

Datos arqueomagnéticos de calidad para modelar el campo magnético terrestre: nuevo modelo global para los últimos 2000 años
Quality archaeomagnetic data for modelling geomagnetic field: new global model for the last 2000 years

Saioa A. Campuzano^(1,2), F. Javier Pavón-Carrasco^(1,2), Miriam Gómez-Paccard⁽³⁾ and M. Luisa Osete^(1,2)

⁽¹⁾ Dpto. de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Universidad Complutense de Madrid (UCM), Avd. Complutense s/n, 28040-Madrid, Spain

⁽²⁾ Instituto de Geociencias (IGEO) CSIC-UCM

⁽³⁾ Institute of Earth Sciences Jaume Almera CSIC

sacampuzano@ucm.es

RESUMEN/RESUMO

Los estudios paleomagnéticos proporcionan información sobre el pasado del campo magnético de la Tierra ya que éste queda registrado en rocas, flujos de lava, sedimentos y materiales arqueológicos en el momento de su formación. La mejora continua de la base de datos a nivel global ha permitido la generación de modelos geomagnéticos que son utilizados para constreñir los modelos de geodinamo o en la corrección de la producción de isótopos cosmogénicos. Sin embargo, estudios recientes han puesto en relieve que la base de datos de arqueointensidad podría no ser suficientemente realista, lo que repercute a su vez en la construcción de los modelos. Aquí se presenta un nuevo modelo global geomagnético para los últimos 2000 años, llamado SHAQ2K.wa, basado en un esquema de pesado donde los datos arqueomagnéticos de alta calidad pesan más que los datos de calidad inferior. La clasificación de los datos arqueomagnéticos de calidad está basada en criterios ampliamente aceptados dentro de la comunidad paleomagnética, como el número mínimo de muestras usado para calcular el valor medio y en los protocolos de laboratorio llevados a cabo durante la medida en el laboratorio. Se observa que las principales diferencias entre SHAQ2K.wa y otros modelos ya publicados se deben: 1) a la incorporación de nuevos datos, especialmente en el Hemisferio Sur y 2) al nuevo esquema de pesado aplicado a la base de datos de acuerdo a la calidad de los mismos.

ABSTRACT

Palaeomagnetic data provide useful information about the past geomagnetic field registered in rocks, lava flows, sediments or archaeological materials. The continuous upgrade of the palaeomagnetic database during the last decade has allowed the generation of global geomagnetic field models which are used to constrain the geodynamo models and to correct the rate of cosmogenic isotopes production. Some recent studies have pointed out that the archaeointensity database might not be reliable enough, affecting the models generation. Here, we present a

new global geomagnetic model for the last 2000 years, called SHAQ2K.wa, based on a weighting scheme where high quality archaeomagnetic data weigh more than the rest of data. We classify the quality archaeomagnetic data following widely accepted palaeomagnetic criteria based on the methodology used during the laboratory treatment of the samples and on the number of specimens finally used to calculate the mean values. We show that the main differences between SHAQ2K.wa and other previously published global geomagnetic models are due to: 1) incorporation of new data, especially from the Southern Hemisphere and 2) the new weighting scheme applied to the database according to the data quality.

Revisión del catálogo de datos arqueomagnéticos de iberia de los últimos 3000 años. Hacia una curva de variación Paleosecular de Iberia

The Iberian archaeomagnetic catalogue data updated for the last 3000 years. Towards a new Iberian Palaeosecular variation Curve

M.L. Osete^{1,2} ; S. A. Campuzano^{1,2}; F.J. Pavón-Carrasco^{1,2}; A. Palencia-Ortas¹; G. McIntosh³ and G. Catanzariti¹

⁽¹⁾ Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid.

⁽²⁾ Instituto de Geociencias (CSIC-UCM), Facultad de CC. Físicas, Plaza de Ciencias 1. 28040 Madrid.

⁽³⁾ School of Human and Life Sciences, Canterbury Christ Church University, North Holmes Road, Canterbury CT1 1QU (UK)
Secondary Second Author affiliation

mlosete@fis.ucm.es

RESUMEN/RESUMO

Se han cumplido 10 años desde la publicación del primer catálogo de datos arqueomagnéticos de la península ibérica y de la propuesta de la primera Curva de Variación Paleosecular de Iberia. Desde entonces, se han realizado nuevos estudios arqueomagnéticos y el catálogo de datos direccionales ha ido aumentando continuamente. En la actualidad se cuenta con más del doble de información de la que se disponía hace diez años. En este trabajo se ha realizado una revisión del catálogo, y se han incorporado resultados aún inéditos del grupo de investigación de Paleomagnetismo de la UCM. El nuevo catálogo está compuesto por 200 datos arqueomagnéticos procedentes exclusivamente de la península Ibérica. Esta nueva base de datos aún presenta lagunas temporales que deben orientar los futuros trabajos. En concreto, se precisan específicamente datos de la primera Edad del Hierro y de la época Tardorromana-Alta Edad Media. El estudio se ha completado incorporando al catálogo de datos ibéricos los datos procedentes de los alrededores, en un área de 900 km de radio centrada en Madrid (sur de Francia y norte de Marruecos). A partir de esta base de datos se propone una nueva Curva de Variación Paleosecular de Iberia para los últimos 3000 años utilizando la técnica bootstrap. La nueva curva de Variación Paleosecular obtenida se compara con las curvas sintéticas generadas por los modelos actuales globales de evolución del campo magnético terrestre.

ABSTRACT

The first Iberian catalogue and the first Iberian palaeosecular variation curve (PSVC) were published ten years ago. Since that numerous archaeomagnetic studies have been conducted on Iberian archaeological sites. In this work, a revision of the Iberian directional archaeomagnetic data catalogue, covering the last three millennia, has been carried out, incorporating recent results still unpublished. The new catalogue is made up 200 archaeomagnetic data exclusively from the Iberian Peninsula. The new catalogue still present some temporary gaps that should guide the future work. Data from the first Iron Age and Late Roman- Middle Ages are specifically required. The study was completed by incorporating to the input database, all data coming from a circular region of 900 km radius centred in Madrid. That is, incorporating data from southern France and north of Morocco. A new PSVC has been proposed for Iberia for the last three millennia based on the bootstrap technique. The new PSVC is compared with the sintetic PSVC generated by the global geomagnetic field models.

La datación arqueomagnética en España: Fundamentos, estado actual y perspectivas de futuro.

Archaeomagnetic dating in Spain: Fundamentals, state of the art and future perspectives.

M. Rivero^(1,2), José Carlos Pérez-Fuentes^(1,2), M. L. Osete^(1,2), F. Javier Pavón-Carrasco^(1,2), A. Palencia^(1,2), A. Molina-Cardin^(1,2), Saioa A. Campuzano^(1,2), Aida Adsuar⁽²⁾, A. Martín-López⁽¹⁾, D. Reyes Garcia-Navas⁽²⁾, E. Delso-Calcerrada⁽¹⁾

⁽¹⁾Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I. Fac. de CC. Físicas. Universidad Complutense de Madrid. Avd. Complutense, s/n. 28040 Madrid.

⁽²⁾Instituto de Geociencias (CSIC-UCM), Facultad de CC. Físicas, Plaza de Ciencias 1. 28040 Madrid.

email de contacto/ contact
email: merivero@ucm.es, josecper@ucm.es, mlosete@fis.ucm.es

RESUMEN/RESUMO

La datación arqueomagnética está basada en dos principios básicos: la variación secular del campo magnético terrestre y el magnetismo termorremanente que adquieren las estructuras de combustión durante su último enfriamiento. El campo magnético terrestre se describe a partir de sus componentes: declinación, inclinación e intensidad. Estos parámetros sufren una variación de largo periodo, de origen interno, denominada Variación Secular. Dicha variación puede ser determinada en el pasado a partir del estudio de estructuras bien datadas. Una vez obtenida la “Curva de Variación Paleosecular” (PSVC) para una región, ésta puede utilizarse como curva de calibración para datar otras estructuras. En el caso de la Península Ibérica, disponemos de aproximadamente 200 datos arqueomagnéticos direccionales que, junto con los datos del sur de Francia y del norte de Marruecos permitirán en un futuro próximo establecer una PSVC de Iberia para los últimos 3000 años. En el momento actual, la curva direccional de referencia que mejor definición tiene para la península es la curva sintética generada por el modelo regional europeo SCHA.DIF.3k. Con ella es posible realizar dataciones arqueomagnéticas direccionales, utilizando la herramienta *archaeo_dating*. Las estructuras que se pueden datar mediante esta técnica deben haber sufrido calentamientos moderados (300°C o superiores) y los materiales deben muestrearse *in situ*. Se presenta en este trabajo detalles del trabajo de campo y de laboratorio así como los resultados de los estudios realizados hasta el momento y las perspectivas futuras de la técnica.

ABSTRACT

Archaeomagnetic dating is based on two basic principles: Earth's magnetic field's secular variation and thermoremanent magnetization acquired by combustion related

structures over their last cooling. Earth's magnetic field can be described through its components: declination, inclination and intensity. These parameters show a variation of internal origin over long time periods, known as Secular Variation. This variation can be determined in the past by studying well-dated structures. Once the Paleosecular Variation Curve (PSVC) for a given region is obtained, it can be used as a calibration curve for dating other structures. For the Iberian Peninsula, approximately 200 archaeomagnetic directional data points are available. Together with data from southern France and northern Morocco, they will allow for an Iberian PSVC for the last 3000 years. Currently, the best-defined directional reference curve for the Peninsula is the one defined by the European regional SCHA.DIF.3k model, which allows us to perform archaeomagnetic dating through the `archaeo_dating` tool. Structures to be dated must have been undergone moderate heating (300°C or above) and materials must have been sampled *in situ*. In this work, details of field and laboratory work are presented, as well as results from studies performed to date and insights on the future of this technique.

El Proyecto del Mapa digital mundial de anomalías magnéticas ***The World Digital Magnetic Anomaly Map Project***

M. Catalán⁽¹⁾, J. Dyment⁽²⁾ and WDMAM Task Force⁽³⁾

⁽¹⁾Real Instituto y Observatorio de la Armada, San Fernando 11100, Cádiz.

⁽²⁾Institut de Physique du Globe de Paris & CNRS. Paris, France

mcatalan@roa.es

RESUMEN/RESUMO

El proyecto del Mapa Digital Mundial de Anomalías Magnéticas es una vieja idea esbozada a finales de los años setenta del pasado siglo, pero que hasta 2003 no es puesta en marcha cuando se constituye un grupo de trabajo responsable de su implementación, en colaboración con la Comisión para el Mapa Geológico del Mundo (CGMW) dependiente de la UNESCO, junto con la IAGA. En el año 2007 se presenta la primera edición del mapa. Dicho mapa mostraba por primera vez una imagen global de las anomalías magnéticas escalares a una resolución de 3' (aprox. 5 km) tanto en Latitud como Longitud, y a una altura de 5 km sobre el geoide.

Desde la publicación de la primera edición se han realizado diversas acciones. Se han establecido contactos que han permitido acceder a nuevos datos tanto sobre continentes como en zonas oceánicas. Ello ha permitido disponer de diversos vuelos aeromagnéticos (Marruecos, Guayana Francesa, Mozambique, USA, ...).

En lo referente a las zonas oceánicas se ha realizado una revisión completa de las trazas disponibles dato a dato, realizando diversas operaciones sobre ellas, lo que ha permitido mejorar su calidad y coherencia interna. A todo ello hay que añadir nuevos datos aportados por grupos alemanes, españoles, británicos, y americanos entre otros, y la digitización de campañas marinas realizadas en los años 60 de las que solo se disponía de información en formato analógico. Todo ello ha permitido generar una malla marina con una cobertura espacial más completa que la disponible en el momento de publicación de la primera edición, y con una mayor resolución. En Julio de 2015 se presentó oficialmente la segunda edición de dicho mapa.

ABSTRACT

Marine and airborne magnetic anomaly data have been collected for more than half a century, providing global coverage of the Earth. Furthermore, the German CHAMP satellite in operation from 2000 to 2010 has provided increasingly accurate information on large-scale magnetic anomalies. The World Digital Magnetic Anomaly Map Project is an international effort to integrate all available near-surface and satellite magnetic anomaly data into a global map database. Teams of researchers were invited to produce candidate maps using a common pool of data sets. In this communication we present the Project and the second edition of the map, which was released on July 2015.

Modelización regional simultánea del campo principal y la variación secular de datos geomagnéticos vectoriales y escalares a distintas alturas. Aplicación en el Atlántico Norte.

Simultaneous regional modeling main field and secular variation multilevel vector and scalar geomagnetic data. Application to the North Atlantic

A. Talarn⁽¹⁾, F. Javier Pavón-Carrasco^(2,3) and J. Miquel Torta⁽¹⁾

⁽¹⁾ Observatori de l'Ebre, (OE), CSIC – Universitat Ramon Llull, Roquetes

⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid (UCM), Madrid

⁽³⁾ Instituto de Geociencias (IGEO), CSIC – UCM, Madrid.

atalarn@obsebre.es

RESUMEN

En un trabajo previo se demostró la eficiencia al modelar la variación secular del campo geomagnético mediante datos marinos de cruce, cubriendo amplias zonas donde escasean datos de observatorios y estaciones seculares para épocas sin medidas de satélite. En el presente trabajo, se ha modelado simultáneamente la variación secular y el campo principal del Atlántico Norte desde 1960 hasta 2000, mediante el método de las diferencias respecto la media. El modelo, llamado NAGRM (del inglés, North Atlantic Geomagnetic Reference Model), se ha obtenido usando diferentes sets de datos incluyendo datos marinos de cruce, datos de observatorios, de estaciones seculares y de los satélites POGO, MAGSAT y OERSTED. El uso de datos de superficie conjuntamente con los de satélite proporciona la oportunidad de ajustar las anomalías corticales de los observatorios. Al usar datos en diferentes alturas, se ha requerido la técnica revisada de armónicos en un casquete esférico (del inglés, Revised Spherical Cap Harmonic Analysis, R-SCHA) en el espacio y B-splines penalizados en el tiempo. Para constreñir la inversión geofísica, se ha usado las matrices de regularización temporal y espacial, empleando los parámetros de suavizado adecuados con el fin de proporcionar el mejor compromiso entre el ajuste de los datos y el suavizado del modelo. El modelo obtenido ha sido comparado con los modelos globales IGRF-12 y CM4 para poner de manifiesto las mejoras obtenidas debido a la técnica elegida y las características de los datos.

ABSTRACT

In a previous work we demonstrated how an efficient approach to the modeling of the secular variation of the geomagnetic field can be achieved by including cross-over marine data covering areas lacking of observatory and repeat station data in epochs when precise three-component satellite magnetic field measurements were rare. In the present work both the secular variation and the main field covering the North Atlantic Ocean from 1960 to 2000 have been modelled simultaneously using

the method of main field differences. The model, called NAGRM (North Atlantic Geomagnetic Reference Model) is obtained using different data sets, including cross-over marine data, observatory data, repeat station data, and satellite data from POGO, MAGSAT and OERSTED. The use of surface and satellite data provides the opportunity to fit the anomaly bias at each observatory. The different altitudes of the data sets has required the use of the Revised Spherical Cap Harmonic Analysis (R-SCHA) in space, while for the time variation we chose the penalized B-splines. Taking advantage of the properties of the basis functions we have applied in the inversion approach both temporal and spatial regularization matrices with appropriate damping parameters, which are adjusted to assess the best compromise between the data fit and the model roughness. The obtained model is contrasted with the IGRF-12 and CM4 global models in order to emphasise the achieved improvements thanks to both the different data characteristics and the chosen technique.

Madrid, 2016

Mediciones de Declinación Magnética con Técnicas de Radar en ROJ ***Declination Measurements with Radar Technique at JRO***

L. Villanueva⁽¹⁾, R. Woodman^(2,3) and F. Villanueva⁽⁴⁾

⁽¹⁾Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid

⁽²⁾Radio Observatorio de Jicamarca,

⁽³⁾Instituto Geofísico del Perú

⁽⁴⁾Radio Observatorio de Jicamarca

lvillaes@yahoo.com

RESUMEN

La Declinación Magnética es un parámetro crucial para fines prácticos como la aeronavegación. Esta información es necesaria para corregir la dirección de vuelo de las aeronaves. Muchos países elaboran sus Mapas Isogónicos cada 5 años, pero el modelo internacional IGRF es la mejor aproximación para la mayoría de países. Luego, verificar la bondad de este modelo es de gran interés. Las Técnicas de Radar en el Radio Observatorio de Jicamarca ROJ se desarrollaron principalmente para las mediciones de la densidad electrónica Ne en los años 60, debido a su interés en el Ecuador Magnético. Desde entonces se han desarrollado varias técnicas para medir Temperaturas, Velocidades tanto ionosféricas Te, Ti, Ve, Vi, como neutras, así como la composición iónica y la Inclinação Magnética. Los principios teóricos de las Técnicas de Radar hacían sospechar que era imposible medir la Declinación Magnética debido a la necesidad de una sensibilidad Este Oeste, la cual introduciría errores para otras mediciones. Sin embargo se desarrolló una técnica usando 3 rayos de apunte de la antena de gran apertura, 300 m². Para detectar los rayos perpendiculares al campo magnético, se usó un haz de 1,5 MW de potencia en cada cuarto de la antena de Jicamarca y un arreglo interferométrico N-S en la recepción de señales retro-dispersadas de los rayos perpendiculares al Campo Magnético B. Esta técnica desarrollada en 1987, se ha repetido para corregir las direcciones de apunte y mejorar la precisión de otras mediciones. Se muestran resultados de las mediciones realizadas en el rango de 200 a 800 km con una precisión de 1 minuto de arco.

ABSTRACT

Magnetic Declination is a key parameter for practical uses as aircraft navigation. Such information is necessary to correct the flight direction on plane tracks. Many countries develop Isogonic Maps for every 5 years, but the IGRF is the best approach for most places. So, checking the goodness of IGRF is of great interest. Radar Techniques in Jicamarca Radio Observatory JRO were performed mainly for electron density measurements Ne in the 60's, due to its interest near Magnetic Equator. Then after several techniques were developed to measure ionospheric and neutral Temperature velocity, Te, Ti, Ve, Vi, ion composition and magnetic Inclination. Theoretical principles of Radar technique made suspect impossible to measure Magnetic

Madrid, 2016

Declination because East-West sensitivity was necessary, which would introduce errors for other measurements. However, a technique was developed using 3 pointing rays of the wide aperture 300 m² ROJ antenna in Lima Peru. A 1,5 MW power beam of each Jicamarca antenna quarters and a N-S direction interferometric performance, was used to find the perpendicular rays in the backscatter detection of the entire power beam, which only comes from perpendicular rays to Magnetic Field B, this technique developed in 1987 has been repeated afterwards, just to correct the pointing rays to better perform other measurements. It is shown the first measurements made in the range of 200 to 800 km altitude with 1 min accuracy.

Un modelo simplificado del comportamiento del campo magnético terrestre basado en dinámica browniana.

A simple model for Earth magnetic field behaviour based on brownian dynamics.

A. Molina-Cardin ^(1,2), L. Dinis ^(1,3), M.L. Osete ^(1,2)

⁽¹⁾Universidad Complutense de Madrid. Facultad de CC. Físicas. Avda. Complutense, s/n. 28040, Madrid.

⁽²⁾Instituto de Geociencias (CSIC-UCM), Facultad de CC. Físicas, Plaza de Ciencias, 1. 28040, Madrid.

⁽³⁾GISC (Grupo Interdisciplinar de Sistemas Complejos)

amcardin@ucm.es

RESUMEN

Se presenta un modelo muy simple de campo magnético terrestre basado en una partícula browniana con inercia afectada por un ruido térmico gaussiano y sometida a un potencial con dos pozos simétricos. La posición de la partícula representa el momento dipolar axial del campo magnético terrestre de forma que éste presenta oscilaciones estocásticas en torno a los mínimos de potencial y siendo posible que la partícula salte de un pozo a otro, lo que representa una inversión del campo. Se analizan los resultados del modelo y se comparan sus características con el comportamiento del campo magnético en escalas de millones de años.

ABSTRACT

We present a simple model of Earth magnetic field based on a Brownian particle with inertia affected by a Gaussian thermal noise and under the action of a symmetric double-well potential. The position of the particle represents the axial dipole moment of geomagnetic field so that it shows stochastic oscillations around potential minima, being possible that the particle jumps from one well to the other, which represents a geomagnetic reversal. We analyse model results and compare its characteristics with the geomagnetic field behaviour in scales about millions of years.

Estudio de la anisotropía del plano basal en hematites a partir de la energía almacenada en los ciclos de histéresis.

Study of the basal plane anisotropy in hematite from the energy accumulated in hysteresis loops.

Guerrero-Suarez, S.⁽¹⁾, Martín-Hernandez, F.^(1,2)

⁽¹⁾Dpto. Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid.

⁽²⁾Instituto de Geociencias (UCM, CSIC). Dpto. Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I. Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid.

saguerre@ucm.es

RESUMEN

La hematites es uno de los principales portadores de remanencia en muestras naturales. Su fuerte anisotropía magnetocristalina restringe dicha remanencia al plano basal, en el que la anisotropía se ve dominada en ocasiones por una componente triaxial y en otras por una componente uniaxial. Diversos estudios realizados desde los años 60 no han conseguido esclarecer el factor que determina cuál de las dos componentes, triaxial o uniaxial, controla la anisotropía de las muestras. Aunque sí que se ha establecido una relación entre la componente de anisotropía dominante y el comportamiento de la magnetización de saturación frente al campo coercitivo en el rango de temperaturas de 300-950K.

En este trabajo se estudia, la anisotropía del plano basal en función del ángulo a partir de la energía almacenada en los ciclos de histéresis. Las medidas se han realizado en ocho cristales naturales a 77 y 300K con el fin de esclarecer si la estructura de dominios de las muestras condiciona el tipo de anisotropía del plano basal.

ABSTRACT

Hematite is one of the most important carriers of remanent magnetization in natural samples. Its strong magnetocrystalline anisotropy constrains the remanent magnetization to the basal plane, where the anisotropy can be dominated by a triaxial component or by uniaxial component. Several works have been carried out since 60's, but nowadays the factor which controls the type of anisotropy is unknown. Although there is a clear relationship between the anisotropy component and the behaviour of the saturation magnetization vs coercivity field in the range of 300-950K.

In this study, the anisotropy of the basal plane have been analyzed from the energy accumulated in hysteresis loops. Eight hematite natural crystals have been measured

at 77 and 300K in order to determine if the domain structure has influence in the type of the basal plane anisotropy.

Evaluación de las discrepancias entre Polos Paleomagnéticos de Iberia y la Curva de Deriva Polar Aparente Global de Placas Tectónicas.

Evaluation of Misfits between Paleomagnetic Poles from Iberia and the Global Apparent Polar Wander Path of Tectonic Plates.

S. Rodríguez-Molina⁽¹⁾, V. C. Ruiz-Martínez⁽²⁾

⁽¹⁾ Instituto de Geociencias (CSIC, UCM), Facultad de Ciencias Físicas, Plaza de Ciencias 1, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid.

⁽²⁾ Dpto. F.T.A.A.I, Facultad de Ciencias Físicas, Plaza de Ciencias 1, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid.

srmolina@ucm.es

RESUMEN

Numerosos factores dificultan un entendimiento consensuado sobre la evolución de Iberia en el marco de la cinemática global de placas. Su localización ocupa una posición estratégica en el puzzle paleogeográfico, especialmente durante la apertura del océano Atlántico y la bahía de Vizcaya. Muchos de los trabajos paleomagnéticos realizados en Iberia se han concentrado en precisar el periodo, modo y cuantía de su rotación respecto a Europa. En este estudio se recopilan los polos paleomagnéticos de Iberia existentes (desde el Pérmico hasta el Mioceno) en la literatura y se evalúa críticamente su fiabilidad. Asimismo, se ha utilizado software libre de dinámica litosférica y mantélica (GMAP, GPlates), para (i) construir mediante diferentes técnicas “Curvas de Deriva Polar Aparente” de la placa Ibérica; y (ii) analizar la reconstrucción de la cinemática de Iberia, a partir tanto de la recopilación de polos paleomagnéticos realizada, como de dos distintos modelos actuales de circuitos de placas. Los resultados muestran la necesidad de obtener nuevos polos paleomagnéticos de calidad y de re-examinar los datos paleomagnéticos disponibles para la placa Ibérica (atendiendo principalmente a la identificación de remagnetizaciones, la calidad de las dataciones radiométricas, la estadística de las direcciones y diferentes tests de garantía de una señal paleomagnética primaria, y la aplicación de correcciones del aplanamiento de la inclinación en rocas sedimentarias), en especial para el periodo anterior al Triásico Superior y el comprendido entre 160-125 Ma.

ABSTRACT

Many factors prevent a consensual understanding of the evolution of Iberia in a global plate kinematics framework. Iberia is strategically located within the paleogeographic puzzle, especially during the opening of the Atlantic Ocean and the Bay of Biscay. Many paleomagnetic studies have been performed in outcrops from Iberia with the attempt to specify the period, style and amount of their rotation with respect to Europe. In this study, available Iberian poles (from Permian to Miocene times) are collected from the paleomagnetic literature, and their reliability is

critically evaluated. In addition, free software (GMAP, GPlates) of lithospheric and mantle dynamics modelling is used to: (i) create "Apparent Polar Wander Paths" (APWPs) for the Iberian plate through different construction methods; and (ii) analyze Iberian plate kinematics by means of the compilation of Iberian paleomagnetic poles and from two current, distinct plate-circuits models. Results highlight the need to obtain new paleomagnetic poles for the Iberian plate and to re-examine already published paleomagnetic data (regarding different issues as identification of remagnetizations, uncertainties of radiometric datings, statistical cut-offs, quality tests for the primary magnetizations, corrections of the paleomagnetic directions from sedimentary rocks attending to their inclination shallowing, ...) specially in the period before Late Triassic and between 160 and 125 Ma.

Tormenta geomagnética de San Patricio: estudio desde su origen solar a su efecto en la ionosfera sobre la Península Ibérica.

St Patrick's geomagnetic storm: study from the solar origin to the effect on the ionosphere over the Iberian Peninsula.

Marta Rodríguez-Bouza⁽¹⁾, Gracia Rodríguez-Caderot^(1,2) and Miguel Herraiz^(1,3)

⁽¹⁾ Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I (Geofísica y Meteorología), Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, Avda. Complutense s/n, 28040, Madrid, Spain

⁽²⁾ Instituto de Matemática Interdisciplinar (IMI, UCM), Madrid, Spain

⁽³⁾ Instituto de Geociencias (UCM,CSIC), Madrid, Spain

mrodriguezbouza@ucm.es

RESUMEN

En este trabajo se presenta un estudio completo de la mayor tormenta geomagnética ocurrida, hasta la fecha, en el actual ciclo solar. Esta tormenta es conocida como la tormenta de San Patricio por haber tenido lugar el 17 de Marzo de 2015.

Su origen fue una llamarada solar de categoría C-9 seguida de una eyección de masa coronal, CME, dirigida hacia la Tierra. Estos fenómenos ocurrieron el día 15 de Marzo entre las 0:45UT y las 2:00UT. La CME causó un aumento de la velocidad del viento solar de 300km/s hasta 700km/s, así como perturbaciones en el campo magnético interplanetario que dieron origen a la tormenta geomagnética el 17 de marzo.

La perturbación del campo magnético terrestre comenzó el día 17, fecha en la que ocurrieron el inicio y la fase principal de la tormenta geomagnética. Su fase de recuperación se prolongó hasta el 24 de marzo. El índice Dst alcanzó un valor de -223nT el día 17 a las 23:00 UT, por lo que la tormenta se clasifica como severa.

Esta tormenta geomagnética causó, a su vez, variaciones en el contenido de electrones de la ionosfera, es decir, originó una tormenta ionosférica. La perturbación ionosférica sobre la Península Ibérica se divide en distintas etapas. Durante la fase principal de la tormenta geomagnética se produjo un incremento del contenido total de electrones, TEC, mientras que su fase de recuperación dio lugar a significativos descensos de este parámetro.

ABSTRACT

A complete study of the largest geomagnetic storm occurred, to date, in the current solar cycle is presented in this work. This storm is known as St Patrick's geomagnetic storm because it took place on 17 March 2015.

Its origin was a C-9 solar flare followed by a coronal mass ejection, CME, directed toward Earth. These events occurred on 15 March between 0:45UT and 2:00UT. The CME caused an increase of the solar wind velocity from 300km/s to 700km/s as well as disturbances on the interplanetary magnetic field. These phenomena originated the geomagnetic storm on 17 March. On this day, both the initial and the main phases of the geomagnetic storm took place. The recovery phase extended until 24 March. The Dst index reached a value of -223nT on 17 March at 23:00 UT, so that the geomagnetic storm is classified as severe.

The geomagnetic storm caused variations on the electron content of the ionosphere, i.e., an ionospheric storm was originated. The ionospheric disturbance over the Iberian Peninsula is divided in different steps. During the main phase of the geomagnetic storm, an increase of total electron content, TEC, occurred whereas significant decreases of this parameter happened in the recovery phase.

Proyecto “SABEIS”. Metodología y resultados preliminares. ***The “SABEIS” Project: Methodology and preliminary results.***

**F. Sánchez-Dulcet⁽¹⁾, M. Rodríguez-Bouza⁽¹⁾, M. Herraiz^(1,2), G. Rodríguez-Caderot^(1,3),
D. Altadill⁽⁴⁾, E. Blanch⁽⁴⁾, and M.A. Santoyo⁽⁵⁾**

⁽¹⁾Depto. Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I (Geofísica y Meteorología),
Universidad Complutense de Madrid, España.

⁽²⁾Instituto de Geociencias, UCM, CSIC, España.

⁽³⁾Instituto de Matemáticas Interdisciplinar, UCM, España.

⁽⁴⁾Observatori de l'Ebre, (OE), CSIC - Universitat Ramon Llull, Roquetes, España

⁽⁵⁾Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

fjsanche@ucm.es

RESUMEN

El estudio del acoplamiento Litosfera-Atmósfera-Ionosfera, LAI, se centra, fundamentalmente, en el análisis de las anomalías originadas por fenómenos litosféricos extremos, como los terremotos, cuyos efectos se propagan a través de la atmósfera hasta alcanzar la ionosfera, provocando, entre otras perturbaciones, variaciones significativas en el Contenido Total de Electrones, TEC. Este parámetro se obtiene a partir de los datos registrados en los sistemas mundiales de navegación por satélite, *Global Navigation Satellite Systems*, GNSS. El objetivo del Proyecto “SABEIS”, *Sistemas de Alerta Basados en Efectos de terremotos y tsunamis en la IonoSfera*, es el análisis de este tipo de perturbaciones y su posible integración en sistemas de alerta.

La metodología que está siendo desarrollada en el proyecto ha sido aplicada inicialmente con éxito en el estudio del terremoto de Grecia, Mw6.1, de 26 de enero de 2014 . Ello ha impulsado su aplicación a una primera selección de terremotos localizados en México y Perú, poniendo de relieve las dificultades que supone, a la hora de identificar anomalías ionosféricas como las aquí comentadas, la presencia de condiciones geomagnéticas desfavorables. El proyecto analizará diferentes estrategias para intentar superar estas dificultades.

ABSTRACT

The study of Lithosphere–Atmosphere–Ionosphere Coupling (LAIC) is mainly focused on the analysis of anomalies caused by extreme lithospheric events as earthquakes, which effects propagate through the atmosphere to the ionosphere causing different perturbations and, in particular, significant Total Electron Content (TEC) anomalies. This parameter is obtained from the observables recorded by GNSS (Global Navigation Satellite System) stations. The Project “SABEIS”, *Sistemas de Alerta Basados en Efectos de terremotos y tsunamis en la IonoSfera*, aims at analyzing this type of perturbations and its possible application to warning systems.

The methodology which is being developed in the Project has been initially tested with encouraging results in the study of the Mw 6.1 earthquake that took place in Greece, on 26th January 2014. This first result has prompted the application of the methodology to a first selection of earthquakes occurred in Mexico and Peru, a task which is bringing to light the difficulties caused to this type of analysis by geomagnetic and meteorological unfavorable conditions. The Project analyzes different strategies to try to overcome these difficulties.

El Servicio Español de Meteorología Espacial ***Spanish Space Weather Service***

Consuelo Cid⁽¹⁾, Judith Palacios⁽¹⁾, A. Guerrero⁽¹⁾, M. Rodríguez-Bouza⁽²⁾, E. Saiz⁽¹⁾, Y. Cerrato⁽¹⁾, M. Herraiz^(2,3), I. Rodríguez-Bilbao⁽²⁾ and G. Rodríguez-Caderot^(2,4)

⁽¹⁾Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares (Madrid)

⁽²⁾Universidad Complutense, Madrid

⁽³⁾ Instituto de Geociencias (UCM,CSIC), Madrid

⁽⁴⁾ Instituto de Matemática Interdisciplinar (UCM), Madrid

consuelo.cid@uah.es

RESUMEN

El Servicio Español de Meteorología Espacial (www.senmes.es) es un portal web creado en el marco del proyecto de investigación AYA2013-47735-P del MINECO, que ofrece herramientas sobre meteorología espacial en tiempo cuasi real. El portal está dividido en secciones diferentes para satisfacer la necesidad de los usuarios sobre efectos adversos de la meteorología espacial, tales como apagones de radio, eventos de partículas energéticas solares, tormentas geomagnéticas y la posibilidad de corrientes inducidas geomagnéticamente, a través de códigos visuales.

En casi año y medio de actividad, el Servicio Español de Meteorología Espacial ha puesto al público más de 500 informes sobre la actividad solar, interplanetaria y geomagnética. El Servicio incluye un nuevo índice geomagnético en tiempo real, LDiñ, y un mapa relacionado con la perturbación de la ionosfera en la península. Además dispone de herramientas automáticas de predicción que, junto con los parámetros de observación de la atmósfera solar a través de telescopios espaciales y parámetros del viento solar procedentes del satélite ACE en el punto lagrangiano L1, permiten la monitorización del tiempo espacial y su predicción a corto plazo. En esta presentación se ilustrará su funcionamiento utilizando algunos ejemplos del ciclo solar 24.

ABSTRACT

The Spanish Space Weather Service (www.senmes.es) is a web portal developed in the framework of the research project AYA2013-47735-P funded by Spanish Government through MINECO, which provides space weather tools in almost real-time. The portal includes different sections to cover the needs from different users who may be affected by adverse space weather, as radio blackouts, solar energetic particle events, geomagnetic storms and the possibility of geomagnetically induced currents, from visual codes.

In almost one year and a half since its launch, the Spanish Space Weather Service has released more than 500 reports about solar, interplanetary and geomagnetic

activity. The Service includes a new geomagnetic index in real time, LDiñ, and a map related to the disturbance of the ionosphere in the Iberian peninsula. It also includes forecasting automatic tools that, joined to the observational data from solar atmosphere from space telescopes and interplanetary data from ACE spacecraft located at L1 point, allow us to monitor space weather and to forecast short time evolution. In this presentation some examples from solar cycle 24 will be used in order to show how the Service works.

El nuevo número de manchas solares: implicaciones para estudios ionosféricos

The new Sunspot Number: implications for ionospheric studies

José M. Vaquero^(1,2)

⁽¹⁾Departamento de Física, Universidad de Extremadura, Spain

⁽²⁾IACYS, Universidad de Extremadura, Spain

jvaquero@unex.es

RESUMEN

El número de manchas solares (SN) es probablemente la serie temporal más famosa de los estudios Sol-Tierra. Este índice fue propuesto originalmente por Rudolf Wolf en el siglo XIX con el fin de proporcionar un índice de la actividad solar basado simplemente en el conteo de las manchas solares. Durante los últimos cinco años, se han realizado varias reuniones científicas para entender por qué las dos realizaciones principales del SN (*International Sunspot Number* y *Group Sunspot Number*) son tan diferentes. En este trabajo, se revisan los progresos realizados por la comunidad internacional sobre el SN en los últimos años. Por otra parte, se señalan algunas implicaciones importantes para los estudios de la ionosfera.

ABSTRACT

The Sunspot Number (SN) is probably the most famous time series of the solar-terrestrial studies. This index was originally proposed by Rudolf Wolf in the 19th century in order to provide an index of the solar activity based simply in the sunspot counting. During the last five years, several scientific meetings have been devoted to understand why the two main realizations of the SN (*International Sunspot Number* and *Group Sunspot Number*) are so different. In this work, the progresses made by the international community about the SN in the last years are reviewed. Moreover, some important implications for the ionospheric studies are noted.

El primer evento de meteorología espacial que perturbó las telecomunicaciones en Iberia

The first documented space weather event that perturbed the communications networks in Iberia

P. Ribeiro⁽¹⁾, J.M. Vaquero^(2,3), M.C. Gallego^(2,3) and R.M. Trigo⁽⁴⁾

⁽¹⁾CITEUC, University of Coimbra, Portugal

⁽²⁾Departamento de Física, Universidad de Extremadura, Spain

⁽³⁾IACYS, Universidad de Extremadura, Spain

⁽⁴⁾IDL-FCUL, Universidade de Lisboa, Portugal

jvaquero@unex.es

RESUMEN/RESUMO

En este trabajo, revisamos el primer evento de meteorología espacial que afectó significativamente a las redes de comunicaciones en la península Ibérica que tuvo lugar el 31 de Octubre de 1903 (durante la fase de ascenso del ciclo solar 14, el más bajo desde el mínimo de Dalton). Describimos aquí los diferentes problemas que ocurrieron en la red de comunicaciones telegráficas en ambos países (España y Portugal) de latitud media, que fue prácticamente interrumpidas desde las 09:30 hasta las 21:00 (LT). Se describen diferentes impactos sobre las comunicaciones telegráficas, que muestran ser dependientes de la orientación a gran escala de los cables. Además, para poner estos resultados en un contexto más amplio, mostramos medidas del campo geomagnético concurrente que están disponibles gracias a los observatorios de Coimbra (Portugal) y de San Fernando (España), confirmando la ocurrencia simultánea de grandes perturbaciones geomagnéticas. En particular, los magnetogramas registrados en Coimbra muestran un claro “storm sudden commencement” (SSC) de gran amplitud alrededor de 05:15 (LT). La fase principal (con un rango máximo de H de ~500 nT) comenzó aproximadamente una hora después y duró casi 10 horas, sugiriendo que el IMF estuvo fuertemente orientado al sur por un largo tiempo.

ABSTRACT

In this work we review the first space weather event that affected significantly a number of communications networks in the Iberian Peninsula and that took place on 31st October 1903 (during the ascending phase of solar cycle 14, the lowest since the Dalton Minimum). We describe the widespread problems that occurred in the telegraph communication network in both mid-latitude countries (Portugal and Spain), that was practically interrupted from 09:30 to 21:00 LT. Different impacts on telegraphic communication are described and shown to be dependent on the large-scale orientation of the wires. Moreover, in order to put these results into a wider context we provide measurements of the concurrent geomagnetic field that are available from the observatories of Coimbra (Portugal) and San Fernando (Spain)

and confirm the simultaneous occurrence of large geomagnetic disturbances. In particular, the magnetograms recorded in Coimbra show a clear and large amplitude storm sudden commencement (SSC) around 05:15 LT. The main phase (with a H maximum range of ~ 500 nT) started approximately one hour later and was characterized by rapid and extreme magnetic fluctuations over a long period of time (resulting in an exceptional long sequence of very high K indices), which most likely contributed to the induced currents and the observed disturbances in the midlatitude Iberian countries.

Detección de TIDs basada en radio frecuencia en el proyecto Net-TIDE: desafíos y oportunidades para enlaces en HF largos
High frequency based detection of TIDs in the Net-TIDE project: challenges and opportunities for long HF paths

David Altadill ⁽¹⁾ and **Estefania Blanch** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Observatori de l'Ebre, (OE), CSIC - Universitat Ramon Llull, Roquetes, Spain

daltadill@obsebre.es

RESUMEN/RESUMO

Las perturbaciones ionosféricas viajeras (del Inglés, TIDs) son trazas de ondas de gravedad atmosféricas. TIDs transportan información sobre sus fuentes de origen que pueden ser naturales (actividad auroral, terremotos / tsunamis, huracanes, terminator solar, etc.) o artificiales (experimentos ionosféricos, explosiones nucleares y otras explosiones potentes). TIDs contribuyen al intercambio de energía y momento entre regiones ionosféricas, especialmente durante las tormentas geomagnéticas. TIDs afectan a los servicios que dependen de la propagación ionosférica de ondas de radio y su seguimiento es importante. Aunque existen diferentes métodos para caracterizar de TIDs, ninguno puede operar en tiempo real con fines de seguimiento. En el marco del proyecto plurianual NATO Science for Peace and Security (2014-2017), estamos explotando por primera vez la red europea de sondeadores ionosféricos DPS4D de alta precisión y el software relacionado para identificar directamente TIDs sobre Europa y especificar en tiempo real los parámetros de ondas de gravedad en base al registro de los ángulos de llegada y Doppler de las frecuencias de señales de radio de alta frecuencia (HF) reflejadas en la ionosfera. El proyecto espera definir una red piloto de sondeadores DPS4D en Europa, reforzada con un sistema para procesar los registros y diagnosticar y emitir alertas de TID, y de perturbación potencial sobre el área, en tiempo real. En base a estas alertas, los usuarios pueden activar técnicas de mitigación específicas para proteger sus sistemas. Discutiremos los desafíos técnicos en los radio enlaces ionosféricos en HF de larga distancia para la detección de TID.

ABSTRACT

Traveling Ionospheric Disturbances (TIDs) are signatures of atmospheric gravity waves. TIDs carry along information about their sources of excitations which may be either natural (auroral activity, earthquakes/tsunamis, hurricanes, solar terminator, etc) or artificial (ionospheric experiments, nuclear explosions, and other powerful blasts). TIDs contribute to the energy and momentum exchange between different regions of the ionosphere, especially during geomagnetic storms. TIDs affect all services relying on ionospheric radio wave propagation and its tracking is important. Although a number of methods have been proposed to measure TID characteristics, none is able to operate in real time for monitoring purposes. In the framework of a NATO Science for Peace and Security multi-year project (2014-2017) we are

exploiting for the first time the European network of high precision ionospheric DPS4D sounders and the related software to directly identify TIDs over Europe and specify in real-time the gravity wave parameters based on measuring the variations of the angles-of-arrival and Doppler frequencies of ionospherically reflected HF radio signals. The project is expected to result in a pilot network of DPS4D sounders in Europe, enhanced with a system to process the TID observations for real-time diagnostics and issue warnings for TIDs and the potential disturbance over the area. Based on these warnings the end-users can put in action specific mitigation techniques to protect their systems. The technical challenges of operating long distance ionospheric HF radio links for the detection of TIDs will be discussed.

Fluctuaciones del campo magnético terrestre: *Jerks* geomagnéticos y arqueomagnéticos

Fluctuations in Earth's magnetic field: geomagnetic and archaeomagnetic jerks

José Carlos Pérez-Fuentes^(1,2), F. Javier Pavón-Carrasco^(1,2) and M. L. Osete^(1,2)

⁽¹⁾ Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid.

⁽²⁾ Instituto de Geociencias (CSIC-UCM), Facultad de CC. Físicas, Plaza de Ciencias 1, 28040, Madrid.

josecper@ucm.es

RESUMEN

El campo geomagnético generado por el núcleo externo de la Tierra tiene una dependencia temporal: la llamada variación secular. Ésta se caracteriza por ser de largo período temporal, pero a veces sufre bruscas fluctuaciones de distinta naturaleza y origen. Cuando estas sacudidas ocurren a escala mensual son denominadas *jerks* geomagnéticos. Por el contrario, los cambios bruscos en la variación secular de largo período (decenas de años) son referidos como *jerks* arqueomagnéticos. Ambos fenómenos tienen origen en el núcleo externo de la Tierra donde el campo es generado: los primeros son la consecuencia de oscilaciones que rompen la simetría axial y ecuatorial del campo geomagnético, mientras que los de más largo período podrían estar relacionados con variaciones del campo toroidal. Sin embargo, no existe aún un consenso general acerca de los orígenes de los *jerks*. En este trabajo se presenta un análisis de los *jerks* y sus principales características, a través de modelos geomagnéticos de campo principal, basados tanto en datos instrumentales recientes (CHAOS-5 que cubre los últimos 20 años) como en datos paleomagnéticos (SHA.DIF.14k, que abarca los últimos 14 milenios).

ABSTRACT

The geomagnetic field generated by Earth's outer core shows a dependence with time, known as secular variation. This variation is characterized by its long temporal period, except for occasional sudden fluctuations, diverse in nature and origin. When these shifts occur over times on the scale of months, they are known as *geomagnetic jerks*. On the other hand, abrupt changes in long period secular variation (on the order of decades), are referred to as *archaeomagnetic jerks*. Both phenomena have their source in Earth's outer core, where the geomagnetic field is generated: the first are a consequence of axial and equatorial symmetry-breaking oscillations of the geomagnetic field, while longer-period jerks might be related to toroidal field variations. However, there is as of yet no general consensus about the origins of

Madrid, 2016

jerks. In this work, a general analysis of jerks and their properties is presented, via core field models based on recent data (CHAOS-5, covering the last 20 years) as well as palaeomagnetic data (SHA.DIF.14k, covering the last 14 millenia).

Detección de un nuevo jerk geomagnético en 2014 ***Detection of a new geomagnetic jerk in 2014***

J. Miquel Torta^{(1)*}, Santiago Marsal⁽¹⁾, F. Javier Pavón-Carrasco^(2,3) and Christopher C. Finlay⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Observatori de l'Ebre, (OE), CSIC – Universitat Ramon Llull, Roquetes

⁽²⁾ Dpto. Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I (Geofísica y Meteorología). Universidad Complutense de Madrid, Madrid

⁽³⁾ Instituto de Geociencias (IGEO), CSIC - UCM, Madrid

⁽⁴⁾ DTU Space, National Space Institute, Technical University of Denmark, Lyngby

*Autor que presentará el trabajo. Contacto: jmtorta@obsebre.es

RESUMEN

Gracias al procesamiento de los datos del Observatorio del Ebro para la obtención de los datos definitivos para la red mundial de observatorios INTERMAGNET detectamos lo que se conoce como un jerk geomagnético a principios de 2014. Esto pudo confirmarse mediante la obtención de los datos casi-definitivos durante 2015 (descartando pues efectos instrumentales o del campo externo), y detectarse también en otros observatorios. Los resultados se pudieron además corroborar mediante el uso de un modelo global producido con los últimos datos disponibles de los satélites SWARM, dando una perspectiva global del jerk y del pulso de aceleración secular en la frontera manto-núcleo que lo originó. Se ha observado que los jerks más recientes se producen a un ritmo regular (cada 3-4 años) desde el año 2003, lo que sugiere que son causados por algún tipo de fenómeno oscilatorio en el núcleo. Se puede concluir que el jerk fue más visible en los sectores Atlántico y Europeo, y nuestros resultados proporcionan una respuesta convincente a la pregunta de cuándo podría producirse el próximo jerk / cuánto tiempo duraría el pulso de 2012.5. Ello pudo confirmarse sólo un año y medio después del inicio del jerk, gracias a la puntualidad con la que se entregan los datos de observatorio, a la disponibilidad de datos de alta calidad de los satélites SWARM y a las frecuentes actualizaciones del modelo de referencia CHAOS-5.

ABSTRACT

When preparing the INTERMAGNET definitive data of Ebre geomagnetic observatory, we detected a geomagnetic jerk in early 2014. This was confirmed during 2015 by means of the quasi-definitive data (thus discarding instrumental or external field effects) and was also observed in several other observatories. A global model produced with the latest available satellite and observatory data supported these findings, giving a global perspective on both the jerk and a related secular acceleration pulse at the core-mantle boundary. Recent jerks have been found to occur at a regular rate (every 3-4 years) since 2003, suggesting that they are caused by some as-yet-unknown oscillatory phenomenon within the core. We concluded that the jerk was most visible in the Atlantic and European sectors, and our results

provided a compelling answer to the question of when would the next jerk occur / how long would the 2012.5 pulse last. We could confirm the jerk only 1.5 years after its beginning, thanks to the timeliness of observatory data delivery, the availability of high-quality Swarm satellite data and the frequent updates of the CHAOS-5 core field model.

Evolución de la variación secular en la Península Ibérica durante los últimos años

Evolution of secular variation in Iberian Peninsula during the last years

Jesús Fernández Tabasco⁽¹⁾, Victor M. Marín Martínez⁽¹⁾, J.M. Tordesillas⁽¹⁾

⁽¹⁾Instituto Geográfico Nacional, calle General Ibáñez de Ibero, 3. Madrid.

jftabasco@fomento.es

RESUMEN

La variación secular es la variación media anual de las componentes geomagnéticas. Para obtener esta variación en España se han realizado mediciones en diferentes puntos de la península llamados estaciones seculares o de repetición cada dos o más años. Conociendo esta variación podemos trasladar en el tiempo los valores de las componentes geomagnéticas para una fecha determinada y así mantener vigente la cartografía magnética. Estas medidas se han realizado utilizando teodolitos amagnéticos y magnetómetros de protones y de núcleo saturado. Después las medidas se han reducido al año medio y se han corregido de variación diurna utilizando los valores de variómetros y observatorios permanentes (San Pablo de los Montes, Ebro, San Fernando y Coimbra). Se muestra la cartografía magnética obtenida de la variación secular de las componentes H, D, Z y F para la época 2015,5. Además se ha hecho un estudio de una anomalía en la componente Z que afecta a la parte oeste de la península en los últimos años, comparando los valores de las estaciones seculares con los valores obtenidos mediante la constelación de satélites Swarm.

ABSTRACT

Secular variation is the annual mean value of the geomagnetic components. To obtain that variation in Spain have been done measurements in different points around the peninsula called secular stations or repeat stations every two or more years. Knowing this variation we can translate in the time the values of the magnetic components for a determined date and keep the validity of the magnetic cartography. These measurements have been done with non-magnetic theodolites and proton magnetometers and fluxgate magnetometers. After that, the measurements were reduced to the common epoch and corrected of the diurnal variation using the values from the variometers and reference observatories (San Pablo de los Montes, Ebro, San Fernando and Coimbra). We show the magnetic cartography obtained for the components H, D, Z and F for the epoch 2015,5. Also it has been done a study of one anomaly in the component Z that affects to the western part of the peninsula in the last years, comparing the values from the repeat stations and the values obtained with the Swarm satellite constellation.

Fábricas magnéticas y dinámicas magmáticas de emplazamiento de grandes diques: Estudio de la Anisotropía de la Susceptibilidad Magnética del dique de Ighrem (Provincia Magmática del Atlántico Central).

Magnetic fabrics and magmatic emplacement dynamics of great dykes: Anisotropy of the Magnetic Susceptibility study of the Ighrem dyke (Central Atlantic Magmatic Province).

M. García Castaño⁽¹⁾ , V. C. Ruiz-Martínez⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid.

⁽²⁾ Dpto. F.T.A.A.I, Facultad de Ciencias Físicas, Plaza de Ciencias 1, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid.

miguelgarcia@ucm.es

RESUMEN

El gran dique dolerítico de Ighrem es subvertical y se extiende en dirección NE a lo largo de casi 200 km atravesando las montañas del Anti-Atlas (Marruecos) con una anchura constante de unos 30 metros. Pertenciente a la Provincia Magmática del Atlántico Central (CAMP), está relacionado con los procesos de rifting que condujeron a la ruptura de Pangea, y desde su intrusión (~200 Ma) ha permanecido tectónicamente estable. Frecuentemente cubierto de depósitos recientes, ha sido muestreado en 17 estaciones seleccionadas en afloramientos de roca fresca, en las cuales se ha estudiado la Anisotropía de la Susceptibilidad Magnética en un total de 220 especímenes orientados del dique y 40 de sus encajantes sedimentarias; así como experimentos de magnetismo de rocas. En la gran mayoría de las estaciones se han observado planos de foliación magnética paralelos a la orientación del dique buzando a pequeño ángulo de la vertical, con lineaciones magnéticas principalmente subhorizontales excepto en uno de los segmentos centrales del dique donde son subverticales. La fábrica magnética del dique se analiza respecto a la mineralogía de las dos diferentes facies existentes en las zonas centrales o marginales, de textura dolerítica a microdolerítica, así como respecto a las observadas en otros grandes diques doleríticos del CAMP. La fábrica magnética de las rocas encajantes sedimentarias, analizada en tres de las estaciones del dique, se encuentra afectada por el emplazamiento magmático de distinto modo en función de su posición respecto a las paredes del dique.

ABSTRACT

The great, doleritic, subvertical Ighrem dyke traverses the Anti-Atlas Ranges, with a constant thickness of about 30 m, extending in a NE direction over almost 200 km. As part of the Central Atlantic Magmatic Province (CAMP, ~200 Ma), it is related to the rifting processes that lead to the rupture of Pangea, and since its intrusion it has remained tectonically stable. Often covered by recent deposits, 17 stations has been

sampled through the dyke selecting fresh, un-weathered outcrops. A total of 220 oriented dyke specimens and 40 country-rock ones were analysed in terms of their Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS) and different rock magnetic experiments. Magnetic foliation planes paralleling the dyke direction and slightly dipping from the vertical have been observed, with mostly sub-horizontal magnetic lineations, excepting in a central dyke segment where they are sub-vertical. Dyke magnetic fabric is compared with respect to the two main different facies from its inner or marginal parts that shows doleritic to microdoleritic structure; and respect to those ones observed in other great CAMP doleritic dykes. Magnetic fabric from sedimentary host-rocks (analysed in three dyke stations) is influenced in different ways by the magmatic emplacement depending on their position regarding the dyke walls.

Datación arqueomagnética de una estructura arqueológica de combustión en el centro de Iberia.

Archaeomagnetic dating of an archaeologic combustion structure from central Iberia

Julio Marchamalo⁽¹⁾, Maria Luisa Osete^(1,2) and Gianluca Catanzariti⁽³⁾

⁽¹⁾ Departamento Física de la Tierra, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, Avda Complutense s/n, 28040 Madrid

⁽²⁾ Instituto de Geociencias, IGEO, UCM, CSIC, Fac. Ciencias Físicas.

⁽³⁾ Facultad de Geografía e Historia, Universidad Complutense de Madrid, C. Profesor Aranguren s/n, 28040 Madrid.

julmarch@ucm.es

RESUMEN/RESUMO

En este trabajo se utiliza la técnica del arqueomagnetismo para datar un horno proveniente de un yacimiento de Toledo (39° 51' 46" N, 4° 01' 38" O) en el que encontraron 8 estructuras de combustión. Se han investigado un total de 14 especímenes provenientes de 7 muestras de mano de una de estas estructuras, el horno TO3. Las muestras fueron extraídas con la técnica de la escayola, generando una superficie horizontal orientada por medio de una brújula solar y una brújula magnética. Las muestras han sido sometidas a la desimanación progresiva por campos alternos decrecientes en las siguientes etapas: 2.5, 5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20, 30, 40, 60, 80 y 100 mT. Durante el proceso de lavado magnético se observó una única componente magnética estable que se ha considerado como la componente característica (ChRM), interpretada como una imanación termorremanente (TRM) adquirida durante el último uso del horno. La dirección media de la ChRM ($D=-18.5^\circ$, $I=62.8^\circ$, $\alpha_{95}=2.1^\circ$) ha sido comparada con los valores esperados obtenidos a partir de los modelos regionales y globales de evolución del campo geomagnético existentes, así como con las curvas de variación paleosecular de Iberia y Francia. Para realizar la datación arqueomagnética se ha empleado la herramienta *archaeo_dating*, obteniendo valores consistentes con las diferentes curvas de calibración utilizadas. La edad arqueomagnética obtenida mediante el modelo global GUFM1, basado en datos históricos, para la estructura es [1803 d.C-1859 d.C.].

ABSTRACT

On this study the archaeomagnetic technique is used to date an oven from a site in Toledo (39° 51' 46" N, 4° 01' 38" O) in which there were found 8 combustion structures. A total of 14 specimens coming from 7 field samples from one of these structures, the TO3 kiln, have been studied. The plaster technique was used for sampling, by creating a horizontal surface orientated by both solar and magnetic compasses. Samples have been treated with a progressive alternating-field (AF)

demagnetization technique with the following demagnetization steps: 2.5, 5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20, 30, 40, 60, 80 and 100 mT. During the process of magnetic cleaning one stable magnetic component was isolated which has been considered as the characteristic remanent magnetization component (ChRM), and has been interpreted as a thermal remanent magnetization (TRM) acquired during the last use of the kiln. The mean direction of the ChRM ($D=-18.5^\circ$, $I=62.8^\circ$, $\alpha_{95}=2.1^\circ$) has been compared with the geomagnetic field expected values obtained by local and global existing models of the geomagnetic field evolution as well as by the Iberian and French palaeosecular variation curves. The archaeomagnetic dating was performed by means of the archaeo-dating tool. Consistent values were obtained by using different paleosecular variation curves based on global and regional models or local compilations. The archaeomagnetic age obtained for the structure by the GUFM1 global model, based on historical observations, is [1803AD 1859AD].

Consideraciones previas a la instalación de un DIFlux automático (GyroDIF) en el Observatorio Geomagnético de Isla Livingston, Antártida

Pre-installation considerations of an automatic DIFlux (GyroDIF) at Livingston Island Geomagnetic Observatory, Antarctica

Santiago Marsal⁽¹⁾, J. Miquel Torta⁽¹⁾, Juan José Curto⁽¹⁾, Jean L. Rasson⁽²⁾, Miquel Ibañez⁽¹⁾, Oscar Cid⁽¹⁾ and Javier Carmona⁽¹⁾

⁽¹⁾ Observatori de l'Ebre, (OE), CSIC – Universitat Ramon Llull, Roquetes, Spain

⁽²⁾ Institut Royal Météorologique (IRM), Dourbes, Belgique

smarsal@obsebre.es

RESUMEN

El observatorio geomagnético de Isla Livingston (LIV) albergará un novedoso instrumento absoluto automático a partir de la campaña antártica 2016-2017. Si bien los registros variométricos automáticos con cadencia de segundo se extienden durante todo el año, las determinaciones absolutas de campo magnético se llevan a cabo sólo durante los tres meses de verano austral en los que la Base Antártica Española se encuentra atendida. A fin de garantizar una buena calidad de los datos y optar así a la inclusión del observatorio a la red INTERMAGNET, se ha proyectado la instalación de un nuevo magnetómetro DIFlux automático que suministre una serie suficientemente homogénea de medidas absolutas a lo largo del año. La opción GyroDIF de este instrumento se basa en un giroscopio para referir las medidas de Declinación magnética al norte verdadero. Este hecho por sí solo presenta ventajas e inconvenientes: por un lado simplifica el procedimiento óptico de medición intrínseco de la opción AutoDIF en un entorno nival; por contra, el principio giroscópico limita la precisión de las medidas, lo cual exige una gran cantidad de determinaciones del norte a fin de reducir la incertidumbre aleatoria asociada a cada medida individual. La precisión final depende así de la disponibilidad de energía en la base, así como de otros factores como la estabilidad térmica y mecánica del instrumento. En esta presentación, discutiremos las soluciones de infraestructura que deberán adoptarse para reducir la incertidumbre total de las medidas absolutas y obtener un óptimo rendimiento.

ABSTRACT

The partially-manned geomagnetic observatory of Livingston Island (LIV) will hold a novel automatic absolute instrument from the 2016-2017 summer survey. While 1-s variometer data are automatically acquired during the whole year, absolute measurements in this site are only taken during the three summer months the Spanish Antarctic Base is open each year. In order to guarantee a good quality of observatory data and make this site eligible for INTERMAGNET membership, the deployment of a new automatic DIFlux magnetometer has been designed so as to provide the

necessary homogeneous series of absolute measurements throughout the year. The GyroDIF option of this instrument is based on a gyrocompass to refer the Declination measurements to the true north. However, this fact is, in itself, an advantage and a disadvantage. On the one hand, it simplifies the optically-based measurement procedure of the AutoDIF in a snowy environment; on the other hand, accuracy limitations arise from the gyroscopic principle itself, which demand a large number of north-seeking shots to reduce the random uncertainty associated with each individual measurement. The final accuracy thus depends on power availability, but also on other factors such as thermal and mechanical instrument stability. In this presentation, we will discuss some of the infrastructure solutions to be adopted in order to reduce the overall uncertainty of the absolute measurements and get an optimal performance.

Profundidad de las anomalías magnéticas en el Campo de Calatrava y estudio magnético de xenolitos del manto superior asociados
Depth of the magnetic anomalies in the Campo de Calatrava region and corresponding magnetic study of associate upper mantle xenoliths

Fátima Martín-Hernández^(1,2)

⁽¹⁾Universidad Complutense de Madrid, Fac. CC. Físicas, Dep. FTAAl, Madrid

⁽²⁾ Instituto de Geociencias IGEO (UCM,CSIC), Fac. CC. Físicas, Madrid

fatima@ucm.es

RESUMEN

El vulcanismo de la Provincia Volcánica de Campo de Calatrava (PVCC) es, junto con el vulcanismo de Olot y Cabo de Gata, el registro volcánico más reciente de la Península Ibérica. En particular, el origen del vulcanismo de la PVCC es altamente controvertido, como sucede en gran parte de zonas volcánicas intraplaca. Hasta hace poco, dos modelos básicos se habían propuesto, modelo de “rift-abortado” que localizaría las anomalías in-situ y modelo de “mini-pluma” conectando con la estructura Canarias-Azores-Mediterraneo. El resultado de una reciente modelización de anomalías gravimétricas en la zona, sin embargo proponen un modelo alternativo híbrido en el que una reliquia de manto anómalo subcortical se propone como origen de las anomalías de Bouguer observadas.

Este trabajo va un paso más allá y realiza un estudio espectral de anomalías magnéticas en la zona para estimar la profundidad de Curie de las anomalías de mayor longitud de onda, junto con una modelización magnética de las mismas observando una estructura compatible con un manto anómalo en profundidad que a su vez es capaz de generar una anomalías pseudo-gravimétrica como las anomalías de Bouguer observadas. Estos resultados son a su vez compatibles con la presencia de un manto superior magnético con trazas de magnetita tal y como se observa en el estudio de propiedades magnéticas en xenolitos frescos provenientes del manto superior encontrados en la zona.

ABSTRACT

The Campo de Calatrava Volcanic Province (CCVP) is, together with the volcanic areas of Olot and Cabo de Gata, the most recent record of volcanic activity in the Iberian Peninsula. In particular, the origin of the CCVP is highly controversial, as most intra-late volcanic areas. Two main models have been classically proposed to explain it, the aborted-rift model which locates the anomalies in-situ and the baby-plume model connecting the connecting it with the Canary-Azores-Mediterranean structure. As a result of a recent modelling of gravimetric Bouguer anomalies has set up an alternative hybrid model with proposes the relics of an anomalous subcrustal mantle to explain the observed Bouguer anomalies.

The present work goes one step beyond and presents a spectral analysis of magnetic anomalies in the area in order to estimate the Curie depth of the larger wavelength. Together with modelling of magnetic anomalies, a structure compatible with an anomalous mantle in depth is presented. This can generate a pseudo-gravimetric anomaly similar to the observed Bouguer anomalies. These results are also compatible with a magnetic upper mantle with traces of magnetite as can be derived from the analysis of magnetic properties of fresh xenoliths from the area.

Nuevos datos direccionales del campo geomagnético de la Segunda Edad del Hierro y Época Romana: estudio arqueomagnético de 28 hogares y hornos portugueses.

New directional data of the geomagnetic field of the Second Iron Age and Roman times: archaeomagnetic study of 28 hearths and kilns from Portugal.

A. Palencia-Ortas¹; M.L. Osete^{1,2}; J.C. Sastre³; J. Larrazabal⁴; G. McIntosh⁵

⁽¹⁾ Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid.

⁽²⁾ Instituto de Geociencias (CSIC-UCM), Facultad de CC. Físicas, Plaza de Ciencias 1. 28040 Madrid.

⁽³⁾ ACE Baixo Sabor.

⁽⁴⁾ Lab2PT, Universidade do Minho (Portugal).

⁽⁵⁾ School of Human and Life Sciences, Canterbury Christ Church University, North Holmes Road, Canterbury CT1 1QU (UK)

email de contacto/ contact email: ali@fis.ucm.es

RESUMEN/RESUMO

La base de datos direccionales del campo geomagnético de Iberia para épocas anteriores a nuestra era es muy escasa, y es por ello, que no se puede definir con precisión su Curva de Variación Paleosecular. El presente trabajo se ha centrado en el estudio arqueomagnético de 28 hogares domésticos y hornos de arcilla cocida procedentes de dos yacimientos arqueológicos situados en la localidad portuguesa de Crestelos. La edad de las estructuras estudiadas abarca un periodo temporal que va desde la Segunda Edad del Hierro hasta Época Romana, y sus dataciones, en algunos de los casos, han sido contrastadas por distintos métodos. Los hornos y hogares fueron estudiados en detalle con experimentos de desimanación térmica y campos alternos decrecientes, magnetismo de rocas y análisis de la anisotropía de la termorremanencia magnética. La mayoría de los especímenes presentaron una única componente magnética estable portada principalmente por magnetita y un gran agrupamiento de las direcciones magnéticas en cada sitio. El tensor de anisotropía de la termorremanencia estaba bien definido en la mayoría de los casos y su efecto fue considerado y analizado en detalle debido a la importante desviación direccional que implementaba en muchos de los sitios estudiados. Se puede concluir, por tanto, que el presente estudio contribuirá a mejorar el conocimiento del paleocampo geomagnético de la Segunda Edad del Hierro y Época Romana anterior a nuestra era.

ABSTRACT

The directional data base of the geomagnetic field before our times for Iberia is very scarce, and therefore, cannot accurately define its Paleosecular Variation Curve. This work has focused on the archaeomagnetic study of 28 hearths and kilns from two archaeological sites located in the Portuguese place of Crestelos. The age of the structures range from the Second Iron Age to Roman Times, and in some cases, datings have been tested by different methods. Hearths and kilns were studied in detail with thermal and alternating field demagnetization experiments, rock magnetic studies and anisotropy of the magnetic thermorremanence analysis. Most specimens showed a stable single magnetic component mainly carried by magnetite and a large grouping of the magnetic directions in each site. The anisotropy thermorremanence tensor was well defined in most cases and its effect was considered and analysed in detail due to the significant directional deviation observed in most of the studied sites. It can be concluded, therefore, that this study will help to improve knowledge of palaeogeomagnetic field of the Second Iron Age and Roman Times bC.

Madrid, 2016

Estudio Arqueomagnético de Hogares del Yacimiento Arqueológico de Castelinho (NE de Portugal)

Archaeomagnetic study from hearths from the archaeological site of Castelinho (NE of Portugal)

J. Rodríguez Aranda⁽¹⁾, M. L. Osete^(1,2), F. Martín Hernández^(1,2) and J. C. Sastre⁽³⁾

⁽¹⁾Universidad Complutense de Madrid. Dpto. Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I. Madrid (Spain)

⁽²⁾Instituto de Geociencias, CSIC-UCM. Madrid (Spain)

⁽³⁾ACE Baixo Sabor.

josero02@ucm.es

RESUMEN

Se presentan los resultados arqueomagnéticos de tres estructuras de combustión del yacimiento arqueológico de Castelinho (NE de Portugal). 55 especímenes orientados han sido desimanados térmicamente (35) y por campos alternos decrecientes. Se ha obtenido el tensor de anisotropía de las magnetizaciones termorremanente (ATRM) y remanente anhisterética (AARM), para corregir por su efecto la dirección de la magnetización. A partir de los dos tensores se han obtenido correcciones similares, lo que sugiere que la AARM podría utilizarse para evaluar el aplanamiento de la inclinación en estructuras de combustión delgadas como los hogares investigados. El efecto del aplanamiento es de aproximadamente 10°, lo suficientemente alto como para obtener dataciones arqueomagnéticas erróneas si no se evalúa correctamente. Las estructuras han sido datadas mediante la PSVC de Francia y el modelo SCHA.DIF.3k dando edades de 1017-700 a.C. para CAST-A1, 1425-446 a.C. para CAST-A3 y 378 a.C.-34 d.C. para CAST-B1. Estas edades han sido contrastadas con la información arqueológica existente y dataciones por termoluminiscencia. Las fechas obtenidas mediante las técnicas arqueomagnética y termoluminiscente son consistentes, pero difieren de la información arqueológica preliminar. De acuerdo con nuestro estudio, el sitio de Castelinho fue habitado desde el final de la Edad del Bronce-I Edad del Hierro hasta la II Edad del Hierro.

ABSTRACT

Archaeomagnetic results from three combustion structures from the archaeological site of Castelinho (NE of Portugal) are presented. Both demagnetization techniques, thermal and alternating fields, have been conducted, respectively, in 35 and 20 oriented specimens. The anisotropy tensor of thermoremanent magnetization (TRM) and anhysteretic remanent magnetization (ARM) has been obtained to correct for its effect the direction of magnetization. Similar corrections have been obtained from both tensors, suggesting that the AARM could be used to evaluate the inclination shallowing of flat combustion structures as the investigated hearths. The inclination

Madrid, 2016

shallowing effect is about 10° , high enough to obtain erroneous archaeomagnetic dating if it is not properly evaluated. The structures have been dated with the French PSVC and the SCHA.DIF.3k model giving ages of 1017-700 BC for CAST-A1, 1425-446 BC for CAST-A3, and 378 BC - 34 AD for CAST-B1. Archaeomagnetic dating has been checked with the existing archaeological information and thermoluminescence dating. Dates obtained by the archaeomagnetic tool and thermoluminescence are consistent, but differs from preliminary archaeological information. On the bases of our study the Castelinho site was inhabited since the end of the Bronze Age-first Iron Age up to the second Iron Age.