



# EL CAMBIO CLIMÁTICO DESPUÉS DE LA ÚLTIMA ÉPOCA GLACIAL EN EUROPA Y ESPECIALMENTE EN TIEMPOS CASTREÑOS Y ROMANOS EN EL NOROESTE DE ESPAÑA

---

Stefan Uhlig<sup>1</sup>

---

## 1. Introducción

Ya nuestros antepasados prehistóricos se sintieron impresionados y a la vez asustados por los fenómenos meteorológicos violentos, entonces incomprensibles y en ocasiones mortales, como eran rayos, truenos, granizos y fríos glaciales. Partiendo de estos hechos se desarrollaron las primeras religiones y las creencias en seres superiores, como el dios del trueno, que persistió hasta los tiempos de las tribus nórdicas europeas como dios Thor, e incluso perdura hoy día en el nombre alemán del día de la semana de "Donnerstag" y de "Thursday" en el mundo anglófono. Como dios del trueno, Thor recorrió el cielo en su carro tronante tirado por dos machos cabríos lanzando relámpagos con su martillo (POHANKA 2018).

El objetivo de este trabajo es hacer una reflexión sobre el desarrollo del clima, especialmente sobre la evolución de la temperatura y el nivel del mar, desde finales de la última época glacial (hace unos 12.000 años) y particularmente en la época castreña y romana en Galicia. Los cambios continuos del clima y de la temperatura en la superficie terrestre determinan también la existencia y el desarrollo de la flora y de la fauna en la Tierra lo que finalmente define la dieta del

hombre, sea del hombre moderno o prehistórico. Este análisis también es muy interesante en la investigación arqueológica, pero no va a ser el objeto de este trabajo; como geólogo, la intención de este estudio es introducir aspectos geológicos y astrofísicos del cambio climático y mostrar su significado y su utilidad para la investigación arqueológica.

El origen del continuo cambio climático es muy complejo y no se puede explicar por un solo factor como es la ínfima concentración de la traza del dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>) en la atmósfera. Las temperaturas de la atmósfera terrestre han estado subiendo constantemente, si bien con interrupciones, desde el final de la última época glacial hace unos 12.000 años, aumento compaginado con una subida del nivel del mar.

En Europa estamos rodeados de innumerables testigos de cambios climáticos del pasado que en gran medida dependen de la cambiante intensidad de radiación solar que llega a la Tierra que, por una parte, está sometida a cambios periódicos de los parámetros astrofísicos del movimiento de la Tierra en su órbita alrededor del Sol y por otra está sometida a cambios cíclicos de la propia actividad solar. Los mencionados efectos astrofísicos del sistema Sol-Tierra resultan en ciclos muy largos de cambios de temperatura de hasta cientos de miles de años de duración, mientras las oscilaciones de la propia actividad solar se manifiestan

---

<sup>1</sup> \*Dr. Stefan Uhlig, Dipl.-Geol., Karlsruhe, Alemania, w-uhlig@gmx.de

en cambios relativamente cortos, ciclos de actividad solar de duración variable, variando desde 11 hasta cientos de años. Los océanos de la Tierra, que cubren casi un 71 % de la superficie terrestre, son los más grandes acumuladores del calor que reciben del Sol y a fin de cuentas lo re-emiten a la atmósfera por lo cual los océanos tienen una gran influencia en el desarrollo de la temperatura de la atmósfera.

## 2. Los cambios climáticos desde la última época glacial del Würm

Nuestro planeta Tierra se divide en diferentes zonas climáticas, como son la zona polar, subpolar, templada (a la que pertenece Europa Central y Sur), subtropical y tropical (desde los polos al ecuador). El clima está cambiando continuamente, respecto a las temperaturas, en el sentido de que las zonas climáticas se desplazan continuamente a escala de tiempo geológico. Los cambios climáticos han existido desde hace millones de años, relacionados con cambios de temperatura, con épocas de tiempos fríos (períodos glaciales) y tiempos cálidos (períodos interglaciales), donde evidentemente la duración de los primeros fue siempre mucho más larga que la de los últimos. Durante el Cuaternario, es decir durante los últimos 2,56 millones de años, se pueden distinguir más de 20 cambios de períodos fríos y períodos cálidos. La mayoría (casi un 90%) de los últimos 830.000 años (fig. 1), por ejemplo, fueron más fríos que en la actualidad y períodos cálidos, como el que disfrutamos hoy día, son más bien la excepción en la historia de la Tierra (fig. 1). Sin embargo, durante los últimos 12.000 años, es decir desde el final de la última época glacial, hubo períodos mucho más cálidos que hoy en día. Así fue, por ejemplo, durante el llamado "Óptimo climático Atlántico" hace aproximadamente 8.000 a 4.000 años (Tabla 1 y figuras 2 y 5).

approx. ages before Present (based on MIS)	MIS - Marine Isotope Stages	classic nomenclature of Glacial (cold) and Interglacial (warm) Periods	Sea level below (-) / above (+) today's level (in meters)
1.400 - 1.700 AD		Little Ice Age Climate Peak	
350 - 1.200 AD		Medieval Climate Optimum	
350 - 550 AD		Migration Period Climate Peak	
50 BC - 250 AD		Roman Times Climate Optimum	- 3-4
8.000-4.000 before Present		Atlantic Period	- 5-15
11.700 till present	1	Holocene Interglacial	
115.000 - 11.700	2, 2a-c, 4, 5a-d	Würm/Weichsel/Wisconsin Glacial	- 130-140
128.000 - 115.000	5e	Eem Interglacial	+ 6-9
320.000 - 128.000	6a-e, 7a-e, 8a-c, 9a-d	Riss/Saale Glacial	- 140-150
338.000 - 325.000	9e	Holstein Interglacial	+ 10-15
475.000 - 338.000	10a-c, 11a-b, 12a-c	Mindel/Elster Glacial	- 140-150
505.000 - 475.000	13a	Mindel-Günz Interglacial	+ 10-15
885.000 - 475.000	13 - 21	Günz/Cromer Complex	

Tabla 1: Resumen simplificado de los cambiantes períodos de épocas frías y cálidas de los últimos 885.000 años basado en la nomenclatura clásica. Las épocas cálidas se resaltan en rojo, las épocas frías en azul. Ligeramente más pálidos se resaltan los períodos más cálidos ("óptimos" o máximos) o más fríos ("pésimos" o mínimos) del Interglacial actual del Holoceno, la época cálida que empezó hace unos 11.700 años después del final de la última época fría.

Por poner un ejemplo, la parte septentrional del Sahara no fue siempre tan seca como hoy en día. Finalizada la última época glacial y hasta hace unos 5.000 años, el Sahara era verde a causa de repetidos períodos húmedos. Aparentemente se puede diferenciar una primera fase húmeda en el Sahara que duró desde hace 11.000 a 8.000 años y una segunda fase húmeda entre hace 7.000 y 5.000 años. El arte rupestre prueba la existencia de grandes mamíferos en un Sahara verde. Pinturas y grabados en cuevas presentan los típicos animales de la sabana, como son antílopes, elefantes, jirafas, rinocerontes, hipopótamos etc. Se han encontrado fósiles de grandes mamíferos, cáscaras de huevos de avestruz, polen y semillas, como también fragmentos de cerámica, todos indicativos de un ambiente habitable en estos tiempos para una fauna, incluido el hombre, y flora correspondiente a un clima más húmedo que el actual. Fue hace unos 5.000 años cuando empezó repentinamente una fase muy árida en el norte de África que dura hasta hoy provocando una rápida desaparición de la vegetación en el Sahara que se corresponde aproximadamente con el comienzo del segundo máximo de temperatura del Óptimo Atlántico (fig. 5). Probablemente fue también la razón de la concentración del desarrollo de la agricultura a lo largo del fértil y productivo valle del Nilo hace unos 4.000 a 3.000 años y del apogeo de la alta cultura de los faraones en Egipto.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los períodos de épocas frías y cálidas de los últimos 885.000 años, que corresponde a menos de la mitad de la duración del Cuaternario, de 2,56 millones de años de duración. Los períodos glaciales se subdividen por diferentes mínimos y máximos de temperatura, como se puede ver en las (figuras 1 y 4). La nomenclatura y asignación clásica de las diferentes épocas glaciales e interglaciales se basan en las investigaciones sistemáticas que los geólogos de campo iniciaron en el siglo XIX. Pero en los últimos 50 años, la datación fue objeto de evidentes ajustes, diferenciándose de las primeras clasificaciones geocientíficas de hace 200 años.

Para evitar referirse a las muy variadas nomenclaturas regionales de las últimas épocas frías y cálidas, hoy día se utilizan más a menudo los **Estadios Isotópicos Marinos** (= MIS Marine Isotope Stages, Tabla 1 y figura 1), es decir, a datos isotópicos de muestras de sedimentos marinos que nos dan indicaciones sobre las condiciones climáticas del pasado. La gran ventaja de los sedimentos de océanos y de lagos (p.ej. el lago de Laacher See, Alemania) es que presentan normalmente una secuencia de estratos completa e inalterada. En cambio, depósitos en tierra pueden estar alterados y/o superpuestos por avances glaciares posteriores y procesos de erosión.

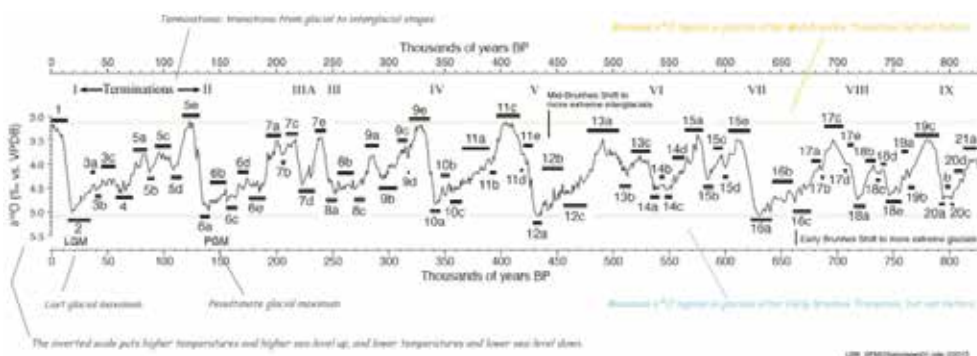


Figura 1: 21 Estadios y subestadios Isotópicos Marinos (MIS Marine Isotope Stages) que han tenido lugar en los últimos 830.000 años. La presentación inversa de los datos de  $\delta^{18}\text{O}$ , representando un indicador indirecto ("proxy") de la evolución de la temperatura, indica los valores bajos correspondientes a temperaturas (y correspondientemente los niveles de los océanos), elevadas en la parte superior del eje de Y; según RAILSBACK et al. (2015); ver también la Tabla 1.

En la figura 1 se presentan 21 de estos Estadios Isotópicos Marinos abarcando los últimos 830.000 años. La presentación inversa de los datos de  $\delta^{18}\text{O}$ , representando un indicador indirecto "proxy" de la evolución de la temperatura, indica los valores bajos correspondientes a temperaturas (y en consecuencia a niveles de los océanos) elevadas en la parte superior del eje de Y. Los isótopos de oxígeno  $\delta^{18}\text{O}$  se determinaron en foraminíferos, que son protistas ameboides de unos pocos milímetros de diámetro, que se encuentran en los sondeos marinos. En esta figura se pueden observar también las oscilaciones de temperatura durante la reciente historia de la Tierra. Llama la atención que estos 830.000 años están divididos en 21 estadios isotópicos que tienen de

media una duración más o menos constante de cerca de 40.000 años (o sea 41.500 años descontando el primer ciclo de la actualidad) que corresponde al ciclo astronómico de la Oblicuidad que se va a discutir a continuación.

La evolución de la temperatura en la Tierra en el período del actual Interglacial del Holoceno, es decir, durante los últimos 11.700 años, se presenta en la Figura 2 donde se observa una etapa cálida hace 8.000-4.000 años, el llamado Óptimo cálido del Atlántico, así como también los Óptimos cálidos de la Época minoica, de la Época romana y de la Alta Edad Media, y el Pésimo de temperatura de la Pequeña Edad de Hielo.

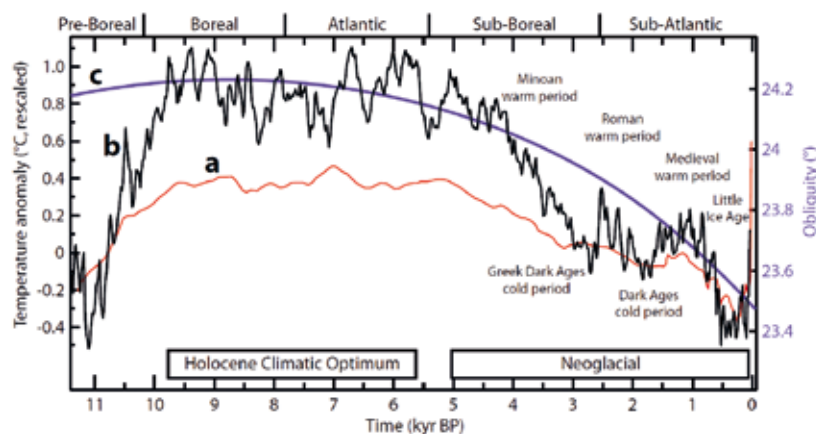


Figura 2: Reconstrucción de la evolución de temperatura del Holoceno (la actual época cálida o interglacial) que empezó hace unos 11.700 años (VINÓS 2019). En el eje X se presentan los miles de años antes de hoy y en el eje Y la diferencia de temperatura con respecto al medio instrumental entre 1960 y 1990 en °C. Línea roja (a): temperaturas medias según MARCOTT et al. (2013). Línea negra dentada (b): lo mismo, pero más refinado a base de investigaciones biológicas y glaciológicas y datos de sedimentos marinos. Línea violeta (c): cambio de la inclinación del eje de rotación de la Tierra (Oblicuidad, con los valores angulares de la inclinación en el eje Y derecho).

Las figuras 1 y 9 presentan la evolución de la irradiación solar, o sea, de la actividad solar, junto con la evolución de las temperaturas. Sin querer entrar con más detalle al tema metodológico, conviene mencionar que las concentraciones de los isótopos de  $^{14}\text{C}$ ,  $^{10}\text{Be}$  (para la insolación) y de  $^{18}\text{O}$  (para la evolución de la temperatura) son representativos (indicadores indirectos o “proxies”) de estos parámetros que no se pueden determinar directamente para tiempos pasados.

### 3. Factores astronómicos y heliofísicos que determinan el clima terrestre

La radiación del Sol que llega a la Tierra determina la evolución de la temperatura en la superficie de la Tierra, sean los componentes sólidos (permafrost y hielos continentales), líquidos (océanos, mares y lagos) o gaseosos (la atmósfera), y por lo tanto la distribución de las zonas climáticas. El régimen de radiación de la Tierra se relaciona en primer lugar con la Insolación que depende fundamentalmente de factores astronómicos, como son la distancia entre la Tierra y el Sol, la forma de la órbita de la Tierra, la inclinación del eje rotatorio de la Tierra, etc., y fenómenos heliofísicos periódicos de la actividad solar, p.ej. las manchas solares (UHLIG 2020).

Los factores astronómicos son decisivos en los cambios periódicos del régimen de insolación, y consecuentemente para la evolución de las temperaturas en la superficie de la Tierra. Fueron descubiertos por el matemático y geofísico serbio Milutin Milankovitch (1879-1958) y por eso se conocen como los *Ciclos de Milankovitch*. Milankovitch investigó los tres importantes ciclos seguidos por los parámetros de movimiento de la Tierra orbitando el Sol (p.ej. MILANKOVITCH 1930 y 1938). La órbita de la Tierra alrededor del Sol cambia su grado de achatamiento, lo que se llama también “cambio de la Excentricidad” en ciclos de **100.000–110.000 años**. La excentricidad es un parámetro numérico que determina el grado de desviación de una órbita de una circunferencia perfecta (es decir, de un círculo perfecto), (figura 3-A). La causa de estos cambios orbitales son las influencias de la atracción gravitatoria de los planetas Venus y Júpiter, principalmente, y en menor grado las de los otros planetas del Sistema Solar. Ya desde la Antigüedad los filósofos, matemáticos y astrónomos griegos trataron de explicar el movimiento de los planetas y de las estrellas. Fue en el siglo XVII, en el contexto de la nueva revolución científica, cuando Johannes Kepler (1571-1630) reconoció la forma elíptica de la órbita terrestre y la describió en la primera de sus tres “Leyes Kepler”.



Figura 3: los 3 ciclos astrofísicos de Milankovitch; A: variación de la forma más o menos elíptica de la órbita terrestre (llamada **Excentricidad**) que presenta una ciclicidad de unos 100.000-110.000 años; B: variación cíclica de la inclinación del eje rotatorio de la Tierra (llamada **Oblicuidad**). En el curso de unos 41.000 años, la inclinación varía entre 22,1° y 24,5°; C: descripción del “cabeceo” del eje de rotación (llamado **Precesión**) durante ciclos de unos 19.000-23.000 años; de TARBUCK et al. (2005).

A continuación, se superponen los efectos positivos y negativos en la evolución de la temperatura de la atmósfera y de los océanos para los dos próximos ciclos de Milankovitch. Para ciclos de unos **41.000 años** la inclinación del eje de rotación de la Tierra varía entre 22,1° y 24,5° (figura 3-B). Este efecto se llama **Oblicuidad**. Cuando la Oblicuidad llega a su máximo hacia los 24,5°, las diferencias de temperatura (o sea de insolación) entre verano e invierno en los hemisferios norte y sur son mayores que durante períodos de pequeña Oblicuidad (unos 22,1° de inclinación del eje terrestre). Eso es muy relevante para la evolución de las zonas climáticas sobre todo en el hemisferio norte donde predominan tierras continentales en comparación con lo que ocurre con el hemisferio sur.

En ciclos de **19.000-23.000 años** varía la **Precesión** del eje terrestre, el tercer ciclo de Milankovitch. El eje rotatorio de la Tierra presenta un cierto “cabeceo” (como una peonza a punto de caer) alrededor de un eje perpendicular a la órbita terrestre lo que se llama en astronomía también precesión de los equinoccios (figura 3-C). La Precesión también influye en la intensidad de la radiación solar que llega a nuestro planeta e intensifica la diferencia de temperatura (la posición de temporada) en uno de los dos hemisferios, mientras la suaviza en el hemisferio opuesto. Con el movimiento de la Precesión se cambia lentamente la posición de temporada de la Tierra en su órbita alrededor del Sol, como ya se mencionó antes.

Comparando la duración de los últimos cálidos períodos interglaciales, se manifiesta que la Época cálida del Eem (Interglacial entre las Épocas de Riss y de Würm hace unos 126.000 a 115.000 años) duró unos 11.000 años (figura 1 y Tabla 1). La época cálida anterior, el Interglacial del Holstein, entre las épocas de hielo de Mindel y de Riss, duró unos 15.000 años. Otras épocas cálidas interglaciales anteriores como, por ejemplo, el Interglacial Donau-Günz, presentan duraciones hasta unos 30.000 años. Sin embargo, hay que ser consciente de que durante estos largos períodos glaciales e interglaciales siempre existían episodios cortos de períodos más cálidos o más fríos, como se pueden observar por ejemplo durante la última época glacial de Würm (figuras 2 y 4), así como también durante los últimos 12.000 años de la actual época cálida del Interglacial del Holoceno (figura 5)

Además de los factores cruciales a largo plazo, los factores astronómicos que causan los cambios de la órbita terrestre alrededor del Sol y que determinan los cambios climáticos en nuestro planeta, existen también actividades solares a corto plazo que influyen en la intensidad de la insolación y las temperaturas superficiales de la Tierra. Parte de ellas son las **erupciones solares** causando erupciones de magma y las más oscuras **manchas solares** que son visibles desde la Tierra. Las intensidades de estas tormentas solares están sujetas a una periodicidad de 10-11 años por lo cual se pueden apreciar en el curso de una vida humana. Los cambios de la polaridad del campo magnético solar causan estos ciclos de actividad solar. Con respecto a la actividad solar de las manchas

solares se observaron ciclos de unos 11 años alternándose máximos y mínimos de manchas solares. El ciclo de unos 11 años de duración se llama Ciclo de Schwabe por el astrónomo y botánico Samuel Heinrich Schwabe (1789-1875) que descubrió este ciclo. Además, existe otro ciclo de manchas solares, el Ciclo de Hale, de unos 22 años de duración consistiendo en dos Ciclos de Schwab con opuesta polaridad. Fue el astrónomo americano George Ellery Hale el que lo descubrió en el año 1908. El actual ciclo de manchas solares, el "Solar Cycle 24", llegó a su mínimo final en diciembre de 2019 durando de nuevo unos 11 años y dando comienzo al nuevo ciclo solar 25 (<http://sidc.be/silso/>). Como se menciona en la introducción, existen también ciclos de actividad solar de varios cientos y miles de años que se manifiestan por ejemplo en la periodicidad de los llamados Óptimos y Pésimos de calor que se discutirán más abajo.

La ausencia o disminución de la actividad de las manchas solares resulta en un descenso de la insolación y en un enfriamiento de los océanos y la atmósfera terrestre. En años con pocas manchas solares la radiación solar en la Tierra se reduce aproximadamente un 1%. Sin embargo, la intensidad de la radiación ionizante solar, el llamado viento solar, varía en el rango de varios enteros de porcentaje. La radiación ultravioleta solar y la intensidad del campo magnético del Sol, incluso oscila en el rango de por encima de una decena en porcentaje teniendo una gran influencia en el desarrollo de la temperatura terrestre. Al contrario de la disminución de la insolación en períodos de mínima actividad de manchas solares, la radiación cósmica que llega a la Tierra aumenta con la disminución de la insolación en períodos de mínima actividad de manchas negras solares. Por ello, la radiación cósmica tiene una influencia en la formación de nubes en la atmósfera lo que influye por lo tanto también en los fenómenos meteorológicos y climáticos.

#### 4. El entorno climático europeo y de regiones periféricas después de la última época glacial

Durante la última época glacial de Würm (se llama también Weichsel en las regiones fuera de los Alpes, por ejemplo, en el norte de Alemania y Escandinavia y en Wisconsin en los EE.UU.), que duró unos 100.000

años y terminó hace 11.700 años, los hombres de la edad de piedra llegaron a pie a Alaska desde el noreste de Eurasia continental para colonizar las Américas, lo que no excluye una colonización de Brasil hace unos 30.000 años "out of Africa". La Figura 4 presenta la extensión del hielo continental durante la última época glacial de Würm/Weichsel en Europa, la distribución de las zonas de vegetación y de permafrost hasta hace unos 12.000 años. La cobertura de hielo en el centro de la glaciación (norte de Escandinavia) alcanzó más de 3.500 m. de espesor donde la emersión posglacial por los movimientos glacioisostáticos llegó hasta hoy por encima de 250 m de altura. Al mismo tiempo Inglaterra formaba parte del continente europeo (figura 12). No existía el Canal de la Mancha porque el nivel del Mar del Norte estaba más de 130 metros más bajo que hoy.



Figura 4: Distribución del hielo continental durante la época glacial de Würm/Weichsel en Europa (línea azul), de las zonas de vegetación y de permafrost hasta hace unos 12.000 años: (de <http://www.vinetowinecircle.com/en/genetics/the-presence-of-wild-vines-during-the-ice-age-in-iberia/>, [https://media.diercke.net/omeda/800/5277E\\_1.jpg](https://media.diercke.net/omeda/800/5277E_1.jpg)). Los famosos asentamientos paleolíticos de la última época glacial como, por ejemplo, Lascaux y Chauvet (Francia), se encontraron justo afuera, y Willendorf (Alemania) y Predmost (Polonia) dentro de la zona de permafrost. Según LEVADOUX (1956) las cepas de vino silvestres se retiraron hacia la región mediterránea libre de hielo (línea roja) durante las épocas glaciales.

En la figura 5 se presenta el desarrollo de las temperaturas durante la última época glacial de Würm. Épocas cálidas, como la que podemos disfrutar en la actualidad, son episodios relativamente cortos en la Historia de la Tierra. Quiere decir que la mayoría de los últimos millones de años fueron más fríos que cálidos y el desarrollo de la cultura humana de los últimos 10.000-12.000 años se realizó gracias al fin de la última época glacial cuando el hombre prehistórico, cazador-recolector, no fue forzado a luchar sólo por la pura supervivencia, sino que, cuando el ambiente más cálido lo permitió, pudo empezar a asentarse, a dividir el trabajo y a dedicar parte del tiempo al desarrollo de artefactos y de artesanía.

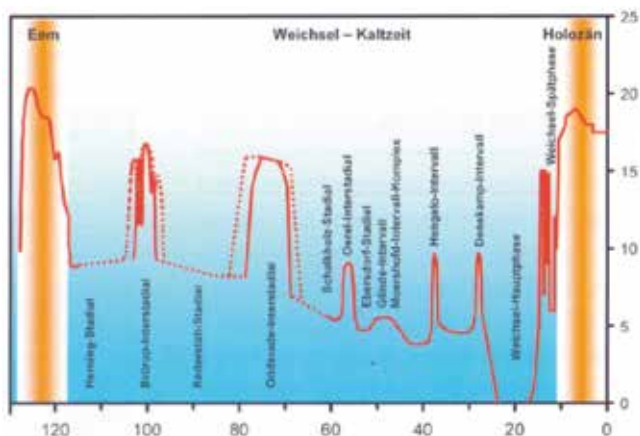


Figura 5: Niveles de temperatura (eje de Y: °C en los meses de julio) durante la última época glacial de Weichsel (o sea Würm) que duró unos 100.000 años (eje de X: miles de años) y terminó hace 11.700 años, cuando empezó la actual época cálida, llamada también "Holoceno". La anterior época cálida se llama "Eem". Durante las épocas glaciales hay también períodos más cálidos como se puede ver en la gráfica, p.ej. hace entre unos 75 y 100 mil años; de BGR – Klimafakten (2004).

Desde el siglo XIX los Glaciares de los Alpes se retiran de nuevo, como lo hicieron ya muchas veces antes. Solo para dar dos ejemplos, el glaciar de la cima del monte Ortler (Trentino, Italia) de 3.905 m.s.n.m., tiene menos de 7.000 años (GABRIELLI et al. 2016) lo que significa que hace unos 7.000 años la cima del Ortler estaba libre de hielo. El deshielo de muchos glaciares de los Alpes, de los Pirineos y de los Picos de Europa en este período, que fue incluso más cálido que en

la actualidad, corresponde al "Óptimo climático Atlántico" del Holoceno (ver figura 5) que se mencionó antes y que duró desde hace unos 8.000 hasta hace unos 4.000 años, con interrupciones frías hace unos 6.000 a 5.000 años (p. ej. BGR – Klimafakten 2004). El pequeño máximo hace 3.000 años corresponde al **Óptimo climático de la Cultura Minoica**. Hace unos 2.000 años fue el **Óptimo de la Época Romana** y hace unos 1.000 años fue el **Óptimo de la Alta Edad Media**. Ahora nos encontramos en el Óptimo moderno. Los mínimos de temperatura, hace unos 1.500 y unos 500 años, corresponden al **Pésimo de la Invasión migratoria** y a la **Pequeña Edad de Hielo**.

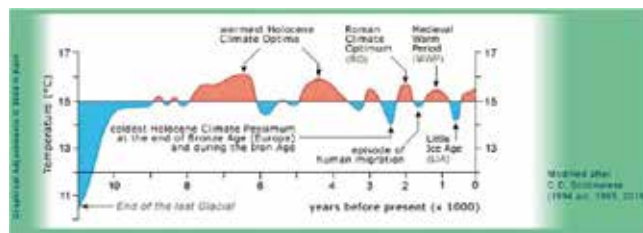


Figura 6: Cambios de las temperaturas medias cerca de la superficie en el hemisferio norte desde el final de la última época glacial (de Würm) hace 11.000 años. Eje de X: miles de años antes de la actualidad. La gráfica presenta los períodos más cálidos (en rojo) y más fríos (en azul). La fase cálida de Atlántico (hace 8.000-4.000 años) fue interrumpida por un episodio de frío de casi mil años de duración. <https://www.science-e-publishing.de/project/lv-tw/002-holozaene-optima-und-pessima.htm>

No sería nada incomprensible si el "Óptimo climático Atlántico" hubiera sido el período de máxima temperatura entre la última y la siguiente época glacial. Científicos suizos y austríacos observaron hasta 8 ciclos de vaivén de los glaciares alpinos durante los últimos 10.000 años. Otro ejemplo para el múltiple vaivén de las glaciaciones en los Alpes es el glaciar de Aletsch (pendientes sur de los Alpes berneses, Suiza); p.ej. HOLZHAUSER et al. (2005) y AUER et al. (2014). Este glaciar se retiró repetidamente durante los Óptimos de la Época Romana y de la Alta Edad Media y avanzó de nuevo durante el Pésimo de la Pequeña Edad de Hielo. No es por tanto de extrañar que el famoso hombre prehistórico "Ötzi", que vivió hace unos 5.300 años, pudiera cruzar los Alpes Orientales a una altura de 3.210 metros casi libres de hielo (BOHLEBER et al. 2020). Fue pocos siglos antes

de su muerte cuando los glaciares alpinos por encima de 4.000 metros volvieron a crecer y avanzar de nuevo hacia los valles.

Casi por todas partes en los actuales Alpes (como también en los Pirineos y los Picos de Europa) se pueden observar las pistas de los glaciares de las últimas épocas glaciales, habiendo formado capas de hielo de un espesor por encima de los 2.000 metros (en los Alpes), que modelaron las agujas, picos y crestas de montaña. Los escombros arrancados y arrastrados por los glaciares, quedaron a la vista al deshacerse el hielo formando morrenas de muy variadas composiciones y formas (morrenas de fondo, morrenas laterales, morrenas centrales, morrenas frontales, etc.). La palabra morrena viene de la palabra savoyarda "morêna" y significa canto o rocalla. Durante los máximos de las épocas glaciales los glaciares de los Alpes, de los Pirineos y de Escandinavia avanzaron hasta las estribaciones de las montañas correspondientes. Quiere decir que durante los máximos de frío, los glaciares se extendieron varias docenas, incluso, hasta cientos de kilómetros más que en la actualidad y excavaron los valles y circos glaciares. Después de la retirada de los glaciares, los circos glaciares, muchos de ellos sin desagüe, se llenaron con agua de deshielo y de lluvia formando los conocidos grandes lagos de los Prealpes, como son los lagos de Zúrich, de Ginebra, de Constanza, y también el lago de Sanabria en la provincia de Zamora (noroeste de España, ver la Figura 7). Estos lagos glaciares, sobre todo los numerosos lagos glaciares de los Prealpes, fueron sitios de asentamiento preferidos en el Neolítico (POHANKA 2018).



Figura 7: El Lago de Sanabria (provincia de Zamora) tiene una extensión de unos 3,5 kilómetros cuadrados, es el lago natural más grande de España y es de origen glacial. Este lago de unos 53 metros de profundidad y una máxima longitud de ca. 3 kilómetros, se sitúa en una altura de unos 1.000 m.s.n.m., en una zona que fue cubierta de glaciares durante la última época glacial.

También en las montañas de alturas medias (en Alemania p.ej. en el Harz, Bosque Bávaro, Selva Negra) se pueden observar testigos de anteriores épocas glaciales en altitudes por encima de los 1.000-1.200 metros. Lo mismo ocurre en las altas montañas de España donde se desarrollaron paisajes glaciares durante las épocas glaciales en los Pirineos, en la Cordillera Cantábrica, en la Sierra de Gerês-Xurés (norte de Portugal) y en el Sistema Central (VIDAL et al. 1999). Situada en el sureste de España, La Cordillera Bética (Sierra Nevada, Granada), es la región más meridional del Continente Europeo donde se pueden registrar testigos de anteriores épocas glaciales, como es el Mulhacén (Sierra Nevada), con sus 3.482 m.s.n.m. el monte más alto de España.

Después de retirarse el hielo continental, la última vez hace unos 12.000 años (figura 4), los glaciares de varios kilómetros de espesor depositaron su carga sedimentaria a cientos de kilómetros de los yacimientos de rocas originales, es decir, a cientos de kilómetros de los yacimientos originales de esos materiales. Estos materiales rocosos abrasionados, arrancados y arrastrados por los glaciares durante sus rutas se llaman morrenas y pueden depositarse en forma de largas bandas formando colinas y llanuras. Los bloques que las forman difieren mucho por su tamaño y tipo de las rocas del entorno y se llaman "bloques erráticos" que pueden alcanzar diámetros de varias decenas de metros y pesos de varios cientos (incluso miles) de toneladas (figura 8-A). Estos bloques "alóctonos" pueden haber viajado encima del hielo cientos, incluso miles de kilómetros (p.ej. desde Escandinavia) y son muy típicos y abundantes en paisajes a donde llegó el hielo continental en las épocas glaciales. Es comprensible que los hombres de la Edad de Piedra pensaran que estos bloques erráticos gigantes fueran movidos por dioses y los adoraran como un sitio divino, tal vez parecido a Stonehenge. Probablemente estos bloques erráticos y sobre todo las mesas de glaciar (bloques erráticos planos, figura 8-B) sirvieron como modelo y materia prima para construcciones, como son, por ejemplo, los monumentos funerarios (dólmenes, etc., figura 9), de la cultura megalítica (4.000-2.000 años BC, POHANKA 2018).





Figura 8-A: roca errática “Gran roca de Tonnenheide” cerca de Rahden (Renania del Norte-Westfalia, Alemania); 8-B: típica mesa glaciar del Glaciar de Aar en Los Alpes suizos, foto de <https://www.swisseduc.ch/glaciers/alps/unteraaargletscher/gletschertische-de.html>.



Figura 9: Probablemente bloques erráticos (como el de la figura 8-A) y sobre todo mesas glaciares (bloques erráticos planos, figura 8-B) sirvieron como modelo para construcciones megalíticas, como son por ejemplo los monumentos funerarios (dólmenes, etc.). Ejemplo de un típico dolmen neolítico: dolmen Pedra da Arca (Vimianzo, noroeste de España).

En períodos fríos, como fue la última época glacial de Würm, el hombre prehistórico tenía que luchar continuamente para sobrevivir, sobre todo en nuestras latitudes geográficas, y pudo subsistir sólo en las regiones bajas y valles fluviales, fuera de las montañas medias y altas cubiertas con nieve y hielo. Esta última es también la razón por la que la mayoría de las cuevas y cavernas habitadas de la Prehistoria, hoy conocidas por sus impresionantes pinturas y grabados rupestres y sus artefactos líticos y óseos, se encuentran preferentemente en valles fluviales Lascaux, Chauvet (Francia Central), Vogelherdhöhle, Hohlefels (Jura de Suabia, Alemania), entre otras, y en el litoral Altamira (Cantabria, España), Cosquer (Sur de Francia), etc. Los famosos asentamientos paleolíticos de la última época glacial, como por ejemplo Lascaux y Chauvet (Francia), se encontraron justo afuera, y Willendorf (Alemania) y Predmost (Polonia) dentro de

la zona de permafrost (figura 4). Según LEVADOUX (1956) las cepas de vino silvestres se retiraron hacia la región mediterránea libre de hielo durante las épocas glaciales (figura 4). Durante las principales fases, las más frías en la segunda mitad de la época glacial de Würm hace unos 60.000-20.000 años (figura 5), el hombre de Neanderthal se retiró hacia el sur de la Península Ibérica donde desapareció finalmente en la región de Gibraltar y del sur de Portugal.

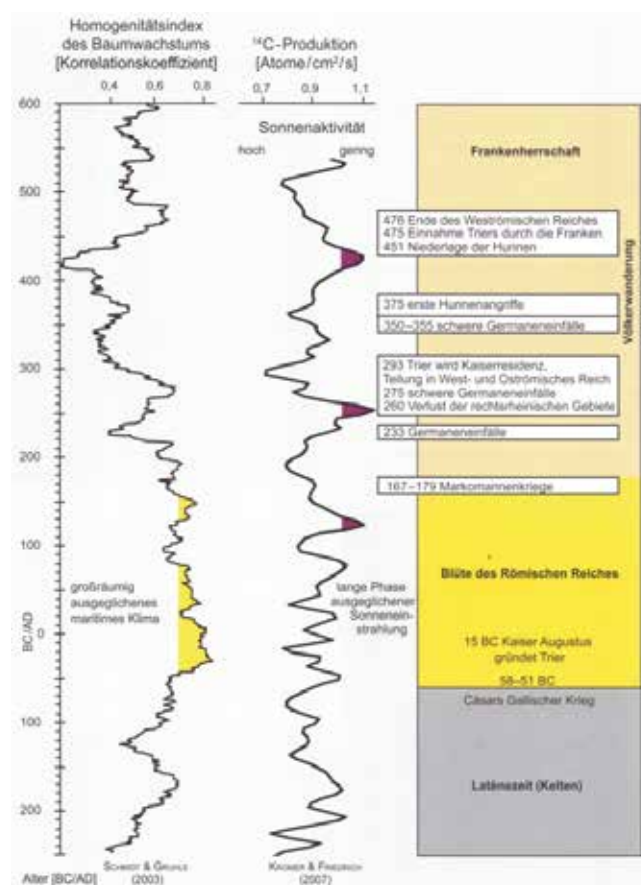


Figura 10: Niveles de temperatura entre los años 250 BC y AD 600 basados en homogeneidades de crecimiento de árboles en el centro de Europa (curva izquierda: oscilaciones hacia la derecha significan mayor homogeneidad de crecimiento de árboles, respectivamente temperaturas relativamente más elevadas) e intensidad de la radiación solar (curva derecha: producción de  $^{14}\text{C}$  (indicador indirecto o “proxy” de la radiación solar); oscilaciones hacia la derecha aquí significan baja actividad de radiación solar, temperaturas relativamente más bajas. En la columna derecha se relacionan eventos históricos; de SIROCKO (2012).

La expansión del Imperio Romano hacia el norte de Europa (Britania, Germania) en la Época de Transición fue apoyada por un período cálido (figuras 6 y 10), el Óptimo climático de la Época Romana (desde ca. 300 BC hasta ca. AD 400; BC = "before Christ" o "antes de Cristo" y AD = "anno domini" o "después de Cristo"), cuando el Imperio Romano alcanzó su mayor extensión y cuando fue posible cultivar vides también en Britania. Recordamos que en el año de 218 BC el general cartaginés Aníbal y sus tropas (con más de 50 elefantes) cruzaron los Alpes hacia Italia en pocos días. En el siglo IV, la retirada de los romanos coincidió con un período de descenso de temperatura (Pésimo

climático de la Invasión migratoria) que causó, entre otras cosas, la invasión de los bárbaros hacia el oeste y suroeste europeo, incluso de los hunos (figura 10). Fue en el año de AD 406 cuando las tribus germánicas (los suevos, vándalos, alanos, etc.) cruzaron el río Rin completamente helado por la zona de la actual ciudad de Maguncia iniciando su migración hacia Galia e Hispania. El Pésimo de la Invasión migratoria duró más o menos desde AD 400 hasta AD 700. Estos pocos, pero llamativos, ejemplos demuestran que también en la antigüedad el clima no era nada estable.

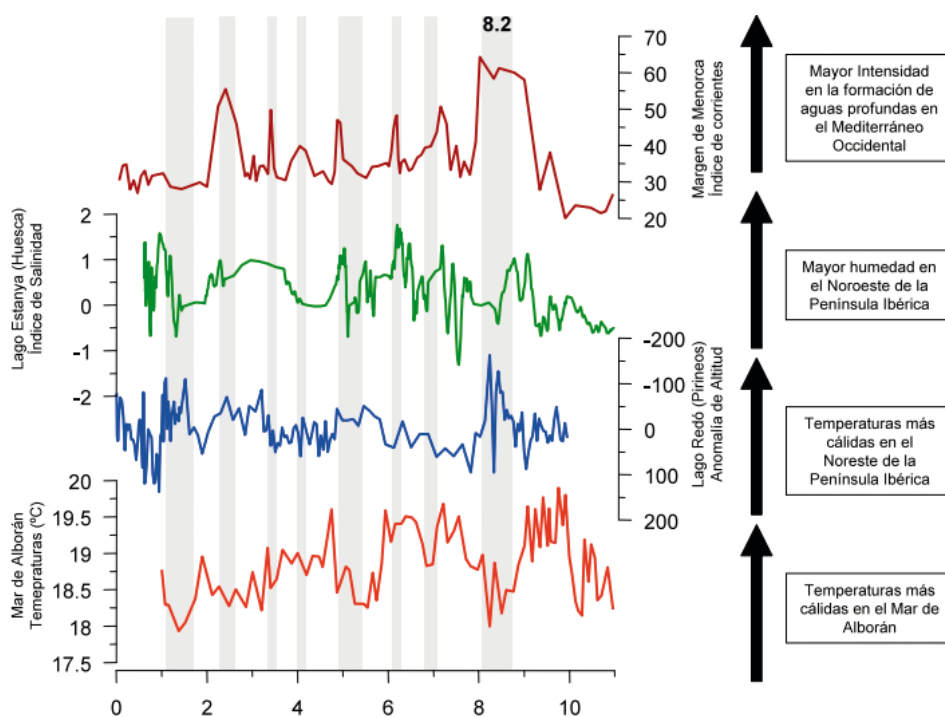


Figura 11: Comparación de diferentes registros paleoclimáticos Holocenos de la Península y del Mediterráneo Occidental. Eje de X: miles de años antes de hoy (BP = before present). Las bandas grises verticales resaltan algunos de los eventos climáticos rápidos identificados en los registros. Resultados de varias investigaciones resumido por CACHO et al. (2010). De arriba abajo:

Línea marrón: Indicador de la intensidad de las corrientes profundas.

Línea verde: Índice de salinidad basado en la composición de los sedimentos del lago de Estanya.

Línea azul: Índice de altitud calculado a partir del registro de restos de crisófitas del Lago Redó del Pirineo Oriental.

Línea roja: Temperaturas de las aguas superficiales del mar de Alborán.

---

El desarrollo de la temperatura y otros parámetros e indicadores climáticos se puede estudiar en muy diferentes materiales como son sedimentos marinos, lacustres o terrestres, anillos de árboles y otros más. La figura 11 presenta los resultados de las investigaciones geocientíficas en la Península y en el Mediterráneo Occidental resumidas de CACHO et al. (2005) indicando la evolución de la temperatura de aguas superficiales, de la salinidad marina, de la intensidad de corrientes marinas profundas. Con estos pocos ejemplos se quiere demostrar que los fenómenos y condiciones naturales de nuestra Tierra siempre fueron sujeto de cambios que finalmente fueron dirigidos por la energía solar que llegó a la Tierra.

Los **cambios del nivel del mar** se atribuyen claramente a cambios climáticos. En las épocas glaciales que pueden durar hasta unos 100.000 años, las precipitaciones, sobre todo en forma de nieve en las zonas polares, subpolares y templadas, (aquí en elevaciones por encima de los 1.000-1.200 metros sobre el nivel del mar), se acumulan formando inmensas capas de ventisquero que se convierten en hielo por la presión de nuevas capas de nieve acumuladas encima formando glaciares y casquetes de hielo de hasta varios kilómetros de espesor. Son varias docenas de millones de kilómetros cúbicos acumuladas de hielo que “faltan” en los océanos durante las épocas glaciales bajando sus niveles de agua. Cuando se termina una época fría o periodo frío, los glaciares y casquetes de hielo se deshacen y los niveles del agua de los océanos vuelven a subir de nuevo.

Desde la última época glacial (de Würm), desde su extensión máxima hace unos 18.000 años, el nivel del mar ha subido en total unos 130-150 metros incluyendo un vaivén de episodios más fríos y más cálidos provocando continuas bajadas y subidas del nivel del mar. El cambio del nivel del mar absoluto local puede depender también de efectos geológicos regionales de subida y bajada de terreno. Fenoescandia, por ejemplo, (que abarca la Península escandinava, la península de Kola, Carelia y Finlandia) sube hasta unos 10 mm por año debido a los movimientos de compensación glacioisostática después de haber perdido su cobertura de hielo de más de 3.000 m de espesor desde la última glaciación hace unos 12.000 de años (ver figura 4). La figura 12 presenta el cambio glacioeustático del nivel del mar en la parte sur del Mar del Norte durante los últimos 11.000 años, después de haber terminado la última época glacial de Würm. Los científicos, como p.ej. MÜLLER (1962), estudiaron sedimentos terrestres inundados y de marismas, como son terrenos estuarios, sedimentos eólicos, suelos podsólicos y turbosos (figura 12). En la parte sur del Mar del Norte las influencias de los movimientos de descenso epirogénicos y glacioisostáticos son insignificantes con respecto a la magnitud del ascenso del nivel del mar observado. También la influencia de movimientos tectónicos se pierde en el rango de los límites de error de las evaluaciones del nivel de ascenso.

EL CAMBIO CLIMÁTICO DESPUÉS DE LA ÚLTIMA ÉPOCA GLACIAL EN EUROPA Y ESPECIALMENTE EN TIEMPOS CASTREÑOS Y ROMANOS EN EL NOROESTE DE ESPAÑA

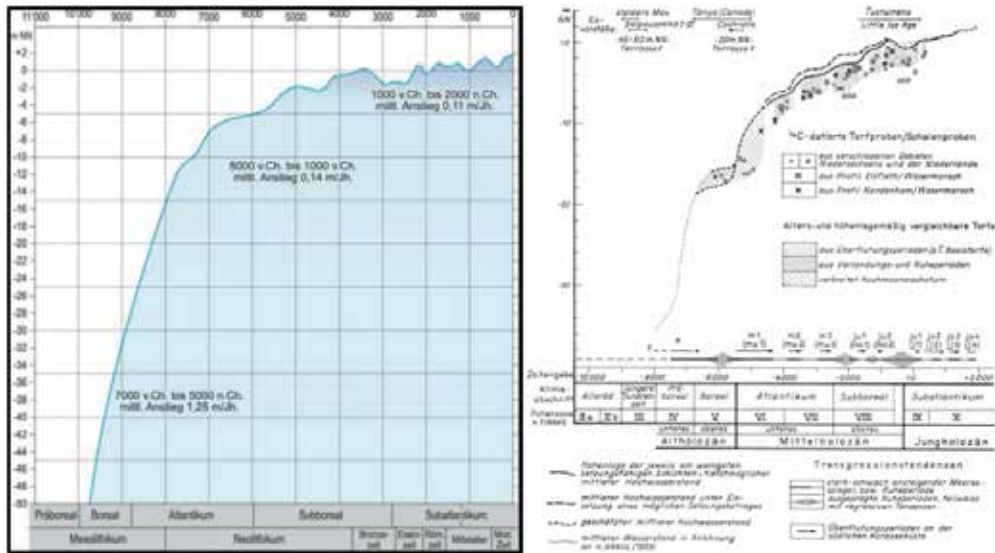


Figura 12: Cambio del nivel del mar en la parte sur del Mar del Norte después de la última época glacial de Würm. Eje de X: años antes de hoy, eje de Y: metros por encima o por debajo de la altura de referencia (1.000 AD); de <http://www.astrolehrbuch.de/Erde/SystemErde21.pdf>; gráfica de la derecha: borrador original de MÜLLER (1962).

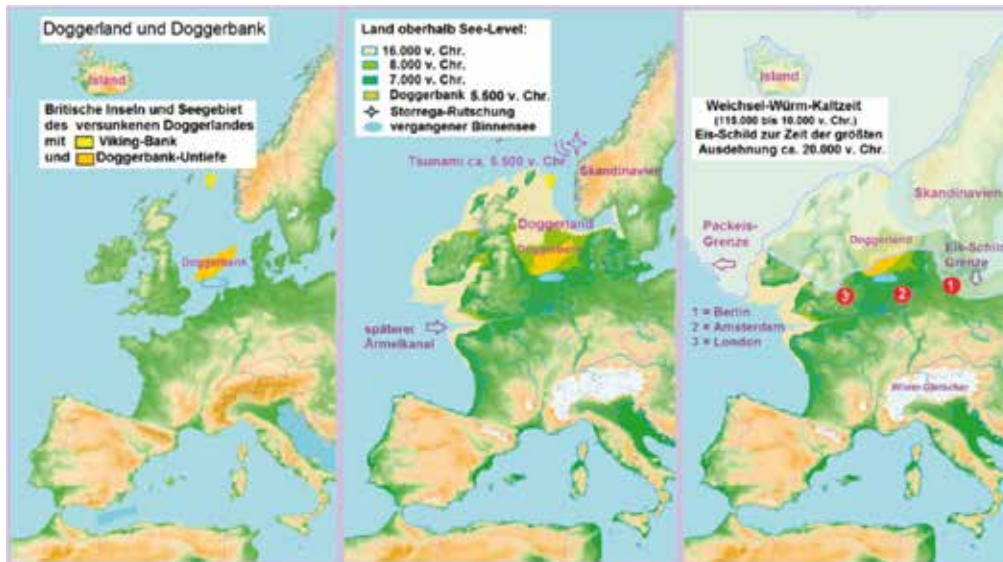


Figura 13: Inglaterra, incl. Escocia e Irlanda, eran parte del continente europeo durante la última época glacial de Würm. Imagen izquierda: situación actual con el Canal de la Mancha, la Bahía Alemana y el Banco de Dogger (hoy día a una profundidad de ca. 30 m); imagen del medio: situación hasta hace 7.000 años: el continente europeo con Doggerland (hoy día hundido); imagen derecha: el continente europeo durante la última época glacial de Würm hace 115.000 – 12.000 años; de WIKIPEDIA.

Durante la última época glacial de Würm las Islas Británicas fueron parte del continente europeo (figura 13). El Canal de la Mancha no existía. Muchos hallazgos arqueológicos de asentamientos en la zona de las aguas bajas del Mar del Norte lo demuestran. Las civilizaciones altas (también por su agricultura) de Mesopotamia, en la región de los dos ríos Éufrates y Tigris, se desarrollaron en el actual mar continental del Golfo Pérsico (entre Arabia Saudita y el Irán) que hoy día cuenta con una profundidad de agua de entre unos 40 y 100 metros. Pero hace unos 18.000 años, hacia el final de la última época glacial de Würm, el Golfo Pérsico se había secado porque el nivel del Mar Árabe estaba unos 120 metros más bajo que en la actualidad (figura 14). Se presume que el famoso diluvio mencionado en la Biblia se refiere a tradiciones sobre la inundación de la región del actual Golfo Pérsico que también fueron documentadas en tablillas de escrituras cuneiformes sumerio-babilónicas describiendo unas inundaciones repentinas y catastróficas hace unos 8.000-9.000 años lo que corresponde al período cálido llamado "Óptimo climático Atlántico" (figura 6) durante el que las temperaturas fueron claramente más altas que hoy provocando un fuerte deshielo de las capas glaciales continentales y polares con el consiguiente cambio climático. El Mar Báltico y el Mar Negro también fueron grandes lagos o mares interiores durante esta última época glacial.



Figura 14: Territorio y lagos continentales de agua dulce (en azul claro) de la superficie del actual Golfo Pérsico durante la última época glacial (hace unos 18.000 años) basado en estudios de sedimentos marinos; de BUNCHNER & BUCHNER (2011).

Un ejemplo muy espectacular de la subida natural del nivel del mar es el yacimiento arqueológico singular de la Gruta de Cosquer con sus fascinantes grabados y pinturas (figura 15) situada en la costa mediterránea al sureste de Marsella (sureste de Francia). Unos buceadores habían encontrado la entrada de la gruta a una profundidad de agua de 37 m en los mediados de los años 80 del siglo pasado. Las pinturas tienen una edad de unos 30.000-18.000 años, es decir, finalizando la última época glacial (de Würm), cuando la línea costera estaba a unos 11 km de distancia de la entrada de la entonces cueva y el nivel del mar estaba unos 80-90 metros más bajo (CLOTTE & COURTIN 1995).



Figura 15: Parte del gran panel de los caballos que se encuentra hoy justo por encima de la superficie del mar, Gruta de Cosquer en la costa mediterránea francesa al sureste de Marsella (sureste de Francia). La entrada a la gruta se encuentra en la actualidad a una profundidad de agua del mar de unos 37 metros; de CLOTTE & COURTIN (1995).

Una multitud de hallazgos arqueológicos de antiguos asentamientos romanos a lo largo y por debajo de los actuales litorales del Mediterráneo y del Atlántico demuestran que el nivel del mar subió varios metros (hasta unos 3-4 m) desde sus fundaciones hace unos 2.000 años. La figura 16 representa un ejemplo de Istria (noroeste de Croacia). En el capítulo siguiente se presentará otro ejemplo de la costa atlántica de Galicia.



Figura 16: Península de Vizula (Medulin, Istria, noroeste de Croacia) con numerosos restos de asentamientos romanos. En la pequeña aerofoto de la derecha arriba se identifica bien la antigua vía romana de acceso hoy hundida; ÖAW (2019).

Por supuesto no se pueden negar las consecuencias catastróficas para los asentamientos litorales modernos, sobre todo si el nivel de los océanos alcanza el nivel del último interglacial Eem, con unos 6-9 m sobre el nivel actual, hace unos 125.000 a 116.000 años. Los cazadores y recolectores paleolíticos, como también más tarde los agricultores y pastores neolíticos y de la Edad de Bronce, lo tenían más fácil para huir del mar subiendo hacia el interior continental, como por ejemplo del inundado Doggerland antes mencionado (figura 13). Pero desde el comienzo del asentamiento de los humanos en poblaciones fijas con puertos y ciudades ya es casi imposible cambiarse a otro lado. Así les pasó también a las Altas Culturas en el sureste de Mesopotamia ("entre dos ríos") que tuvieron que abandonar sus metrópolis que se encuentran hoy día hasta 60 metros sumergidas en el fondo del Golfo Pérsico (figura 14, BUCHNER & BUCHNER 2011). También a los habitantes del legendario Atlantis, sea donde sea, les tocó el mismo cruel destino.

## 5. Situación climática en tiempos castreños y romanos en el Noroeste de España

Entre las últimas dos épocas glaciales (las glaciaciones Riss y Würm) tuvo lugar un período cálido (la época cálida del Eem, llamada también Interglacial de Riss-Würm) que duró unos 11.000 años (Tabla 1). Las temperaturas globales medias fueron varios grados más altos que hoy día, los casquetes polares se

deshelaron más que hoy y en consecuencia el nivel de los océanos subió varios metros por encima del actual nivel del mar. Se pueden observar en muchas costas formando terrazas o playas marinas (hoy en día secas) como testigos de un nivel del mar por encima del nivel actual. Por ejemplo, en las costas atlánticas del noroeste de España (en Galicia) se pueden observar muchas de estas antiguas playas de cantos de la anterior época cálida del Eem (figura 17). La gráfica derecha de la figura 17 explica bien como el nivel del mar cambió durante los últimos 120.000 años, desde la época cálida anterior (Eem) hasta la época interglacial actual (Holoceno). Desde un nivel de 5-6 metros más alto que en la actualidad, el nivel del mar bajó más de 130-150 metros durante el período de frío más intenso, para subir de nuevo al comienzo de la actual época cálida interglacial del Holoceno. La figura 18 presenta los restos de un bosque fósil del Holoceno de una edad de unos 7.000 años, que se formó en una terraza de cantos de la época cálida interglacial del Eem hace unos 126.000-115.000 años. En la actualidad estos restos de bosque se encuentran en la zona de pleamar (ejemplo de la Playa de Cobas, Ferrol, NO de España), según (VIDAL ROMANÍ & GRANDAL d'ANGLADE 2018). Restos de estos bosques antiguos se pueden observar también en muchas otras zonas playeras de Galicia.



Figura 17: La foto izquierda presenta una antigua playa de cantos de la anterior época cálida Eem (hace 126.000-115.000 años), que hoy día se encuentra a 5-6 m por encima del actual nivel del mar (Isla de Ons, NO de España); gráfica derecha: diferentes estados del nivel del mar durante la época cálida Eem (a), durante la época glacial Würm (b) y desde el comienzo de la actual época cálida del Holoceno hasta hoy (c, d, e); de VIDAL ROMANÍ et al. (2018).



Figura 18: Restos de un bosque fósil del Pleistoceno final del Holoceno de unos 7.000 años, que se formó en una terraza de cantos de la época cálida interglacial Eem (entre las últimas épocas glaciales Riss y Würm hace unos 126-115.000 años) y que se encuentra en la actualidad en la zona de pleamar (Playa de Cobas, Ferrol (NO de España), según VIDAL ROMANÍ & GRANDAL d'ANGLADE, 2018).

MOSQUERA SANTÉ (2000) estudió la evolución post-glacial del nivel del mar en el NO de la Península Ibérica con el ejemplo del Golfo Ártabro abarcando las rías de La Coruña, El Ferrol y Betanzos. A base de numerosos sondeos subacuáticos, estudios sedimentológicos y micropaleontológicos, elaboró una cronología de los cambios de nivel de mar y de los parámetros ecológicos de los microfósiles encontrados en los testigos. Hace unos 5.600 años atrás (en tiempos del Neolítico), por ejemplo, en el Golfo Ártabro la línea costera fue diferente a la de la actualidad (figura 19) debido a que el nivel del mar estaba unos 6-7 metros más bajo que en la actualidad.



Figura 19: El Golfo Ártabro (Rías de La Coruña, Ferrol y Betanzos) hace 5.600 años y en la actualidad se según VIDAL ROMANÍ (2018).

GARCÍA-GARCÍA et al. (2005) estudiaron la evolución sedimentaria de la Ría de Vigo por perfiles sísmicos de la ría y estudios sedimentológicos de testigos. Resumiendo, los resultados de otras investigaciones anteriores, ellos proponen la gráfica (figura 20) de la evolución relativa del nivel del mar para la Ría de Vigo. Desde finales de la última época glacial de Würm el nivel del mar subió desde los -140 metros, es decir desde el periodo de máximo frío hace unos 20.000 años (referirse también a la figura 5). Como se puede ver bien en la figura 20, la subida del nivel del mar no fue siempre uniforme, sino repentina, incluso con nuevas bajadas del nivel del mar durante repetidos periodos fríos, como hace 11.000-10.000 años (durante la etapa Preboreal, también llamada Dryas primitivo) y hace unos 4.000 años terminándose el período cálido Atlántico (figuras 2 y 5).

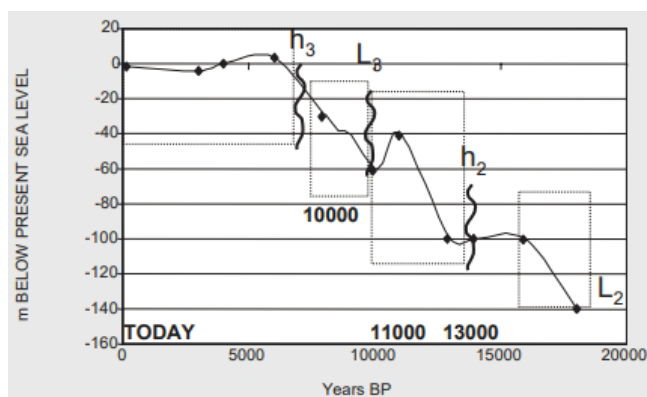


Figura 20: Propuesta gráfica de la evolución del nivel del mar en la Ría de Vigo de los últimos 18.000 años de GARCÍA-GARCÍA et al. (2005).

En el Noroeste peninsular (Galicia y Asturias) muchas poblaciones castreñas se fundaron en la costa atraídas por la explotación de la fauna marina (peces, moluscos, crustáceos, etc.) y probablemente también por la comunicación marítima y ciertos comercios marítimos. Tampoco se puede descartar que los castreños costeros ya supieran utilizar la salazón antes de la llegada de los romanos. Muchos de estos castros se encuentran hoy al borde de la costa, a veces en el área de las mareas, mejor dicho, hoy día se pueden observar las partes de estas poblaciones costeras que todavía no fueron alcanzadas, o destruidas, por las mareas vivas en tiempos de pleamar. Como vimos arriba (figura 12), el nivel del mar en la parte sur del Mar del Norte estaba a unos 2-3 metros más bajo que hoy en la época de la transición de la Edad del Bronce a la Edad del Hierro. Se asume que esta estimación del nivel del mar también es válida para los tiempos en que fueron poblados la mayoría de los castros en el Noroeste peninsular. Por lo menos corresponde a las investigaciones de GARCÍA-GARCÍA et al. (2005). Para explicar mejor la situación topográfica de un asentamiento costero, se presenta en la figura 21-B el mapa náutico de la zona del castro de Baroña (figura 21-A) en la salida de la Ría de Muros y Noia (al suroeste de Porto de Son). Este castro fue ocupado en la época de transición (siglos I BC a AD I) cuando el nivel del mar estaba por lo menos unos 2-3 metros por debajo del nivel actual, por lo cual se puede considerar

que la línea costera correspondía en estos tiempos a la isóbata de color azul claro fuerte de la figura 21-B.



Figura 21: Castro de Baroña (Porto de Son, La Coruña) en tiempos de bajamar (21-A) y parte del mapa náutico de la zona (Ría de Muros y Noia, 1:25.000, 425A, 2017) con isóbatas (21-B); verde: zona de mareas, azul claro fuerte: profundidad hasta 5 metros, azul claro: hasta 10 m, gris: más de 10 metros de profundidad.



Figura 22: Foto aérea del Castro de Neixón (Boiro, Ría de Arousa). La situación de este cabo fue más pronunciada en los tiempos de su asentamiento debido a que el nivel del mar estaba cerca de 3-4 metros más abajo que en la actualidad lo que se puede vislumbrar bien por la topografía subacuática en la foto aérea; foto: <https://www.centroarqueoloxicoabarbanza.org/es/ocentro.asp>

En el caso de poblaciones costeras más antiguas como, por ejemplo, el castro de O Neixón (figura 22) que aparentemente fue poblado desde el siglo V BC, hay que asumir que el nivel del mar estaba incluso unos metros más bajo coincidiendo con un periodo frío entre los óptimos climáticos de la civilización minoica y la de la Época romana hace cerca de 2.500 años. La mayoría de los castros del noroeste de España fueron poblados hasta los tiempos romanos. En algunos castros se descubrieron incluso restos y fundamentos de edificaciones romanas lo que significa que también las poblaciones costeras castreñas soportaron una subida más o menos paulatina del nivel del mar.



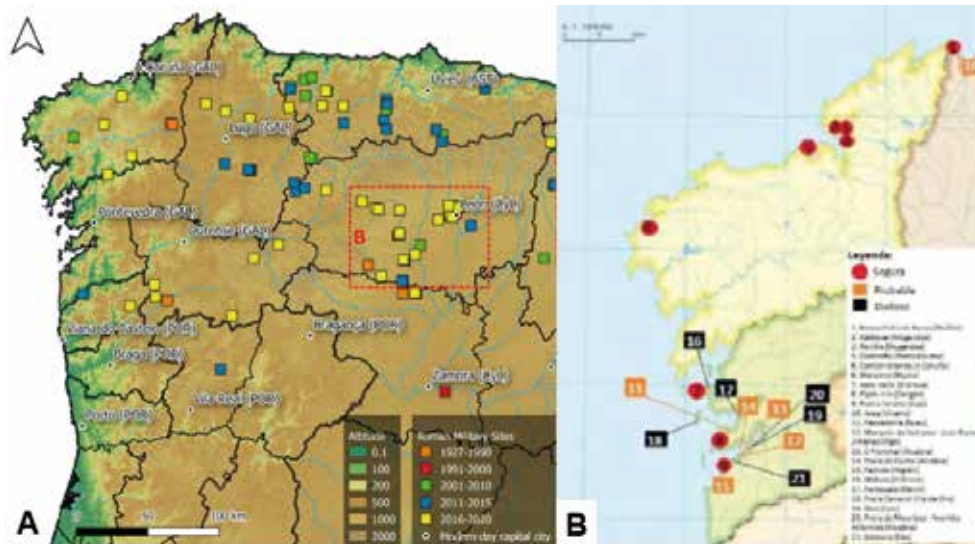


Figura 23: Campamentos romanos en el NO de España (<http://romanarmy.eu/category/historias/> 2021, 23-A) y mapa de distribución de villas marítimas en la costa de la Galicia romana (PADÍN ABAL 2017, 23-B).

De otras regiones europeas ocupadas por los romanos se sabe que ellos disponían de una muy amplia red de poblaciones, *villae* y caminos entre las ciudades y campamentos romanos (CÜPPERS et al. 2005, ALTMEPPEN 2017). Por lo cual se puede afirmar que la densidad de *villae* rústicas romanas entre Lugo (*Lucus Augusti*), La Coruña (*Brigantium*) y Tui (*Tudae*) fue mucho más grande que lo que permiten presumir los pocos testigos obvios como por ejemplo el santuario de Santa Eulalia de Bóveda cerca de Lugo y la villa rústica al lado de Santa Mariña de Augas Santas (Ourense). Los campamentos romanos identificados durante los últimos años (figura 23-A), los numerosos restos de calzadas romanas en Galicia (ver p.ej. el trabajo de ÁLVAREZ 1960), como también las "*villae romanae a mare*" hasta ahora encontrados a lo largo de la costa gallega apoyan esta afirmación. Gracias al trabajo de PADÍN ABAL (2017) hay un catálogo detallado de las *villae* marítimas en la costa de la Galicia romana (figura 23-B). Con respecto a los numerosos testigos de vías romanas en Galicia, es importante no solo considerar las vías de primer orden, sino también las vías periféricas de menor orden como, por ejemplo, las calzadas de las pendientes del Barbanza entre Boiro y Noia (La Coruña, figura 24).



Figura 24: Una calzada romana conectó Noia con Boiro por las pendientes interiores del Barbanza. 24-A: restos de la calzada romana al sur de Noia; Foto: <http://patrimoniogalego.net/index.php/45265/2013/06/calzada-romana-noia/>. 24-B: restos de la calzada romana de Vitres; foto: <http://waldoviajes.blogspot.com/2015/06/la-comarca-del-barbanza-arousa-norte.html>.



Figura 25: Restos murales de una casa rústica romana (de Noville) del siglo III AD en la Ría de Ferrol cerca de Mugardos (Noroeste de España), p.ej. PADÍN ABAL (2017); no. 3 en la Figura 23-B.

Las villas romanas de Mugardos (casas rústicas de Caldoval y Noville), por ejemplo, se encuentran en la ribera sur de la Ría de Ferrol (figuras 23-B y 25) y hoy día en zonas del alcance de mareas vivas o a muy pocos metros por encima de la zona de pleamar. Otros ejemplos de una situación actual muy cerca de la zona litoral de mareas es la villa rústica de Eirexa Vella de Bares (Mañón, Estaca de Bares, extremo NE de la Provincia de A Coruña, figura 26-A, no. 1 en la figura 23-B; PADÍN ABAL 2017) que se encontró en un peñasco saliente en la playa de Bares, y la villa rústica de Pipín, Hío en Cangas do Morrazo (Pontevedra, figura 26-B, no. 8 en la figura 23-B; PADÍN ABAL 2017).



Figura 26: Situación de la villa rústica a mare de Eirexa Vella de Bares (La Coruña, 26-A) y la villa rústica de Pipín, Hío en Cangas de Morrazo (Pontevedra, 26-B); de PADÍN ABAL (2017). Los restos de ambas villae se encuentran hoy a pocos metros de la zona de mareas que estaba hace 2.000 años 2-3 metros más abajo.

Hay que recordar que la amplitud de marea puede alcanzar hasta varios metros en la costa gallega. Por lo referido más arriba podemos considerar que el nivel del mar en la costa gallega durante el último milenio antes de Cristo estaba hasta unos 3-4 metros por debajo del nivel actual. Lo que explica mejor la actual situación cercana a la zona de mareas de varias villae romanas. En tiempos romanos el nivel del mar todavía estaba 2-3 metros más bajo que en la actualidad lo que confirma una posición menos arriesgada de las villae rústicas a mare en el Noroeste peninsular, al igual que los castros prerromanos. Con investigaciones de arqueología subacuática sería posible comprobar, en los asentamientos castreños y romanos, la existencia de construcciones de protección litoral y/o de amarre en caso de que las mareas vivas no las hayan destruido.

## 6. Conclusiones

En resumen, la época castreña corresponde a un período climático parecido al de la Pequeña Edad de hielo hace unos 500 años y que se situó entre dos óptimos climáticos, el de la Civilización minoica (hace unos 3.000 años) y el de la Época romana (hace unos 2.000 años), pero claramente en el declive climático del Óptimo cálido Atlántico de hace unos 8.000-4.000 años. Con respecto al nivel del mar, los tiempos castreños y romanos en Galicia se caracterizan por ligeras subidas y bajadas como consecuencia de alternarse óptimos y pésimos climáticos después del final de la última época glacial del Würm hace unos 11.700 años, y después del Óptimo climático Atlántico, situándose el nivel del mar de la época unos 2-4 metros por debajo del nivel actual.

---

## BIBLIOGRAFÍA:

ALTMIPPEN, Ph. (2017): Frühe römische Raumerschließung in Germanien.- Marburger Beiträge zur Antiken Handels-, Wirtschafts- und Sozialgeschichte 35, pp. 123-174.

ÁLVAREZ, E. (1960): Vías Romanas de Galicia.- Zephyrus 11, pp. 5-104.

AUER, I. & FOELSCHE, U. (2014): Vergangene Klimaänderungen in Österreich.- Austrian Assessment Report 2014, Volume 1, Chapter 3, pp. 228-299.

BOHLEBER, P., SCHWIKOWSKI, M., STOCKER-WALDHUBER, M. et al. (2020): New glacier evidence for ice-free summits during the life of the Tyrolean Iceman.- Sci. Rep. 10, 20513, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77518-9>

BUCHNER, N. & BUCHNER, E. (2011): Klima & Kulturen, 269 S., ISBN: 978-3-86705-036-4.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Herausgeber (2004): Klimafakten.- 259 pp. ISBN: 3-510-95913-2.

CACHO, I., VALERO GARCÉS, B. & GONZÁLEZ SAMPÉRIZ, P. (2010): revisión de las reconstrucciones paleoclimáticas en la península ibérica desde el último periodo glacial.- in clima en españa: pasado, presente y futuro (pérez f. fiz and boscolo roberta editores), pp. 9-24.

CLOTTE, J. & COURTIN, J. (1995): Grotte Cosquer bei Marseille – Eine im Meer versunkene Bilderhöhle.- Jan Thorbecke Verlag, 200 S., ISBN: 3-7995-9001-3.

CÜPPERS, H., BERNHARD, H. & BOPPERT, W. (2005): Die Römer in Rheinland-Pfalz.- Nicol Verlag, 711 pp. ISBN: 3933203600.

GABRIELLI, P. et al. (2016): Age of the Mt. Ortler ice cores.-The Cryosphere, 10, S. 2779- 2797.

GARCÍA-GARCÍA, A., GARCÍA-GIL, S. & VILAS, F. (2005): Quaternary evolution of the Ría de Vigo.- Marine Geology 220, pp. 153-179.

HOLZHAUSER, H.P., MAGNY, M. & ZUMBÜHL, H.J. (2005): Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500 years. The Holocene 15 (6): pp. 789-801.

LEVANDOUX, L. (1956): Levadoux, Les populations sauvages et cultivées de Vitis vinifera.- Annales de l'amélioration des plantes.

MARCOTT, S. A., SHAKUN, J.D., CLARK, P.U. & MIX, A.C. (2013): A Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years.- Science 339, pp. 1198-1201.

MILANKOVITCH, M. (1930): Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen.- In: KÖPPEN, W. & GEIGER, R. (Hrsg.): Handbuch der Klimatologie. Band 1: Allgemeine Klimalehre. Borntraeger, Berlin 1930.

MILANKOVITCH, M. (1938): Astronomische Mittel zur Erforschung der erdgeschichtlichen Klimate.- Handbuch der Geophysik 9, Berlin, pp. 593-698.

MOSQUERA SANTÉ, M.J. (2000): Evolución Post-Glaciár del nivel del mar en el NO de la península Ibérica: El caso del Golfo Ártabro.- Tesis doctoral, Universidad de La Coruña, 186 pp.

MÜLLER, W. (1962): Der Ablauf der holozänen Meeresanstieg an der südlichen Nordseeküste und Folgerungen in bezug auf eine geochronologische Holozängliederung.- Eiszeit und Gegenwart 13, pp. 197-226.

ÖAW (Österreichische Akademie der Wissenschaften (2019): <https://www.oeaw.ac.at/oeai/forschung/siedlungsarchaeologie-und-urbanistik/istrien-vizula/>.

PADÍN ABAL, M. (2017): Las Villae marítimas en la costa de la Galicia romana.- Universidad de Santiago de Compostela, Master Thesis, 82 pp.

POHANKA, R. (2018): Die Urgeschichte Europas.- Marixverlag Wiesbaden, 256 S., ISBN 978-3-86539-996-0

RAILSBACK, L.B., GIBBARD, P.L., HEAD, M.J., VOARINTSOA, N.R.G. & TOUCANNE, S. (2015a): An optimized scheme of lettered marine isotope substages for the last 1.0 million years, and the climatostratigraphic nature of isotope stages and substages.- *Quaternary Science Reviews* 111, pp. 94-106.

SIROCKO, F., Herausgeber (2012): *Wetter, Klima, Menschheitsentwicklung*.- 208 pp., ISBN: 978-3-8062-2746-8.

TARBUCK, E.J., LUTGENS, F.K. & TASA, D. (2005): *Ciencias de la Tierra*.- Pearson Educación, S.A., Madrid, 736 pp., ISBN: 84-205-4400-0.

UHLIG, S. (2020): ¡CO<sub>2</sub> = calentamiento global = cambio climático! ¿Y qué pasaría si todo fuera más complejo? Los continuos cambios climáticos – aspectos geológicos, arqueológicos y astrofísicos.- *Cad, Lab. Xeol. Laxe*. 42, pp. 95-168.

VIDAL ROMANÍ, J.R. (2006): *Calentamiento Global.- Lección Inaugural Curso Académico 2005-2006*, Universidad de La Coruña, 53 pp.

VIDAL ROMANÍ, J.R., FERNANDEZ MOSQUERA, D., MARTI, K. & DE BRUM FERREIRA, A. (1999): Nuevos datos para la cronología glacial pleistocena en el NW de la Península Ibérica.- *Cad, Lab. Xeol. Laxe*. 24, pp. 7-29.

VIDAL ROMANÍ, J.R. (2018): *La historia geológica de la formación del Golfo Ártabro (Coruña)*.- Monografía ISBN 978-84-09-07969-8, pp. 6-15.

VIDAL ROMANÍ, J.R. & GRANDAL D'ANGLADE, A. (2018): *CUADERNOS LAB. XEOLÓXICO DE LAXE* 40, 229-246, ISSN: 0213-4497.

VINÓS, J. (2018): *Nature Unbound X – The next glaciation*.- <https://judithcurry.com/2018/08/14/nature-unbound-x-the-next-glaciation/>.

VINÓS, J. (2019): *Holocene global temperature reconstruction*.- [https://figshare.com/articles/Holocene\\_global\\_temperature\\_reconstruction/9637022](https://figshare.com/articles/Holocene_global_temperature_reconstruction/9637022).