

Variació del nivell del mar a la Península Ibèrica durant l'últim segle.

Autor: Joan Pascual Montañés

Directors: Joan Albert Sánchez Cabeza, Jordi Garcia Orellana

Paraules clau: *Nivell del mar, Península Ibèrica, Mar Mediterrani, tendència, projecció de futur.*

Resum: Segons l'IPCC en valor mitjà mundial del nivell del mar augmenta a raó de $3.1 \pm 0.7 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$. Aquest estudi ha calculat que a la Península Ibèrica, en nivell mitjà del mar ha augmentat a raó de $3.01 \pm 0.45 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$, per tant, a un ritme similar del valor mundial. No obstant, es mostra un comportament diferent entre el conjunt Atlàntic - Cantàbric i el Mediterrani, que podria ser explicat pel efecte baromètric invertit i l'expansió tèrmica. En l'últim període estudiat, 1997-2009, les tendències mostren un augment dels ritmes de pujada en totes les zones amb resultats estadísticament significatius. En un futur, es preveu que en el conjunt de la Península Ibèrica el nivell mitjà del mar augmenti per a l'any 2050, $104 \pm 30 \text{ mm}$ i per a l'any 2100, $174 \pm 60 \text{ mm}$. Aquest fet podria tenir un impacte important sobre les costes ibèriques, i per tant, catalanes.

Resumen: Según el IPCC el valor medio mundial del nivel del mar aumenta a raíz de $3.1 \pm 0.7 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$. Este estudio ha calculado que en la Península Ibérica, el nivel medio del mar ha aumentado a raíz de $3.01 \pm 0.45 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$, por lo tanto, a un ritmo similar del valor mundial. No obstante, se muestra un comportamiento diferencial entre el conjunto Atlántico-Cantábrico y el Mediterráneo, que podría ser explicado por el efecto barométrico inverso y la expansión térmica. En el último período estudiado, 1997-2009, las tendencias muestran un aumento de los ritmos de subida en todas las zonas con resultados estadísticamente significativos. En un futuro, se prevé que en el conjunto de la Península Ibérica el nivel medio del mar aumente, para el año 2050, $104 \pm 30 \text{ mm}$ y para el año 2100, $174 \pm 60 \text{ mm}$. Este hecho podría tener un impacto importante sobre las costas ibéricas, y por lo tanto, catalanas.

Abstract: According to the IPCC, the global mean sea level rises at a rate of $3.1 \pm 0.7 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$. This study has estimated that, in the Iberian Peninsula, the mean sea level has risen at a rate of $3.01 \pm 0.45 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$, at a similar rate of global one. However, it's shown a different behavior among Cantabrian-Atlantic and the Mediterranean, what could be explained by the inverse barometric effect and the thermal expansion of the ocean. In the latest reporting period, 1997-2009, trends show an increase of the rate of rising sea level in all areas with statistically significant results. In the future, it is expected that in the Iberian Peninsula mean sea level rise by the year 2050, $104 \pm 30 \text{ mm}$, and by the year 2100, $174 \pm 60 \text{ mm}$. That fact could have an important impact on the Iberian coast, and therefore, Catalan ones.

INTRODUCCIÓ

Són nombroses les institucions que necessiten rebre informació sobre canvis en el nivell mitjà del mar i els impactes que puguin tindre. Com a conseqüència, es va crear l'IPCC, un organisme responsable d'avaluar el fenomen i difondre les seves conclusions. El nivell mitjà del mar és el valor promig d'aquest respecte la Terra mesurat durant un interval temporal determinat, i pot sofrir fluctuacions a causa de canvis en les masses oceàniques i en els continents. Aquest nivell mitjà ha variat històricament, i més en un lloc tectònicament actiu com la Península, el que interessa conèixer, és si aquest canvi s'està accelerant. Entre 1961 i 2003, ha augmentat a un ritme de $1.8 \pm 0.5 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$, mentre que entre 1993 i 2003 el valor augmenta a $3.1 \pm 0.7 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ (IPCC, 2007). En el cas del Mar Mediterrani, les estimacions per al període 1945 - 2000 apunten a una pujada de $0.7 \pm 0.2 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ mentre que per al període 1993 - 2000, $4.0 \pm 0.7 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ (Gomis et al., 2008). A més a més, s'ha de tindre en compte, el moviment vertical de l'escorça que pel litoral mediterrani es quantifica en $-0.22 \pm 0.51 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ (Zerbini et al., 1996).

OBJECTIU

L'objectiu principal d'aquest projecte és avaluar l'estat de coneixement actual sobre el canvi recent del nivell mitjà del mar, calcular-ne les tendències de canvi i fer una aproximació als impactes a les costes de la Península Ibèrica, identificant possibles mancances en la informació i proposar-hi nous projectes de investigació futura.

MÈTODES

La zona d'estudi és la Península Ibèrica, les Illes Balears i Ceuta. S'han diferenciat tres regions, el Mar Cantàbric, l'Oceà Atlàntic i el Mar Mediterrani segons els límits geogràfics. Les dades mareogràfiques s'obtenen de PSMSL, i s'escullen les estacions amb sèries temporals amb valors mensual superiors a 10 anys. Es realitza un procés de selecció, quedant excloses les estacions amb duplicats de sèries i amb abundants intervals temporals sense dades, per evitar biaixos. Per això es realitzen correlacions de Pearson, en diferents emparellaments, per veure si realment els duplicats es comporten de forma

semblant i no eliminar dades de forma errònia. Finalment, són un total de 28 estacions d'estudi amb 12420 valors mensuals en total. Les estacions seleccionades passen un primer anàlisi per detectar irregularitat, i solucionar los possibles problemes que puguen tindre, aquest són els casos:

- VIGO: mitjana inferior al RLR. S'ha calculat la diferència de la seva mitjana respecte la mitjana global d'aquestes estacions (-162 mm) i s'ha procedit al reajustament, sumant-hi aquesta diferència a totes les dades de la sèrie temporal.
- LEIXOES: s'eliminen els primers anys (1956-1964) perquè presenten una tendència incorrecta. S'eliminen dades aïllades posteriors a un gran interval temporal sense dades (1986 - 1995).
- LAGOS: A partir de 1987 presenta moltes discontinuïtats i molts valors aïllats. S'ha decidit analitzar només fins l'any 1987.
- CADIZ III: el mateix cas que VIGO, però amb un ajustament de 194mm.
- TARIFA: PSMSL detecta un error en el seu ajustament. Es procedeix de la mateixa forma que VIGO i CADIZ III, amb una reajustament de 5939mm.
- ALGECIRAS: s'elimina el període de dades des del 1943 fins els 1961.
- MALAGA: igual que ALGECIRAS, tot eliminant les dades fins el 1961.

Es calcula, amb el programa Microsoft Excel 2010, els valors estadístics bàsics (mitjana, màxims, mínims i desviació típica) de cada sèrie. Posteriorment, es realitza un tractament per detecta valors extrems per fora de l'interval 3σ , valor per al qual un 99.7% dels valors de la sèrie queden inclosos dintre de l'interval (Peña, 2005) i els valors que es detecten, resten completament justificats amb fenòmens naturals. S'utilitza el mètode de mitjana mòbil per a facilitar el tractament estadístic en sèries temporals amb interrupcions dels registres també disminueix les variacions estacionals de les dades i, per tant, millora la incertesa de les tendències observades. S'ha elegit la SM4, es calcula la mitjana de valors dos anys abans i dos anys després de cada valor de la sèrie, i s'analitza la sèrie resultant. Per a quantificar la tendència del canvi del nivell del

mar i determinar si aquesta s'accelera, s'ha realitzat un estudi de regressions lineals i quadràtiques per a les estacions seleccionades. S'han calculat els valors referents a la regressió (R^2 ajustat, coeficient de la variable X, l'error típic i el valor de P). Per a la realització de les regressions quadràtiques el procediment és el mateix, amb la incorporació de la variable "temps quadrat" resultat d'aplicar la funció quadrat al valor temporal corresponent. La base de dades de les sèries regionals i global s'ha creat a partir de la unió de les sèries temporals que corresponen a cada subgrup. Amb això obtenim per a cada estació i els diferents subgrups, la tendència de canvi del nivell mitjà del mar ($\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$) i si aquesta sofreix algun tipus d'acceleració, ja sigui negativa o positiva ($\text{mm}\cdot\text{a}^{-2}$). S'ha adoptat com a nivell de significació estadística el valor estàndard de 0.05. La incertesa associada a la tendència s'ha calculat com l'error típic del coeficient lineal de la regressió. A més a més, s'ha realitzat un estudi acotant les sèries temporals des de l'any 1997 i fins l'any 2009, de manera que les tendències obtingudes siguin comparables entre elles, i evitar que en l'anàlisi hi hagi biaixos per variacions temporals de les variables que afecten el nivell del mar.

RESULTATS

El conjunt d'estacions d'estudi presenten dades des de finals dels segle XIX fins 2011, tot i que no totes coincideixen en el mateix interval. Els valors màxims mensuals es registren a les estacions atlàntiques mentre que els mínims es registren, en les estacions amb registres de principi de segle XX. El resultat obtingut de l'anàlisi individual és: presenten un rang de tendències entre -1.3 i $13.3 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ encara que a la majoria de les estacions les tendències són positives. Els valors de les tendències calculades per a cada sèrie temporal s'han calculat per a diferents períodes de temps, i per tant, no són directament comparables. S'ha de tenir cura de comparar les tendències del nostre estudi amb el valor mundial mitjà, $1.8 \pm 0.5 \text{ mm/y}$ per al període 1961-2003, ja que corresponen a períodes diferents i les nostres estacions poden presentar variacions de tipus local. Tot i així, les tendències presenten valors similars, amb alguna excepció com VALENCIA i PALMA DE MALLORCA amb $13.3 \pm 0.4 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ i $7.1 \pm 0.5 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$, que presenten valors molt més elevats. Pel que respecta a l'acceleració són destacables els casos de VILLAGARCIA que

registra una desacceleració de la pujada del nivell del mar de $-1.1 \pm 0.1 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-2}$ i PALMA DE MALLORCA amb una acceleració de $1,7 \pm 0,1 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-2}$, ambdues altament significatives estadísticament.

A nivell regional, comentar que totes les tendències obtingudes mitjançant la regressió lineal han resultat amb valors positius, entre 1.11 i $1.86 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$, i molt significatives estadísticament. les tendències obtingudes són lleugerament inferiors al valor mitjà mundial, tot i que s'ha de tenir en compte la diferència entre períodes d'estudi. En el cas MEDITERRANI, el valor resultant està en concordança amb el valors publicats per al període 1950 - 2008, per al conjunt del Mar Mediterrani (entre 0.8 i $1.2 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ al Mediterrani Occidental) (Calafat et al., 2011). i l'acceleració és positiva al Mar Mediterrani ($0.029 \pm 0.004 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$), pràcticament nul·la a l'Oceà Atlàntic i negativa al Mar Cantàbric ($-0.024 \pm 0.007 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$). Al conjunt GLOBAL de dades l'Acceleració és nul·la. Per tal de fer la comparació més significativa, s'ha realitzat el càlcul per al període 1943 - 2009. A la Taula 1.1 i Figura 1.1 es mostren els resultats per a la regressió lineal, tot ells amb una elevada significació estadística. Tant l'ATLÀNTIC com el CANTÀBRIC presenten valors superiors a la mitjana GLOBAL, $1.72 \pm 0.06 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ i $1.86 \pm 0.10 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ respectivament, i molt pròxims al valor mitjà mundial de $1.8 \pm 0.5 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ (1961-2003), mentre que el MEDITERRANI experimentaria una pujada del nivell del mar inferior amb un valor promig de $1.02 \pm 0.06 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$. Al conjunt de la peninsular, el valor GLOBAL mostra un valor de $1.40 \pm 0.05 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$, amb acceleracions poc rellevants. De la mateixa forma per al període 1997-2009, ambdós inclosos, per tal de saber com és aquest canvi en l'actualitat. En primer lloc, a la Taula 1.2 i Figura 1.2, es resumeixen els valors numèrics de les tendències lineals, aquest cop ja comparables entre elles. Totes presenten tendències clarament positives, entre 2 i $6 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$, essent PALMA DE MALLORCA la que registra una major pujada, $6.4 \pm 0.5 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$. Les diferents regions també registren valors positius, i en aquest cas, és el MEDITERRANI el que experimenta la pujada de més entitat, $4.2 \pm 0.6 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$. El valor per al conjunt de la Península és de $3.0 \pm 0.5 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$. Pel que respecta a les acceleracions, és rellevant el valor per ATLÀNTIC amb una acceleració $0.69 \pm 0.22 \text{ mm}\cdot\text{a}^{-2}$. Si recalcularem les tendències del nostre estudi, acotant el període 1961 - 2003, en les regions estudiades l'augment del

nivell del mar era inferior al valor mitjà mundial, tot oscil·lant entre 1.0 i 1.2 mm·a⁻¹, essent el Cantàbric el que més augmentava, sis dècimes per sota que el valor mitjà mundial, mentre que el valor global per a la Península Ibèrica era vuit dècimes per sota. No obstant, per al període 1993 - 2003, passava al contrari, amb valors entre 3.3 i 3.9 mm·a⁻¹, essent el valor global peninsular set dècimes per sobre del registre mundial. Fent servir les tendències obtingudes per al període 1943 - 2009, i assumint que són constants, s'han calculat l'augment del nivell del mar, per als anys 2050 i 2100 si no canviessin les actuals (Taula 1.3). En el conjunt de la Península Ibèrica el nivell mitjà del mar augmentaria per a l'any 2050 104 ± 30 mm i per a l'any 2100 entre 174 ± 60 mm.

No obstant, en el posterior anàlisi per als últims anys de registres, durant el període 1997-2009, s'ha observat que l'efecte s'ha invertit, en aquest cas és el Mar Mediterrani és que augmenta més ràpidament, a raó de 4.2 ± 0.6 mm·a⁻¹, mentre que a la resta de la Península augmenta a ritmes pròxims als 2 mm·a⁻¹. També és remarcable l'acceleració que ha sofert el nivell del mar en algunes estacions del Mediterrani, com és el cas de PALMA DE MALLORCA, on s'ha aproximat a 2 mm·a⁻². Un dels factors que pot haver tingut efecte en aquest fet és el sobreescalfament que ha sofert el mediterrani a finals del segle XX i principis del segle XXI, així com l'efecte baromètric invertit, ja que en aquest període l'Índex NAO era negatiu, i per tant, amb baixes pressions al mediterrani (Gomis et al., 2008). Durant el període 1973 - 2005, el Mar d'Alboran s'ha escalfat a un ritme de 0.02°C, mentre que el Mediterrani a l'Estartit a 0.03°C (Vargas-Yañez et al, 2005). Aquest fet pot ser un indicatiu que l'escalfament del Mar Mediterrani, al ser un mar semitancat i presentar canvis de temperatura més ràpids, sigui major que el de l'Atlàntic on la inèrcia és molt major, i que per tant, per efecte de l'expansió tèrmica, l'augment del nivell del mar hagi seguit major al Mediterrani que a l'Atlàntic i al Cantàbric.

Durant el període 1943 - 2009 (67 anys), ha augmentat a raó de 1.40 ± 0.05 mm·a⁻¹. Això suposa una pujada en aquest mateix període de 94 ± 3 mm. No obstant, en l'últim període analitzat, 1997 - 2009 la tendència d'augment gairebé es duplica (3.0 ± 0.5 mm·a⁻¹) de manera que en aquests 13 anys ha

augmentat 39 ± 6 mm, a un ritme força semblant al valor promig mundial (3.2 ± 0.7 mm·a⁻¹).

CONCLUSIONS

A la Península Ibèrica, de forma global, en nivell mitjà del mar ha augmentat durant l'últim segle. No s'han trobat ajustament quadràtics significatius, no obstant si que s'aprecia que en períodes més recents les tendències són més elevades.

A nivell regional, cal destacar el comportament desigual del Mar Mediterrani respecte l'Oceà Atlàntic i el Mar Cantàbric. En el període 1943 - 2009, el nivell mitjà del mar augmentava a raó de 1.72 ± 0.06 mm·a⁻¹ i 1.86 ± 0.10 mm·a⁻¹ a l'Oceà Atlàntic i el Mar Cantàbric, respectivament, mentre que al Mar Mediterrani ho feia més lentament (1.02 ± 0.05 mm·a⁻¹). No obstant, entre 1997 i 2009, el Mar Mediterrani augmenta el ritme de pujada fins un valor promig de 4.23 ± 0.65 mm·a⁻¹, el que suposa una pujada de 46.54 a 63.83 mm en només 13 anys, mentre que l'Oceà Atlàntic i el Mar Cantàbric es mantenen en valors semblants. Cal destacar, l'acceleració que experimenta l'Oceà atlàntic durant aquest mateix període, de l'ordre de 0.69 ± 0.22 mm·a⁻². Aquest comportament desigual pot ser degut a fenòmens tipus NAO, valors inusualment baixos o alts de pressió atmosfèrica (antagònics entre Atlàntic/Cantàbric i el Mediterrani) provoquen pujades o baixades del nivell del mar, per l'efecte baromètric invertit, així com, el sobreescalfament que ha sofert el mediterrani a finals del segle XX i principis del segle XXI (expansió tèrmica).

Respecte les tendències individuals, destacar la variabilitat local del fenomen, però que en l'últim període estudiat (1997 - 2009), marca una tendència al augment del nivell mitjà del mar major per a les estacions situades al Mar Mediterrani, essent el cas de PALMA DE MALLORCA destacable amb 6.43 ± 0.53 mm·a⁻¹, amb una acceleració observada de 1.96 ± 0.04 mm·a⁻².

Pel que respecta a les projeccions futures, de mantenir-se les tendències del període 1943 - 2009, en el conjunt de la Península Ibèrica el nivell mitjà del mar augmentaria per a l'any 2050 104 ± 30 mm i per a l'any 2100 entre 174 ± 60 mm.

Aquests resultats ofereixen una visió global, regional i local de les mesures del nivell del mar a la Península Ibèrica. Cal esmentar que, independentment de les raons de l'augment i la complexitat dels fenòmens responsables, els valors observats localment son d'una enorme rellevància per els gestors de les zones costaneres.

REFERÈNCIES

- ALONSO-CHAVES, F.M., SOTO, J., OROZCO, M., KILIAS, A. A. and TRANOS, M.D. (2004) "Tectonic evolution of the Betic cordillera: An overview". *Bulletin of the Geological Society of Greece* vol. XXXVI.
- ANTUNES, C. and TABORDA, R., (2009). "Sea level at Cascais tide gauge: data, analysis and results". *Journal of Coastal Research, SI 56 (Proceedings of the 10th International Coastal Symposium)*, 218-222.
- BARBOSA, S. M., FERNANDES, M. J., SILVA, M. E., (2004). "Estudo da variação do nível do mar a partir de medidas do marégrafo de Cascais", *4ª Assembleia Luso Espanhola de Geodesia e Geofísica*.
- BARBOSA, S.M., (2011) "Atmospheric correction of satellite altimetry observations and sea-level variability in the NE Atlantic", *Advances in Space Research*.
- BINDOFF, N.L., J. WILLEBRAND, V. ARTALE, A. CAZENAVE, J. GREGORY, S. GULEV, K. HANAHA, C. LE QUERE, S. LEVITUS, Y. NOJIRI, C.K. SHUM, L.D. TALLEY and A. UNNIKRISSHANN, (2007): "Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level". In: "Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". *Cambridge University Press, Cambridge*.
- CALAFAT, F.M., GOMIS, D. (2009) "Reconstruction of Mediterranean sea level fields for the period 1945–2000". *Global and Planetary Change* 66 225–234
- CALAFAT, F.M., JORDA, D. (2011) "A Mediterranean sea level reconstruction (1950–2008) with error budget estimates". *Global and Planetary Change* 79 118–133
- CEDRERO, A., SANCHEZ-ARCILLA, A., ZAZO, C., BARDAJI, T., DABRIO, C.J., GOY, J.L., JIMENEZ, C., MOSSO, J., RIVAS, V., SALAS, J.P., SIERRA, J.P., VALDEMORO, H. (2005). "Impactos sobre las zonas costeras." En: "Evaluación Preliminar Impacto sobre el Cambio Climático en España". *Ministerio de Medio Ambiente, España*.
- MUHS, D. R., SIMMONS R., SCHUMANN, R. R., HALLEY, R. B. (2011) "Sea-level history of the past two interglacial periods: new evidence from U-series dating of reef corals from south Florida". *Quaternary Science Reviews* 30 570e590
- DOMINGUES, C.M., CHURCH, J.A., WHITE, N.J., GLECKER, P.J., WIJFFELS, S.E., BARKER, P.M., DUNN, J.R., (2008). "Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sea-level rise". *Nature* 453, 1090–1094.
- DOUGLAS, B. C. (2001), "Sea level change in the era of the recording tide gauge, in Sea Level Rise: History and Consequences". *Geophys. Ser., vol. 75*.
- GOMIS, D., RUIZ, S., SOTILLO, M.G., ALVAREZ-FANJUL, E., TERRADAS, J., (2008). "Low frequency Mediterranean sea level variability: the contribution of atmospheric pressure and wind". *Global and Planetary Change* 63 (2–3), 215–229.
- GORIACIKIN, I.N and IVANOV, V.A., (2006) "Black Sea level: past, present, future". *EKOCI-Gidrofizika, Sevastopol*, pp.210.
- GORNITZ, V., (1995): "Sea-level rise: A review of recent past and near-future trends". *Earth Surf. Proc. Landforms*, 20, 7-20.
- HOLGATE, S. J., (2007) "On the decadal rates of sea level change during the twentieth century" *Geophysical research letters*, VOL. 34,
- IPCC, (2007): "Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático" [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
- MEEHL, G.A., T.F. STOCKER, W.D. COLLINS, P. FRIEDLINDSTEIN, A.T. GAYE, J.M. GREGORY, A. KITOH, R. KNUTTI, J.M. MURPHY, A. NODA, S.C.B. RAPER, I.G. WATTERSON, A.J. WEAVER and Z.-C. ZHAO, (2007). "Global Climate Projections". In: "Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change" [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. *Cambridge University Press*,
- SANTAMARIA-GOMEZ, A., GRAVELLE, M., COLLILIEUX, X., GUICHARD, M., MIGUEZ, B. MARTIN, TIPHANEAU, P., WOPPELMMAN, G., (2012). "Mitigating the effects of vertical land motion in tide gauge records using a state-of-the-art GPS velocity field", *Global and Planetary Change*.
- ZERBINI, S. PLAG, H-P. BAKER, T., BECKER, M., BILLIRIS, H., BIIRKI, B., MARSON, I., PEZZOLI, L., RICHTER, B., TOMASI, P., TSIMPLIS, M., VEIS, G., VERRONE, G., (1996). "Sea level in the Mediterranean: a first step Towards separating crustal movements and absolute sea-level variations". *Global and Planetary Change*, 14, 1-48.

Llibres:

BOLÓS, Oriol de (1972): *La vegetació del Montseny*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals. 170 pàgines.

HARDY, John T (2003): *Climate change : causes, effects, and solutions*. New York : Wiley, cop. 247 pàgines.

JACQUES, Guy i LE TREUT, Hervé (2004): *Le changement climatique*. (Traducció) Barcelona : Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. 160 pàgines.

LLEBOT, Josep Enric (2010): *Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. 1152 pàgines.

PEÑA, Daniel (2005): *Análisis de series temporales*. Madrid: Alianza editorial. 570 pàgines.

PUGH, David T. (1987): *Tides, Surges and Mean Sea-Level*. Bath press. Avon.

SHUMWAY, Robert H i STOFFER, David S (2006): *Time Series Analysis and Its Application*. USA, Springer. 575 pàgines.

STORCH, Hans von i ZWIERS, Francis W (1999). *Statistical analysis in climate research*. New York : Cambridge University Press. 484 pàgines.

TAULES I FIGURES

Taula. 1.1: Tendències lineals regionals i global per al període 1943-2009. Es mostren els valors de les tendències de les regions d'estudi i el valor global, la incertesa d'aquest valor, el valor de p que indica la significació estadística i el coeficient R² ajustat. Font: Elaboració pròpia.

Regió	Període	Tendència (mm·a ⁻¹)	Incertesa (mm·a ⁻¹)	Valor P	R ² Ajust.
CANTÀBRIC	1943-2009	1,86	0,10	6,7E-65	0,20
ATLÀNTIC	1943-2009	1,72	0,06	3,5E-136	0,12
MEDITERRANI	1943-2009	1,02	0,06	1,5E-47	0,05
GLOBAL	1943-2009	1,40	0,05	7,4E-206	0,09

Taula. 1.2 Tendències lineals individuals, regionals i global per al període 1997-2009. Es mostren els valors de les tendències de les diferents estacions que disposen dades, les Regions d'estudi i el valor global, la incertesa d'aquest valor, el valor de p que indica la significació estadística i el coeficient R² ajustat. Marcat amb * són els p superiors a 0.05, i que per tant, no podem considerar significatives les tendències. Font: Elaboració pròpia.

Estació	Període	Tendència (mm·a ⁻¹)	Incertesa (mm·a ⁻¹)	Valor P	R ² Ajust.
SANTANDER I	1997-2009	1,45	0,14	1,8E-18	0,39
GIJON II	1997-2009	0,24	0,25	0,3698*	0,00
LA CORUNA I	1997-2009	0,86	0,45	0,0685*	0,02
VILLAGARCIA	1997-2009	3,60	0,35	6,8E-18	0,40
VIGO	1997-2009	0,84	0,16	4,9E-06	0,12
BONANZA	1997-2009	3,16	0,16	2,6E-40	0,68
CADIZ III	1997-2009	2,46	0,37	9,2E-10	0,21
TARIFA	1997-2009	5,20	0,17	1,7E-64	0,85
CEUTA	1997-2009	2,43	0,16	3,1E-26	0,52
MALAGA	1997-2009	4,92	0,30	3,6E-34	0,62
L'ESTARTIT	1997-2009	2,71	0,19	1,9E-28	0,55
PALMA DE MALLORCA	1997-2009	6,43	0,53	1,2E-23	0,48

Estació	Període	Tendència (mm·a ⁻¹)	Incertesa (mm·a ⁻¹)	Valor P	R ² Ajust.
CANTÀBRIC	1997-2009	1,41	1,01	0,1646*	0,00
ATLÀNTIC	1997-2009	1,90	0,75	0,0116	0,01
MEDITERRANI	1997-2009	4,23	0,65	1,2E-10	0,04
GLOBAL	1997-2009	3,01	0,45	3,9E-11	0,02

Taula. 1.3: Projeccions calculades per 2050 i 2100 de l'augment del nivell del mar. Es mostren els valors calculats per a les regions d'estudi. Font: Elaboració pròpia.

Regió	Augment 2050 (cm)	Error 2050 (cm)	Augment 2100 (cm)	Error 2100 (cm)
CANTÀBRIC	13.8	0.8	23.0	1.3
ATLÀNTIC	12.7	0.5	21.3	0.8
MEDITERRANI	7.6	0.5	12.7	0.9
GLOBAL	10.4	0.3	17.4	0.6

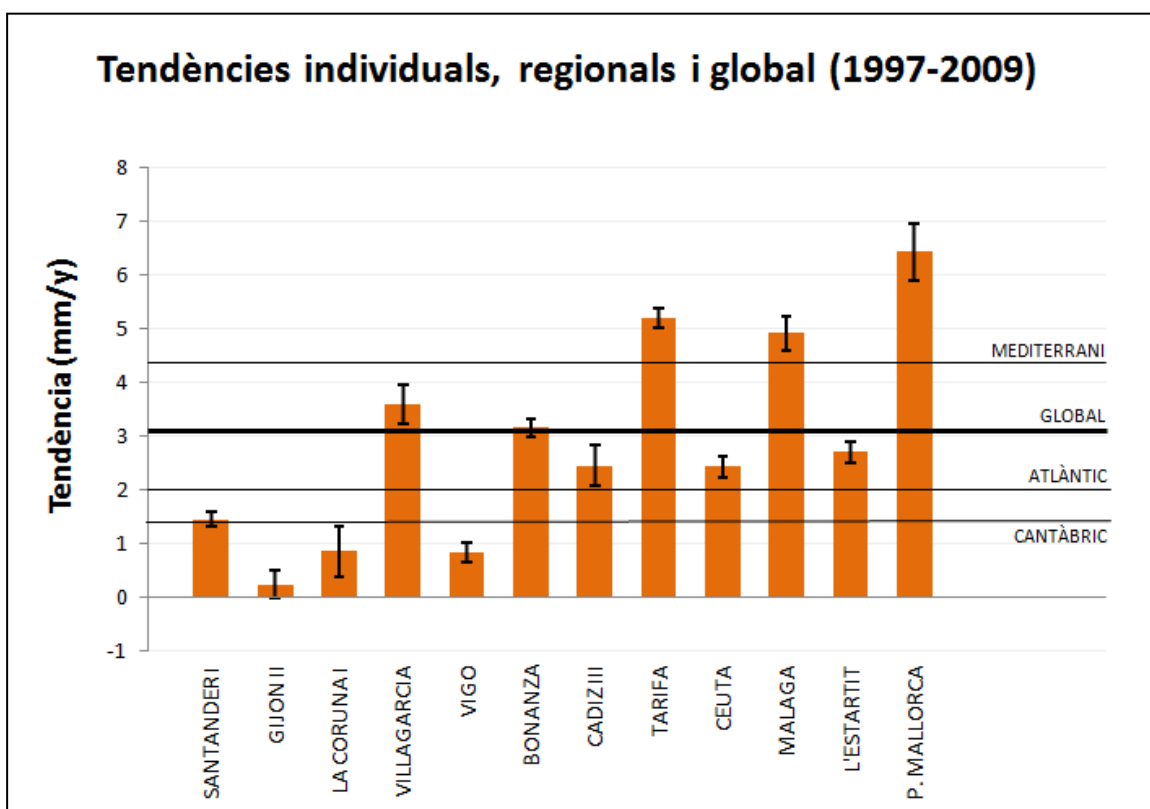


Figura. 1.1: Tendències lineals individuals, regionals i global 1997-2009. En aquest gràfic es mostren la magnitud de les tendències calculades per al període 1997-2009, amb el seu interval de confiança, en mm/y, per a les estacions que disposen dades d'aquest període temporal. A més a més, amb les línies horitzontals es marca el valor de la tendència per al mateix període de cada una de les Regions, al igual que per al valor global. La línia negra corresponent a GLOBAL coincideix amb el valor mitjà mundial de variació del mar, 3.2 ± 0.4 mm/y per al període 1992-2008 (CNES , 2009). Font: Elaboració pròpia.