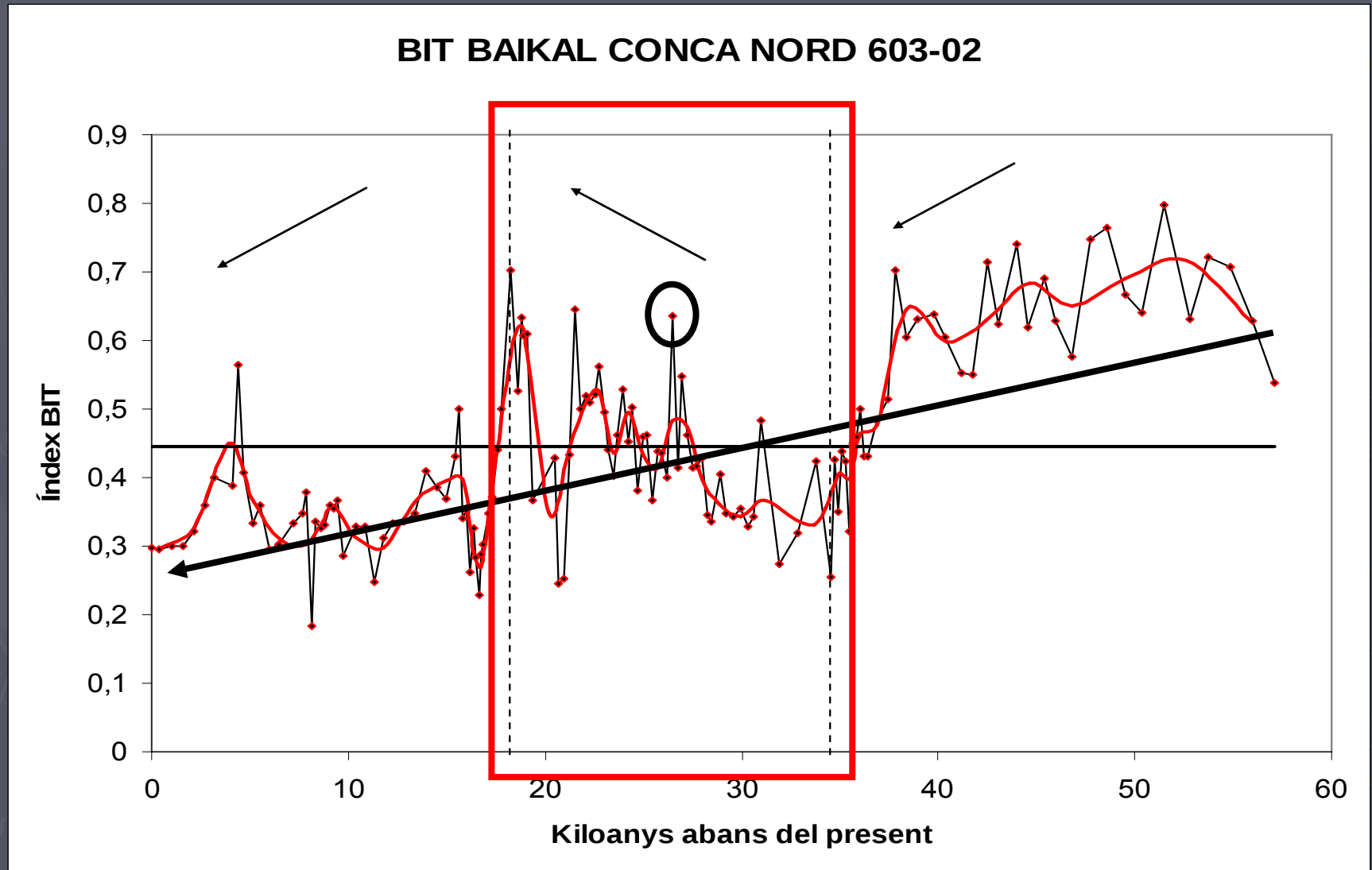
3.3 Resultats Conjunts

BIT



3.3 Resultats Conjunts

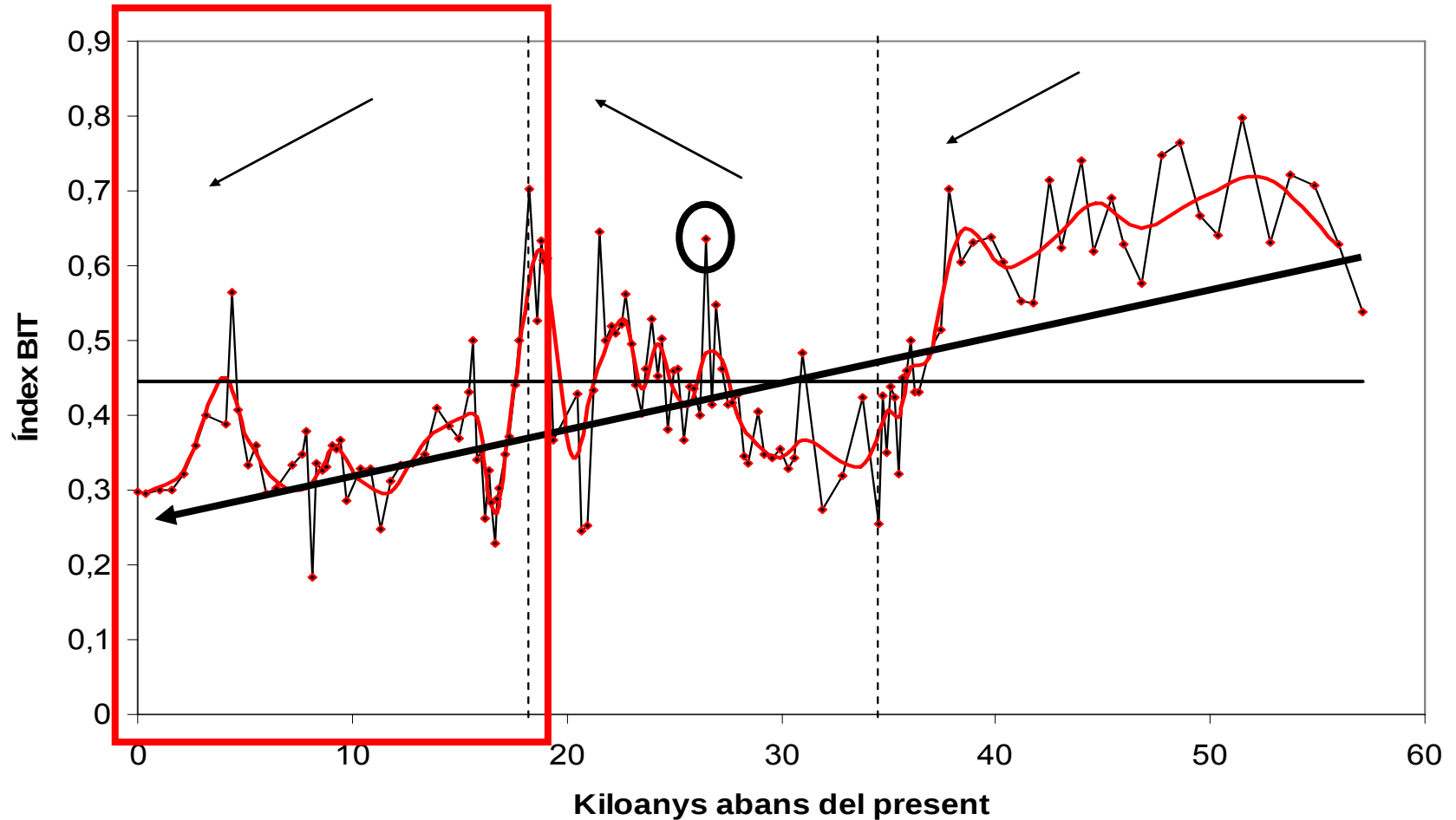
BIT



3.3 Resultats Conjunts

BIT

BIT BAIKAL CONCA NORD 603-02



Índex General

- ▶ 1. Introducció
- ▶ 2. Metodologia
- ▶ 3. Resultats
- ▶ 4. Discussió
- ▶ 5. Conclusions
- ▶ 6. Propostes de millora

4. Discussió

4.1 Fiabilitat de les dades

4.2 Augment de la resolució

4.3 Comparació amb el registres de
Greenland i Vostok

4.1 Fiabilitat de les dades

Outlier [Escala et al., (r.p.n.)]

LST (-2.5°C, 23.9 Ka A.P.)

Biaix Sistemàtic

Instrumental

Possibles raons

Diferències Estadísticament
significatives als primers 20
Ka

No Detecció del regioisòmer
del Crenarqueol

Columnes cromatogràfiques
Baixa concentració de la mostra
diferents

T°C **sistemàticament** més
baixes enfront les d'Escala et
al., (r.p.n.) [sí detecció]

Baixa sensibilitat de la columna

En Escala et al., (2008)[en
preparació] no s'observen
diferències entre la saponificació i
columnació

4. Discussió

4.1 Fiabilitat de les dades

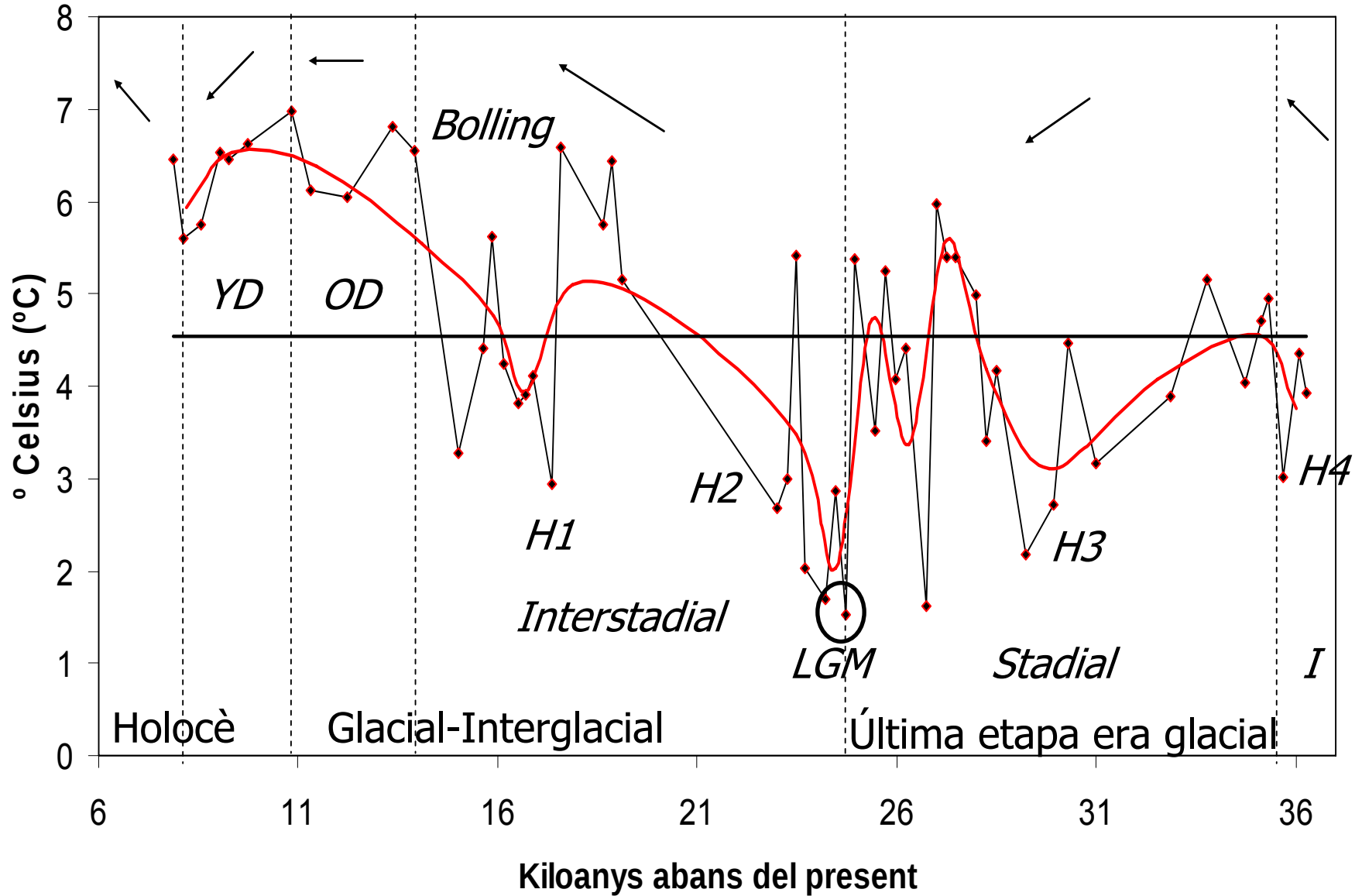
4.2 Augment de la resolució

4.3 Comparació amb el registres de
Greenland i Vostok

4.2 Augment de la resolució

Temperatura superficial de
l'aigua

Temperatura superficial del llac (LST) Baikal Nord 603-2

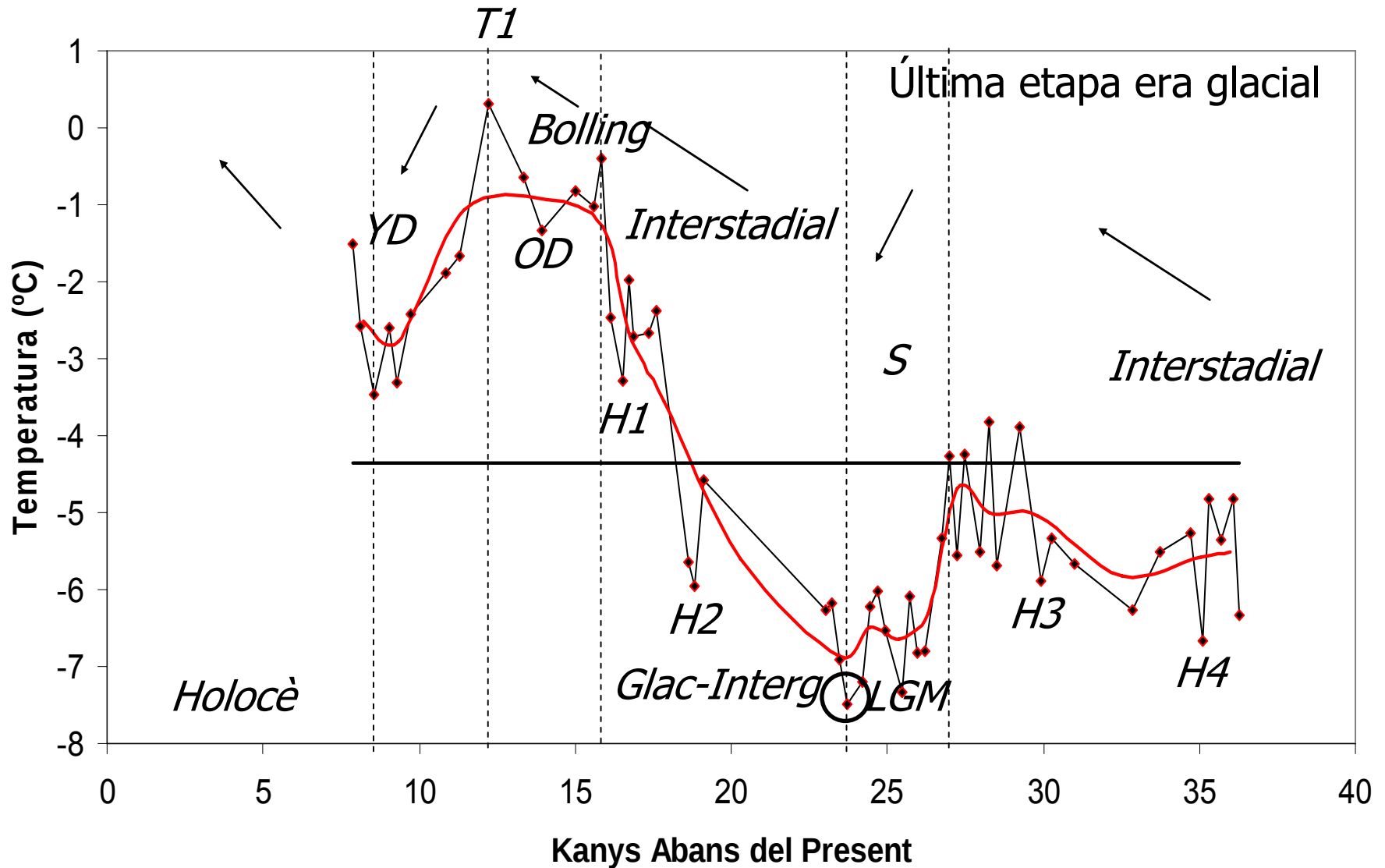


4.2 Augment de la resolució

Temperatura de l'aire



Temperatura de l'aire (MAAT) Baikal Nord 603-2



4.2 Augment de la resolució

BIT

Valor global mig
del BIT elevat,
0.40

Efecte de la descàrrega de material fluvial dels rius que desemboquen en la part sud-est, com el Barguzin, i l'existència de tot un entramat de rius d'escala menor a no més de 25 Km (Charles *et al.*, 2005)

Efecte de les diferents glaciacions ocorregudes durant el Quaternari, que porten associades episodis d'aportació de grans fluxos de material glacial clàstic (Back et al., 1999).

Episodis de pluges abundants que hagin erosionat el sòl i transportat pels rius grans quantitats de matèria orgànica (Hopmans *et al.*, 2004)

Disminució progressiva del BIT a partir dels 18.8 Kanyes A.P., es podria associar a la desglaciació general pròpia de l'entrada a l'*interstadial*, i a la conseqüent disminució de la força erosiva de les glaceres i les grans plaques de gel deguda a la seva pròpia fusió.

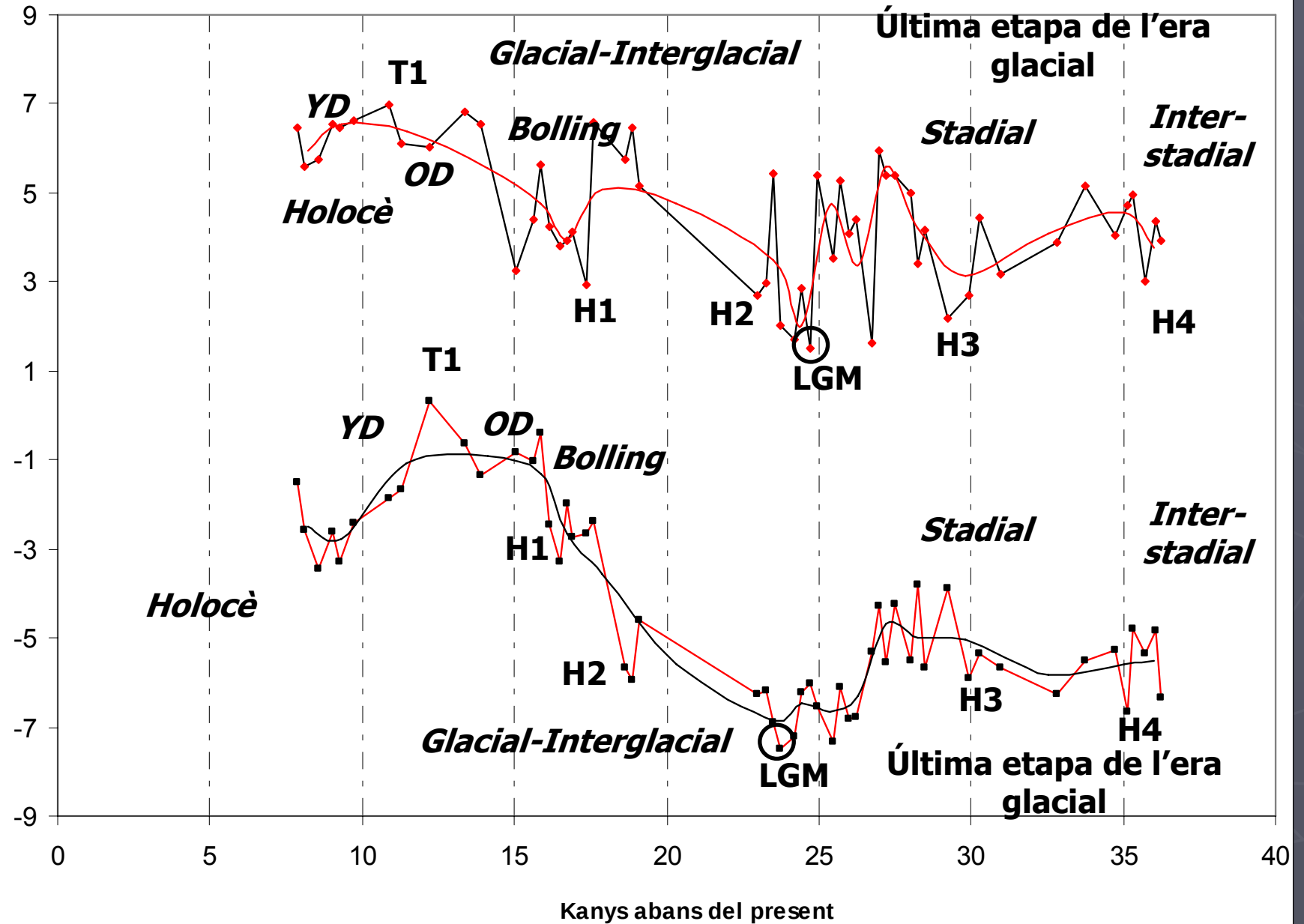
Comparació entre LST i MAAT



Comparació LST/MAAT

—●— LST
—■— MAAT

Temperatura (°Celsius)



4. Discussió

4.1 Fiabilitat de les dades

4.2 Augment de la resolució

4.3 Comparació amb
els registres de
Greenland i Vostok

Vostok Deuterium Ice Core

d deuterium

400
420
440
460
480
500

Greenland (GRIP2)



H1

H2

H3

H4

H5

33
35
37
39
41
43
45
47

LST
MAAT

Comparació LST/MAAT

°Celsius

12
8
4
0
-4
-8
-12

0

10

20

30

40

50

60

Kany abans del present

4.3 Comparació amb els registres Greenland i Vostok

La LST i la MAAT mostren tendències similars amb els registres de *Greenland* i *Vostok*

Els punts en comú més evidents són respostes similars a les forces de *Milankovitch*.

També algunes respostes similars a processos relacionats amb les forces de *subMilankovitch*

El YD sembla estar desfasat en el llac Baikal respecte els altres dos registres

L'*Interstadial Bolling* és molt més marcat a *Greenland* i el Baikal que al Vostok.

En aquest estudi no es distingeixen els Heinrich events al registre *Vostok*.

Existència d'un LGM, d'un pas de glacial a interglacial, d'un període de refredament degut a l'última glaciació

Ocurrencia de l'estadi Younger Dryas en el tres registres, però al Vostok no l'OD.

Índex General

- ▶ 1. Introducció
- ▶ 2. Metodologia
- ▶ 3. Resultats
- ▶ 4. Discussió
- ▶ 5. Conclusions
- ▶ 6. Propostes de millora

5. Conclusions

5.1 Augment de la resolució

5.2 Interconnexió climàtica



5.1 Augment de la resolució

Augmentar la resolució en la reconstrucció de la temperatura de l'aigua i de l'aire i de la quantitat de matèria orgànica d'origen terrestre ha estat assolit.

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, 2.596 i 234 anys respectivament. Aquestes resolucions temporals, són, 400 anys superiors de rang mig a les obtingudes en el present estudi, 348 anys.

La resolució final obtinguda a l'unir les dues mostres per tal de tractar els resultats com si fos una mateixa mostra tenen de mitja 426 anys, i de valors màxims i mínims 1.344 i 21 anys augmentant el registre de dades de la zona del Baikal pel lapse de temps comprés entre el 7 i els 37 Kanys A.P.

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* .

5. Conclusions

5.1 Augment de la resolució

5.2 Interconnexió climàtica



5.2 Interconnexió climàtica

S'han observat tendències similars de la temperatura en els tres registres

Sobretot pel que fa l'acció de les forces causades pel cicle de *Milankovitch*:

Descens de la temperatura durant l'era glacial i l'augment de la temperatura observat en els tres registres a partir del LGM

La zona del Baikal es correlaciona millor amb el registre de Grenlàndia que amb el de l'Antàrtida, indicant una teleconnexió climàtica més senzilla entre el Baikal i el sistema Atlàntic.

Tant el registre *Greenland* com el Baikal semblen ser molt més sensibles als *Heinrich events* que el registre de *Vostok*

Es manifesta 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 món allunyades entre si, mostren tendències en la temperatura similars.

Índex General

- ▶ 1. Introducció
- ▶ 2. Metodologia
- ▶ 3. Resultats
- ▶ 4. Discussió
- ▶ 5. Conclusions
- ▶ 6. Propostes de millora

6. Propostes de millora

Homogeneïtzació de les condicions d'anàlisi entre les dues mostres:
Utilitzar el mateix tipus de columna cromatogràfica i calibrar el MS amb condicions idèntiques.

Augmentar el volum d'injecció de mostra al sistema HPLC/MS-APCI, ja que d'aquesta manera s'augmenten les possibilitats de detectar el regioisòmer del Crenarqueol, que es troba a concentracions molt baixes en aigües fredes com són les del Baikal.

Comprovar la sensibilitat del HPLC abans de començar l'anàlisi

Es creu necessari una reextracció de les mateixes mostres dels sediments de la conca Nord del llac Baikal per tenir en consideració aquests factors i obtenir nous resultats.

Agraïments

A l'Antoni Rossell, la Marina Escala i a la
Susanne Fietz, per tota l'ajuda prestada.



Gràcies
per la vostra
atenció.





Defensa del Projecte fi de carrera
Llicenciatura de Ciències Ambientals

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

Autor: Josep Maria de la Trinxeria
Director: Antoni Rossell-Melé
Setembre 2008