

Azken Hamarkadetako Itsas Tenperaturaren Joerak Bizkaiako Golkoan

Ganix Esnaola

AZTI-Tecnalia, Itsas Ikerketa Saila

Laburpena: Bizkaiako Golkoan azken hamarkadetan itsasoko tenperaturak erakutsi dituen joerak aztertu dira lan honetan, horretarako satellite bidez jasotako itsas gaineko tenperaturaren neurketak erabiliz bai tokian bertan, gainazalean, bai sakonera desberdinetan, bildutako tenperatura-neurketak erabiliaz. Bi denbora tarte aztertu dira lan honetan: 1955-2010 eta 1985-2008. Tokiko neurketen multzoa 1955-2010 eperako dago eskuragarri eta epe hori neurketa mota horrekin soilik aztertu da. 1985-2008 tarterako berriz, tokiko zein satelliteko neurketak daude eskuragarri eta beraz, analisisian bi datu motak hartu dira kontuan. Datu horietatik ondoriozta daiteke gainazalean zein aztertutako gainontzeko sakoneretan beroketa-joera ageri bat dagoela, baina bere balioa aukeratzen den denbora tartearikiko menpekoea dela. Horretaz gain, itsas gainazalean eta lehenengo metroetan ageri da beroketa handiena, hortik behera beroketa txikitzen doalarik.

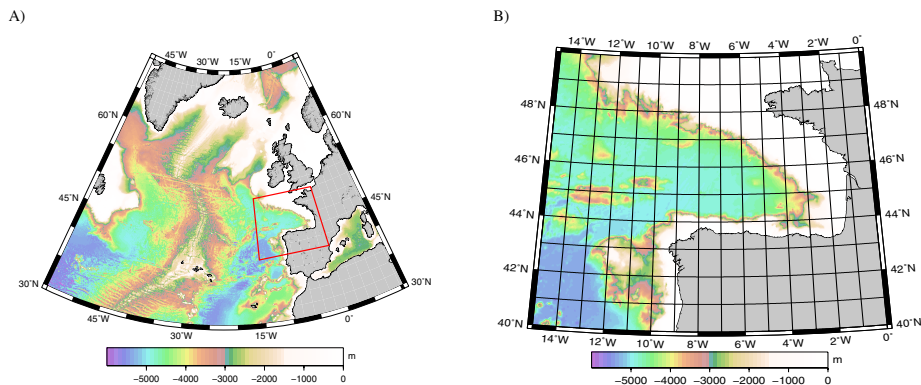
Abstract: Trends in sea temperature data over the Bay of Biscay area have been analysed by means of both satellite sea surface temperature data and *in-situ* measurements in the surface and several depths. Two analysis periods have been distinguished taking into account the period covered by each of these data sets, using only *in-situ* measurements for the 1955-2010 period and both *in-situ* and satellite measurements for the 1985-2008 period. Warming trends, depending on the specific analysis period chosen, are observed in all analysed depths and in the surface. Trends are strongest in the surface and first meters and become weaker as depth grows.

SARRERA

Azken hamarkadetan Ipar Atlantikoa beste edozein ozeano baino azkarago berotu da [1]. Berak bakarrik 1955-1998 tartean ozeano guztiak irabazi duten bero guztiaren herena lortu bide du zenbait estimazioen arabera [2], eta hori hala gertatu da ozeano horiek guztiak kontutan hartuz gero Atlantikoaren tamaina erlatiboa nahiko txikia den arren. Beroketa ezohiko hau ozeanoko gainazaletik hasi eta lehen 700 m-ak 0.27 °C berotzeko modukoa litzateke 1955-2003 eperako zenbait ikerketaren arabera [2]. Bero-

keta joera hau aztertzea, hala ere, ez da erraza, aztertu nahi den joeraz gain urte anitzeko epeko oszilazioak ere tartean daudelako erabili beharreko tenperatura erregistroetan, eta zaila da batzuk besteetatik bereiztea.

Bizkaiako Golkoa Ipar Atlantikoaren ekialdean kokaturik dago, 1A. irudiak erakusten duen bezala. Lan honetan Bizkaiako Golko bezala kontsideratuko dugun eremua, izenak berak dioena baina zerbait handiago da. 1B. irudian ikus dezakegu, tokiko batimetria kolore-eskalan adierazirik duela. Irudi horrek erakusten digu penintsularen ipar kostan kontinenteko plataforma estua dagoela baina Frantziako kostatik hasi eta iparralderago kontinenteko plataforma askoz zabalagoa dela, eta horretaz gain baditugula aztertuko den eremuaren erdialde eta mendebaldean ozeano sakoneko guneak.



1. irudia. A) Ipar Atlantikoa eta kolore-eskalan batimetria duen Bizkaiako Golkoa eta bere ingurunea, kaxa gorri batean adierazirik. B) Azterketa-eremua bere batimetria kolore-eskalan duela.

Eremu honetan garatu diren itsasoko tenperaturen joeren inguru ikerketak aipatzeko orduan, denbora serie puntualekin egindakoak aipa genitzake alde batetik, Donostiako Aquariumeko seriearekin egindakoa adibidez [3]. Bestetik eremu guztia bere osotasunean hartzen duten azterketak ere bada [4] eta bai simulazio matematiko bidez egindakoak ere [4]. Ikerketa horietan aukeratutako denbora epearekiko menpekotasun handia adierazten duten emaitzak lortu dira, baina gutxi gorabehera bat datoz guztiak beroketa joera bat badela esaterakoan; joera hori, nabariagoa egin da batez ere azken hamarkadetan.

Lan honetan, azken hamarkadetan Bizkaiako Golkoko itsasoko tenperaturan jaso diren joeren inguruan arituko gara bi informazio-iturri ezberdinetan oinarrituta. Itsas gainazaleko tenperaturak agertutako joerak satelite bidez lortutako erregistroetatik eta tokian bertan egindako neurketetatik ondorioztatutako ditugu eta sakonera desberdinetan jasotako joerak berriz soilik tokian

bertan egindako neurketetatik. Beraz, lan honen helburua jasotako neurketetatik ondorioztatzen diren joeren inguruan zenbait oinarritzko ideia garatzea izango da, irakurleari azterketa sakonago baterako abiapuntua emanaz.

DATUAK

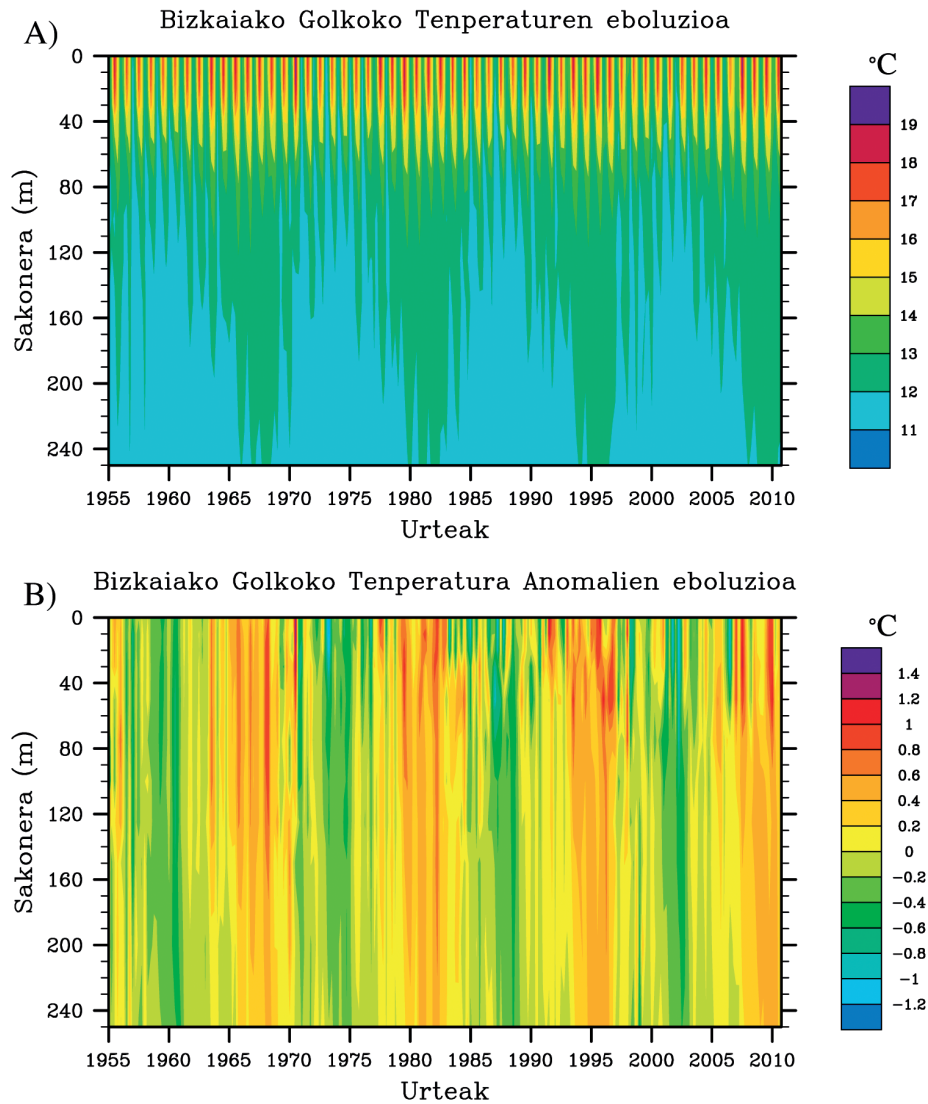
Aztertu nahi dugun aldagaiaren informazio eskasia izango da itsasoko tenperaturen epe luzeko joerak aztertzeko orduan aurkituko dugun arazo nagusia, denboran zenbat eta atzerago egin nahi izan, hainbat eta eragozpen larriagoa aurkituko dugulako. Arazo hau ez dago itsas tenperaturari soilik lotuta, aldagai klimatikoekin lan egitean ohikoa den kontua delako. Hala ere, arazoa bereziki esanguratsua da ozeanoko aldagaiei dagokienean, eta berdin ozeano gaineko atmosferako aldagaiei dagokienean, agerikoak diren neurketa eta erregistro arazoengatik. Ozeanoaren gainazalaren ezaugarriak dagokienean (itsas gainazalaren tenperatura edo kolorea, itsas gainazaleko haizeen abiadura...) egoerak nabarmen egin du onera sateliteen erabileraren orokortzearekin batera, baina modu horretan lortutako datu-baseek gehieenez 25 urte inguruko luzera dutenez erabilpen mugatua dute klima-azterketan. Horretaz gain, ozeanoaren gainazalaren ezaugarrietara mugatuta daude modu horretako neurketak, eta beraz, egoerak hobera egin duen arren gainazalaren ezaugarriak dagokienean eta sakonera desberdinetako informazioari dagokionean egoerak ez du hobekuntza konparagarririk jasan.

Bi izango dira lan honetan erabiliko diren itsasoko tenperatura datuen jatorriak: satelite bidez neurtutako itsas gainazaleko tenperaturen irudiak eta ikerketa eremuan zehar tokian bertan eta sakonera anitzetan egindako tokiko neurketaen datu-base bat. Jarraian bi informazio-jatorri horien ezaugarri nagusien berri emango da.

World Ocean Databaseko (WOD) Datuak

World Ocean Database (aurrerantzean WOD) datu-basea munduko ozeanoetan zehar hainbat erakundek egindako neurketak elkartu eta modu askean eskaintzeko ahalegin bat da. Ozeanoetako aldagai anitzen neurketak biltzen ditu WOD datu-baseak, eta tenperatura-neurketak dira ugariak eta hemen egindako azterketarako interesgarriak. WOD datu-baseko neurketa gehienak kanpaina ozeanografikoetan barkuetatik eta sakonera desberdinetan egin dira. Horrek esan nahi du garaian-garaian egindako kanpainen eta estalitako eremuaren arabera izango dela tenperaturaren informazioa. Arazo hau ekidin eta denbora serie jarrai bat bat osatu nahi izanez gero, hau da, aldi uneoro datu bat duen serie bat egin nahi izanez gero, eremu nahikoa zabala hartu behar da eta serieak egunerokoa gabe, hilerokoa edo 3 hilekoa izan behar du. Gure kasuan, eta 1B. irudiko eremua erreferentziatzat hartuta, gainazala eta 250 m-ko sakonera artean nahikoa neurketa edukitzeko

beharrezko da hileroko serieetara jotzea (86935 tokitako sakonera anitzeko neurketa izanik dena). Aztertuko diren sakonera mailak hamaika izango dira: gainazala alde batetik eta 10 m, 20 m, 30 m, 50 m, 75 m, 100 m, 125 m, 150 m, 200 m eta 250 m sakonerako mailak bestetik. Esan bezala, aipatutako eremurako hileroko maiztasuneko sakonera desberdinetako tenperatura serieak egin daitezke banakako neurketen multzoetatik abiatuta.



2. irudia. A) WOD datu-baseko 1955-2010 eperako hiru hileko tenperaturen (°C) bilakaera, gainazala eta 250 m sakonera tarterako. B) Temperatura horien urteroko zikloa ezabatuz lortutako anomaliak.

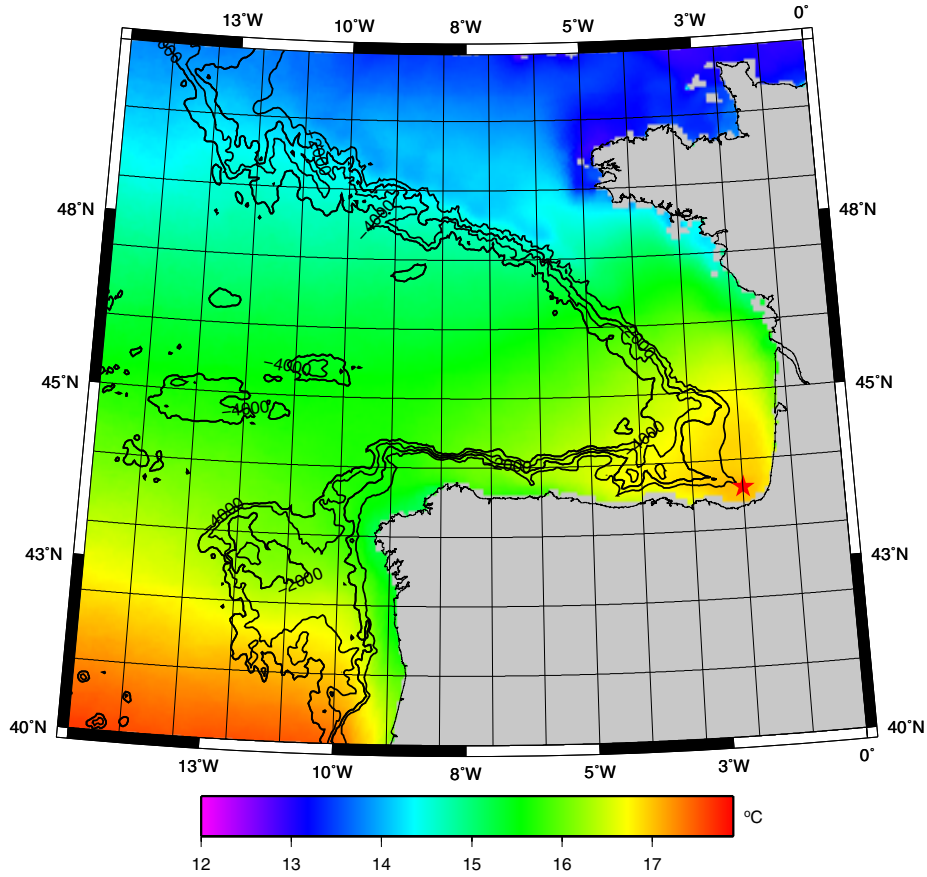
Kasu honetan nahikoa datu daude eskuragarri 1955-2010 tarterako egiteko temperatura serieak, baina ez denboran atzerago joateko. Hurrengo sailean hileroko serie hauek erabiliko diren arren, sakonera desberdinetako tenperaturen joerak kalkulatzeko 2A. irudian hileroko serieen ordeztu 3 hilerokoak marraztu dira gauzak argitze aldera.

2A. irudiko seriean argi ikus daiteke urtez urte errepikatzen doan urtaroen zikloaz gain badela bestelako aldakortasunik ere. Aldakortasun hori argiago ikus dezakegu sakonera desberdinetan, batez besteko urtaroen ziklo bat kalkulatu eta 2A. irudiko seriei kenduz gero. Era honetan kalkulatuak hondarrei anomalia esango diegu eta garai bat ohikoa baina beroago edo hotzago den adieraziko dugu. 2A. irudiko serieen anomaliak 2B. irudian ikus daitezke sakonera eta denboraren funtzioan.

Sateliteko Itsas-gainazaleko Temperaturaren Datuak

Joan den mendeko laurogeigarreneko hamarkadaren hasieratik hona lurraren orbitatik satelite bidez neurtutako itsas gainazaleko tenperaturaren neurketak daude eskuragarri. Neurketa hauetatik bereizmen handiko (4 km) itsas gaineko tenperaturaren irudiak lor daitezke epe horretako egun zein gauetarako (1B. irudiko eremurako gure kasuan). Hala ere, neurketa hauek badute mugapen garrantzitsu bat; izan ere, lainoz estalitako guneetan ez da posible itsas gainazaleko tenperaturaren neurketarik eskuratzea eta beraz aipatutako irudietan oso ohikoak dira daturik gabeko eremuak. Arazo honen oinarritzko jatorria satelite hauek itsas gaineko temperatura neurtzeko darabilten printzipio fisikoan dago. Itsas gainazalak duen tenperaturaren arabera igorritako erradiazio infragorria neurtuz eskuratzen dira datu horiek, baina itsas gainazalak igorritako erradiazio infragorri hau tartean lainoa dagoelarik ez da satelitea dagoen orbitaraino iritsiko, eta beraz kasu horretan ez da neurketarik izango. Mota honetako datuekin lan egitean, aipatu berri den arazoa ekidin nahi izaten da eta eguneroko datuak erabili ordeztu hilabeteko batez bestekoak erabiltzen dira edo era berean estatistikako teknikak ere. Lan honetan DINEOF [5] izeneko teknika bat erabili da faltan ziren datuetatik ahalik eta gehien berreraikitzeke.

Aurreko WOD datu-baseak bi dimentsio (sakonera eta denbora) zituen modu argi eta errazean erakutsi ditzakegu temperatura eta bere anomalien bilakaera (2A eta 2B. irudiak). Datu-base honen kasuan berriz, aurrekoan ez bezala, espazio-informazioa izango dugu latitude eta longitudearen funtzioan eta beraz, mapa edo irudi bat izango dugu aldiuneko. Honek esan nahi du joeraren kalkuluak egiten ditugunean eremuko puntu bakoitzean tenperaturaren joeraren estimazio bat izango dugula, baina aurreko eremu osorako estimazio bakarra izango dugula WOD datu-basearen kasuan. Hori dela-eta, kasu honetan denbora seriearen eta honen anomalien denbora-bilakera erakutsi ordeztu 1985-2008 epearen urteko batez bestekoa erakusten du 3. irudiak. Irudi horretan argi ikus daiteke ipar-hego modulazio bat ba-



3. irudia. Batez besteko itsas gainazaleko temperatura (°C), sateliteko irudi bererraitatik eskuratutako 1985-2008 tarterako. Marra beltz solidoek 1.000 m, 2.000 m, 3.000 m eta 4.000 m-ko sakonera mailak adierazten dituzte.

tez besteko temperaturan, baina horretaz gain era berean nabariak dira beste ezaugarri batzuk ere, hala nola, Portugal eta Galiziako kostetan latitude bereko beste gune batzuetan baina batez besteko temperatura baxuagoa edo Bizkaiako Golkoko izkinan efektu kontrajarria, eta baita kontinenteko plataformaren eragina ipar partean.

DATUEN AZTERKETA

Aldagai baten denbora serie batek denboran zehar erakutsitako joera deskribatzeko, suposatu ohi da joera horrek portaera lineal bat duela eta hala izango bide hemen ere. Hala ere, esan beharra dago portaera hori ko-

rapilatsuagoa izan daitekeela eta gerta daitekeela hurbilketa lineala baliagarri ez izatea. Edonola ere, portaera lineala dela suposatuta, erregresio lineal baten bidez eskuratuko dugu tenperatura serie desberdinen joera.

Erabiliko diren 2 datu-baseen deskribapena egitean adierazi da datu-baseetako bakoitzak denbora epe desberdin bat estaltzen duela, adibidez WOD datu-baseak 1955-2010 tartea eta sateliteko irudienak berriz 1985-2008 tartea. Aurrerago argi geratuko den bezala, berau kalkulatzeko hautatutako denbora epearekiko menpekotasun handia du joera horrek. Hori dela-eta, jarraian egin beharreko azterketa bi ataletan banatuko da. Lehen atal batean datu-baseetako bakoitza bere osotasun osoan aztertuko da eta bigarren atal batean bi datu-baseek elkarbanatzen duten denbora tartea aztertu da, hau da 1985-2008 denbora tartea. Alderaketa horretan, sateliteko neurketek gainazaleko tenperatura ematen digutenez, elkarrekin alderatuko ditugu WOD datu-baseko gainazaleko tenperaturen joera eta sateliteko tenperaturen joera, baina horretaz gain, baliagarri izango zaizkigu azterketan WOD datu-base-tik sakonera desberdinetarako eskuratutako tenperaturaren joerak ere.

Temperatura joerak bi datu-baseetan

WOD datu-baseari dagokion 2A. irudian ikus dezakegu urtez urte errepikatzen den zikloa. Neguan ur zutabea ongi nahasturik dago tenperatura nahiko homogeenorekin, baina udaberri eta udan estratifikatu egiten da eta tenperatura gradiente bertikala azaltzen da, azkenean udazkenean atzera estratifikazioa apurto eta zutabe homogeen baterantz itzultzeko. Irudi hori interesgarria den arren, lan honetan interesgarrien zaiguna ez da aldakortasun hori, urtero errepikatutako ziklotik gaindi dagoen aldakortasuna baizik. Bide horretan, adibidez, agerikoa da urtaro beroko estratifikazioa ez dela berdina urtez urte eta gainera ez dela sakonera berdineraino ere hedatzen. Lehenago ere esana da epe luzeagoko aldakortasuna aztertzeko asmoarekin urteroko zikloa ezabatuko genuela, datuetatik anomalia esan diogun datuen baliokidea sortzeko. 2B. irudian ikus dezakegu hau guztia.

Gauzak horrela, WOD datu-basearen kasuan 1B. irudiko eremu osoa barne hartuko duen anomalien denbora serie bat izango dugu aztertutako sakonera bakoitzerako, eta beraz, tenperaturaren joeraren estimazio bat izango dugu sakonera horietako bakoitzerako. Estimazio horiek, 1. taularen lehen zutabean ikus daitezke 1955-2010 eperako, °C hamarkada⁻¹ unitateetan eta sakoneraren funtzioan.

Joeraren estimazio bakoitzak, gainera, *Monte Carlo* simulazio baten bidez kalkulaturako ziurgabetasuna atxikita du. Ikus daitekeenez, ur zutabearen lehenengo metroetan kokatzen da beroketa joera handiena, bere balioak $0.22 \pm 0.12^{\circ}\text{C}\cdot\text{hamarkada}^{-1}$ inguruan kokaturik daudelako; hala ere, beroketa ez da lehenengo metro horietara mugatzen, sakonera guztietan gertatzen baita. Taula horretako balioetatik ondoriozta daitekeen joeraren

1. taula. Ondorioztatutako temperaturaren joerak ($^{\circ}\text{C}.\text{hamarkada}^{-1}$), *World Ocean Database* (WOD) datu-basetik lehen zutabeko 1955-2010 epeko eta bigarren zutabeko 1985-2008 epeko sakonera desberdinetarako.

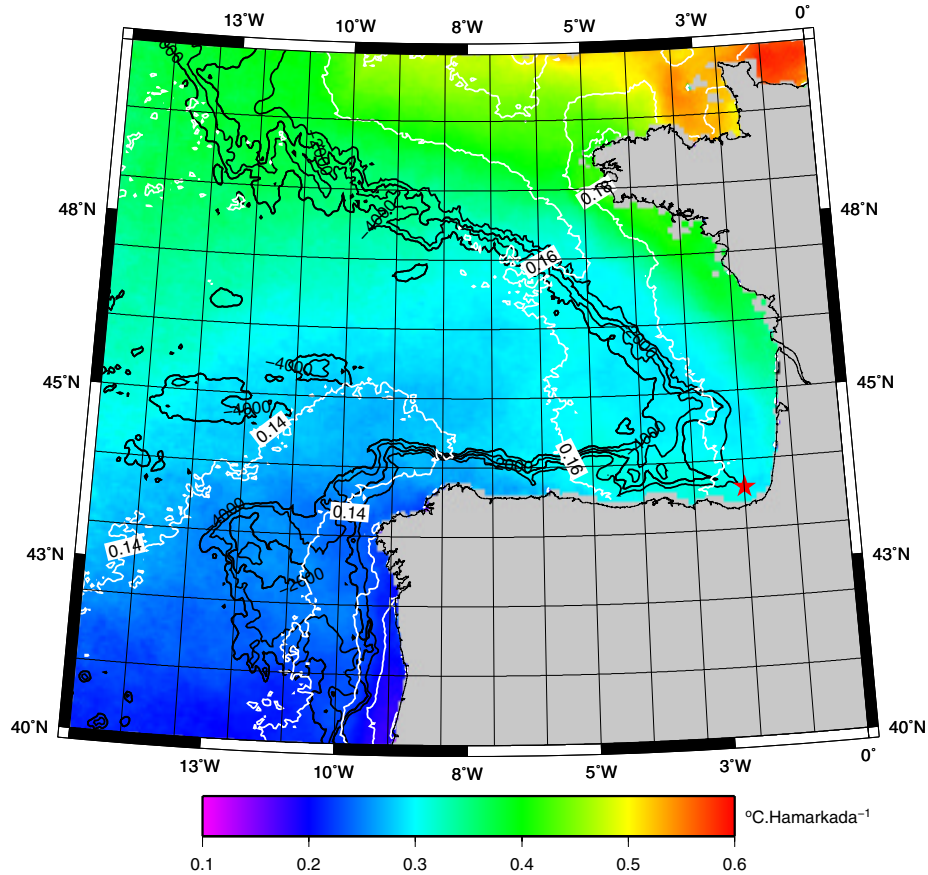
Sakonera	1955-2010 ($^{\circ}\text{C}.\text{hamarkada}^{-1}$)	1985-2008 ($^{\circ}\text{C}.\text{hamarkada}^{-1}$)
Gainazala	0.22 ± 0.12	0.47 ± 0.18
10 m	0.22 ± 0.11	0.42 ± 0.15
20 m	0.20 ± 0.11	0.41 ± 0.14
30 m	0.17 ± 0.10	0.38 ± 0.14
50 m	0.13 ± 0.09	0.27 ± 0.13
75 m	0.10 ± 0.07	0.26 ± 0.10
100 m	0.11 ± 0.06	0.27 ± 0.09
125 m	0.10 ± 0.06	0.27 ± 0.08
150 m	0.10 ± 0.05	0.28 ± 0.07
200 m	0.08 ± 0.05	0.28 ± 0.06
250 m	0.07 ± 0.04	0.27 ± 0.06

gradiente bertikalari ($^{\circ}\text{C}.\text{hamarkada}^{-1}.\text{m}^{-1}$) dagokionean berriz, bi geruza desberdindu daitezke: lehenik gainazala eta 75 m artekoa antzerako balioekin, eta bigarrenik balio baxuagoko beste bat hortik behera. Joeraren balio handienak gainazalean agertzeak seguruenik esan nahi du beroketa joera horren jatorria gainazalean dagoela, sakoneran agertutako joerak berriz gainazaletik sakonerantz edatutako efektu bat liratekeelarik. Edonola ere, mekanismo zehatzaren deskribapena lan honen helburuen gaindi dago.

Sateliteko datuen kasuan egoera WOD datu-basearekin alderatuz desberdina da, temperaturaren joeraren balioa gainazalean soilik eskuratu deza-kegulako. Hala ere, kasu honetan espazio-informazioa izango dugu lehenez bezala eremu osorako balio baten orde. Izan ere, 1985-2008 tarteko seriea motzagoa den arren datu kopurua askoz handiagoa da kasu honetan eta beraz, temperaturaren joeraren mapa bat izango dugu kokagune bakoitzerako estimazio batekin. Estimazioen mapa hori 4. irudian ikus daiteke. 1. taularen kasuan bezala, oraingo honetan ere, joeraren estimazioei atxikitako ziurgabetasuna *Monte Carlo* simulazioen bidez kalkulatu da eta joeraren mapa koloreztatuaren gainean marraztutako maila-marra zurien bidez adierazita dago.

Temperaturaren joeretan ipar-hego modulazio argi bat ikus dezakegu, balio handienak iparrean daudelarik. Horretaz gain, balio handienak orokorrean sakonera txikiagoko eremuetan gertatzen dira, nahiz eta ipar-mendebaldean sakonera handien gainean ere gertatu. Guztietan baliorik handienak Mantxako kanalaren inguruetan ageri dira ($0.6 \text{ }^{\circ}\text{C}.\text{hamarkada}^{-1}$). Balio

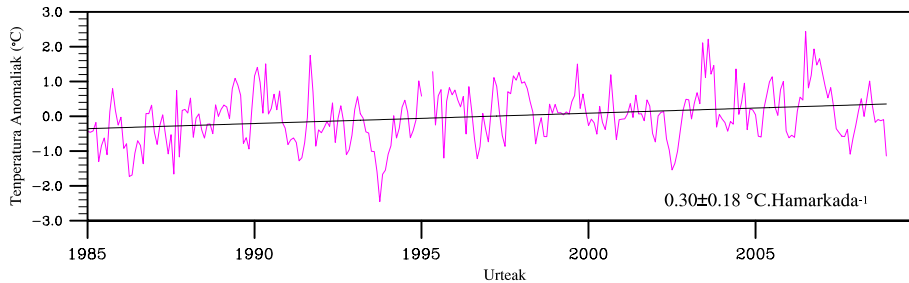
Azken Hamarkadetako Itsas Tenperaturaren Joerak Bizkaiako Golkoan



4. irudia. Satellite irudi berreraikietatik ondorioztatutako itsas gainazaleko tenperaturaren joera ($^{\circ}\text{C}.\text{hamarkada}^{-1}$), eremuko puntu desberdinetan eta 1985-2008 urteen tartarako. Marra zuriek *Monte Carlo* simulazio bidez ondorioztatutako joeraren ziurgabetasun tartekak adierazten dituzte.

txikienak berriz, eremuaren hegoaldean ageri dira ($0.2\text{ }^{\circ}\text{C}.\text{hamarkada}^{-1}$) ipar eremuko balio handien herena ingurukoak izanik.

Euskal kostaldearen kasua zehatzago aztertzeko, kostatik gertuko puntu bat aukeratu da ($2^{\circ}\text{W}-43.6^{\circ}\text{N}$, ikus izar gorria 3 eta 4 irudietan). 5. irudian ikus daiteke puntu horri dagokion tenperatura anomalien denbora seriea, erregresio linealaren bidez estimatutako erregresio-zuzena eta joeraren balioarekin batera. Euskal kostaldetik gertu dagoen puntu horretan eskuratutako joeraren balioa beraz, $0.30 \pm 0.18\text{ }^{\circ}\text{C}.\text{hamarkada}^{-1}$ da 1985-2008 eperako.



5. irudia. 3 eta 4 irudietan izar batekin adierazitako kokaguneari (2W-43.6N) dagozkion tenperatura-anomalien denbora seriea, erregresio-zuzena eta ondorioztatutako tenperaturaren joera.

Temperatura joeren arteko alderaketa elkarbanatutako 1985-2008 denbora tartean

Sateliteko irudi berreraikietatik lortutako joeren emaitzak WOD datu-baseko emaitzekin alderagarriak izan daitezzen 4. irudiko joera guztien batez bestekoa kalkulatu beharko da. Izan ere, gogoan eduki behar dugu WOD datu-baseko emaitzek eremu osoa hartzen dutela kontuan. Batez besteko hori kalkulatu gero, eremu osoko gainazaleko tenperaturaren joerarako $0.32 \pm 0.16 \text{ } ^\circ\text{C.hamarkada}^{-1}$ balioa eskuratzen da.

WOD datu-basearen kasuan, 1955-2010 eperako egin bezala 1985-2008 tarterako datuekin soilik joeren kalkulua eginez gero, 1. taularen bigarren zutabean ikus daitezkeen emaitzak eskuratzen dira. Kasu honetan ere joera positiboak ageri dira sakonera guztietan; balio handienak gainazala eta sakonera txikietan gertatzen dira eta zerbait txikiagoak sakonera handiagoetan. Balioak kasu guztietan 1955-2010 eperako lortutakoak baino handiagoak dira eta agerian dago joeraren kalkuluak erabilitako epearekiko menpekotasun nabaria duela, lehenago esan den bezala. Joeraren gradiente bertikalak ere aurreko eperako kalkulatu zenaren antzeko portamoldea erakusten du kasu honetan ere.

WOD datu-baseari dagokion gainazaleko tenperaturaren joera ($0.47 \pm 0.18 \text{ } ^\circ\text{C.hamarkada}^{-1}$) satelite irudietatik eskuratutako batez bestekoarekin ($0.32 \pm 0.16 \text{ } ^\circ\text{C.hamarkada}^{-1}$) alderatu ezkerreko lehenengo handiagoa dela ikus daiteke, nahiz eta bi balioak estatistikoki bereizgarriak ez diren. Hori baina, ez da harrizkoa WOD datu-basea eremuan zehar banatutako banakako neurketek eraikita dagoela kontuan hartzen badugu. Izan ere, 4. irudiak erakusten du joeraren espazio-aldakortasuna handia dela, eta beraz ulergarria da bi balioen aldea.

ONDORIOAK

WOD datu-basetik sakonera zein denbora epe desberdinetarako tenperaturak erakusten dituen joerak ondorioztatu dira, kasu guztietan tenperaturaren berotzeko joera bat agertzen delarik. Berotze joera hori gainazalean eta lehenengo metroetan da itxuraz nabariena baina ez da ozeanoko lehenengo metroetara soilik mugatzen, sakoneran ere agerikoa baita.

Gainazaleko tenperaturaren joeraren estimazioak ondorioztatzean datu-base eta neurketa sistema oso desberdinen bidezko emaitzak eskuratu ahal izan ditugu 1985-2008 tarterako, sateliteko irudietatik lortutako estimazioen kasuan joeraren espazio-informazio espaziala eskuratuaz eta eremu osorako balioak eskuratuaz WOD datu-baserako. Tenperaturaren joerak espazio-aldakortasun nabaria duela ondorioztatu dugu eta horren haritik azaldu dugu sateliteko joeren batez bestekoa (0.32 ± 0.16 °C.hamarkada⁻¹) eta WOD datu-baseko (0.47 ± 0.18 °C.hamarkada⁻¹) gainazaleko tenperaturaren joeraren aldea. Sateliteko joeraren estimaziotik ondorioztatu dugu euskal kostaldearen inguruko gainazaleko joerak 0.30 ± 0.18 °C.hamarkada⁻¹ ingurukoak direla (5. irudia). Emaitza hau gutxi gorabehera bat dator antzerako eperako (1977-2007) beste ikerlari batzuek [3] Donostiako Aquariumeko tenperatura serierako ondorioztatutako 0.26 °C.hamarkada⁻¹ balioarekin.

Sakonera desberdinetan eskuratutako tenperaturaren joeraren estimazioek berotze joera argia erakutsi digute. Balio handienak gainazalean eta lehen metroetan eskuratzeak seguruenik esan nahi du beroketaren jatorria ozeanoren gainazalaz gaindiko atmosferan dagoela, baina lan honen helburuen gaindi badago hori bideratzen duen mekanismoa zehaztea. Hala eta guztiz ere, itsasoko uraren bero gaitasuna oso handia dela kontutan harturik eta aztertutako sakonera guztietan berotze joera nagusi dela ikusita, ondoriozta daiteke ozeanoko lehen geruzetan bero moduan gordetako energia handiagotuz doala [2], eta hori munta handiko ondorioa da klimarako.

BIBLIOGRAFIA

- [1] LEVITUS, S., ANTONOV, J.; BOYER, T. eta STEPHENS, C. (2000). «Warming of the world ocean». *Science*, **287**, 2225-2229.
- [2] LEVITUS, S.; ANTONOV, J. eta BOYER, T. (2005). «Warming of the world ocean, 1955-2003». *Geophysical Research Letters*, **32**(2), L02604.
- [3] GOIKOETXEA, N.; BORJA, A.; FONTÁN, A.; GONZÁLEZ, M. eta VALENCIA, V. (2009). «Trends and anomalies in sea-surface temperature, observed over the last 60 years, within the southeastern Bay of Biscay». *Continental Shelf Research*, **29**, 1060-1069.

- [4] MICHEL, S.; TREGUIER, A.M. eta VANDERMEIRSCH, F. (2009). «Temperature variability in the Bay of Biscay during the past 40 years, from an in situ analysis and a 3D global simulation». *Continental Shelf Research*, **29**, 1070-1087.
- [5] BECKERS, J. eta RIXEN, M. (2003). «EOF calculations and data filling from incomplete oceanographic datasets». *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **20**, 1839-1856.