



Universidad
de Alcalá

Máster en Ciencia y Tecnología desde el
Espacio

Estudio de la influencia de la actividad solar en el varamiento de cetáceos

Trabajo Fin de Máster

realizado por

R. Rubén Amengual Matas

dirigido por

Prof. Dra. D.^a Yolanda Cerrato Montalbán

Alcalá, 22 de Septiembre de 2014

Estudio de la influencia de la actividad solar en el varamiento de cetáceos

realizado por

R. Rubén Amengual Matas

dirigido por

Prof. Dra. D.^a Yolanda Cerrato Montalbán

fecha de finalización: Septiembre de 2014

Estudio de la influencia de la actividad solar en el varamiento de cetáceos

realizado por

R. Rubén Amengual Matas

dirigido por

Prof. Dra. D.^a Yolanda Cerrato Montalbán

Presidente: Nombre de la presidenta/e

Vocal 1º: Nombre del primer vocal

Vocal 2º: Nombre del segundo vocal

Fecha de presentación:

Calificación:

Índice

Resumen	7
1. Introducción.....	9
2. Procedimiento experimental	13
2.1. Primera aproximación del período de estudio	13
2.2. Información sobre varamientos de cetáceos	15
2.3. Fijación del período de estudio	19
2.4. Información sobre datos geomagnéticos	19
2.5. Presentación de la información.....	23
3. Resultados.....	25
3.1. Correlaciones entre número de manchas solares y varamientos	25
3.2. Correlaciones entre mínimos <i>Dst</i> , H, y número de varamientos	27
3.2.1 Datos del año 2000	27
3.2.2. Datos de 2001	29
3.2.3. Datos de 2002	30
3.2.4. Datos de 2003	36
3.2.5. Datos de 2004	39
3.2.6. Datos de 2005	42
3.2.7. Datos de 2006	45
3.2.8. Datos de 2007	50
3.2.9. Datos de 2008	55
3.2.10. Datos de 2009	59
3.2.11. Datos de 2010	63
3.2.12. Resumen de datos de 2000 a 2010 por zonas geográficas	65
3.3. Correlaciones entre varamientos masivos, variaciones de <i>Dst</i> y H	68
3.4. Correlaciones entre varamientos en UK por animales vivos, y otros ...	75
4. Conclusiones.....	81
Bibliografía.....	83
Anexo. Documentación electrónica.....	85
A.1. Contenido de la memoria USB	85
A.2. Contenido de la documentación sobre varamientos de cetáceos	86
A.3. Contenido de la documentación geomagnética	87

Resumen

El objetivo de este trabajo es saber si puede encontrarse una correlación entre tormentas geomagnéticas, producidas por la interacción de la actividad solar con la magnetosfera terrestre, y el varamiento de cetáceos. También quiere analizarse si, recíprocamente, grandes varamientos de estos animales implican valores extremos o variaciones, tanto del *Dst* como del campo magnético local donde se producen los encallamientos de estos mamíferos.

1. Introducción

Este trabajo fin de máster (TFM) tiene como finalidad analizar la posible influencia entre los efectos de la actividad solar y el varamiento de cetáceos. En concreto, se trata de saber si puede encontrarse una correlación entre índices geomagnéticos, que muestran la presencia de tormentas geomagnéticas, con el encallamiento de cetáceos. La idea subyacente es saber si la actividad solar puede tener influencia en el comportamiento de los mamíferos marinos, de manera que se evidencie si puede haber correlación entre tormentas geomagnéticas y un comportamiento anómalo de mamíferos marinos, que acabe degenerando en varamientos inusuales de estos animales debido a dichas condiciones geomagnéticas. Si se detectase una posible influencia de la actividad solar sobre el comportamiento de los mamíferos marinos, cabría pensar en la posibilidad de una influencia similar sobre mamíferos terrestres en general, y el ser humano en particular.

Como parte inicial del trabajo se ha hecho una revisión bibliográfica para conocer el estado del arte sobre el conocimiento de la actividad solar y sus efectos en general, y sobre los mamíferos marinos en particular. Diversos estudios han mostrado la relación entre eyecciones de masa coronal solar (CME's) y la actividad geomagnética ([Brueckner 1998], [Webb 2000], [Zhang 2006]). Se conocen otros trabajos relacionados con la actividad solar, entre los que cabe destacar el estudio de las eyecciones de masa de la corona solar en el medio interplanetario [Cid 2000]; aquí se hace referencia a los efectos de las emisiones de masa coronal y su interacción con el campo magnético terrestre en la generación de tormentas geomagnéticas; también se

analiza la relación entre la actividad solar y las nubes magnéticas en el medio interplanetario. También se han recuperado trabajos que proponen el empleo de datos de campo magnético interplanetario para realizar previsiones de actividad geomagnética intensa [Saiz 2008].

Se conocen diversas maneras de medir la actividad geomagnética [Cerrato 2012] siendo una de ellas el llamado índice *K*. Este parámetro cuantifica la alteración de la componente horizontal del campo magnético terrestre con un número entero del 0 al 9, correspondiendo el valor 1 a un estado de calma, e indicando el valor 5 (y superiores) tormenta geomagnética. Asociado a este parámetro también se emplea el índice *K_p*, derivado del cálculo de una media ponderada de índices *K* para una red de observatorios geomagnéticos. Otro método empleado es el índice *AE* (*Auroral Electrojet*) que proporciona una medida global y cuantitativa de la actividad magnética en la zona auroral, producida por corrientes ionosféricas que inciden en dicha zona. Aunque existen otros parámetros para realizar estas cuantificaciones (como el índice *SYM_H*), en lo que a este trabajo se refiere se empleará el índice *D_{st}* (*Disturbance Storm Time*), que es un parámetro que da información sobre la intensidad de la corriente de anillo medida en observatorios geomagnéticos próximos al ecuador terrestre; el motivo de ello es que dicho índice es un buen indicador de la variación de la componente horizontal del campo magnético en las grandes tormentas geomagnéticas [Burton 1975].

En la revisión bibliográfica se han recuperado numerosas referencias relativas a estudios de varamientos de mamíferos marinos en diversas circunstancias y fechas. Así, es factible consultar trabajos sobre las causas de encallamientos de cetáceos en diversas costas españolas, como las islas Canarias [Arbelo 2007], [Ortega 2009], en el litoral de la provincia de Cádiz [De la Fuente 2011] ó en la costa de Galicia [López 2002]. También puede encontrarse información de varamientos en otras zonas, como el Mar de Irlanda [Rogan 2001] en el periodo 1994-1999, el nordeste de Brasil [Parente 2004] en dos períodos distintos (1981-1990 y 1991-2002), la costa de California entre 1992 y 2001 [Colegrove 2005], o la costa Atlántica y del Golfo de México de los Estados Unidos [Waring 2000], entre otras regiones del planeta.

No se encuentra consenso sobre las causas que generan los varamientos de mamíferos marinos. Ciertos estudios [Greig 2005] sobre alguna especie concreta (el león marino de California, *Zalophus californianus*), apuntan diversas causas que justifican sus varamientos, desde la malnutrición hasta el cáncer, asociando los varamientos por malnutrición con los fenómenos de *El Niño* de ciertos años (1992, 1993, y 1998), mientras que otros [Weilgart 2007] señalan que los encallamientos pueden generarse por señales acústicas en el agua. Según otra hipótesis [Klinowska 1985] los varamientos masivos de cetáceos vivos se producen exclusivamente por error, cuando estos animales intentan emplear la topografía geomagnética para su orientación. Algunos autores [D'Amico 2009], [Filadelfo 2009] plantean la posibilidad de la existencia de una relación directa entre dichos encallamientos y el desarrollo de cierta tecnología naval de defensa; valoraciones similares han llegado a un conocimiento colectivo del público a través de artículos de prensa general [www.elmundo]. De una forma parecida otros autores [Fernández 2005] apuntan al uso del sónar por humanos como motivo de ciertas patologías que derivan en encallamientos de mamíferos marinos. Otros autores [Wells 2013] han aprovechado el varamiento de algunos de estos animales, en concreto cierto tipo de ballenas, para dotarles de dispositivos capaces de hacer un seguimiento de sus movimientos, y así conocer determinados patrones en

cuanto a hábitats habituales y profundidad de las inmersiones realizadas por estos animales.

A la vista de estas referencias bibliográficas podría entenderse que no se han encontrado evidencias, ni a favor ni en contra, de la hipótesis planteada, es decir, si la actividad solar puede tener influencia en el varamiento de cetáceos cuando se producen variaciones del campo magnético terrestre debido a la actividad solar. Sin embargo, en el mes de junio de 2014, una vez presentado el anteproyecto de este TFM, se encontraron ciertos artículos que deben ser mencionados en este punto.

En un estudio hecho sobre el varamiento de cetáceos en las costas de las islas Británicas [Klinowska 1986], se plantea que el factor clave para entender el motivo de los encallamientos de estos mamíferos es el modelo de perturbación magnética, y no precisamente el nivel absoluto de dicha perturbación. Según este estudio, si la perturbación magnética ocurre en un momento determinado del día, se produciría un *borrado* en un “reloj interno de viaje” de los mamíferos marinos, que generaría su varamiento.

Otra hipótesis [Kirschvink 1986] sostiene que los cetáceos emplean débiles anomalías del campo magnético terrestre para su orientación y navegación.

Varios autores [Mazzuca 1999] hacen un estudio sobre el varamiento masivo de cetáceos en el archipiélago de Hawaii entre 1957 y 1998. Según dicho estudio, no se encuentra correlación entre el encallamiento de mamíferos marinos y fuertes variaciones en el campo magnético.

A la vista de estas referencias, y una vez que ya se había realizado el principal trabajo de obtención de datos, se consideró que el estudio hecho en este TFM podría ayudar bien a afianzar, o bien a rebatir, las hipótesis mantenidas en los últimos artículos mencionados. Para llevar a cabo el estudio que se presenta desde estas páginas fue necesario recabar información de dos ámbitos bien diferenciados: por un lado, era necesario conocer datos relativos a índices de actividad geomagnética, de manera que pudiera asociarse la actividad solar con variaciones en los índices geomagnéticos. Por otro lado, se necesitaba recabar información sobre varamientos de cetáceos; a la vista de la información obtenida se desarrollaría un procedimiento para ver posibles correlaciones entre actividad solar, índices geomagnéticos, y el encallamiento de mamíferos marinos. El procedimiento se explica con detalle en el capítulo 2.

Son sobradamente conocidos los datos que proporciona el *World Data Center for Geomagnetism* [www.wdc], de la Universidad de Kyoto, relativos al índice *Dst*. En el momento de la redacción de este texto (agosto de 2014), el *World Data Center for Geomagnetism* presentaba información “*provisional*” sobre el índice *Dst* en el periodo 2010-2012, e información “*final*” para el periodo 1957-2009; estas fechas, junto con otros datos, son tenidas en cuenta en el capítulo 2 a la hora de exponer el procedimiento seguido en este estudio.

Al ser el *Dst* un parámetro global, su influencia debe ser considerada junto con parámetros locales. Es por ello por lo que también se deben analizar las lecturas de magnetómetros en zonas próximas a los lugares donde se producen los varamientos de los animales. Para acceder a esta información local se ha utilizado la red de

observatorios *Intermagnet* [www.intermagnet], que mide el campo magnético terrestre mediante diversas instalaciones repartidas alrededor de la geografía terrestre. Será necesario elegir una serie de estaciones de referencia para cuantificar localmente el campo magnético terrestre; este aspecto se trata con más detalle en el capítulo 2.

En lo que se refiere a información relacionada con el varamiento de cetáceos, se ha buscado tener referencias lo más amplias posibles. Finalmente se han considerado tres fuentes distintas para la elaboración de este estudio. La primera de ellas ha sido la base de datos sobre varamientos de cetáceos de la Universidad de Valencia, disponible en Internet [www.bevacet]. “*Bevacet*” da información de varamientos acontecidos a lo largo de la geografía española, pero también proporciona información sobre varamientos producidos en aguas mediterráneas de otros países europeos, principalmente Francia (en su costa mediterránea), Italia y Grecia. La segunda fuente de datos sobre encallamiento de mamíferos marinos ha sido la proporcionada por el *UK Cetacean Strandings Investigation Programme* [www.ukstrandings], que da información sobre el varamiento de mamíferos marinos en las costas del Reino Unido. Finalmente, la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), agencia federal de los Estados Unidos de América que trata de las condiciones de los océanos y la atmósfera, proporciona en su página web [www.noaa] información sobre varamiento de cetáceos en las costas estadounidenses del Golfo de México.

Por lo tanto, el objetivo de este TFM es analizar si puede haber una relación entre la variación del campo magnético terrestre, debido a la actividad solar, y el varamiento de mamíferos marinos. Se trata, por tanto, de intentar saber si una mayor actividad solar, traducido en valores extremos del índice *Dst* y de variaciones locales del campo magnético terrestre, pueden influir directamente en un mayor o un menor número de encallamiento de cetáceos. Para ello, debe establecerse un método que ayude a estudiar el varamiento de los mamíferos marinos con dichas variaciones magnéticas. Este procedimiento se detalla seguidamente.

2. Procedimiento experimental

Como se ha mencionado en el capítulo 1, este trabajo fin de máster tiene como finalidad analizar la posible influencia entre los efectos de la actividad solar y el varamiento de cetáceos. Por ello, la primera dificultad radicaba en la elección de un período de estudio que permitiera obtener un número suficiente de datos para poder realizar un análisis con fiabilidad. Además, debía establecerse la metodología a seguir sobre la información relacionada con el encallamiento de mamíferos marinos, su relación con la actividad geomagnética, y la forma en que se presenta la información. Estos aspectos son tratados a continuación en los siguientes epígrafes.

2.1. Primera aproximación del período de estudio.- Una de las primeras tareas a determinar era la fijación del período objeto de estudio, si bien ese hecho dependía de la posibilidad de obtener datos fiables tanto de índices geomagnéticos como de varamientos de mamíferos marinos. Por tanto, la elección del período de estudio acabó siendo un proceso iterativo que dependía de la información que se iba recabando.

Desde una perspectiva de la actividad solar, parecía lógico intentar buscar al menos un período relacionado con un ciclo solar de unos once años, de manera que pudiera verse el efecto, si existe, de actividad solar máxima y mínima con el encallamiento de cetáceos. Es sobradamente conocida la existencia de un ciclo solar [www.solarscience] que se repite aproximadamente cada once años. La figura 2.1 muestra una previsión del número de manchas solares para el ciclo en vigor en el momento de la elaboración del presente TFM (ciclo 24º, datos de noviembre de 2013), así como una representación de los datos de las manchas del ciclo 23º. El ciclo solar 23º era el último ciclo completo del que se disponían datos durante la redacción de este

trabajo, extendiéndose dicho ciclo aproximadamente entre mayo de 1996 y enero de 2008.

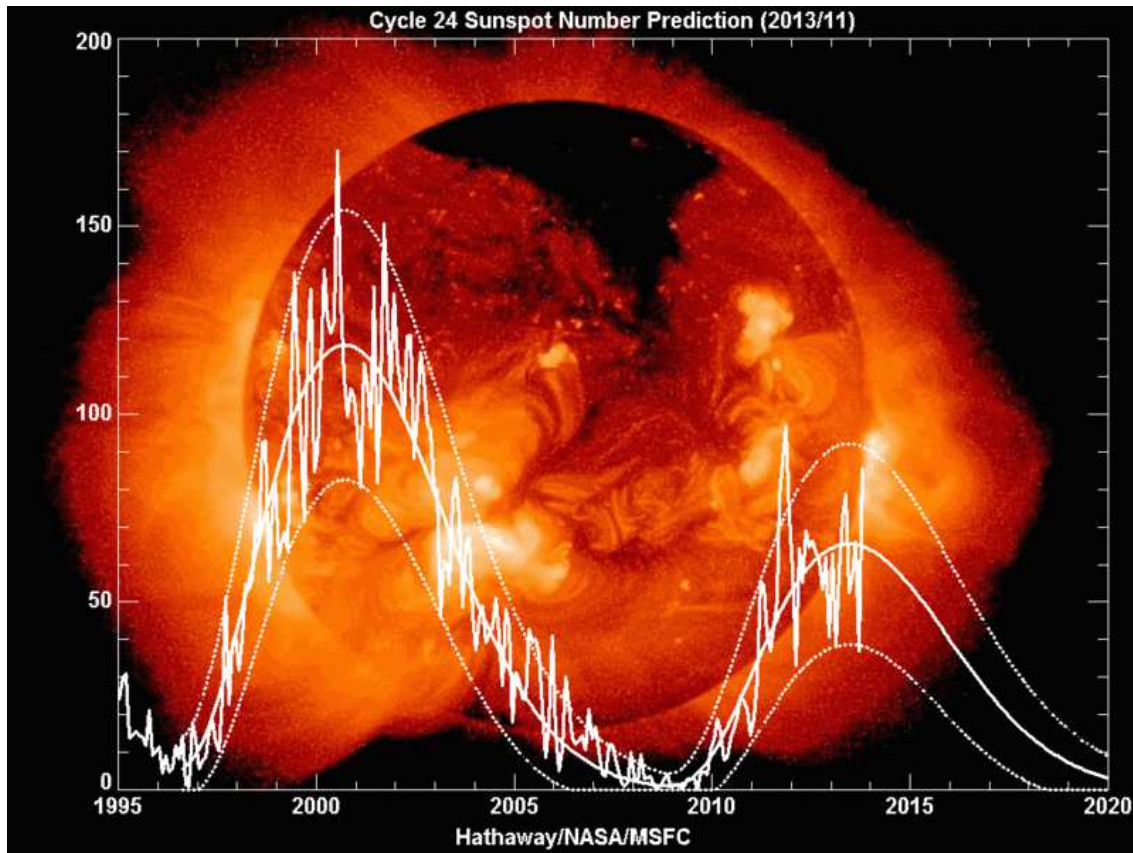


Figura 2.1 – Predicción del número de manchas solares para el ciclo solar 24º, en noviembre de 2013, y datos del ciclo solar 23º (cortesía de http://solarscience.msfc.nasa.gov/images/ssn_predict_1.gif).

Así pues, en la medida que resulte factible, se intentará obtener referencias de la actividad solar y su posible influencia en el varamiento de cetáceos en el ámbito del ciclo solar 23º, o en fechas próximas a dicho ciclo si no fuera posible conseguir información en dicho intervalo completo. Como se sabe, cada ciclo solar tiene sus diferencias con otros ciclos precedentes y ulteriores; la figura 2.2 muestra la sucesión histórica del número medio mensual de manchas solares de los distintos ciclos solares registrados desde 1750. Tal y como se aprecia en la figura 2.2, el ciclo 23º fue más activo, en lo que a número medio de manchas diarias mensuales se refiere, de lo está siendo el ciclo 24º, pero a su vez el ciclo 22º fue más activo en ese sentido que el 23º. Observando la figura 2.2 se aprecia la diferencia existente entre los ciclos más activos (como el número 19) y otros más moderados (como el número 12).

Por tanto, debe entenderse que la recogida de datos sobre varamiento de cetáceos debería producirse en el intervalo entre 1996 y 2008, años correspondientes respectivamente con el inicio y final del ciclo solar 23º. Sin embargo, la elección final dependerá de la posibilidad de encontrar información fiable sobre encallamiento de mamíferos marinos en ese período.

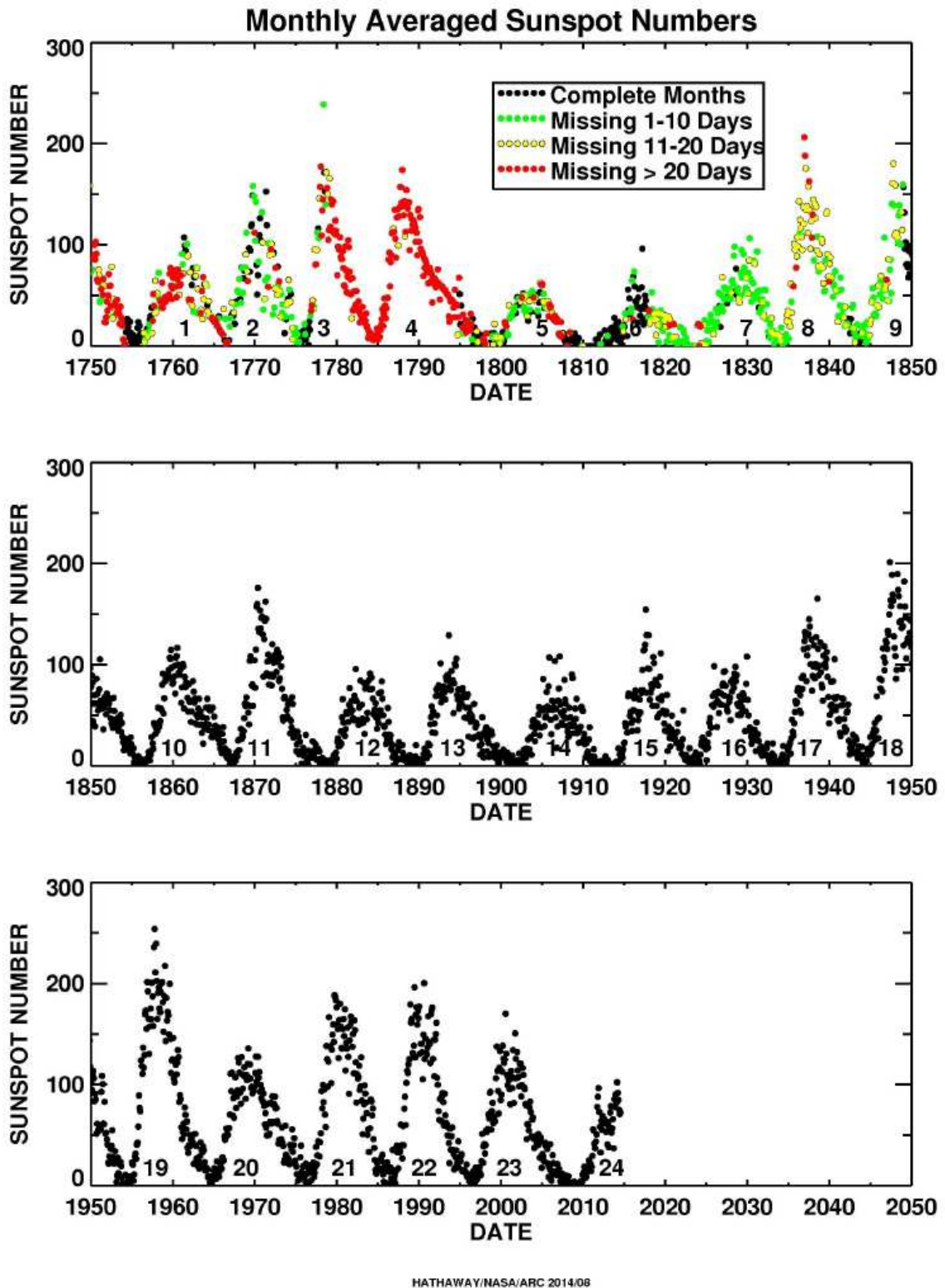


Figura 2.2 – Número medio de manchas solares para los distintos ciclos solares registrados desde 1750 hasta agosto de 2014 (cortesía de http://solarscience.msfc.nasa.gov/images/Zurich_Color_Small.jpg).

2.2. Información sobre varamientos de cetáceos.- Una vez fijada en una primera iteración el intervalo objeto del estudio (el ciclo solar 23º), debían encontrarse fuentes de información sobre zonas y fechas de encallamiento de mamíferos marinos. Si bien a

lo largo del capítulo 1 se han mencionado diversos estudios de distintos autores con referencias a varamientos en distintas zonas del planeta, no todas las referencias bibliográficas citadas eran aptas, pues en numerosos casos sólo se presentaban resultados finales. Por tanto, hubo que buscar fuentes de información alternativas.

Una de las primeras referencias que se encontró fue la Base de Datos Española de Varamiento de Cetáceos, “Bevacet” [www.bevacet]. “Bevacet” se enmarca dentro del proyecto internacional *MADACES (Mediterranean Database of Cetacean Strandings)*, que se creó bajo los auspicios del Convenio de Barcelona para la protección del medio marino y la zona costera del Mediterráneo y del área *ACCOBAMS (Acuerdo sobre la Conservación de los Cetáceos del Mar Negro, el Mar Mediterráneo, y la Zona Atlántica Contigua)*. “Bevacet” también tiene como finalidad la coordinación de las regiones costeras españolas en materia de varamiento de cetáceos. Las primeras consultas en “Bevacet” se realizaron en el otoño de 2013; en esa fecha, la base de datos recogía información de varamientos producidos entre los años 1950 y 2011, si bien los resultados del período 1950-1990 resultaban especialmente exiguos y no parecían representativos de la realidad, especialmente si se comparaban con los datos recogidos entre 2000 y 2011, que eran mucho más numerosos que los del primer período citado. Esto hace pensar que la información referente entre 1950 y 1990 debía ser considerada de manera crítica. Curiosamente, la información recogida en “Bevacet” cambió a lo largo de la primavera de 2014, y en el momento de redactar este documento (verano de 2014), la página web de “Bevacet” sólo proporcionaba información de los varamientos acaecidos entre 1980 y 2007. Afortunadamente, durante el otoño de 2013 y los primeros meses de 2014, se recuperaron datos de “Bevacet” entre 1950 y 2011 si bien, como se ha mencionado previamente, el período 1950-1990 debe ser considerado de una forma crítica pues el bajo número de varamientos registrados hace pensar que los datos pudieran no reflejar exactamente la realidad. La figura 2.3 representa las zonas en las que se han producidos varamientos recogidos por “Bevacet”; cada círculo representa una zona en la que se han registrado varamientos.

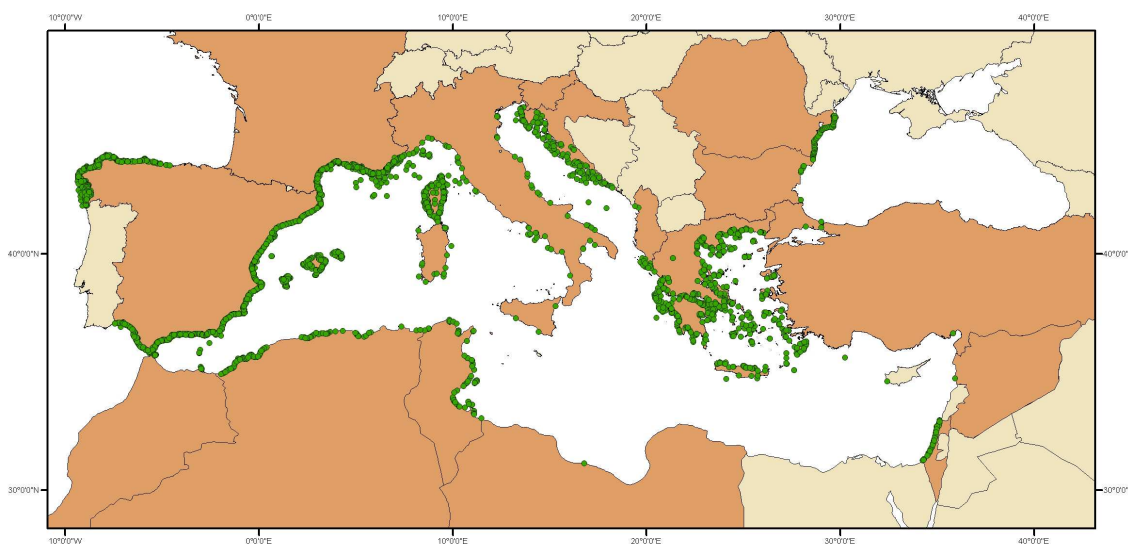


Figura 2.3 – Área geográfica del alcance de la base de datos “Bevacet” según la información recogida en su página web (<http://bevacet.uv.es>) el 17 de octubre de 2013.

Tal y como puede apreciarse en la figura 2.3, “Bevacet” recoge información de varamientos producidos en España, así como en otros países costeros del Mar

Mediterráneo. Los datos que ofrece “Bevacet” son la fecha del varamiento, la especie varada, sexo del ejemplar que ha encallado, y ubicación en la que se ha encontrado el animal (provincia y localidad). La configuración de “Bevacet” en verano de 2014 es la de un servicio web que proporciona resultados que pueden ordenarse por especie, sexo, provincia, o fecha de encallamiento; sin embargo los datos no pueden importarse directamente a otros formatos, como por ejemplo una hoja *Excel*®. Los datos recuperados de “Bevacet” antes de la primavera de 2014, relativos al período 2008-2011, no podían ordenarse por los criterios mencionados previamente, por lo que se han debido tratar de otra forma para su análisis posterior. Por tanto, considerando la información obtenida de esta base de datos, es factible recabar información de encallamientos de cetáceos en el Mar Mediterráneo para el ciclo solar 23º.

También han podido recogerse datos de varamientos de cetáceos en las costas del Reino Unido a través de la página web del *UK Cetacean Strandings Investigation Programme, UK CSIP* [www.ukstrandings]. La información que ofrece el *UK CSIP* es diferente a la proporcionada por “Bevacet”, ya que los datos sobre varamientos se ofrecen en soporte electrónico, en archivos *pdf*. Habitualmente, se encuentran archivos para diversos años, pudiendo señalar que hay información sobre varamientos en el período 2000 a 2009, si bien no toda la información de los distintos años es exactamente igual. La tabla 2.1 ilustra los varamientos documentados en las costas del Reino Unido a lo largo de 2006.

Table 1 Reported strandings of cetaceans and marine turtles in the UK for 2006

Species	England and Isle of Man	Scotland	Wales	Northern Ireland	Channel Islands	Unknown	Total
Harbour porpoise (<i>Phocoena phocoena</i>)	192	113	109	3	1	1	419
Short-beaked common dolphin (<i>Delphinus delphis</i>)	118	5	7	0	1	0	131
Minke whale (<i>Balaenoptera acutorostrata</i>)	5	13	0	0	0	0	18
Atlantic white-sided dolphin (<i>Lagenorhynchus acutus</i>)	1	13	0	1	0	0	15
White beaked dolphin (<i>Lagenorhynchus albirostris</i>)	3	9	0	0	0	0	12
Long-finned pilot whale (<i>Globicephala melas</i>)	5	6	0	0	0	0	11
Bottlenose dolphin (<i>Tursiops truncatus</i>)	5	2	4	0	0	0	11
Sperm whale (<i>Physeter catodon</i>)	5	5	0	0	0	0	10
Striped dolphin (<i>Stenella coeruleoalba</i>)	4	1	3	1	0	0	9
Risso's dolphin (<i>Grampus griseus</i>)	1	4	0	0	0	0	5
Northern bottlenose whale (<i>Hyperoodon ampullatus</i>)	3	1	0	0	0	0	4
Humpback whale (<i>Megaptera novaeangliae</i>)	3	1	0	0	0	0	4
Fin whale (<i>Balaenoptera physalus</i>)	2	1	0	0	0	0	3
Sowerby's beaked whale (<i>Mesoplodon bidens</i>)	1	1	0	0	0	0	2
Dolphin (indeterminate species)	25	5	0	1	0	0	31
Cetacean (indeterminate species)	20	4	7	0	0	0	31
Odontocete (indeterminate species)	8	8	1	0	1	0	18
Short beaked common/striped dolphin (indeterminate)	2	1	0	0	0	0	3
Mysticete (indeterminate species)	1	0	0	1	0	0	2
<i>Balaenoptera</i> sp. (indeterminate)	0	0	0	1	0	0	1
<i>Lagenorhynchus</i> sp. (indeterminate)	0	1	0	0	0	0	1
Loggerhead turtle (<i>Caretta caretta</i>)	0	4	2	0	0	0	6
Leatherback turtle (<i>Dermochelys coriacea</i>)	8	0	0	0	0	0	8
TOTAL	412	198	133	8	3	1	755

Tabla 2.1 – Varamientos en las costas del Reino Unido durante 2006, recogidos de la página web del *UK Cetacean Strandings Investigation Programme, UK CSIP* (<http://ukstrandings.org/csip-publications/>).

En la página web del *UK Cetacean Strandings Investigation Programme* se han podido recuperar tablas similares a la 2.1 para los años 2000 a 2009; sin embargo, como se observa en la tabla 2.1, no hay información sobre la fecha exacta del varamiento (mes y día del mes), lo que imposibilita realizar una correlación entre la fecha del varamiento y los datos geomagnéticos del día. Sólo para algunos años concretos (2002, 2006, 2007, y 2008) el *UK CSIP* ha proporcionado información de la fecha de ciertos varamientos, junto con otros datos: la especie varada, sexo del ejemplar que ha encallado, longitud, y ubicación en la que se ha encontrado el animal (localidad y condado). Además, si se ha producido el deceso del animal, se señala la causa del fallecimiento (si se conoce). La tabla 2.2 muestra esta información para algunos días de enero de 2002 y, como se ha apuntado, en la página web *UK CSIP* pueden encontrarse más datos sobre los años 2002, 2006, 2007 y 2008.

Appendix 4: UK-stranded marine mammals and marine turtles examined at post-mortem during 2002

NHM ref.	PM no.	Species	Sex	Length	Date found	Location	County	Cause of death
SW2002/2	EXTERNAL	<i>Kogia breviceps</i>	F	288	03/01/02	Thurlestone	Devon	not established
SW2002/3	XT010/02	<i>Phocoena phocoena</i>	F	122	04/01/02	Swansea	Swansea	physical trauma, bycatch
SW2002/4	S2041	<i>Phocoena phocoena</i>	F	139	04/01/02	Prestatyn	Gwynedd	pneumonia, para. bact. and fungal, generalised bacterial and fungal infection
SW2002/5	XT009/02	<i>Phocoena phocoena</i>	F	157	04/01/02	Felixstowe	Suffolk	starvation
SW2002/9B	M002/02	<i>Phocoena phocoena</i>	F	106	06/01/02	Findochty	Grampian	physical trauma (bottlenose dolphin attack)
SW2002/10	XT018/02	<i>Phocoena phocoena</i>	M	141	07/01/02	Kessingland	Suffolk	gastritis, parasitic (cardiac section); gastric parasitism (heavy)
SW2002/11A	M003/02	<i>Phocoena phocoena</i>	M	154	07/01/02	Uiskentuie	Strathclyde	pyelonephritis
SW2002/12	M39/01/02	<i>Phocoena phocoena</i>	F	139	08/01/02	Crinnis Beach	Cornwall	physical trauma, bycatch
SW2002/13	M38/1/02	<i>Phocoena phocoena</i>	M	129	09/01/02	Duporth Beach	Cornwall	physical trauma, bycatch
SW2002/14A	M005/02	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	F	505	09/01/02	Sannox Bay	Strathclyde	physical trauma, bycatch, entanglement
SW2002/16	M61/1/02	<i>Phocoena phocoena</i>	M	131	14/01/02	Trenarren	Cornwall	physical trauma, bycatch
SW2002/17	M60/1/02	<i>Phocoena phocoena</i>	M	152	14/01/02	Lowland Point	Cornwall	physical trauma, bycatch
SW2002/18	XT079/02	<i>Delphinus delphis</i>	M	211	15/01/02	Wembury	Devon	physical trauma, bycatch
SW2002/19	XT075/02	<i>Phocoena phocoena</i>	M	142	16/01/02	Lowestoft	Suffolk	pleuropneumonia, generalised bacterial infection (<i>Salmonella</i> sp.), gastric parasitism
SW2002/21A	M009/02A	<i>Stenella coeruleoalba</i>	F	152	17/01/02	Glenelg Beach	Highland	meningitis (<i>Brucella</i>)
SW2002/21B	M009/02B	<i>Stenella coeruleoalba</i>	F	160	17/01/02	Glenelg Beach	Highland	live stranding
SW2002/22	EXTERNAL	<i>Delphinus delphis</i>	M	219	18/01/02	Tregantle	Cornwall	nephropathy
SW2002/23	M91/1/02	<i>Phocoena phocoena</i>	F	180	19/01/02	Praa Sands	Cornwall	parasitism pulmonary, heavy
SW2002/24	EXTERNAL	<i>Delphinus delphis</i>	M	213	19/01/02	Thurlestone	Devon	physical trauma, bycatch
SW2002/25	EXTERNAL	<i>Delphinus delphis</i>	F	200	19/01/02	Thurlestone	Devon	physical trauma, bycatch
SW2002/26B	M010/02	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	F	278	19/01/02	Omsary	Strathclyde	stillborn
SW2002/27	EXTERNAL	<i>Delphinus delphis</i>	M	187	20/01/02	Salcombe	Devon	physical trauma, bycatch
SW2002/28	EXTERNAL	<i>Delphinus delphis</i>	F	184	20/01/02	Bantham	Devon	physical trauma, bycatch
SW2002/29	EXTERNAL	<i>Delphinus delphis</i>	M	210	20/01/02	Thurlestone	Devon	physical trauma, bycatch
SW2002/30	EXTERNAL	<i>Delphinus delphis</i>	F	210	20/01/02	Thurlestone	Devon	physical trauma, bycatch
SW2002/31	EXTERNAL	<i>Delphinus delphis</i>	F	194	20/01/02	Seaton	Cornwall	hepatopathy

The Natural History Museum

65

Tabla 2.2 – Datos sobre varamientos en las costas del Reino Unido durante 2002, recogidos de la página web del *UK Cetacean Strandings Investigation Programme, UK CSIP* (<http://ukstrandings.org/csip-publications/>).

Una tercera fuente de información sobre varamiento de cetáceos ha sido la *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*, agencia federal de los Estados Unidos de América que trata de las condiciones de los océanos y la atmósfera. En su página web [[www.noaa](http://www.noaa.gov)] ha podido recuperarse información sobre varamiento de cetáceos en las costas estadounidenses del Golfo de México en el periodo 2002 a 2009. Esta información ha podido descargarse como un fichero *Excel®*, lo que posibilitado un fácil procesamiento de los datos contenidos. La información que proporciona *NOAA* incluye fecha de varamiento, junto con otros datos: la especie varada, sexo y longitud del ejemplar que ha encallado, y ubicación en la que se ha encontrado el animal (latitud, longitud, localidad y estado).

Por tanto, la información recuperada de estas tres fuentes (*NOAA*, *Bevacet*, y *UK CSIP*) permite obtener datos de ejemplares varados y fechas de encallamiento en tres grandes áreas geográficas: las costas estadounidenses del Golfo de México (alrededor del paralelo 30° de latitud Norte), el Mar Mediterráneo (alrededor del paralelo 40° de latitud Norte), y las costas del Reino Unido (alrededor del paralelo 50° de latitud Norte). Se ha considerado que estas tres zonas son representativas de áreas geográficas bien diferenciadas y alejadas entre sí, por lo que el análisis de los datos recuperados y su comparación con datos geomagnéticos podría ayudar a saber si existe algún tipo de correlación entre el varamiento de cetáceos y la actividad solar.

Debe señalarse que, en ciertas ocasiones, estas fuentes incluyen en los datos de varamientos referencias a tortugas marinas y otras especies que no son mamíferos marinos; sin embargo, se ha decidido mantener esos datos con idea de no modificar la información proporcionada por dichas fuentes.

2.3. Fijación del período de estudio.- Una vez que se han determinado las fuentes de información sobre varamientos (*Bevacet*, *UK CSIP*, y *NOAA*) y a la vista de las consideraciones realizadas en el epígrafe 2.1 sobre el ciclo solar 23^º, debe fijarse con más precisión las fechas entre las que se va a realizar el estudio.

Recuérdese que la información que ofrece en su página web *Bevacet* sobre varamientos en el Mediterráneo comprende los años 1980 a 2007, aunque en los meses previos a la elaboración de esta memoria se ha podido recuperar información hasta 2011. Los datos de *UK CSIP* sobre encallamientos en las costas del Reino Unido son entre los años 2000 y 2009, con referencias específicas sobre fechas de encallamientos sólo para ciertos casos de los años 2002, 2006, 2007 y 2008. Los datos de *NOAA* sobre varamientos en las costas estadounidenses del Golfo de México comprenden los años 2002 a 2009. Por tanto, a la vista de estas consideraciones, y para aproximar al máximo posible los datos de varamientos con el ciclo solar 23^º, se ha considerado hacer el estudio entre el 1 de enero de 2000 y el 31 de diciembre de 2010. No toda la información proporcionada por estas tres fuentes (*Bevacet*, *UK CSIP*, y *NOAA*) cubren todo este intervalo, pero se podrá obtener una buena cobertura del mismo con la información recuperada.

2.4. Información sobre datos geomagnéticos.- Determinado el período de estudio, debe establecerse la forma en que se obtendrán los datos geomagnéticos. Como se ha mencionado en el capítulo 1, la forma de asociar la actividad solar con variaciones geomagnéticas será en primera instancia empleando el índice *Dst* a través de la información proporcionada por el *World Data Center for Geomagnetism* en su página web [www.wdc]. Por lo tanto, una primera tarea a realizar es analizar el índice *Dst* para el período de estudio, y localizar valores mínimos del *Dst*. En general, se considerará que existe una tormenta geomagnética si el índice *Dst* es menor que -100 nT [Gonzalez 1987]. Acudiendo a dicha página web pueden recogerse los valores del *Dst*, así como una representación gráfica del mismo por meses. La figura 2.4 ilustra las variaciones del índice *Dst* en el mes de julio de 2000, en la que se refleja la actividad asociada al conocido “*evento del día de la Bastilla*”, en el que se obtuvo un valor extremo del *Dst* de -301 nT.

Así pues, deben localizarse los valores mínimos del *Dst* para el período objeto de estudio, y analizar si para fechas posteriores a esos valores (hasta siete días después del mínimo *Dst*) se producen, o no, varamientos inusualmente elevados en las tres zonas que se han determinado en el epígrafe 2.2. Sin embargo, tal y como se ha señalado en el capítulo 1, el *Dst* es un índice global, por lo que su influencia debe analizarse junto con medidas de magnetómetros locales. Para solventar esta situación, se ha empleado información de la página web de *Intermagnet* [www.intermagnet], que ofrece información en diversas zonas geográficas del planeta. Es necesario asociar una estación de referencia, en la que se registren la medida de las variaciones del campo magnético local; también es necesario establecer una segunda estación de referencia ante posibles fallos o errores en la lectura de la primera estación. La tabla 2.3 muestra las estaciones de referencia tomadas para las tres zonas de estudio que han quedado definidas en el epígrafe 2.2.



Figura 2.4 – Representación gráfica del índice *Dst* en el mes de julio de 2000 (cortesía de http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_final/200007/index.html).

Como se aprecia en la tabla 2.3, cada una de las regiones elegidas (la del Golfo de México alrededor del paralelo 30° N, la del Mar Mediterráneo alrededor del paralelo 40° N, y la de la costa del Reino Unido alrededor del paralelo 50° N) tiene una primera estación de referencia (con el código de estación entre paréntesis), así como una estación de reserva en caso de necesitar otros datos. Para cada una de las regiones se ha buscado que la segunda estación de referencia tenga una ubicación próxima a la primera tal y como puede observarse en la tabla 2.3; así, en la región del Golfo de México la primera estación es Del Río, en Texas, Estados Unidos, mientras que la estación de reserva es la de Tucson, en Arizona, Estados Unidos. Para la zona del Mar Mediterráneo la primera estación es la de San Pablo, en Toledo, y la segunda es la estación del Ebro, ambas de la red del *Instituto Geográfico Nacional*. En la región de la costa del Reino Unido se ha elegido como primera estación la de Hartland, y como segunda estación la de Dourbes, en Bélgica.

	1ª Estación	Latitud N	Longitud Este	2ª Estación	Latitud N	Longitud Este
Paralelo 30° N	Del Río (DLR), US	29,5°	259,08°	Tucson (TUC), US	32,18°	249,27°
Paralelo 40° N	San Pablo - Toledo (SPT), ES	39,55°	355,65°	Ebro (EBR), ES	40,82°	0,49°
Paralelo 50° N	Hartland (HAD), UK	51°	355,52°	Dourbes (DOU), BE	50,1°	4,6°

Tabla 2.3 – Estaciones de referencia empleadas para medir variaciones geomagnéticas locales (datos de <http://www.intermagnet.org/data-donnee/dataplot-eng.php?type=hdz>)

Como se aprecia en la tabla 2.3, las estaciones de referencia para cada una de las regiones se encuentran próximas entre sí, teniendo valores cercanos de latitud y longitud.

Una vez fijadas las estaciones de referencia, debe acordarse el formato de la medida de campo magnético local a la hora de referenciarlos con valores mínimos del *Dst*. Como se sabe [Campbell 2003], es habitual dar el campo magnético local en dos sistemas de coordenadas distintos, llamados por sus componentes (X, Y, Z) ó (H, D, Z). En lo que a este trabajo se refiere, las magnitudes del campo magnético local se darán en el formato (H, D, Z), teniendo especial atención en la componente horizontal (H), como se ve a lo largo del capítulo 3.

Las figuras 2.5, 2.6 y 2.7 ilustran respectivamente las medidas del campo magnético local (F) y sus coordenadas (H, D, Z) el 15 de julio de 2000 en las estaciones Del Río (DLR), San Pablo-Toledo (SPT) y Hartland (HAD); recuérdese que la figura 2.4 da el valor del *Dst* para esa fecha. Por tanto, considerando la figura 2.4, y a la vista de las figuras 2.5 a 2.7, es posible comparar el *Dst* con los valores geomagnéticos locales en cada una de las estaciones.

Como se ha mencionado, a la hora de medir la variación del campo magnético local, se considerará fundamentalmente la evolución de la componente horizontal H. Así, en la figura 2.5 puede observarse que el valor de referencia dado para H el 15 de julio de 2000 en la estación Del Río es de 25.458,20 nT, si bien el valor absoluto de las variaciones de H (ΔH) es superior a 400 nT. Lo mismo cabe decir de la figura 2.6, referencia en la misma fecha para la estación de San Pablo, Toledo; el valor dado para H es de 25.619,56 nT, mientras que su variación (ΔH) también es superior a 400 nT. Si se toma en consideración la estación de Hartland (figura 2.7), se observa que el valor de referencia para H en esa fecha es de 19.491,00 nT, si bien en este caso su variación (ΔH) es superior a 600 nT.

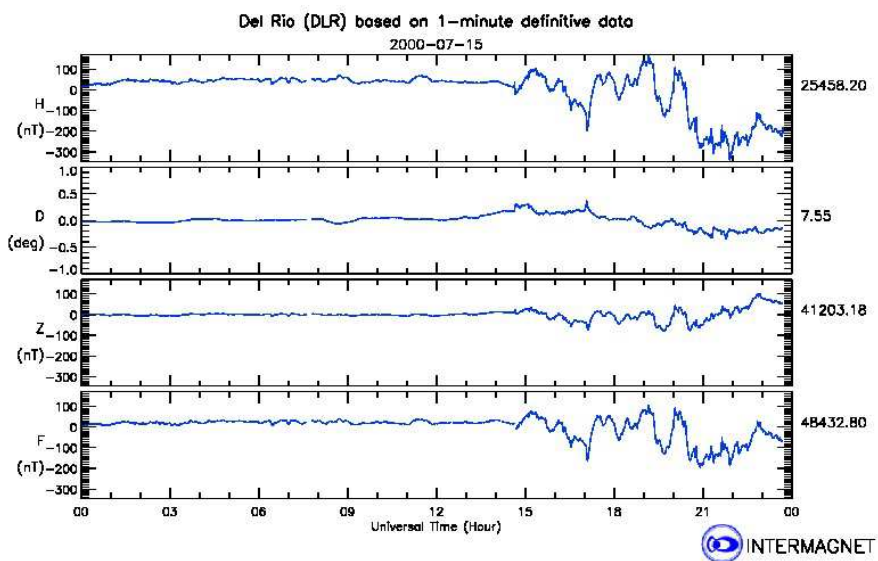


Figura 2.5 – Representación del campo magnético local (F) y sus coordenadas (H, D, Z) en la estación Del Río, en Texas, Estados Unidos, durante el 15 de julio de 2000 (cortesía de <http://www.intermagnet.org/data-donnee/dataplot-eng.php?type=hdz>).

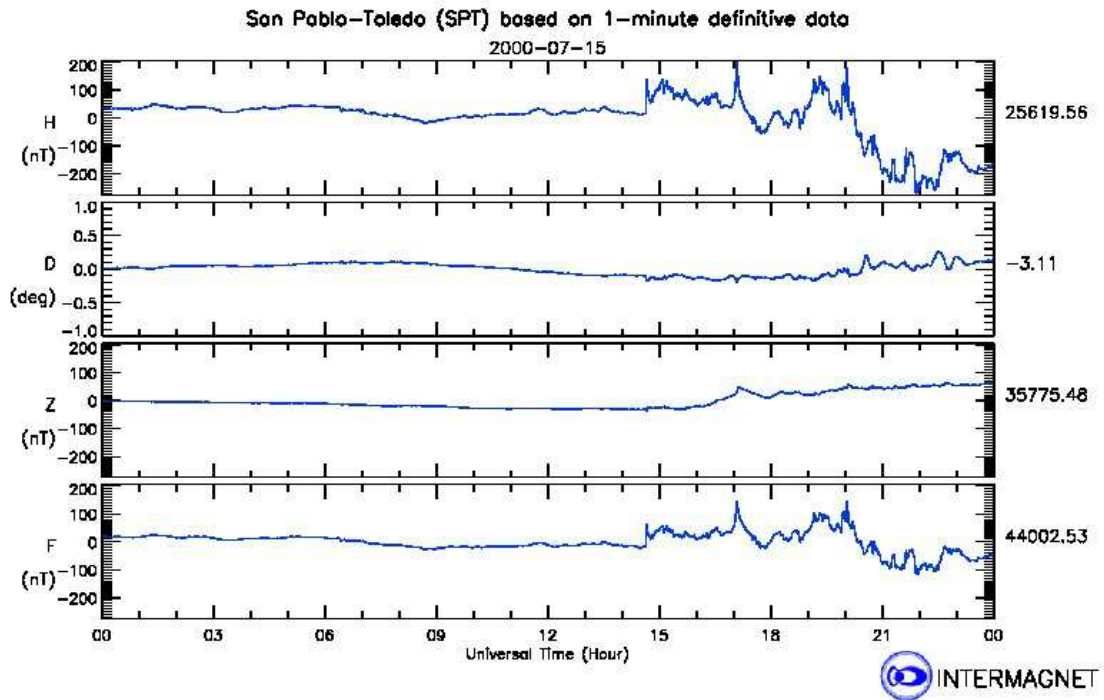


Figura 2.6 – Representación del campo magnético local (F) y sus coordenadas (H, D, Z) en la estación de San Pablo, Toledo (España), durante el 15 de julio de 2000 (cortesía de <http://www.intermagnet.org/data-donnee/dataplot-eng.php?type=hdz>).

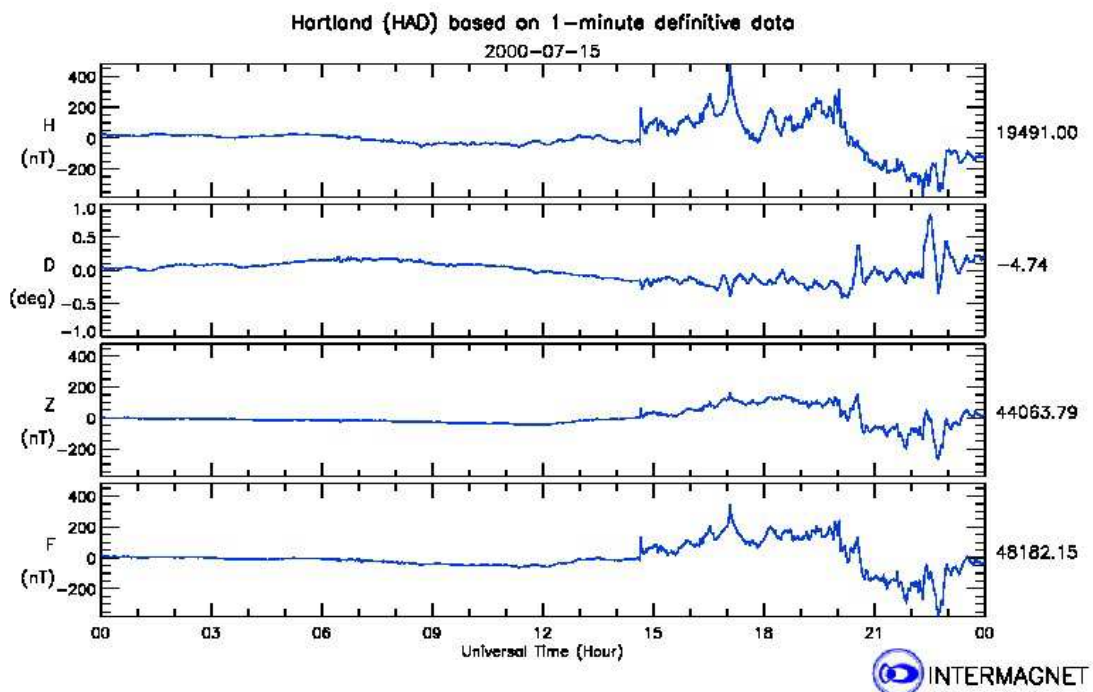


Figura 2.7 – Representación del campo magnético local (F) y sus coordenadas (H, D, Z) en la estación de Hartland, Reino Unido, durante el 15 de julio de 2000 (cortesía de <http://www.intermagnet.org/data-donnee/dataplot-eng.php?type=hdz>).

Ésta será la forma de proceder a lo largo del capítulo 3, según se explica en el siguiente epígrafe. Una vez identificados los varamientos de mamíferos marinos, por fechas, se compararán con datos sobre el *Dst* y las medidas de magnetómetros locales de cada una de las zonas en que se han producido dichos encallamientos. Ese estudio se hará según diversos criterios, tal y como se indica en el epígrafe 2.5.

2.5. Presentación de la información.- A lo largo del capítulo 3 se presenta la información que se ha recogido sobre varamientos y datos geomagnéticos. Sin embargo, la gran cantidad de datos recabados exige detallar de manera muy sistemática la forma en la que se presentan los resultados. Por ello, a continuación se resume cómo se muestran los resultados de este estudio a lo largo del capítulo 3.

A) *Correlaciones entre el número de manchas solares y número de varamientos en las tres regiones.* Un primer estudio que se plantea es si puede considerarse que el número medio de manchas diarias solares, como dato relacionado con la actividad solar, es un parámetro que pueda asociarse con el varamiento de cetáceos. Aquí se compara el número medio diario de manchas solares con las tasas de encallamientos a lo largo del periodo 2000 a 2010 en las tres regiones elegidas, para determinar si existe una correlación entre actividad solar (número medio diario de manchas solares) y varamiento de mamíferos marinos.

B) *Correlaciones entre valores mínimos del *Dst*, variaciones locales del campo magnético, y número de varamientos en las tres regiones durante el periodo de estudio.* Se hace una selección de los días con más actividad geomagnética, en general se han buscado días con valores de *Dst* menores a -100 nT, y se compara ese nivel de *Dst* con las variaciones locales de campo magnético y los varamientos producidos en esa fecha en las tres regiones seleccionadas. Con ello se busca comprobar, partiendo del *Dst*, si hay variaciones relevantes del campo magnético local en esa fecha, a la vez que se registra el número de varamientos producidos desde el mínimo valor del *Dst* y durante un plazo de siete días adicionales. Se pretende analizar si, asociadas con variaciones geomagnéticas relevantes, se producen encallamientos de cetáceos en fechas próximas después de esa actividad geomagnética. Se han registrado encallamientos hasta siete días posteriores al mínimo *Dst* pensando que, quizá, los varamientos podrían producirse con cierto retardo. Para aquellos años con actividad geomagnética moderada (de forma especial, entre 2004 y 2010) también se han buscado mínimos relativos del *Dst*, aunque sus valores sean mayores a -100 nT. Con ello se pretende tener datos en todo momento del ciclo solar, de manera que existan antecedentes en épocas de máximo y mínimo solar.

C) *Correlaciones entre varamientos “masivos” en las regiones de estudio y sus relaciones con variaciones del *Dst*, y el campo magnético local.* En este punto se desea analizar si puede establecerse alguna relación entre una fuerte variación del *Dst* y del campo magnético local y un varamiento “masivo” de animales. Para hacer esta correlación se busca en la información proporcionada por *Bevacet*, *UK CSIP* y *NOAA* aquellos días en que se hayan producido varamientos simultáneos de, al menos, cinco animales en cualquiera de las zonas geográficas seleccionadas. Se comprueba qué valores de *Dst* y del campo magnético local fueron registrados en esas fechas, y se analiza si puede establecerse alguna relación entre las variaciones de esos datos.

D) *Correlaciones entre varamientos producidos en la costa del Reino Unido por animales vivos o con causa de muerte no determinada.* Como se ha indicado en el epígrafe 2.2, el *UK CSIP* proporciona información para algunos años concretos (2002, 2006, 2007 y 2008) de la fecha de ciertos varamientos, junto con otros datos. Además, se indica si el animal ha tenido el encallamiento estando vivo o, si se ha producido el deceso del animal, se señala la causa del fallecimiento, cuando se conoce. Considerando estos datos concretos se intenta ver si existe relación entre varamientos experimentados por animales vivos, o cuando han fallecido por causas que no han podido determinarse, y variaciones del campo magnético local en la zona de varamiento y el *Dst*. Con ello se trata de determinar la posible relación entre perturbaciones geomagnéticas y el encallamiento de cetáceos vivos, o si puede establecerse alguna relación entre actividad geomagnética y decesos no explicados de dichos animales.

Se considera que los epígrafes mencionados ofrecen una cobertura muy variada a la vista de la información proporcionada por *Bevacet*, *UK CSIP* y *NOAA*, y cabe pensar que, a la vista de los datos analizados, se podrá considerar si es posible determinar alguna relación entre varamiento de cetáceos y actividad geomagnética.

3. Resultados

En el capítulo 2 se han presentado los objetivos de este trabajo y la forma de realizar el procedimiento experimental. A continuación, siguiendo el guión presentado en el epígrafe 2.5, se señalan los resultados del estudio realizado.

3.1. Correlaciones entre el número de manchas solares y número de varamientos en las tres regiones.- Como se ha señalado en el apartado 2.5, en este punto se intenta analizar si el número medio diario de manchas solares, como muestra de la actividad solar, puede tener alguna relación con el varamiento de mamíferos marinos. Para proceder a este estudio se ha buscado el número total de encallamientos de cetáceos por años y cada una de las tres regiones definidas en el epígrafe 2.2.

Para determinar el número medio diario de manchas solares a lo largo del período de estudio se han empleado datos de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* [www.noaa2] en los que es posible obtener el número medio de manchas solares para cada día del mes; así considerando todos los meses de un año, resulta fácil obtener el número medio diario de manchas solares en cada uno de los años analizados. Esto puede verse fácilmente en la tabla 3.1, que representa (en su primera columna) los años considerados, el número medio diario de manchas solares (segunda columna), y el número de varamientos por años en las tres zonas elegidas: Mediterráneo, Reino Unido y Golfo de México (columnas tercera, cuarta y quinta, respectivamente), estos últimos tres grupos de datos obtenidos respectivamente

de Bevacet, UK CSIP y NOAA. La figura 3.1 es una representación gráfica de la tabla 3.1.

Año	# Media manchas solares/día	# Mediterráneo	# UK	# US Golfo de México
2000	119,5	591	420	-
2001	110,9	746	549	-
2002	104,1	956	655	50
2003	63,6	1178	774	92
2004	40,4	1030	799	223
2005	29,8	1051	718	100
2006	15,2	918	755	118
2007	7,5	969	576	70
2008	2,9	699	616	64
2009	3,1	467	456	86
2010	16,5	504	-	-

Tabla 3.1 – Evolución de la media diaria de manchas solares en el período 2000 a 2010 y el número de varamiento de cetáceos en las costas del Mediterráneo, las costas del Reino Unido, y las costas estadounidenses del Golfo de México (elaboración propia a partir de varias fuentes).

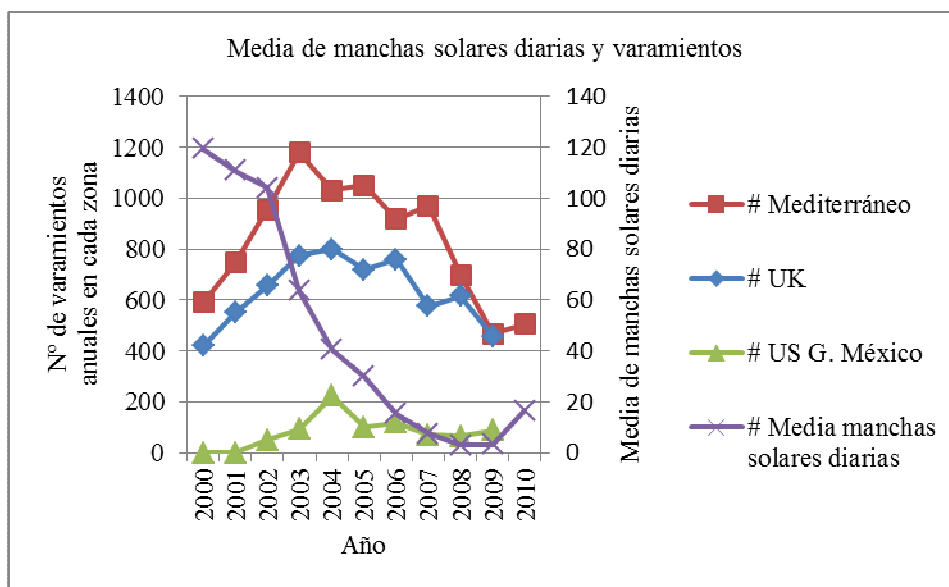


Figura 3.1 – Representación gráfica de la tabla 3.1 (elaboración propia).

Si se analiza la tabla 3.1 y la figura 3.1, se aprecia que el valor máximo del número medio diario de manchas solares se da en el año 2000, disminuyendo después progresivamente hasta el año 2008, fecha en la que alcanza un mínimo, y a partir de la cuál vuelve a crecer. Estos valores corresponden aproximadamente con el máximo y el mínimo del ciclo solar 23º, como puede observarse comparando con la información que da la figura 2.1. Si se contrastan estos valores con los datos de varamientos en las tres

zonas elegidas (Mediterráneo, Reino Unido y Golfo de México) se aprecian tendencias diferentes. Si bien el máximo de número diario de manchas en el sol se da en el año 2000, el máximo de varamientos se da en el año 2003 para la zona del Mediterráneo, y 2004 para las zonas del Reino Unido y del Golfo de México. A partir de esas fechas y hasta 2009 se da un decrecimiento en el número de varamientos en todas las zonas, tendencia que coincide con la disminución del número medio de manchas solares hasta 2008.

A la vista de esta situación, no puede concretarse que haya correlación entre número medio de manchas solares y número de varamientos; si bien cuando éstos decrecen aquéllas también lo hacen, no se da la misma tendencia con el crecimiento de del número de varamientos, pues cuando éstos aumentan, el número medio diario de manchas solares disminuye.

3.2. Correlaciones entre valores mínimos del *Dst*, variaciones locales del campo magnético, y número de varamientos en las tres regiones durante el periodo de estudio.- En este epígrafe se hace una selección de los días con más actividad geomagnética en cada año del estudio; en general se han buscado días con valores de *Dst* menores a -100 nT, y se compara ese nivel de *Dst* con las variaciones locales de campo magnético y los varamientos producidos en esa fecha en las tres regiones seleccionadas.

En este epígrafe se pretende comparar, para cada año del estudio, el *Dst*, las variaciones relevantes del campo magnético local en esa fecha para cada estación de referencia, a la vez que se registra el número de varamientos producidos desde el mínimo *Dst* y durante un plazo de siete días adicionales. Se han registrado encallamientos hasta siete días después al mínimo *Dst* pensando que quizás los varamientos podrían producirse con cierto retardo. Con este procedimiento se pretende analizar si se producen encallamientos de cetáceos en fechas próximas después de esa actividad geomagnética. Para aquellos años con actividad geomagnética moderada (de forma especial, entre 2004 y 2010) también se han buscado mínimos relativos del *Dst*, aunque sus valores sean mayores a -100 nT. Con ello se pretende tener datos en todo momento del ciclo solar, de manera que existan antecedentes en épocas de máximo y mínimo solar.

Dentro de este epígrafe se incluyen varios subapartados, uno para cada año del período analizado, más otro de resumen.

3.2.1. Datos del año 2000.- Para el año 2000 sólo se disponen de fechas de varamientos de cetáceos para las aguas costeras del Mar Mediterráneo, aportada por *Bevacet*, por lo que no se harán valoraciones de la situación en las costas del Golfo de México ni de las costas del Reino Unido. La tabla 3.2 refleja los días del año 2000 con mayor actividad geomagnética, señalado la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos acontecidos desde el día del mínimo *Dst* hasta siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo, Toledo, el día elegido, así como el valor absoluto de la variación de H. Estas dos últimas columnas se han confeccionado empleando datos como los mostrados en la figura 2.6 del epígrafe 2.4, obtenidos de la página web de *Intermagnet* [www.intermagnet].

Fecha (aaaa_mmdd)	doy 2000	Dst (nT)	# Medit. + 7 d	H SPT (nT)	\Delta H SPT (nT)
2000_0111	11	-81	12	25632,37	125
2000_0123	23	-97	11	25612,18	50
2000_0212	43	-133	16	25593,30	170
2000_0406	97	-287	17	25611,14	340
2000_0407	98	-288	18	25542,24	230
2000_0524	145	-147	8	25614,84	230
2000_0608	160	-90	12	25650,47	120
2000_0715	197	-289	3	25619,56	480
2000_0716	198	-301	5	25556,23	190
2000_0812	225	-235	14	25572,46	240
2000_0917	261	-201	10	25639,01	360
2000_0918	262	-193	9	25593,27	210
2000_1004	278	-143	8	25603,96	180
2000_1005	279	-175	10	25564,03	170
2000_1014	288	-107	9	25617,93	145
2000_1029	303	-127	9	25600,86	70
2000_1106	311	-159	14	25599,60	180
2000_1107	312	-152	10	25606,94	140
2000_1110	315	-96	11	25628,58	130
2000_1127	332	-80	6	25633,37	110
2000_1128	333	-73	7	25626,11	110
2000_1129	334	-119	5	25605,88	140

Tabla 3.2 – Datos del año 2000 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en el Mediterráneo, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación de San Pablo-Toledo, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

Si se analizan los datos representados en la tabla 3.2 y la figura 3.2 se observa que días (por ejemplo *doy* 97, 98, 197, 198) con valores mínimos del *Dst* (-287 nT, -288 nT, -289 nT, -301 nT), se corresponden con grandes variaciones de $|\Delta H|$ (340 nT, 230 nT, 480 nT, 190 nT). Así pues, mínimos valores del *Dst* generan máximas variaciones locales de la componente horizontal del campo magnético, que es lo que cabe esperar. Sin embargo, no se observa que estos días de gran actividad geomagnética (por ejemplo *doy* 97, 98, 197, 198) impliquen siempre el máximo número de varamientos (17, 18, 3, 5). Curiosamente los *doy* (197, 198) de mínimo *Dst* (-289 nT, -301 nT), tienen asociados los menores varamientos en los siete días siguientes (3, 5 respectivamente).

A la vista de estos hechos, no puede concluirse que, de los datos obtenidos en 2000, se infiera que un máximo en la actividad geomagnética implique un máximo en el número de varamientos.

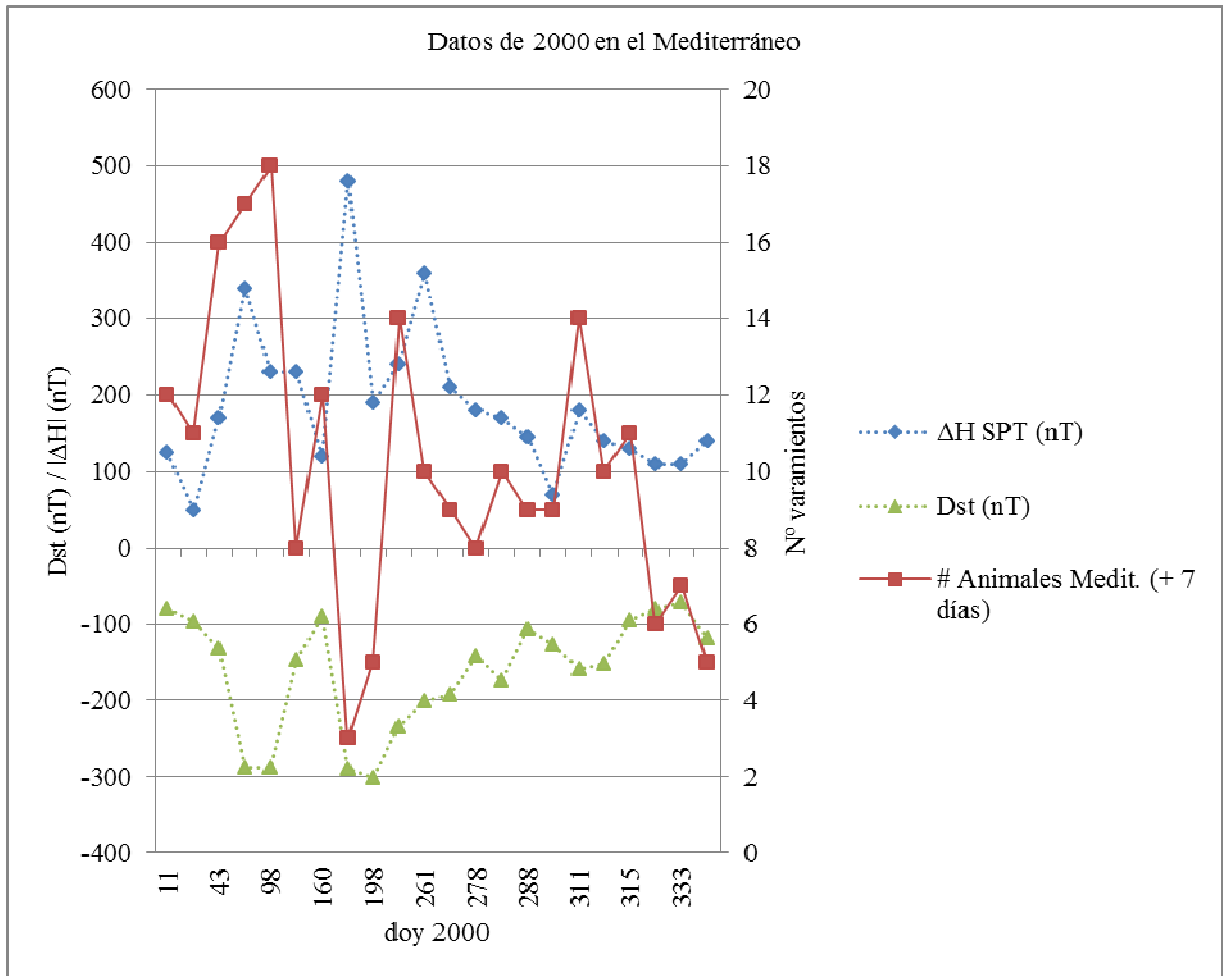


Figura 3.2 – Representación gráfica de la tabla 3.2 (elaboración propia).

3.2.2. Datos de 2001.- Para 2001, como ocurre con el año 2000, sólo se disponen de fechas de varamientos de cetáceos para las aguas de las costas del Mar Mediterráneo, aportada por *Bevacet*, por lo que tampoco se harán valoraciones de la situación en las costas del Golfo de México ni de las costas del Reino Unido. La tabla 3.3 refleja los días del año 2001 con mayor actividad geomagnética, señalando la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo, Toledo, el día elegido, así como el valor absoluto de la variación. Estas dos últimas columnas se han confeccionado empleado datos como los mostrados en la figura 2.6 del epígrafe 2.4, obtenidos de *Intermagnet* [www.intermagnet].

Fecha (aaaa_mmdd)	doy 2001	Dst (nT)	# Medit. + 7d	H SPT (nT)	\Delta H SPT (nT)
2001_0124	24	-61	5	25642,69	90
2001_0213	44	-50	9	25672,29	100
2001_0331	90	-387	23	25548,06	600
2001_0411	101	-271	22	25632,15	280
2001_0510	130	-76	21	25660,32	60
2001_0618	168	-61	20	25674,39	85
2001_0817	229	-105	29	25678,51	150
2001_0926	269	-102	20	25648,14	100
2001_1001	274	-148	28	25637,51	95
2001_1003	276	-166	23	25604,81	140
2001_1021	294	-187	18	25642,69	240
2001_1028	301	-157	13	25621,57	170
2001_1106	310	-292	5	25546,08	330
2001_1124	328	-221	5	25599,93	310

Tabla 3.3 – Datos del año 2001 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en el Mediterráneo, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación de San Pablo-Toledo, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

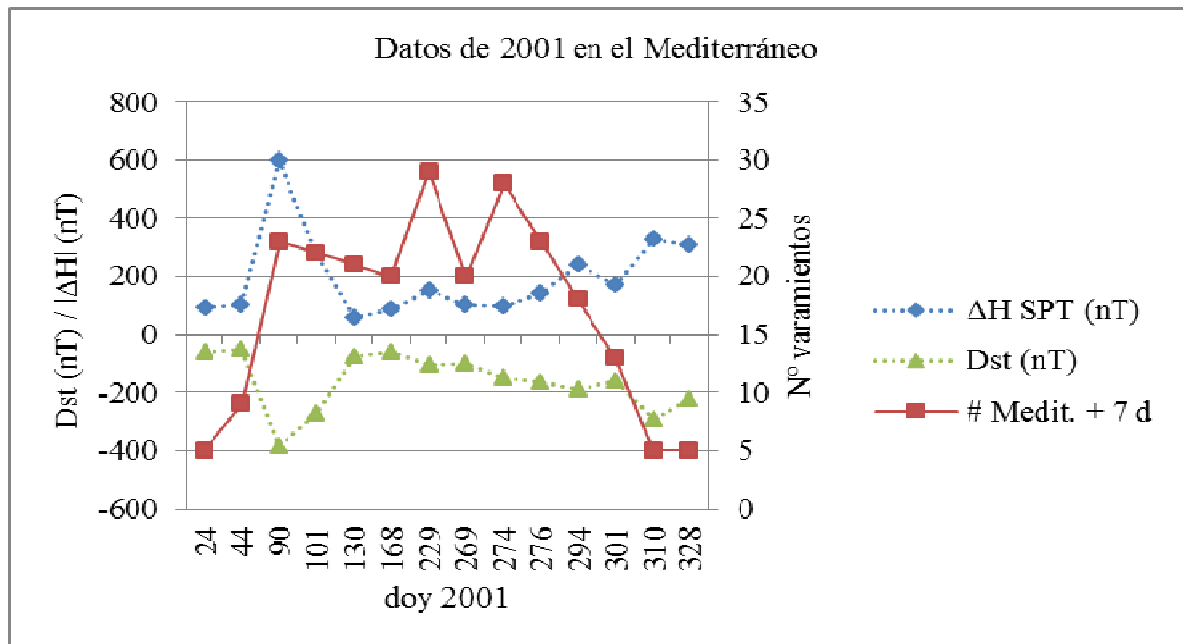


Figura 3.3 – Representación gráfica de la tabla 3.3 (elaboración propia).

3.2.3. Datos de 2002.- 2002 es el primer año del periodo elegido en el que se tienen datos de las tres zonas elegidas. La forma de presentar la información obtenida será en orden creciente según su latitud, es decir, primero se presentan datos de la costa del

Golfo de México, después los de las aguas costeras del Mar Mediterráneo y a continuación datos de las costas del Reino Unido.

La tabla 3.4 proporciona datos geomagnéticos junto con otros relativos a varamientos en la costa estadounidense del Golfo de México de 2002. En la tabla aparecen la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación Del Río, Texas, el día elegido, así como el valor absoluto de la variación de dicha componente horizontal. Estas dos últimas columnas se han confeccionado empleado datos como los mostrados en la figura 2.6 del epígrafe 2.4, obtenidos de *Intermagnet* [www.intermagnet].

La figura 3.4 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.4, concretamente la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación Del Río, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), que se representa en el eje de abscisas.

Fecha (aaaa_mmdd)	doy 2002	Dst (nT)	# US + 7 d	H DLR (nT)	 \Delta H DLR (nT)
2002_0202	33	-86	2	25426,76	95
2002_0205	36	-82	2	25435,48	115
2002_0301	60	-65	2	25421,42	85
2002_0324	83	-100	2	25408,16	80
2002_0418	108	-127	2	25384,67	95
2002_0420	110	-149	1	25376,78	115
2002_0511	131	-110	0	25430,33	180
2002_0523	143	-109	0	25430,44	290
2002_0802	214	-102	2	25402,74	100
2002_0821	233	-106	1	25391,60	120
2002_0904	247	-109	0	25390,37	135
2002_0908	251	-181	0	25357,68	170
2002_0911	254	-90	0	25396,15	120
2002_1001	274	-176	2	25381,35	180
2002_1004	277	-146	1	25360,03	145
2002_1007	280	-115	0	25377,17	85
2002_1014	287	-100	0	25408,13	50
2002_1024	297	-98	0	25385,20	150
2002_1121	325	-128	0	25370,68	125

Tabla 3.4 – Datos del año 2002 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en la costa estadounidense del Golfo de México, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación Del Río, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

Del análisis de la tabla 3.4 y la figura 3.4 se observa que, en general, el número de varamientos registrados en la zona del Golfo de México es muy exiguo, habiéndose constatado dos encallamientos como máximo en diferentes días. Esto hecho debe hacer reflexionar si el número de datos de varamientos resulta representativo para obtener conclusión alguna. En cualquier caso, no parece haber correspondencia con máximos de actividad geomagnética y máximos de varamientos. Si se consideran los días de mínimos valores de *Dst* (*doy*: 251, 274, *Dst*: -181 nT, -176 nT), se observa que se corresponden con ninguno y dos varamientos, respectivamente. Por otro lado, en el *doy* 60, con un *Dst* de -65 nT también se produjeron dos encallamientos, mientras que en el *doy* 325, con un *Dst* registrado de -128 nT no se registró varamiento alguno. Se comprueba que mínimos del *Dst* se corresponden con variaciones locales de H (ΔH).

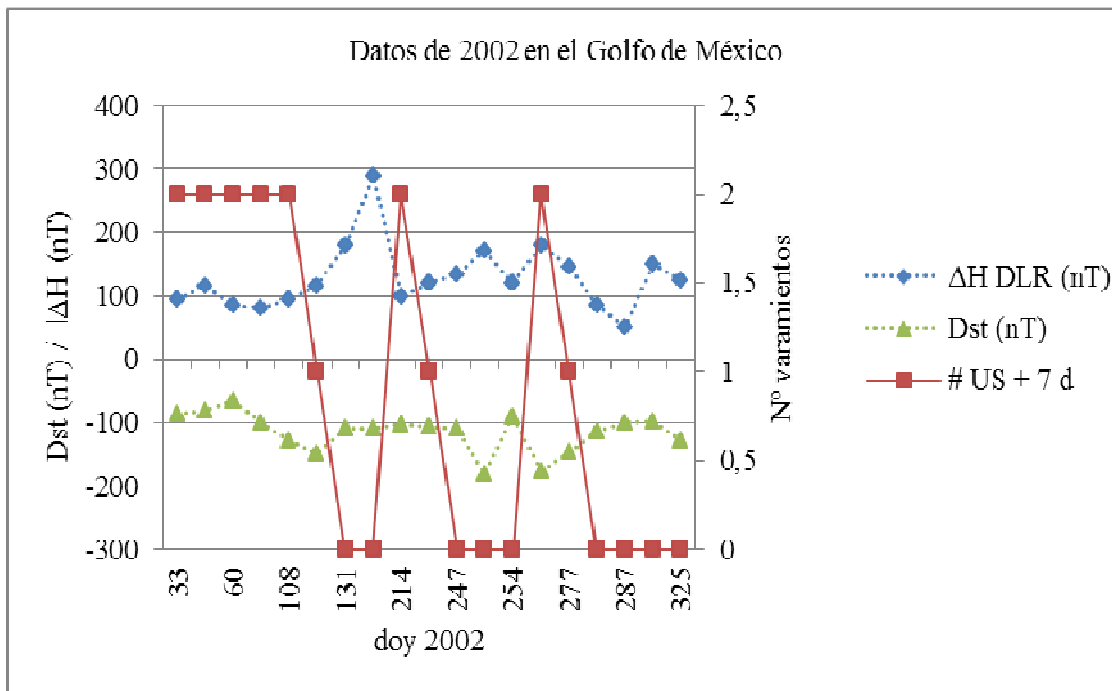


Figura 3.4 – Representación gráfica de la tabla 3.4 (elaboración propia).

La tabla 3.5 proporciona datos geomagnéticos de 2002 junto con otros relativos a varamientos en la zona de la costa del Mar Mediterráneo proporcionada por *Bevacet*. En la tabla aparecen la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo-Toledo en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H.

La figura 3.5 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.5: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo-Toledo, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), que se representa en el eje de abscisas.

Fecha (aaaa_mmdd)	doy 2002	Dst (nT)	# Medit. + 7 d	H SPT (nT)	\Delta H SPT (nT)
2002_0202	33	-86	24	25665,86	75
2002_0205	36	-82	22	25671,26	135
2002_0301	60	-65	27	25669,25	60
2002_0324	83	-100	46	25660,38	105
2002_0418	108	-127	31	25646,08	140
2002_0420	110	-149	30	25647,73	140
2002_0511	131	-110	42	25681,60	115
2002_0523	143	-109	25	25693,50	240
2002_0802	214	-102	19	25689,71	85
2002_0821	233	-106	28	25667,05	70
2002_0904	247	-109	14	25670,78	135
2002_0908	251	-181	15	25652,46	110
2002_0911	254	-90	15	25673,12	80
2002_1001	274	-176	14	25632,46	220
2002_1004	277	-146	9	25650,11	95
2002_1007	280	-115	15	25654,80	100
2002_1014	287	-100	24	25686,11	115
2002_1024	297	-98	13	25669,75	125
2002_1121	325	-128	22	25660,11	120

Tabla 3.5 – Datos del año 2002 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en las costas del Mediterráneo, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación de San Pablo-Toledo, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

Estudiando la tabla 3.5 y la figura 3.5 se observa que, en general, no parece haber correspondencia con máximos de actividad geomagnética y máximos de varamientos. Si se consideran los días de mínimos valores de *Dst* (*doy*: 251, 274, *Dst*: -181 nT, -176 nT), se observa que se corresponden con 15 y 14 varamientos, respectivamente. Los mayores varamientos registrados se dan para *doy* 83 y *doy* 131 con 46 y 42 encallamientos respectivamente, que a su vez se corresponden con mínimos *Dst* de -100 nT y -110 nT. Es decir, los máximos varamientos no se dan con mínimos valores de *Dst*, ni los mínimos valores de *Dst* se corresponden con máximos varamientos. Sí se aprecian correlaciones entre valores mínimos de *Dst* y variaciones de la componente horizontal H del campo magnético local, como resulta previsible pensar.

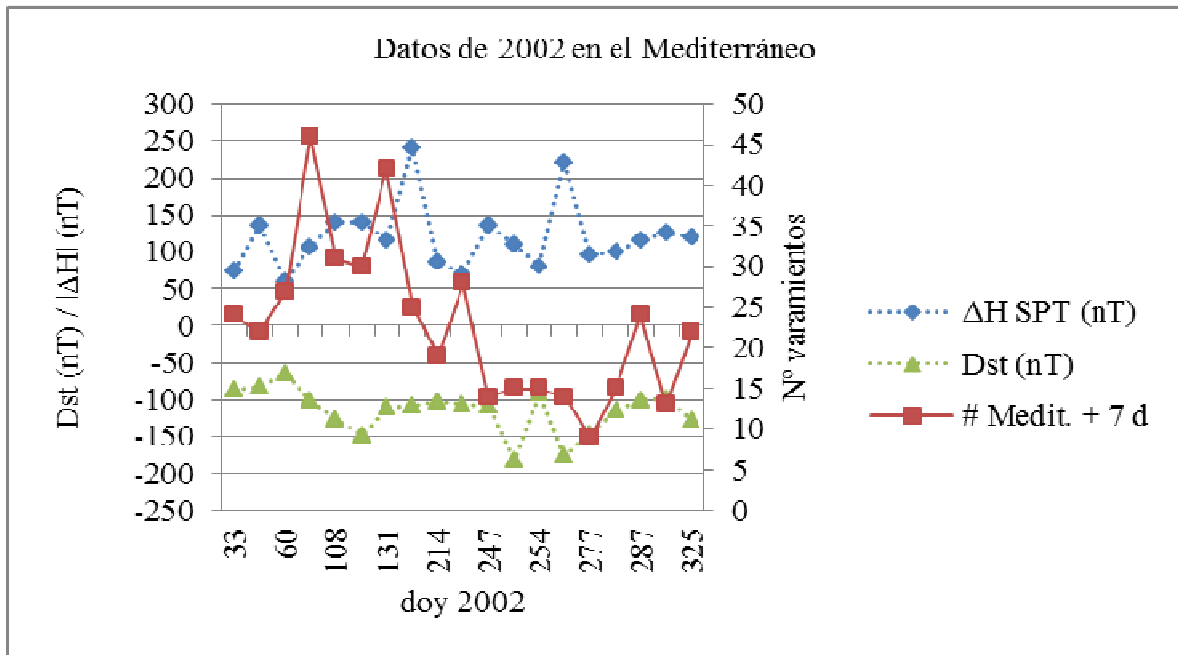


Figura 3.5 – Representación gráfica de la tabla 3.5 (elaboración propia).

A continuación se presenta información referente a varamientos en las aguas costeras de Reino Unido durante 2002. La tabla 3.6 proporciona datos sobre la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Hartland en el día señalado, así como el valor absoluto de esta variación.

La figura 3.6 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.6: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Hartland, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), que se representa en el eje de abscisas.

Analizando dichos datos se observa que el número de varamientos registrados es menor que el que se obtiene en el ámbito del Mar Mediterráneo con *Bevacet*, y del mismo orden de magnitud que los datos proporcionados por la *NOAA* para 2002 en el Golfo de México. Puede apreciarse que, en general, tampoco parece haber correspondencia con máximos de actividad geomagnética y máximos de varamientos. Los días de mínimos valores de *Dst* (*doy*: 251, 274, *Dst*: -181 nT, -176 nT), se corresponden con dos y ningún varamiento, respectivamente. Los mayores varamientos registrados se dan para *doy* 143 y *doy* 33 con 7 y 6 encallamientos respectivamente, que a su vez se corresponden con mínimos *Dst* de -109 nT y -86 nT. Es decir, los máximos varamientos no se dan con mínimos valores de *Dst*, ni los mínimos valores de *Dst* se corresponden con máximos varamientos. Sí se aprecian correlaciones entre valores mínimos de *Dst* y variaciones de la componente horizontal H del campo magnético local, como resulta previsible pensar.

Fecha (aaaa_mmdd)	doy 2002	<i>Dst</i> (nT)	# UK + 7 d	H HAD (nT)	\Delta H HAD (nT)
2002_0202	33	-86	6	19513,59	85
2002_0205	36	-82	4	19516,57	105
2002_0301	60	-65	6	19514,11	60
2002_0324	83	-100	5	19511,69	105
2002_0418	108	-127	2	19496,70	190
2002_0420	110	-149	3	19498,95	140
2002_0511	131	-110	1	19532,24	120
2002_0523	143	-109	7	19548,89	220
2002_0802	214	-102	2	19532,58	120
2002_0821	233	-106	1	19512,14	100
2002_0904	247	-109	3	19524,52	135
2002_0908	251	-181	2	19496,86	130
2002_0911	254	-90	2	19514,06	70
2002_1001	274	-176	0	19489,23	160
2002_1004	277	-146	1	19498,38	180
2002_1007	280	-115	1	19502,91	125
2002_1014	287	-100	1	19529,17	120
2002_1024	297	-98	1	19514,20	150
2002_1121	325	-128	3	19510,08	115

Tabla 3.6 – Datos del año 2002 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en las costas del Reino Unido, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación de Hartland, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

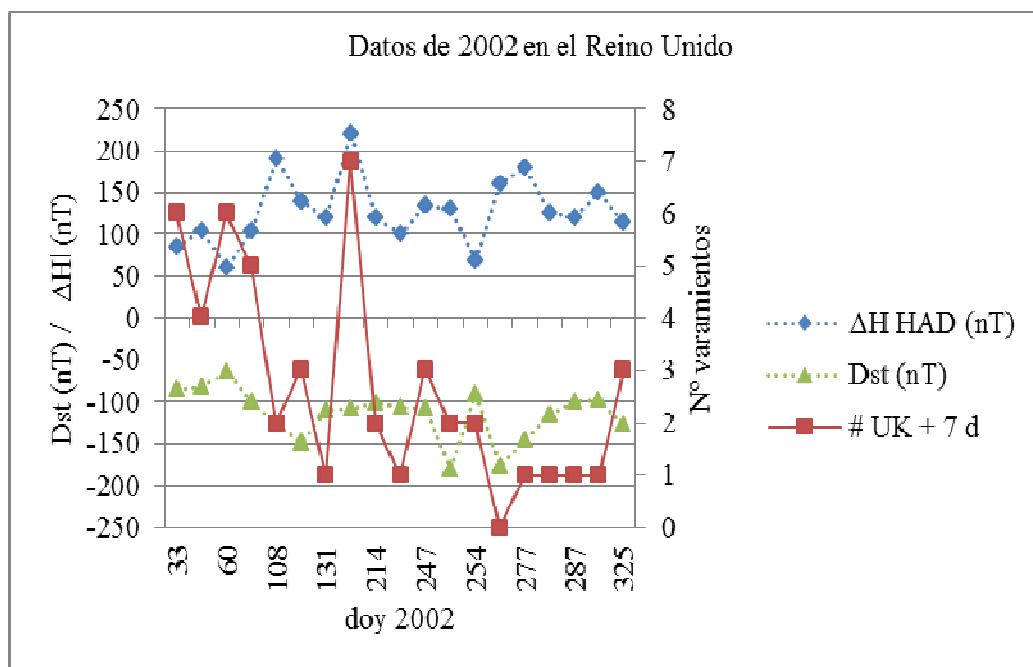


Figura 3.6 – Representación gráfica de la tabla 3.6 (elaboración propia).

3.2.4. Datos de 2003.- Para este año del periodo de estudio se tienen datos en dos de las zonas elegidas: la costa del Golfo de México y las aguas costeras del Mar Mediterráneo. Los datos se presentan en este orden.

La tabla 3.7 proporciona datos geomagnéticos junto con otros relativos a varamientos en la costa estadounidense del Golfo de México de 2003. En la tabla aparecen la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación Del Río, Texas, el día elegido, así como el valor absoluto de la variación de dicha componente horizontal.

La figura 3.7 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.7; se aprecian la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación Del Río, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), que se representa en el eje de abscisas.

Fecha (aaaa_mmdd)	doy 2003	Dst (nT)	# US + 7 d	H DLR (nT)	 \Delta H DLR (nT)
2003_0130	30	-66	3	25399,90	90
2003_0204	35	-74	1	25386,83	60
2003_0227	58	-66	1	25379,79	85
2003_0320	79	-64	10	25393,64	120
2003_0401	91	-68	10	25381,58	54
2003_0501	121	-78	2	25374,12	130
2003_0510	130	-84	3	25372,04	90
2003_0529	150	-144	0	25368,07	270
2003_0602	153	-91	1	25382,09	60
2003_0618	169	-141	0	25353,30	135
2003_0712	193	-105	2	25352,06	135
2003_0716	197	-90	1	25372,14	80
2003_0818	230	-148	0	25321,32	145
2003_1029	302	-350	3	25274,77	700
2003_1030	304	-383	3	25182,61	320
2003_1120	324	-422	1	25237,15	540

Tabla 3.7 – Datos del año 2003 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en la costa estadounidense del Golfo de México, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación Del Río, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

Estudiando la tabla 3.7 y la figura 3.7 se observa que, en general, el número de varamientos registrados en la zona del Golfo de México es del mismo orden de magnitud que en 2002, habiendo registrado como máximo diez encallamientos para

valores mínimos del *Dst*. No se aprecia correspondencia entre máximos de actividad geomagnética y máximos de varamientos. Si se analizan los días de mínimos valores de *Dst* (*doy*: 324, 302, 150; *Dst*: -422 nT, -350 nT, -144 nT), se encuentran uno, tres y ningún varamientos, respectivamente. Por otro lado, los máximos varamientos (diez animales) se dan en el *doy* 79 y el *doy* 91 (con un *Dst* de -64 nT y -68 nT respectivamente). Se comprueba que mínimos del *Dst* se corresponden con amplias variaciones locales de H (ΔH), como se aprecia en el *doy* 302 y el *doy* 324 de la tabla 3.7.

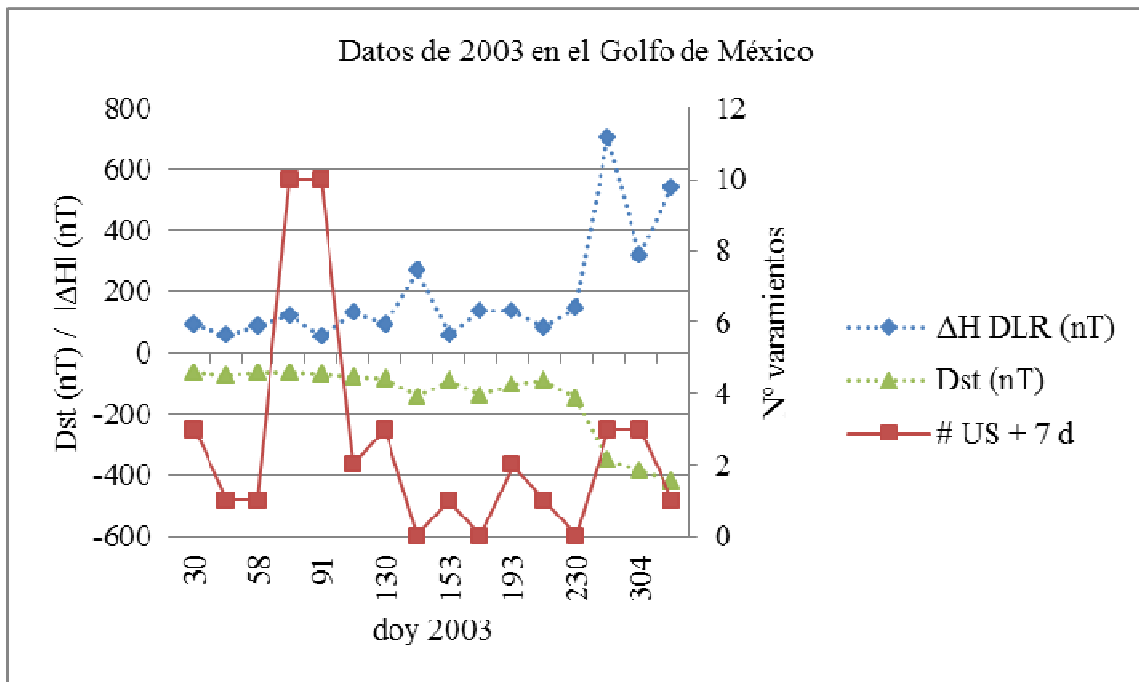


Figura 3.7 – Representación gráfica de la tabla 3.7 (elaboración propia).

La tabla 3.8 muestra datos geomagnéticos de 2003 junto con encallamientos en la zona de la costa del Mar Mediterráneo. En la tabla aparecen la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo-Toledo en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H.

La figura 3.8 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.8: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo-Toledo, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), que se representa en el eje de abscisas.

A la vista de la información proporcionada por la tabla 3.8 y la figura 3.8, no se observa correspondencia entre máximos de actividad geomagnética y máximos de varamientos. Si se consideran los días de mínimos valores de *Dst* (*doy*: 324, 302, 150; *Dst*: -422 nT, -350 nT, -144 nT) se encuentran, respectivamente, 33, 24 y 18 varamientos. Por otro lado, los máximos varamientos (40 y 38 animales) se dan en el *doy* 130 y el *doy* 91 (con un *Dst* de -84 nT y -68 nT, respectivamente). Se comprueba

que mínimos del *Dst* se corresponden con amplias variaciones locales de H ($|\Delta H|$), como se aprecia en el *doy* 324 y el *doy* 302 de la tabla 3.8.

Fecha (aaaa_mmdd)	<i>doy</i> 2003	<i>Dst</i> (nT)	# Medit. + 7 d	H SPT (nT)	$ \Delta H $ SPT (nT)
2003_0130	30	-66	15	25688,26	90
2003_0204	35	-74	15	25684,03	54
2003_0227	58	-66	31	25683,59	75
2003_0320	79	-64	28	25699,54	90
2003_0401	91	-68	38	25695,20	60
2003_0501	121	-78	28	25688,65	56
2003_0510	130	-84	40	25700,91	95
2003_0529	150	-144	18	25706,17	220
2003_0602	153	-91	24	25700,09	120
2003_0618	169	-141	25	25683,79	125
2003_0712	193	-105	31	25693,41	110
2003_0716	197	-90	25	25692,26	145
2003_0818	230	-148	26	25651,56	160
2003_1029	302	-350	24	25608,14	510
2003_1030	304	-383	26	25553,57	340
2003_1120	324	-422	33	25548,36	550

Tabla 3.8 – Datos del año 2003 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en las costas del Mediterráneo, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación de San Pablo-Toledo, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

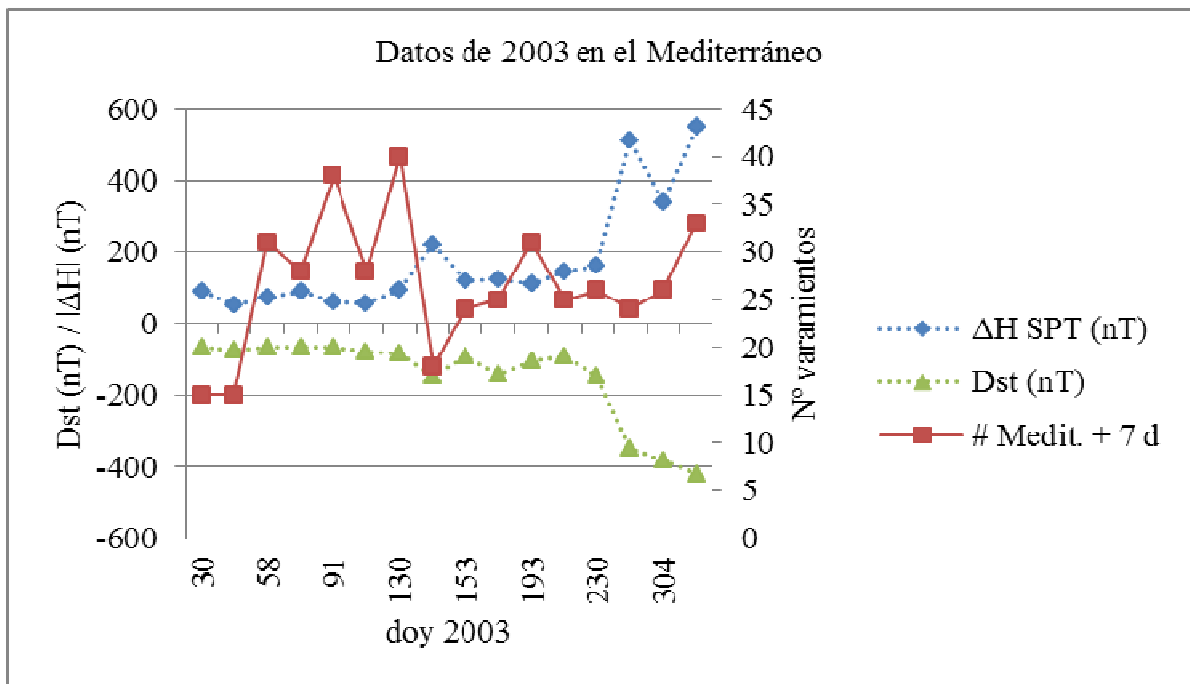


Figura 3.8 – Representación gráfica de la tabla 3.8 (elaboración propia).

3.2.5. Datos de 2004.- Para este año del periodo de estudio, se tienen datos en dos de las zonas elegidas: la costa del Golfo de México y las aguas costeras del Mar Mediterráneo. Los datos se presentan en este orden.

La tabla 3.9 ofrece datos geomagnéticos junto con otros relativos a varamientos en la costa estadounidense del Golfo de México relativos a 2004. En la tabla aparecen la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación Del Río, Texas, el día elegido, así como el valor absoluto de la variación de dicha componente horizontal. Debe señalarse que las lecturas geomagnéticas del *doy* 258 fueron sustituidos por la estación de reserva de Tucson (TUC), Arizona, tal y como se preveía en la tabla 2.3, epígrafe 2.4; esto se debe a que la estación Del Río no proporciona datos para el 14 de septiembre de 2004.

Fecha (aaaa_mmdd)	<i>doy</i> 2004	<i>Dst</i> (nT)	# US + 7 d	H DLR (nT)	\Delta H DLR (nT)
2004_0122	22	-130	4	25344,12	105
2004_0211	42	-93	2	25370,32	95
2004_0310	70	-78	60	25334,92	110
2004_0404	95	-117	9	25355,66	160
2004_0528	149	-29	2	25383,99	70
2004_0607	159	-29	0	25375,70	60
2004_0723	205	-99	1	25328,95	120
2004_0725	207	-136	1	25288,47	190
2004_0727	209	-170	1	25286,94	310
2004_0830	243	-129	2	25327,61	210
2004_0914	258	-45	2	24604,78	90
2004_1013	287	-49	1	25326,53	70
2004_1108	313	-374	0	25179,24	300
2004_1110	315	-263	1	25225,51	200
2004_1213	348	-56	0	25322,56	80

Tabla 3.9 – Datos de 2004 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en la costa estadounidense del Golfo de México, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación Del Río, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes). Los datos del 14 de septiembre corresponden a medidas de la estación TUC.

La figura 3.9 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.9; en ella se observa la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación Del Río (excepto para el *doy* 258, como se ha mencionado previamente), el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), que se representa en el eje de abscisas.

Tras el análisis de la tabla 3.9 y la figura 3.9, se observa que no existe correspondencia entre el mínimo *Dst* y los máximos varamientos, y viceversa.

Efectivamente, los días de máxima actividad geomagnética (*doy* 313, 315, 209) tienen mínimos valores de *Dst* (-374 nT, -263 nT, -170 nT, respectivamente); para estos días, el número de encallamientos son ninguno, uno y otro. Sin embargo, para el *doy* 70, con un *Dst* de -78 nT, se contabilizaron 60 varamientos. Sí se aprecia correspondencia entre valores mínimos de *Dst* y máximas variaciones locales de la componente H del campo magnético local, como se aprecia en los datos de *doy* 313, 315, 209 y 243.

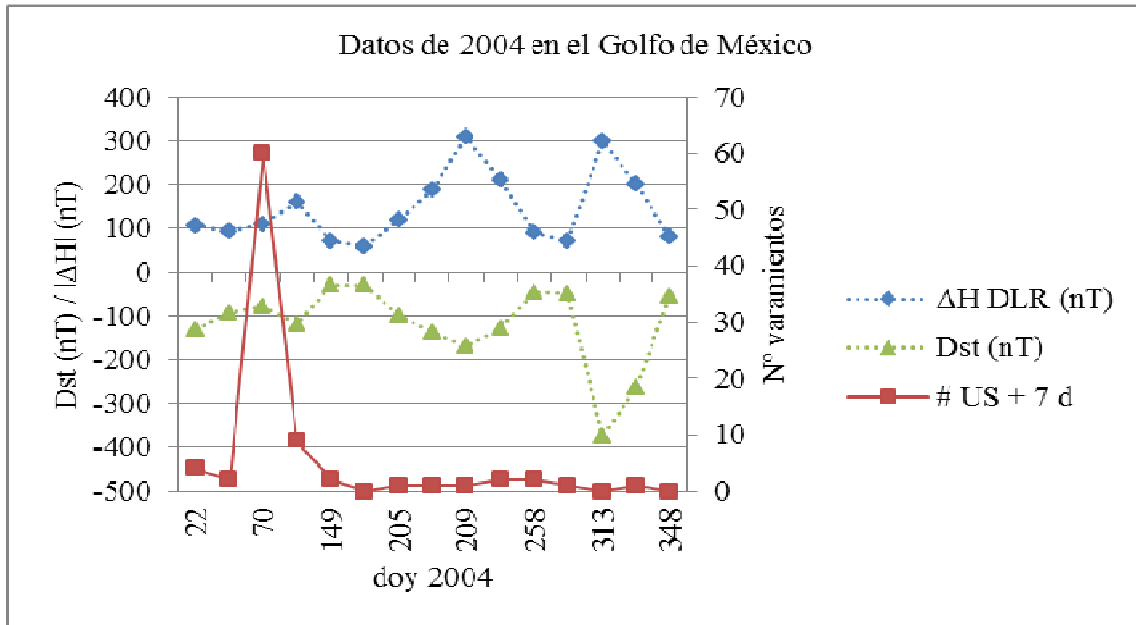


Figura 3.9 – Representación gráfica de la tabla 3.9 (elaboración propia).

La tabla 3.10 ilustra los datos geomagnéticos de 2004 junto con varamientos en la zona de la costa del Mar Mediterráneo. En la tabla aparecen la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo-Toledo en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H.

La figura 3.10 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.10: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo-Toledo, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), que se representa en el eje de abscisas.

Contrastando la información proporcionada por la tabla 3.10 y la figura 3.10, no se aprecia correspondencia entre máximos de actividad geomagnética y máximos de varamientos. Si se consideran los días de mínimos valores de *Dst* (*doy* 313, 315, 209, con valores respectivos de *Dst* -374 nT, -263 nT, -170 nT), se encuentran 16, 9 y 23 varamientos, respectivamente. Por otro lado, los máximos varamientos (42 y 28 animales) se dan en el *doy* 70 y los *doys* 205 y 207 (el primero con un *Dst* de -78 nT, el segundo con -99 nT, y el tercero -136 nT). Como en otras situaciones anteriores, se observa que mínimos del *Dst* se corresponden con amplias variaciones locales de H (ΔH), como se aprecia en el *doy* 209, el *doy* 315, el *doy* 207, y el *doy* 313.

Fecha (aaaa_mmdd)	doy 2004	Dst (nT)	# Medit. + 7 d	H SPT (nT)	\Delta H SPT (nT)
2004_0122	22	-130	15	25687,33	190
2004_0211	42	-93	23	25705,39	170
2004_0310	70	-78	42	25707,58	75
2004_0404	95	-117	17	25719,65	100
2004_0528	149	-29	22	25751,98	55
2004_0607	159	-29	18	25749,60	32
2004_0723	205	-99	28	25708,17	75
2004_0725	207	-136	28	25666,34	210
2004_0727	209	-170	23	25663,83	310
2004_0830	243	-129	20	25704,40	140
2004_0914	258	-45	20	25741,68	65
2004_1013	287	-49	11	25726,39	105
2004_1108	313	-374	16	25616,77	200
2004_1110	315	-263	9	25608,76	240
2004_1213	348	-56	21	25731,72	35

Tabla 3.10 – Datos de 2004 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en las costas del Mediterráneo, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación de San Pablo-Toledo, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

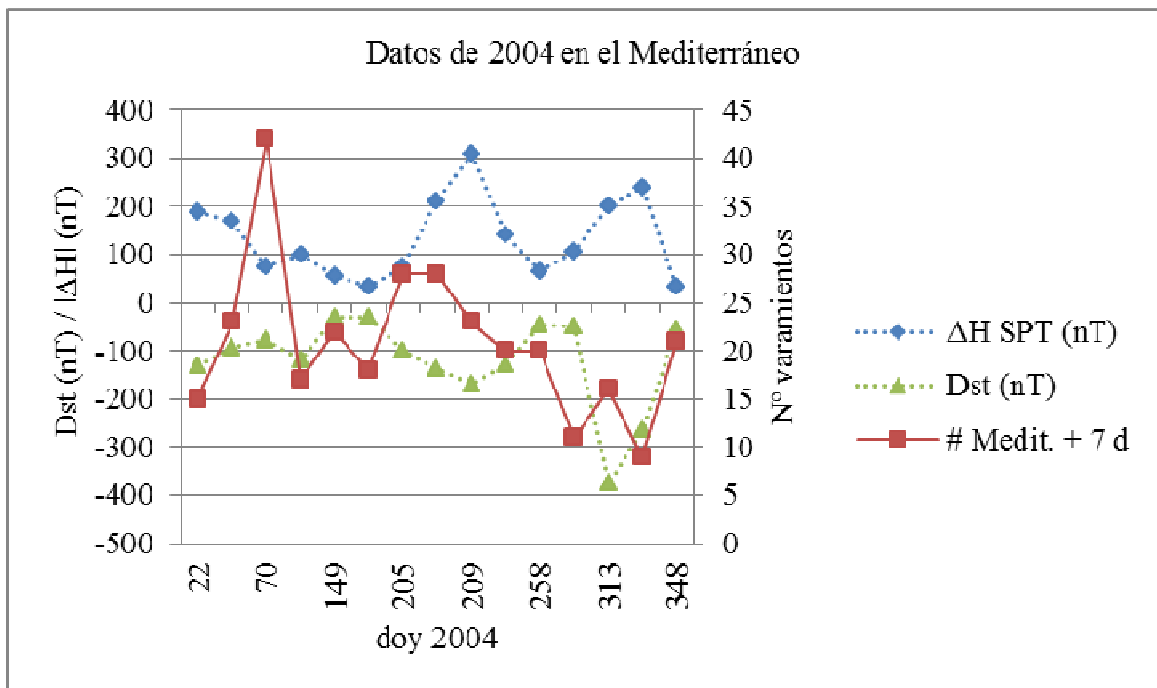


Figura 3.10 – Representación gráfica de la tabla 3.10 (elaboración propia).

3.2.6. Datos de 2005.- A continuación se presentan los datos de 2005 en la costa del Golfo de México y las aguas costeras del Mar Mediterráneo. Los datos se presentan en este orden.

La tabla 3.11 ofrece datos geomagnéticos junto con otros relativos a varamientos en la costa estadounidense del Golfo de México durante 2005. En la tabla aparecen la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación Del Río, Texas, el día elegido, así como el valor absoluto de la variación de dicha componente horizontal.

Fecha (aaaa_mmdd)	doy 2005	Dst (nT)	# US + 7 d	H DLR (nT)	 \Delta H DLR (nT)
2005_0108	8	-93	1	25301,66	260
2005_0118	18	-103	2	25290,50	140
2005_0122	22	-97	3	25293,52	75
2005_0218	49	-80	3	25302,01	140
2005_0405	95	-70	1	25332,45	130
2005_0508	128	-110	11	25309,34	130
2005_0515	135	-247	2	25290,41	380
2005_0530	150	-113	1	25291,16	155
2005_0613	164	-106	0	25296,53	115
2005_0623	174	-85	0	25287,01	90
2005_0710	191	-92	1	25306,05	170
2005_0824	236	-184	1	25284,09	220
2005_0831	243	-122	2	25298,77	170
2005_0911	254	-139	2	25285,60	220
2005_1031	304	-74	8	25302,82	80
2005_1119	323	-36	2	25315,44	80
2005_1211	345	-55	5	25292,22	95

Tabla 3.11 – Datos de 2005 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en la costa estadounidense del Golfo de México, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación Del Río, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

La figura 3.11 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.11; en ella se observa la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación Del Río, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), que se representa en el eje de abscisas.

Estudiando la tabla 3.11 y la figura 3.11 puede señalarse que, en general, no existe correspondencia entre el mínimo *Dst* y los máximos varamientos, y viceversa. Se comprueba que los días de máxima actividad geomagnética (*doy* 135, 236, 254) tienen

mínimos valores de *Dst* (-247 nT, -184 nT, -139 nT) y les corresponden dos, uno, y dos encallamientos respectivamente. Los mayores encallamientos, con once y ocho ejemplares, ocurren los días 128 y 304 del año 2005, a los corresponden mínimos *Dst* de -110 nT y -74 nT.

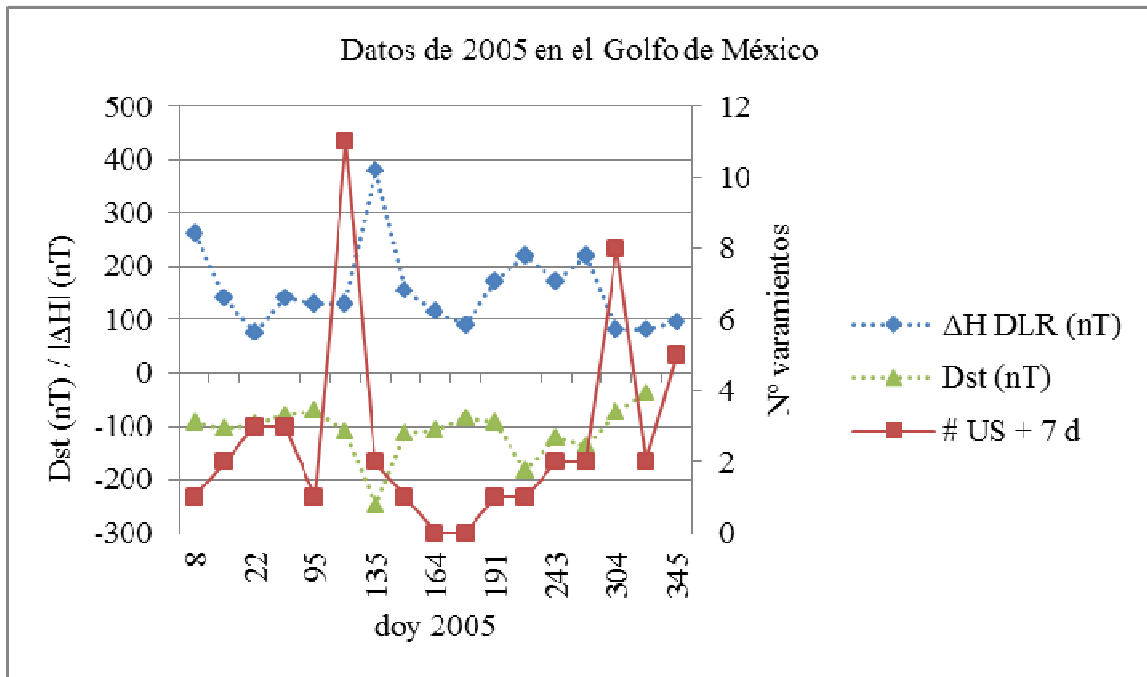


Figura 3.11 – Representación gráfica de la tabla 3.11 (elaboración propia).

La tabla 3.12 ilustra los datos geomagnéticos de 2005 junto con varamientos en la zona de la costa del Mar Mediterráneo. En la tabla aparecen la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo-Toledo en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H en la mencionada estación de San Pablo-Toledo.

La figura 3.12 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.12: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo-Toledo, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), que se representa en el eje de abscisas.

Analizando los datos recogidos en la tabla 3.12 y la figura 3.12, aquí sí se aprecia una ligera correspondencia entre máximos de actividad geomagnética y máximos de varamientos. Si se consideran los días de mínimos valores de *Dst* (*doy* 135, 236, 254) cuyos respectivos valores de *Dst* son -247 nT, -184 nT, y -139 nT, les corresponden 30, 34 y 15 varamientos.

Se observa que los encallamientos máximos que se dan son los siguientes: *doy* 236, 34 animales con *Dst* -184 nT; *doy* 95, 33 ejemplares con *Dst* -70 nT; *doy* 8, 31 cetáceos con *Dst* -93 nT; *doy* 243, 31 animales con *Dst* -122 nT. Por lo tanto, de los

cuatro días de 2005 de máximos encallamientos en el Mediterráneo, uno de ellos (*doy* 236) se corresponde con un mínimo *Dst*; los otros tres días de máximos varamientos (*doy* 8, 95, 243), también están asociados a destacada actividad geomagnética, si bien en el año 2005 existen días (*doy* 135, 254) con menores valores de *Dst*, y con menor número de varamientos.

Fecha (aaaa_mmdd)	<i>doy</i> 2005	<i>Dst</i> (nT)	# Medit. + 7 d	H SPT (nT)	Δ H SPT (nT)
2005_0108	8	-93	31	25720,69	80
2005_0118	18	-103	23	25696,43	155
2005_0122	22	-97	21	25697,31	85
2005_0218	49	-80	27	25732,27	110
2005_0405	95	-70	33	25738,06	85
2005_0508	128	-110	15	25709,20	125
2005_0515	135	-247	30	25717,06	310
2005_0530	150	-113	18	25708,07	135
2005_0613	164	-106	25	25735,23	75
2005_0623	174	-85	24	25752,29	125
2005_0710	191	-92	29	25736,65	140
2005_0824	236	-184	34	25712,16	380
2005_0831	243	-122	31	25731,29	190
2005_0911	254	-139	15	25712,90	250
2005_1031	304	-74	12	25748,27	115
2005_1119	323	-36	11	25769,56	60
2005_1211	345	-55	17	25745,08	95

Tabla 3.12 – Datos de 2005 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en las costas del Mediterráneo, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación de San Pablo-Toledo, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

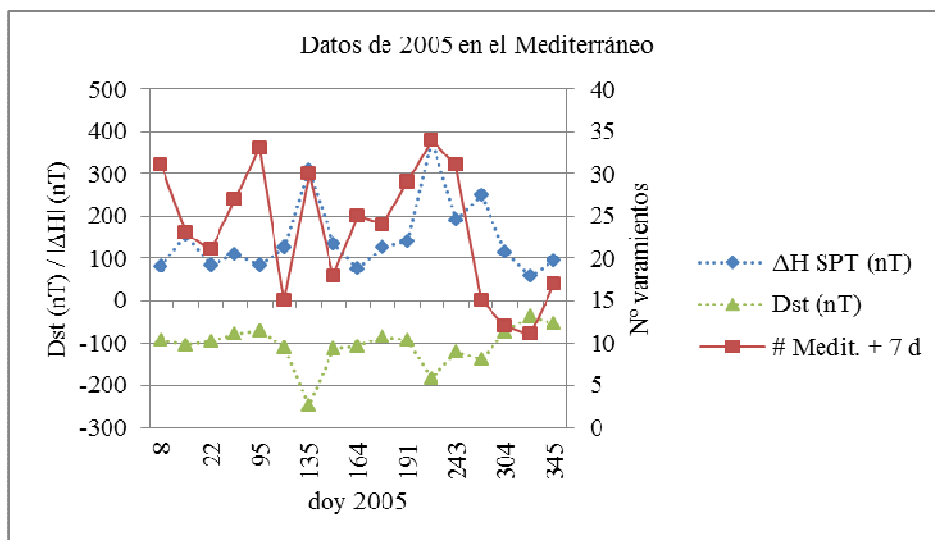


Figura 3.12 – Representación gráfica de la tabla 3.12 (elaboración propia).

3.2.7. Datos de 2006.- En el año 2006 se vuelve a tener información (parcial) de encallamientos en las costas del Reino Unido según su fecha de acontecimiento. A continuación se presentan los datos recogidos en la zona del Golfo de México, el Mar Mediterráneo y las costas británicas.

La tabla 3.13 ofrece datos geomagnéticos de 2006 junto con varamientos en la zona de la costa del Golfo de México. En la tabla aparecen la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación Del Río en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H en dicha estación.

Fecha (aaaa_mmdd)	<i>doy</i> 2006	<i>Dst</i> (nT)	# US + 7 d	H DLR (nT)	\Delta H DLR (nT)
2006_0102	2	-17	7	25325,88	46
2006_0126	26	-51	2	25286,34	85
2006_0206	37	-23	4	25288,36	60
2006_0220	51	-36	10	25299,60	60
2006_0307	66	-52	10	25290,59	90
2006_0319	78	-48	10	25285,53	115
2006_0405	95	-79	7	25273,55	62
2006_0409	99	-82	2	25278,11	100
2006_0414	104	-98	5	25268,37	100
2006_0506	126	-53	1	25303,22	110
2006_0518	138	-38	1	25306,64	70
2006_0606	157	-42	2	25308,31	85
2006_0616	167	-32	1	25292,93	44
2006_0705	186	-35	0	25288,35	58
2006_0728	209	-48	0	25280,35	65
2006_0807	219	-48	0	25285,69	90
2006_0820	232	-79	1	25258,95	120
2006_0827	239	-39	0	25296,43	65
2006_0904	247	-45	0	25282,61	100
2006_0924	267	-55	0	25275,60	75
2006_1001	274	-51	0	25263,53	80
2006_1014	287	-53	1	25263,38	75
2006_1029	302	-50	1	25264,16	55
2006_1110	314	-63	0	25256,00	125
2006_1130	334	-74	1	25260,37	65
2006_1206	340	-55	0	25263,19	90
2006_1215	349	-162	3	25211,01	260

Tabla 3.13 – Datos del año 2006 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en la costa estadounidense del Golfo de México, componente horizontal H

del campo magnético medido en la estación Del Río, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

La figura 3.13 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.13: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación Del Río, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), representado en el eje de horizontal.

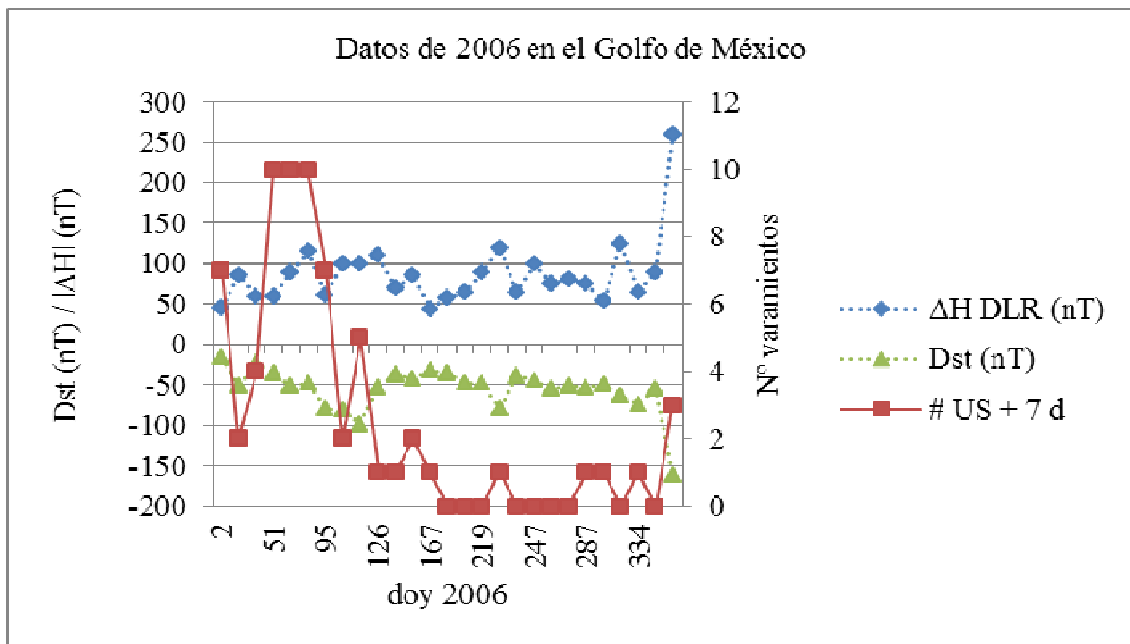


Figura 3.13 – Representación gráfica de la tabla 3.13 (elaboración propia).

Examinando los datos recogidos en la tabla 3.13 y la figura 3.13, no se observa una correspondencia biunívoca entre máximos de actividad geomagnética y máximos de varamientos. Analizando los días de mínimos valores de *Dst* (*doy* 349, 104, 99) cuyos valores de *Dst* son -162 nT, -98 nT, y -82 nT, se ve que les corresponden 3, 5, y 2 varamientos. Sin embargo, los días en que se producen los mayores encallamientos son los *doy* 51, 66 y 78, con diez varamientos cada uno de ellos, y cuyos valores mínimos de *Dst* son -36 nT, -52 nT y -48 nT respectivamente. Es decir, valores máximos de actividad geomagnética no se corresponden con valores máximos de varamiento de mamíferos marinos.

A continuación se presentan los datos geomagnéticos de 2006 junto con varamientos en la zona de los alrededores del Mar Mediterráneo, que se recogen en la tabla 3.14. En dicha tabla se muestra la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación San Pablo-Toledo en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H en dicha estación.

Como en los casos precedentes, la figura 3.14 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.14: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación San Pablo-Toledo, el número de

varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), representado en el eje de horizontal.

Fecha (aaaa_mmdd)	<i>doy</i> 2006	<i>Dst</i> (nT)	# Medit. +7 d	H SPT (nT)	\Delta H SPT (nT)
2006_0102	2	-17	14	25779,26	50
2006_0126	26	-51	15	25767,07	70
2006_0206	37	-23	14	25777,31	75
2006_0220	51	-36	20	25772,99	95
2006_0307	66	-52	25	25776,07	48
2006_0319	78	-48	16	25770,48	75
2006_0405	95	-79	19	25756,20	120
2006_0409	99	-82	24	25773,79	90
2006_0414	104	-98	16	25745,02	150
2006_0506	126	-53	24	25787,46	95
2006_0518	138	-38	56	25796,64	85
2006_0606	157	-42	28	25792,74	56
2006_0616	167	-32	26	25786,99	27
2006_0705	186	-35	35	25790,43	66
2006_0728	209	-48	11	25783,19	105
2006_0807	219	-48	14	25785,79	110
2006_0820	232	-79	21	25774,57	64
2006_0827	239	-39	8	25798,22	70
2006_0904	247	-45	16	25793,74	65
2006_0924	267	-55	10	25793,96	80
2006_1001	274	-51	11	25791,73	65
2006_1014	287	-53	16	25783,77	75
2006_1029	302	-50	16	25787,63	55
2006_1110	314	-63	14	25777,61	85
2006_1130	334	-74	10	25776,59	125
2006_1206	340	-55	7	25782,83	80
2006_1215	349	-162	4	25731,89	210

Tabla 3.14 – Datos del año 2006 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en las costas del Mediterráneo, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación de San Pablo-Toledo, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

Estudiando la información de la tabla 3.14 y la figura 3.14, no se encuentran relaciones entre máximos de actividad geomagnética y máximos de varamientos. Los días (*doy* 349, 104, 99) de mínimos valores de *Dst* cuyos valores de *Dst* son -162 nT, -98 nT, y -82 nT, se ve que les corresponden 4, 16, y 24 varamientos. Sin embargo, los días en que se producen los mayores encallamientos son los *doy* 138 y 186, con 56 y 35 varamientos cada uno de ellos, y cuyos valores mínimos de *Dst* son -38 nT y -35 nT

respectivamente. Es decir, valores máximos de actividad geomagnética no se corresponden con valores máximos de varamiento de mamíferos marinos.

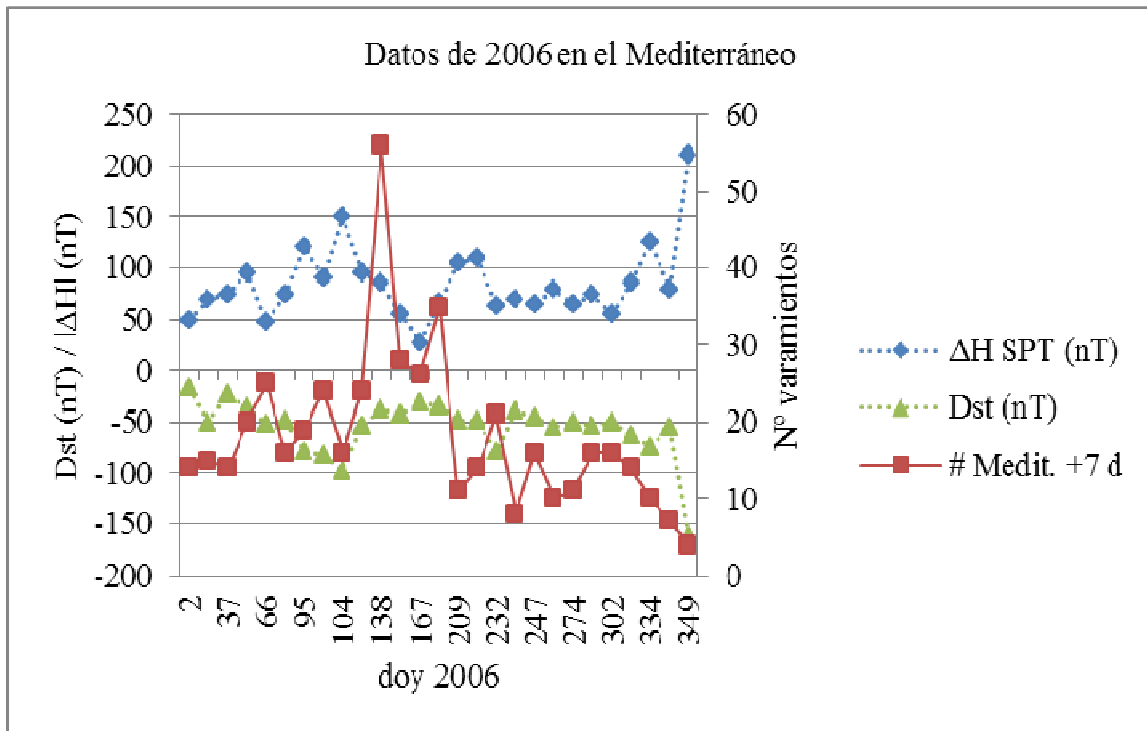


Figura 3.14 – Representación gráfica de la tabla 3.14 (elaboración propia).

Seguidamente se muestran los datos geomagnéticos de 2006 para las costas del Reino Unido, que se recogen en la tabla 3.15. En ella se muestran la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Hartland en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H en la dicha estación.

Como en los casos precedentes, la figura 3.15 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.15: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Hartland, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), representado en el eje de horizontal.

Estudiando la tabla 3.15 y la figura 3.15, no se aprecian correspondencias entre máximos de actividad geomagnética y máximos de varamientos. Los días de mínimos valores de *Dst* (*doy* 349, 104, y 99, cuyos valores son -162 nT, -98 nT, y -82 nT) se corresponden con 2, 8, y 10 varamientos respectivamente.

El mayor varamiento en costas británicas durante 2006 se produjo el *doy* 99 con diez varamientos y con un *Dst* de -82 nT. Se produjeron otros dos encallamientos, de ocho animales cada uno de ellos, los días *doy* 51 y 104; el segundo de estos días coincide con una jornada de elevada actividad geomagnética como ya se ha mencionado

previamente. Sin embargo, durante el *doy* 51, en el que se produjeron ocho varamientos, el valor extremo del *Dst* fue de -36 nT.

Por tanto, para los encallamientos ocurridos en 2006 en las costas británicas, el día de más encallamientos (*doy* 99) coincide con el tercer mínimo del valor *Dst*, -82 nT, y el segundo día con más encallamientos (*doy* 104) se corresponde con el segundo día del año 2006 con mayor actividad geomagnética. Sin embargo, el día con mayor actividad geomagnética (*doy* 349, *Dst* -162 nT) presenta un índice de encallamientos muy reducido, con dos ejemplares.

Fecha (aaaa_mmdd)	<i>doy</i> 2006	<i>Dst</i> (nT)	# UK + 7 d	H HAD (nT)	\Delta H HAD (nT)
2006_0102	2	-17	4	19591,47	30
2006_0126	26	-51	2	19850,85	75
2006_0206	37	-23	6	19587,37	80
2006_0220	51	-36	8	19586,75	100
2006_0307	66	-52	6	19588,21	30
2006_0319	78	-48	4	19579,63	90
2006_0405	95	-79	5	19572,78	110
2006_0409	99	-82	10	19585,61	125
2006_0414	104	-98	8	19561,45	160
2006_0506	126	-53	2	19595,63	80
2006_0518	138	-38	4	19607,68	75
2006_0606	157	-42	3	19606,48	85
2006_0616	167	-32	3	19594,95	58
2006_0705	186	-35	1	19598,11	75
2006_0728	209	-48	1	19593,83	115
2006_0807	219	-48	1	19597,27	115
2006_0820	232	-79	3	19584,69	60
2006_0827	239	-39	4	19603,67	75
2006_0904	247	-45	3	19598,83	85
2006_0924	267	-55	2	19597,38	110
2006_1001	274	-51	1	19597,37	80
2006_1014	287	-53	1	19589,99	85
2006_1029	302	-50	1	19592,70	60
2006_1110	314	-63	1	19584,37	95
2006_1130	334	-74	4	19586,42	110
2006_1206	340	-55	5	19589,44	90
2006_1215	349	-162	2	19539,25	240

Tabla 3.15 – Datos del año 2006 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en las costas del Reino Unido, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación de Hartland, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

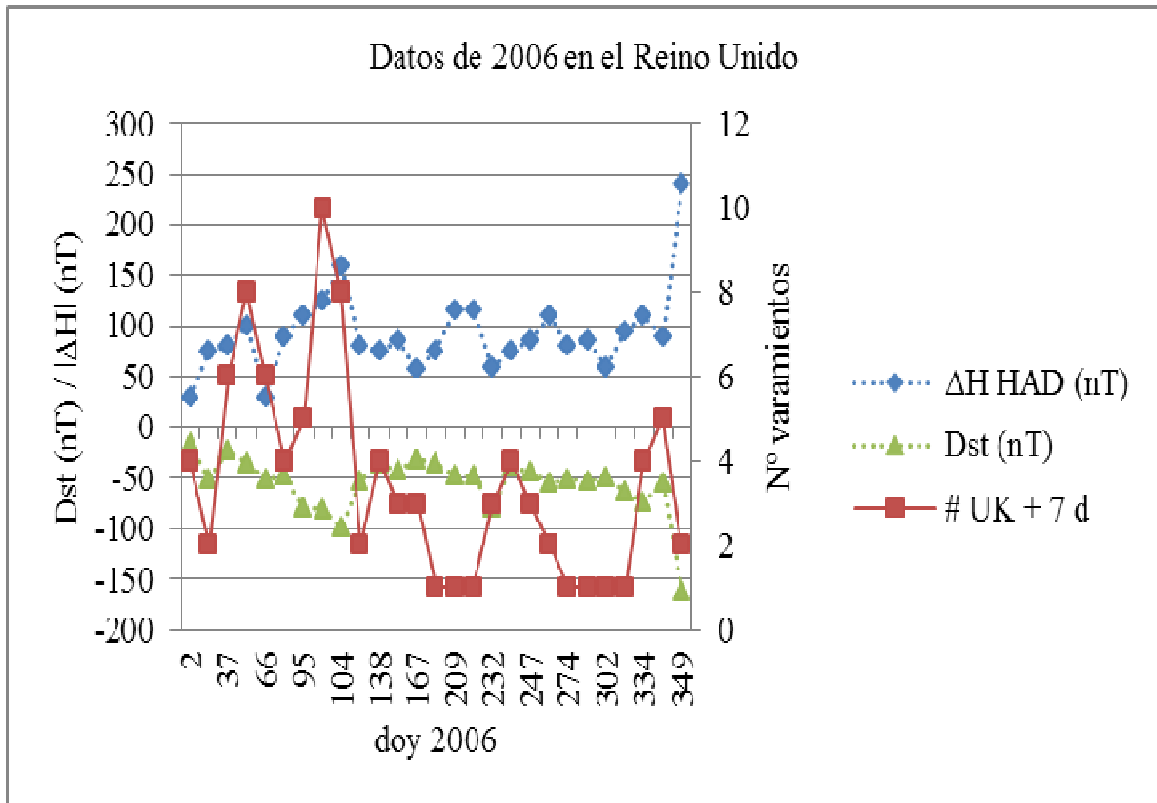


Figura 3.15 – Representación gráfica de la tabla 3.15 (elaboración propia).

3.2.8. Datos de 2007.- En este caso se tiene información en las tres zonas geográficas elegidas.

La tabla 3.16 ofrece datos geomagnéticos de 2007 junto con varamientos en la zona de la costa del Golfo de México. En la tabla aparecen la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido. Como se ha hecho en los datos de los años 2002 a 2006, se ha buscado la estación Del Río para determinar el campo magnético local; sin embargo, en la página web de *Intermagnet* [www.intermagnet] no se ha encontrado información sobre esta estación para los últimos días del año 2007. Por ello, los datos del campo magnético local a partir del 29 de septiembre (*doy* 272), se emplean datos de la segunda estación de referencia, en Tucson, Arizona.

La figura 3.16 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.16: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), representado en el eje horizontal. Como se ha mencionado, los datos están referidos a la estación DLR y, a partir de *doy* 272, se emplean datos de la segunda estación de referencia en Tucson, Arizona.

Al analizar los datos de la tabla 3.16 y la figura 3.16, se observa que los días de mayor actividad geomagnética corresponden con *doy* 83 y 91, que tienen valores *Dst* de -72 nT y -63 nT y a los que corresponden tres y ningún encallamiento, respectivamente. El día de mayor varamientos es precisamente *doy* 83, teniendo después varios días con dos encallamientos (*doy* 107, 172, 324, 351, con valores de *Dst* -33 nT, -28 nT, -59 nT, -33 nT).

Fecha (aaaa_mmdd)	<i>doy</i> 2007	<i>Dst</i> (nT)	# US + 7 d	H DLR, TUC (nT)	\Delta H DLR, TUC (nT)
2007_0129	29	-49	1	25261,32	58
2007_0324	83	-72	3	25254,47	70
2007_0401	91	-63	0	25258,71	100
2007_0417	107	-33	2	25270,75	46
2007_0428	118	-42	0	25249,88	80
2007_0430	120	-42	0	25249,65	70
2007_0523	143	-58	1	25243,71	145
2007_0621	172	-28	2	25255,06	90
2007_0715	196	-45	0	25240,07	60
2007_0811	223	-30	0	25247,11	44
2007_0929	272	-40	0	24684,71	66
2007_1025	298	-53	1	24696,88	85
2007_1120	324	-59	2	24693,76	85
2007_1217	351	-33	2	24696,80	75

Tabla 3.16 – Datos de 2007 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en la costa estadounidense del Golfo de México, componente horizontal H del campo magnético, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido empleando datos de la estación DLR hasta *doy* 223. A partir de *doy* 272 los datos del campo magnético corresponden a medidas de TUC (elaboración propia a partir de varias fuentes).

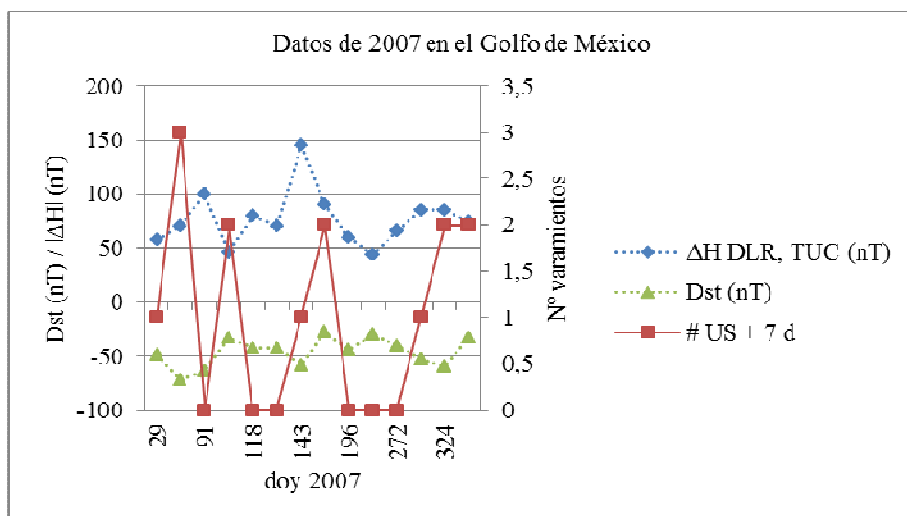


Figura 3.16 – Representación gráfica de la tabla 3.16. Los datos $|\Delta H|$ desde *doy* 272 se corresponden con los de la estación de TUC (elaboración propia).

Así pues, en este caso, el valor de mayor actividad geomagnética coincide con el mayor número de varamientos, pero los casos de segundos encallamientos no se corresponden con días de especial actividad geomagnética. En cualquier caso, el número de varamientos detectado es lo suficientemente pequeño para tomar estos datos con cierta cautela.

Seguidamente pueden consultarse los datos geomagnéticos en 2007 para la zona del Mar Mediterráneo, que se recogen en la tabla 3.17. Como es habitual, en esta tabla se muestra la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación San Pablo-Toledo en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H en la dicha estación.

Similarmente, como en los casos precedentes, la figura 3.17 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.17: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación San Pablo-Toledo, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), representado en el eje de horizontal.

Fecha (aaaa_mmdd)	doy 2007	Dst (nT)	# Medit. + 7 d	H SPT (nT)	 \Delta H SPT (nT)
2007_0129	29	-49	30	25791,60	40
2007_0324	83	-72	20	25800,21	60
2007_0401	91	-63	26	25798,56	75
2007_0417	107	-33	22	25814,89	52
2007_0428	118	-42	24	25807,40	65
2007_0430	120	-42	23	25808,45	48
2007_0523	143	-58	15	25806,63	100
2007_0621	172	-28	22	25831,09	65
2007_0715	196	-45	35	25815,40	55
2007_0811	223	-30	19	25826,10	44
2007_0929	272	-40	24	25816,06	75
2007_1025	298	-53	16	25817,40	125
2007_1120	324	-59	15	25804,43	130
2007_1217	351	-33	17	25828,10	95

Tabla 3.17 – Datos del año 2007 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en las costas del Mediterráneo, componente horizontal H del campo magnético medido en la estación de San Pablo-Toledo, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

Al estudiar los valores de la tabla 3.17 se observa que los mínimos *Dst* son -72 nT y -63 nT para los días *doy* 83 y 91, a los que corresponden 20 y 26 encallamientos respectivamente.

Se comprueba fácilmente que los mayores varamientos (35 y 30 ejemplares) se asocian con *doy* 196 y *doy* 29, a los que corresponden valores *Dst* -45 nT y -49 nT respectivamente. Así pues, a la vista de estos resultados, no puede establecerse que exista una relación evidente entre máxima actividad geomagnética y mayor número de varamiento de mamíferos marinos.

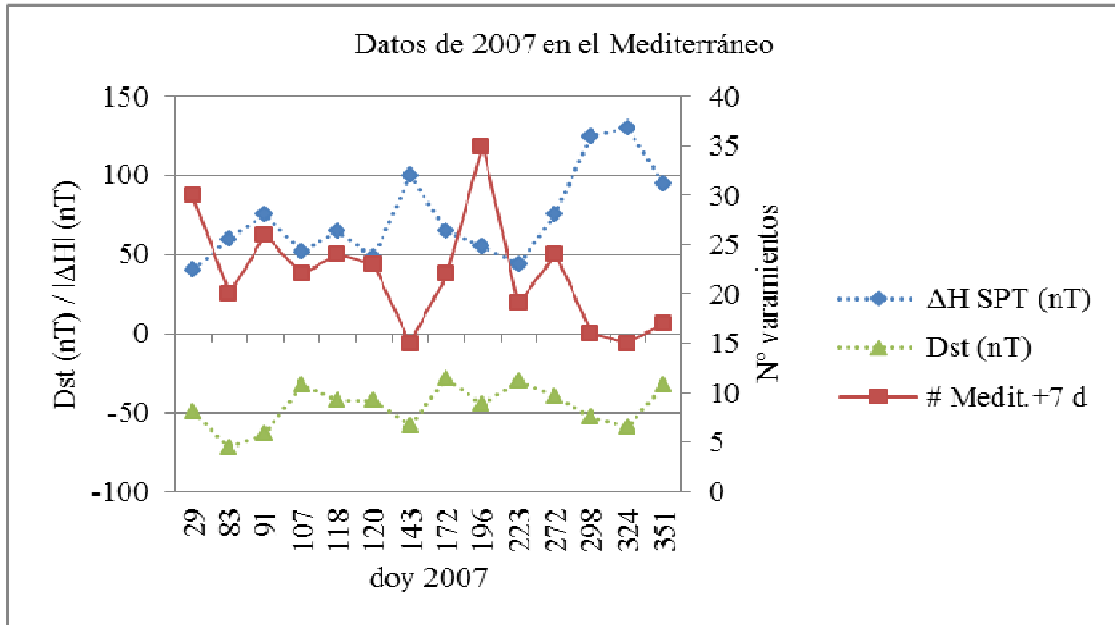


Figura 3.17 – Representación gráfica de la tabla 3.17 (elaboración propia).

A continuación se ofrecen los datos geomagnéticos de 2007 para la zona del Reino Unido, que se recogen en la tabla 3.18.

Fecha (aaaa_mmdd)	<i>doy</i> 2007	<i>Dst</i> (nT)	# UK + 7 d	H HAD (nT)	ΔH HAD (nT)
2007_0129	29	-49	4	19596,67	46
2007_0324	83	-72	3	19602,19	85
2007_0401	91	-63	3	19600,32	105
2007_0417	107	-33	1	19615,69	80
2007_0428	118	-42	2	19606,42	110
2007_0430	120	-42	1	19608,74	48
2007_0523	143	-58	2	19605,14	115
2007_0621	172	-28	1	19627,89	70
2007_0715	196	-45	2	19614,45	60
2007_0811	223	-30	3	19621,71	50
2007_0929	272	-40	0	19612,61	86
2007_1025	298	-53	2	19609,25	85
2007_1120	324	-59	1	19601,23	125
2007_1217	351	-33	1	19621,45	90

Tabla 3.18 – Datos del año 2007 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en las costas del Reino Unido, componente horizontal H del campo

magnético medido en la estación de Hartland, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido (elaboración propia a partir de varias fuentes).

En la tabla 3.18 se muestra la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Hartland en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H en dicha estación.

Como se viene haciendo en este trabajo, se observa que la figura 3.18 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.18: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Hartland, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), representado en el eje de horizontal.

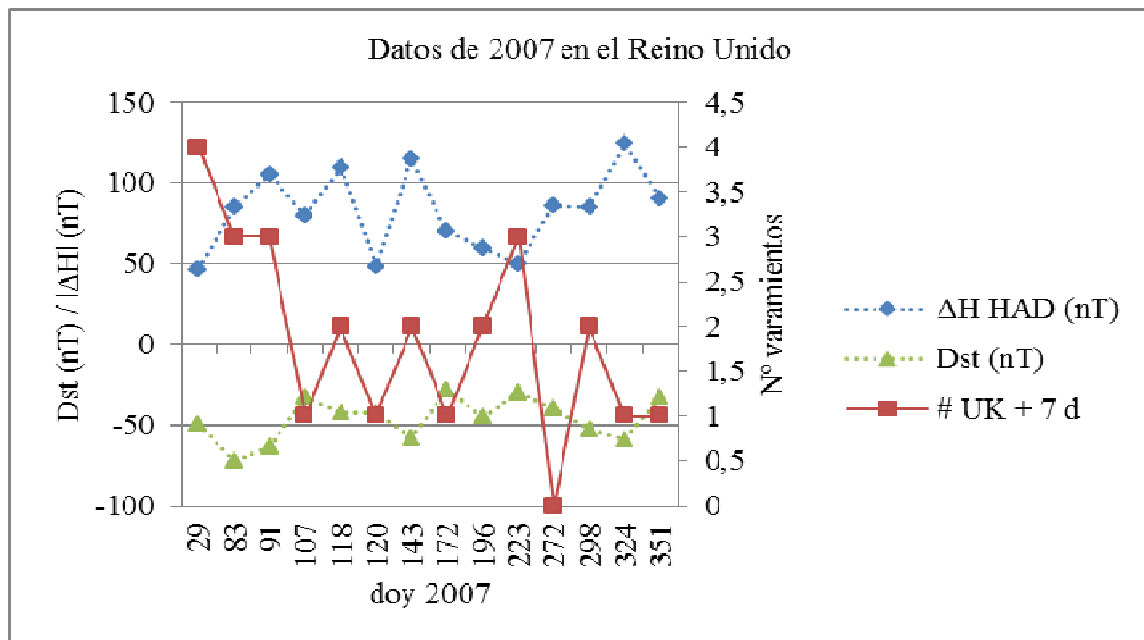


Figura 3.18 – Representación gráfica de la tabla 3.18 (elaboración propia).

A continuación se analizan los resultados de la tabla 3.18 y la figura 3.18. Puede apreciarse que de los mínimos *Dst* son -72 nT y -63 nT para los *doy* 83 y, 91, a los que corresponden tres encallamientos para cada uno de ellos. La actividad que genera el máximo número de encallamientos (cuatro ejemplares) ocurre en el *doy* 29 con un *Dst* de -49 nT. Los siguientes valores de varamientos máximos (tres animales) coinciden con los *doy* 83 y 91 ya mencionados, así como con el *doy* 223, que se corresponde con un valor *Dst* de -30 nT.

Así pues, a la vista de estos datos, no puede asegurarse que una actividad geomagnética máxima ocasiona varamientos masivos; no obstante, el bajo número de animales afectados en este caso hace recomendable ser cautos con las valoraciones.

3.2.9. Datos de 2008.- Para el año 2008 también se disponen datos de la zona del Golfo de México, el Mar Mediterráneo y las costas del Reino Unido, que se presentan seguidamente. Como viene siendo habitual en este epígrafe, en la tabla 3.19 se muestra la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Tucson en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H en la dicha estación. En la página web de *Intermagnet* [www.intermagnet] no se han encontrado datos de la estación Del Río para 2008, motivo por el que se ha empleado la segunda estación de referencia de la zona.

Fecha (aaaa_mmdd)	<i>doy</i> 2008	<i>Dst</i> (nT)	# US + 7 d	H TUC (nT)	Δ H TUC (nT)
2008_0112	12	-27	3	24695,07	60
2008_0201	32	-49	0	24683,28	85
2008_0228	59	-52	2	24671,96	85
2008_0309	69	-86	4	24656,53	95
2008_0327	87	-56	4	24660,17	75
2008_0423	114	-46	5	24668,68	110
2008_0521	142	-29	2	24680,43	48
2008_0615	167	-41	1	24670,88	54
2008_0625	177	-29	1	24679,01	52
2008_0712	194	-34	0	24674,85	60
2008_0810	223	-33	1	24662,10	50
2008_0904	248	-51	0	24654,40	100
2008_1011	285	-54	0	24659,39	110
2008_1108	313	-29	1	24658,93	52
2008_1116	321	-29	0	24649,31	46
2008_1205	340	-26	0	24656,23	48

Tabla 3.19 – Datos de 2008 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en la costa estadounidense del Golfo de México, componente horizontal H del campo magnético, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido empleando datos de la estación TUC (elaboración propia a partir de varias fuentes).

La figura 3.19 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.19: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Tucson, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), representado en el eje de abscisas.

Del análisis de la tabla 3.19 y la figura 3.19 se observa que los días de mayor actividad geomagnética de 2008 se corresponden con *doy* 69 y 87, con valores de *Dst* -86 nT y -56 nT respectivamente, y con cuatro varamientos para cada una de estas fechas. El mayor número de encallamientos (cinco mamíferos) se da en el *doy* 115, con un *Dst* de -46 nT. Se comprueba que el máximo número de varamientos no coincide con

un máximo de actividad geomagnética, si bien el segundo y tercer día de máximos encallamientos sí coincide con valores mínimos de *Dst*. Como se observa, el número de varamientos es relativamente reducido, por lo que quizás la muestra no sea representativa para realizar conclusiones.

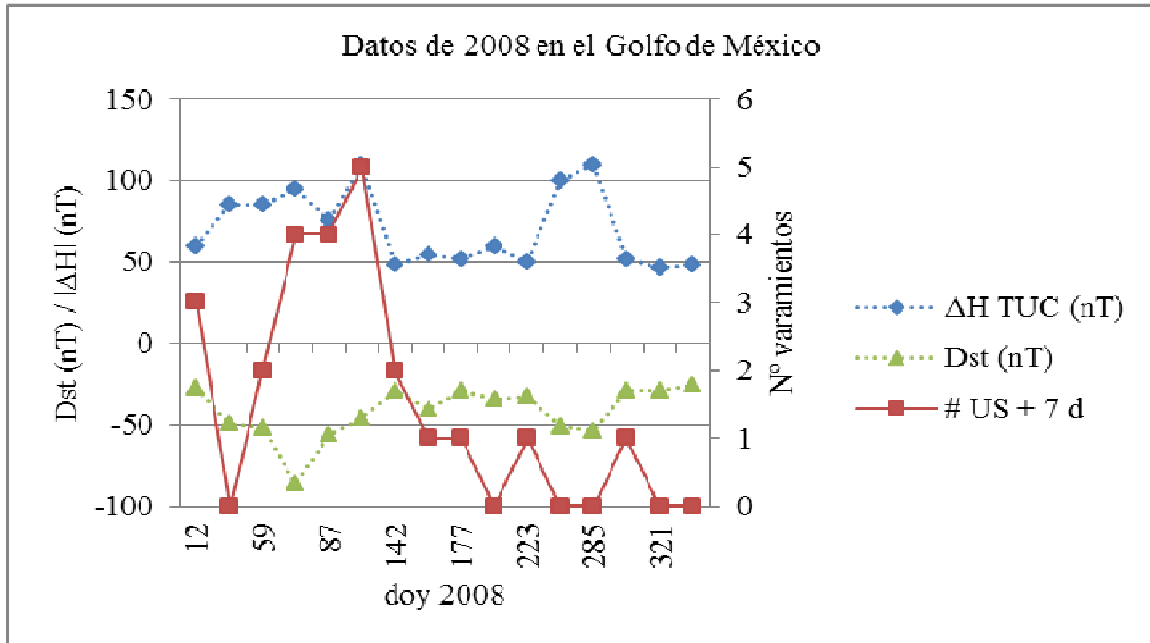


Figura 3.19 – Representación gráfica de la tabla 3.19 (elaboración propia).

A continuación se analizan los datos obtenidos para 2008 sobre varamientos en las costas del Mar Mediterráneo. Como viene siendo habitual, la tabla 3.20 muestra la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo, Toledo, en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H en dicha estación. La figura 3.20 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.20: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo, Toledo, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), que aparece representado en el eje horizontal.

Estudiando la tabla 3.20 y la figura 3.20 se comprueba que los días de mayor actividad geomagnética de 2008 son *doy* 69 y 87, con valores de *Dst* -86 nT y -56 nT respectivamente, y con catorce varamientos para cada una de estas fechas. El mayor número de encallamientos (22 y 19 animales) se dan los días *doy* 12 y 114, con un *Dst* de -27 nT y -46 nT respectivamente. Se comprueba que el máximo número de varamientos no coincide con un máximo de actividad geomagnética.

Fecha (aaaa_mmdd)	doy 2008	Dst (nT)	# Medit. + 7 d	H SPT (nT)	\Delta H SPT (nT)
2008_0112	12	-27	22	25833,07	85
2008_0201	32	-49	16	25829,10	100
2008_0228	59	-52	11	25834,61	90
2008_0309	69	-86	14	25826,26	80
2008_0327	87	-56	14	25824,99	75
2008_0423	114	-46	19	25833,07	95
2008_0521	142	-29	12	25855,44	30
2008_0615	167	-41	13	25848,93	64
2008_0625	177	-29	14	25857,69	40
2008_0712	194	-34	11	25849,54	60
2008_0810	223	-33	10	25848,66	36
2008_0904	248	-51	9	25846,78	125
2008_1011	285	-54	11	25835,48	120
2008_1108	313	-29	8	25852,40	54
2008_1116	321	-29	7	25854,32	23
2008_1205	340	-26	9	25852,30	52

Tabla 3.20 – Datos de 2008 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en la zona del Mar Mediterráneo, componente horizontal H del campo magnético, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido empleando datos de la estación SPT (elaboración propia a partir de varias fuentes).

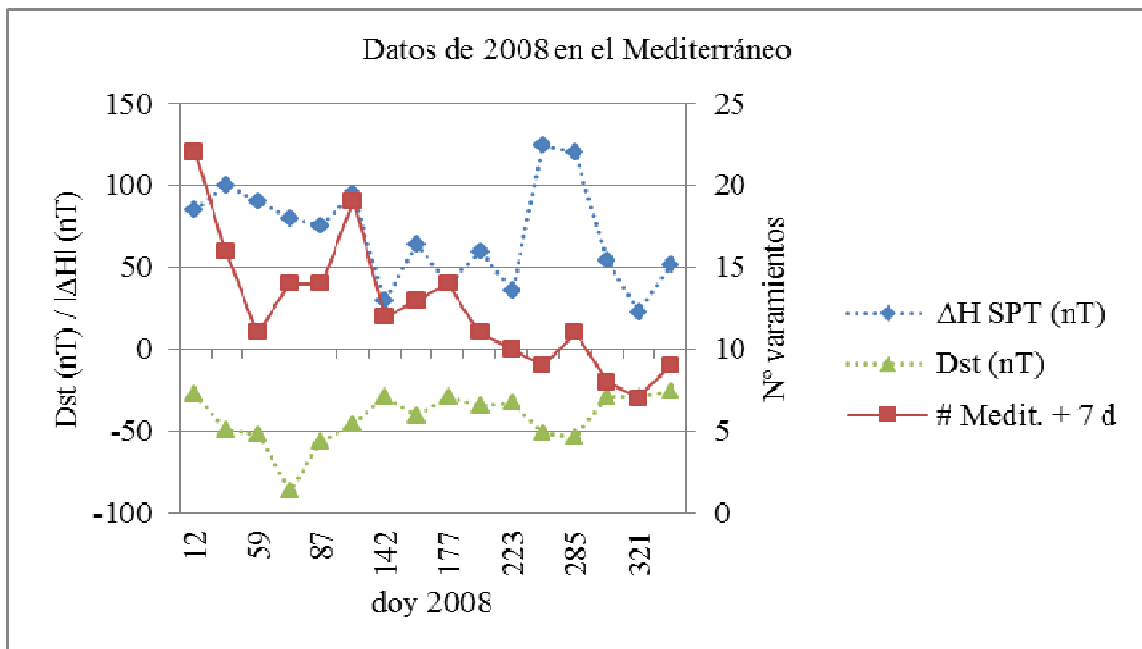


Figura 3.20 – Representación gráfica de la tabla 3.20 (elaboración propia).

En este momento se presenta la tabla 3.21 con datos sobre la zona del Reino Unido. En dicha tabla se muestra la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del

mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Hartland en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H en dicha estación.

Fecha (aaaa_mmdd)	doy 2008	<i>Dst</i> (nT)	# UK + 7d	H HAD (nT)	Δ H HAD (nT)
2008_0112	12	-27	3	19625,59	75
2008_0201	32	-49	5	19620,60	95
2008_0228	59	-52	6	19626,28	100
2008_0309	69	-86	3	19619,69	95
2008_0327	87	-56	5	19617,98	80
2008_0423	114	-46	1	19623,14	85
2008_0521	142	-29	2	19641,00	50
2008_0615	167	-41	1	19635,57	75
2008_0625	177	-29	2	19644,38	70
2008_0712	194	-34	4	19638,90	85
2008_0810	223	-33	3	19635,63	42
2008_0904	248	-51	2	19635,33	140
2008_1011	285	-54	2	19622,25	115
2008_1108	313	-29	1	19634,01	58
2008_1116	321	-29	0	19636,01	42
2008_1205	340	-26	1	19634,52	65

Tabla 3.21 – Datos de 2008 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en la zona del Reino Unido, componente horizontal H del campo magnético, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido empleando datos de la estación HAD (elaboración propia a partir de varias fuentes).

Se comprueba que la figura 3.21 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.21: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Hartland, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), representado en el eje horizontal.

Estudiando la tabla 3.21 y la figura 3.21 se observa que los valores mínimos de *Dst* para 2008 se dan para los días *doy* 69 y 87 con -86 nT y -56 nT, a los que corresponden 3 y 5 encallamientos respectivamente. Sin embargo, el máximo número de varamientos (seis ejemplares) se da en el *doy* 59 con un *Dst* de -52 nT, y otro varamiento con cuatro animales se da en el *doy* 194 con un *Dst* de -34 nT. Por tanto, vuelve a verse que no hay correspondencia biunívoca entre máxima actividad geomagnética y mayor número de encallamientos.

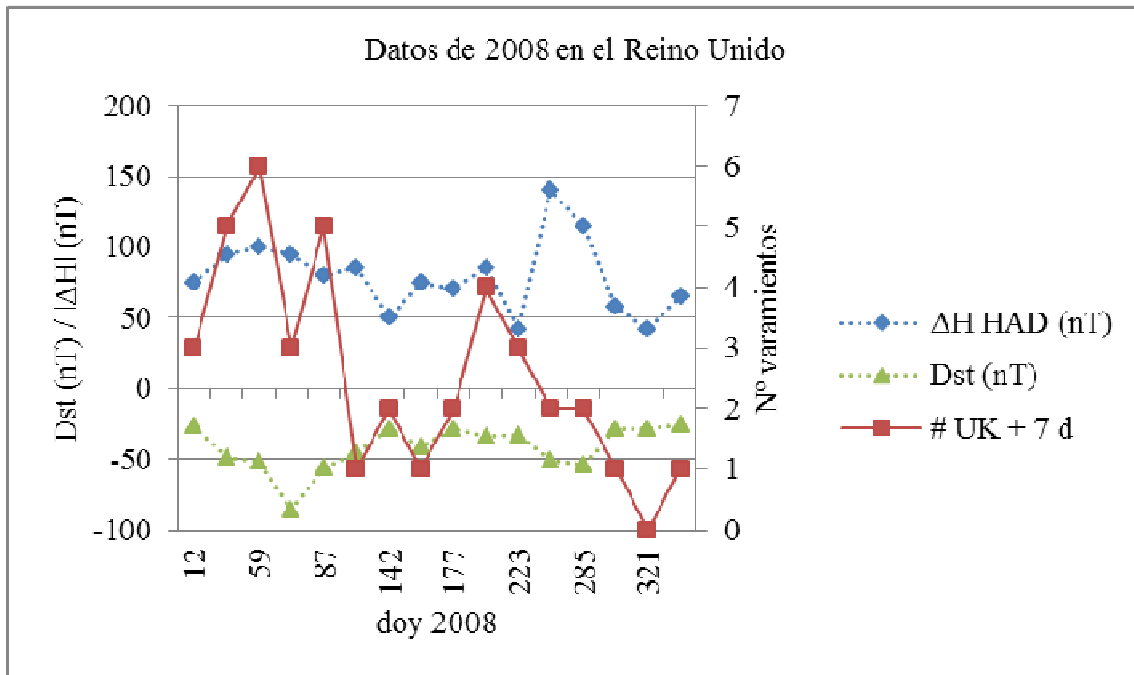


Figura 3.21 – Representación gráfica de la tabla 3.21 (elaboración propia).

3.2.10. Datos de 2009.- En 2009 también se presenta información para la zona del Golfo de México, el Mar Mediterráneo y las costas del Reino Unido. El resultado de los datos obtenidos se realiza siguiendo este orden. Por tanto, se empieza el análisis de 2009 presentando información sobre los datos recabados de la costa estadounidense del Golfo de México.

La tabla 3.22 recoge información con la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Tucson en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H en la dicha estación a lo largo de 2009. En la página web de *Intermagnet* [www.intermagnet] tampoco se han encontrado datos de la estación Del Río para 2009, motivo por el que se ha empleado la segunda estación de referencia de la zona.

La figura 3.22 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.22: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Tucson, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), representado en el eje de abscisas.

Del análisis de la tabla 3.22 y la figura 3.22 se ve que la mayor actividad geomagnética de 2009 se corresponde con los días *doy* 203 y *doy* 296, con valores *Dst* de -83 nT y -47 nT respectivamente, con un varamiento para cada una de esas fechas. Los mayores encallamientos en las costas estadounidenses del Golfo de México durante 2009 se dieron en el *doy* 72 (*Dst* -32 nT) con ocho ejemplares varados, y en el *doy* 312 (*Dst* -26 nT) con cuatro animales varados. De nuevo, no se aprecia correspondencia entre máxima actividad geomagnética y número de encallamientos, y los mayores

varamientos ocurren en días poco relevantes en lo que actividad geomagnética se refiere.

Fecha (aaaa_mmdd)	doy 2009	Dst (nT)	# US + 7 d	H TUC (nT)	\Delta H TUC (nT)
2009_0126	26	-29	1	24663,44	36
2009_0204	35	-42	1	24663,46	56
2009_0214	45	-38	2	24654,63	52
2009_0313	72	-32	8	24645,42	100
2009_0321	80	-27	2	24663,54	52
2009_0418	108	-25	3	24650,65	42
2009_0508	128	-26	3	24643,92	50
2009_0628	179	-28	0	24648,70	80
2009_0722	203	-83	1	24602,69	100
2009_0806	218	-36	1	24635,87	80
2009_0921	264	-22	1	24629,70	34
2009_1023	296	-47	1	24613,13	75
2009_1108	312	-26	4	24635,30	34
2009_1126	330	-25	0	-	-
2009_1214	348	-12	3	24625,51	20

Tabla 3.22 – Datos de 2009 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en la costa estadounidense del Golfo de México, componente horizontal H del campo magnético, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido empleando datos de la estación TUC (elaboración propia a partir de varias fuentes).

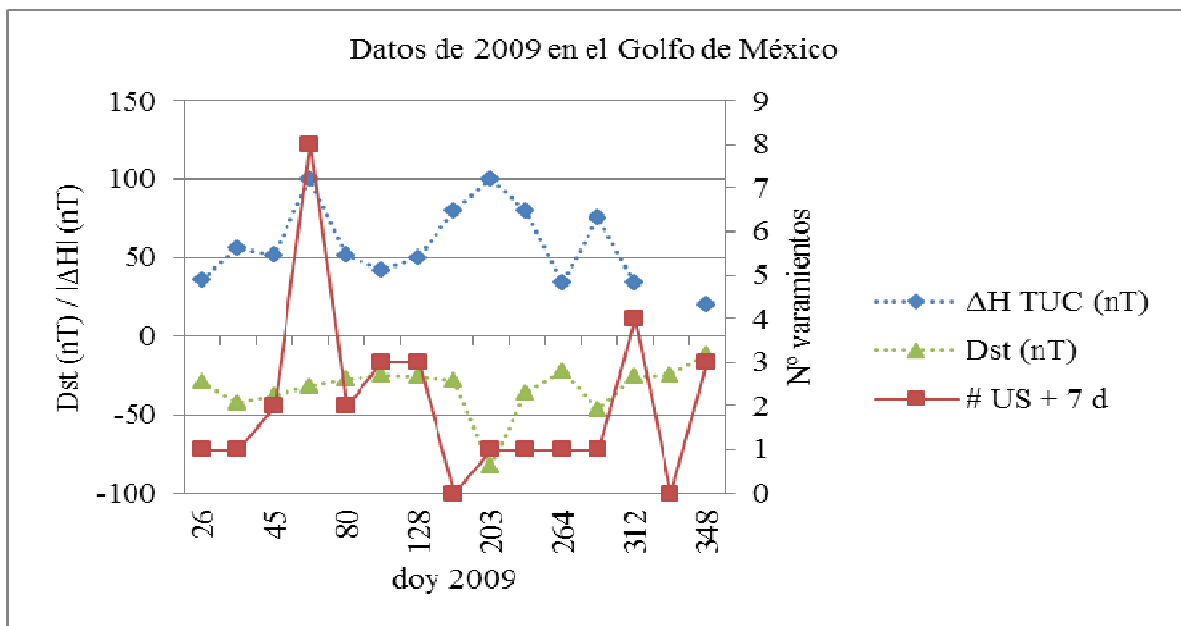


Figura 3.22 – Representación gráfica de la tabla 3.22 (elaboración propia).

En lo que a la zona costera del Mar Mediterráneo se refiere, y para 2009, la tabla 3.23 recoge información con la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo-Toledo en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H en la dicha estación a lo largo de los días seleccionados de 2009.

La figura 3.23 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.23: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo-Toledo, el número de varamientos producidos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), representado en el eje horizontal.

Fecha (aaaa_mmdd)	<i>doy</i> 2009	<i>Dst</i> (nT)	# Medit. + 7 d	H SPT (nT)	Δ H SPT (nT)
2009_0126	26	-29	9	25868,93	80
2009_0204	35	-42	6	25851,95	80
2009_0214	45	-38	19	25867,13	58
2009_0313	72	-32	22	25866,31	54
2009_0321	80	-27	13	25870,97	50
2009_0418	108	-25	13	25879,66	34
2009_0508	128	-26	16	25878,79	42
2009_0628	179	-28	10	25883,20	44
2009_0722	203	-83	13	25863,79	90
2009_0806	218	-36	9	25878,26	54
2009_0921	264	-22	6	25882,97	48
2009_1023	296	-47	2	25877,44	44
2009_1108	312	-26	4	25888,39	64
2009_1126	330	-25	4	25881,15	42
2009_1214	348	-12	3	25894,67	24

Tabla 3.23 – Datos de 2009 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en las costas del Mar Mediterráneo, componente horizontal H del campo magnético, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido empleando datos de la estación de San Pablo-Toledo (elaboración propia a partir de varias fuentes).

Del análisis de la tabla 3.23 y la figura 3.23 se ve que la mayor actividad geomagnética de 2009 se corresponde con los días *doy* 203 y *doy* 296, con valores *Dst* de -83 nT y -47 nT respectivamente, con trece y dos varamientos respectivamente. Los mayores encallamientos en la zona del Mar Mediterráneo durante 2009 se dieron en el *doy* 72 (*Dst* -32 nT) con veintidós ejemplares varados, y en el *doy* 45 (*Dst* -38 nT) con diecinueve cetáceos encallados.

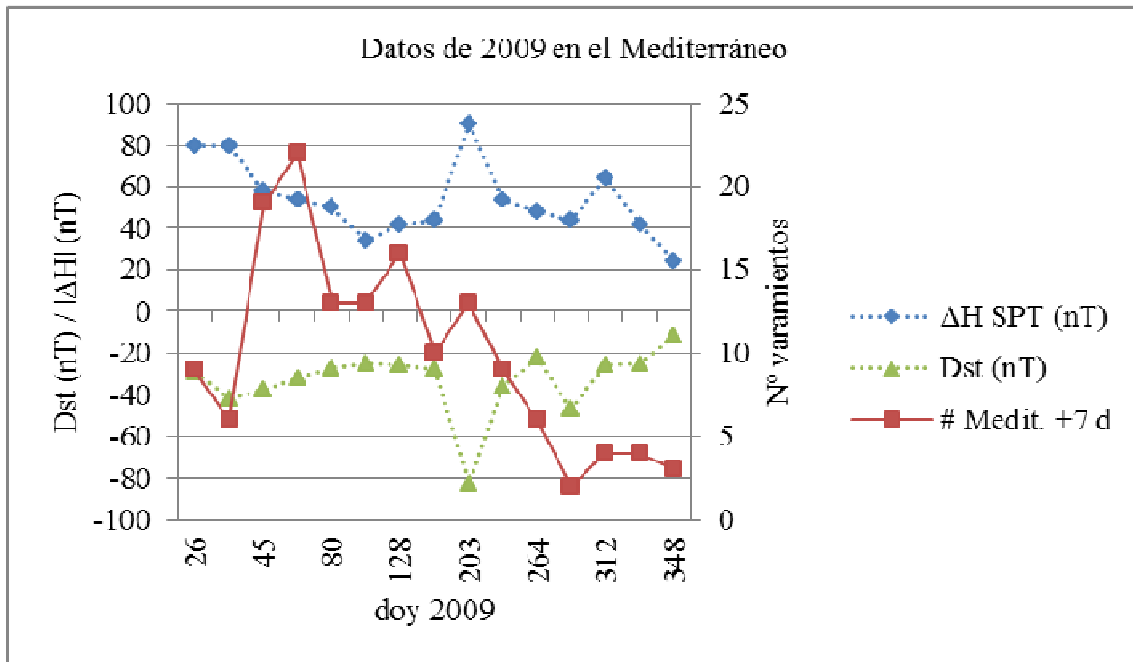


Figura 3.23 – Representación gráfica de la tabla 3.23 (elaboración propia).

Seguidamente se ofrecen los datos obtenidos sobre varamientos en las costas del Reino Unido durante 2009. En la tabla 3.24 se muestra la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Hartland en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H en la dicha estación.

Fecha (aaaa_mmdd)	<i>doy</i> 2009	<i>Dst</i> (nT)	# UK + 7 d	H HAD (nT)	ΔH HAD (nT)
2009_0126	26	-29	0	19645,70	72
2009_0204	35	-42	3	19633,63	60
2009_0214	45	-38	0	19646,97	61
2009_0313	72	-32	3	19645,73	65
2009_0321	80	-27	3	19649,12	60
2009_0418	108	-25	1	19655,45	34
2009_0508	128	-26	2	19656,78	42
2009_0628	179	-28	2	19661,55	48
2009_0722	203	-83	2	19645,38	120
2009_0806	218	-36	2	19656,31	70
2009_0921	264	-22	1	19656,04	56
2009_1023	296	-47	2	19649,47	38
2009_1108	312	-26	2	19659,56	58
2009_1126	330	-25	6	19655,66	42
2009_1214	348	-12	2	19666,70	36

Tabla 3.24 – Datos de 2009 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en la zona del Reino Unido, componente horizontal H del campo

magnético, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido empleando datos de la estación HAD (elaboración propia a partir de varias fuentes).

La figura 3.24 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.24: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Hartland, el número de varamientos ocurridos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), representado en el eje horizontal.

Estudiando la tabla 3.24 y la figura 3.24 se ve que la mayor actividad geomagnética de 2009 se corresponde con los días *doy* 203 y *doy* 296, con valores *Dst* de -83 nT y -47 nT respectivamente, con dos varamientos para cada una de esas fechas. Los mayores encallamientos en la zona del Reino Unido durante 2009 se dieron en el *doy* 330 (*Dst* -25 nT) con seis ejemplares varados, y en los *doy* 35, 72 y 80 (*Dst* respectivos de -42 nT -32 nT -27 nT) con tres animales varados en cada uno de esos días. De nuevo, no se aprecia correspondencia entre máxima actividad geomagnética y número de encallamientos, y los mayores varamientos ocurren en días poco relevantes en lo que actividad geomagnética se refiere.

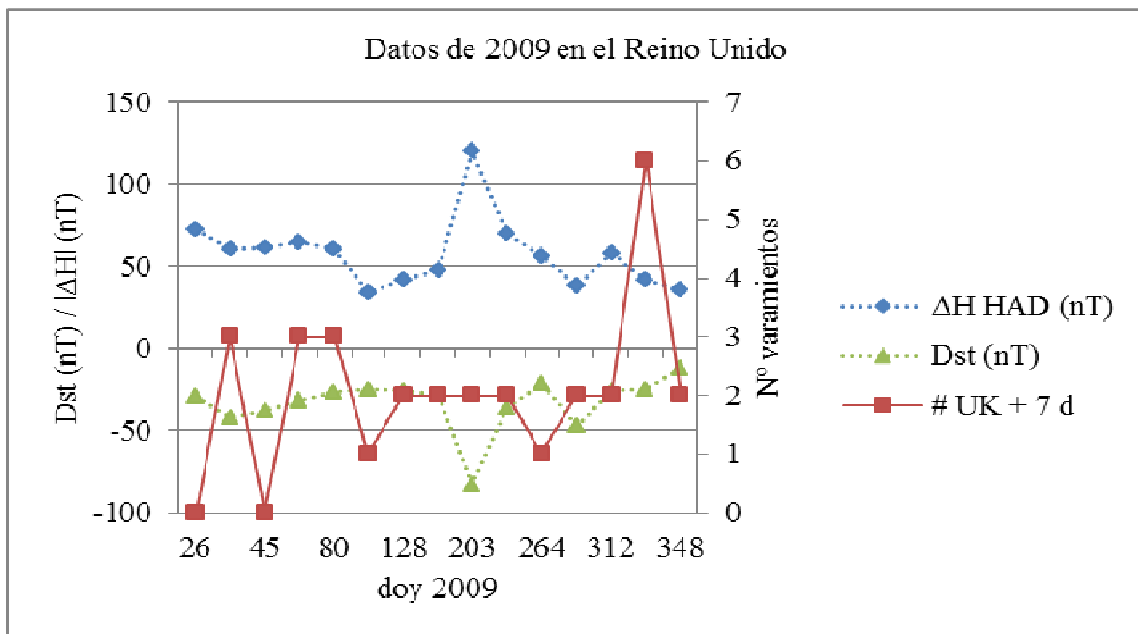


Figura 3.24 – Representación gráfica de la tabla 3.24 (elaboración propia).

3.2.11. Datos de 2010.- Para el año 2010 sólo se disponen datos de la zona del Mar Mediterráneo, aportados por la base de datos *Bevacet*. La tabla 3.25 proporciona información con la fecha, el día del año (*doy*), el valor mínimo del *Dst* para cada fecha, el número de varamientos ocurridos en esta zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, el valor de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo-Toledo en el día señalado, así como el valor absoluto de la variación de H en dicha estación a lo largo de 2010.

De forma similar a los casos anteriores, la figura 3.25 es una representación gráfica de las magnitudes principales de la tabla 3.25: la variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de San Pablo-Toledo, el

número de varamientos producidos en la zona desde el día del mínimo *Dst* y durante los siete días posteriores, y el valor mínimo del *Dst* para cada fecha en función del día del año (*doy*), representado en el eje horizontal.

Fecha (aaaa_mmdd)	doy 2010	<i>Dst</i> (nT)	# Medit. + 7 d	H SPT (nT)	\Delta H SPT (nT)
2010_0120	20	-38	14	25890,64	70
2010_0215	46	-58	13	25871,30	85
2010_0311	70	-25	11	25893,46	20
2010_0406	96	-81	14	25854,48	85
2010_0412	102	-51	16	25881,08	56
2010_0502	122	-66	3	25891,90	110
2010_0529	149	-85	13	25871,20	105
2010_0604	155	-47	8	25892,39	56
2010_0728	209	-25	10	25898,58	46
2010_0804	216	-67	17	25872,40	90
2010_0824	236	-33	9	25896,91	72
2010_0908	251	-33	13	25894,98	50
2010_1011	284	-80	8	25885,94	130
2010_1111	315	-39	4	25894,31	58
2010_1220	354	-34	8	25900,86	55
2010_1228	362	-50	13	25900,09	80

Tabla 3.25 – Datos de 2010 referidos a días con menor índice *Dst*, número de varamientos en las costas del Mar Mediterráneo, componente horizontal H del campo magnético, y valor absoluto de la variación de H para cada día elegido empleando datos de la estación de San Pablo-Toledo (elaboración propia a partir de varias fuentes).

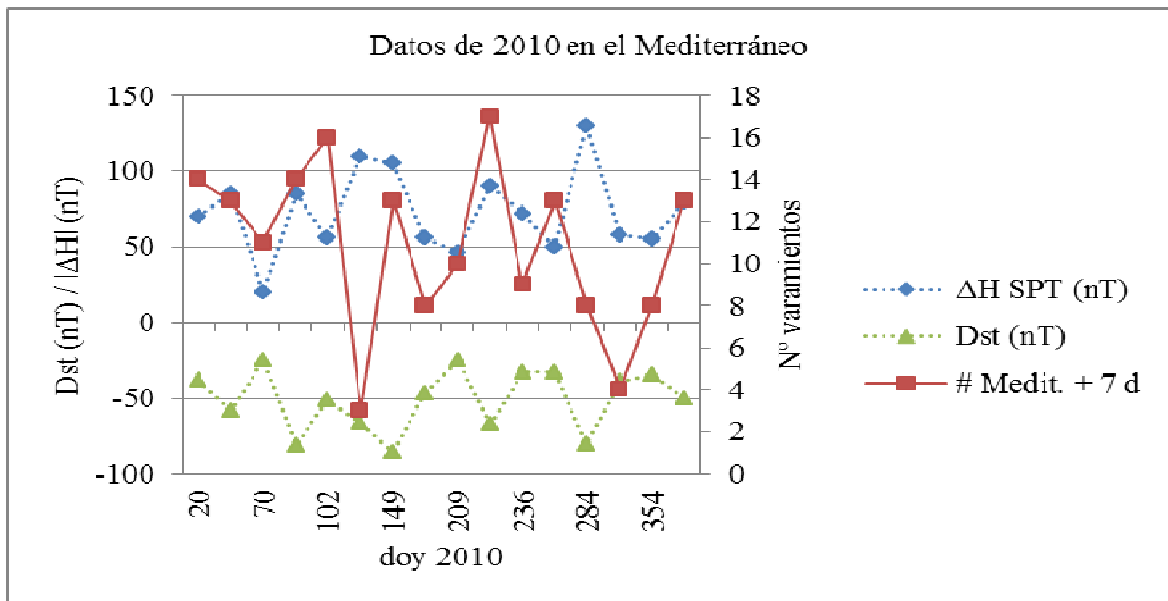


Figura 3.25 – Representación gráfica de la tabla 3.25 (elaboración propia).

Del análisis de la tabla 3.25 y la figura 3.25 se comprueba que la mayor actividad geomagnética de 2010 ocurrió los días *doy* 149 y *doy* 96, con valores *Dst* de -85 nT y -81 nT, con trece y catorce animales encallados respectivamente. Los mayores varamientos de cetáceos en el Mediterráneo se produjeron el *doy* 216 con 17 animales, y el *doy* 102, con 16; a esos días corresponden niveles *Dst* de -67 nT y -51 nT respectivamente. Aunque los días de elevada actividad geomagnética se corresponden con encallamientos de animales, los máximos varamientos no se dan exactamente esos días. De nuevo, no se aprecia correspondencia biunívoca entre máxima actividad geomagnética y el número máximo de encallamientos.

3.2.12. Resumen de datos de 2000 a 2010 por zonas geográficas.- Como resumen de la información presentada en los otros subapartados del epígrafe 3.2, a continuación se muestran diversas figuras que sumarizan la actividad geomagnética y el varamiento de cetáceos en las tres zonas elegidas y durante la época de estudio seleccionada.

La figura 3.26 representa el número de varamientos de cetáceos acontecidos en las costas estadounidenses del Golfo de México entre el 1 de enero de 2002 y el 31 de diciembre de 2009. La figura también representa el índice *Dst* en los días de mayor intensidad geomagnética de ese periodo, así como las variaciones de la componente horizontal del campo magnético local registrado en las estaciones Del Río y Tucson a lo largo de esas fechas. En definitiva, la figura 3.26 viene a ser una acumulación de las figuras registradas en los epígrafes 3.2.3 a 3.2.10 relativas a las aguas del Golfo de México.

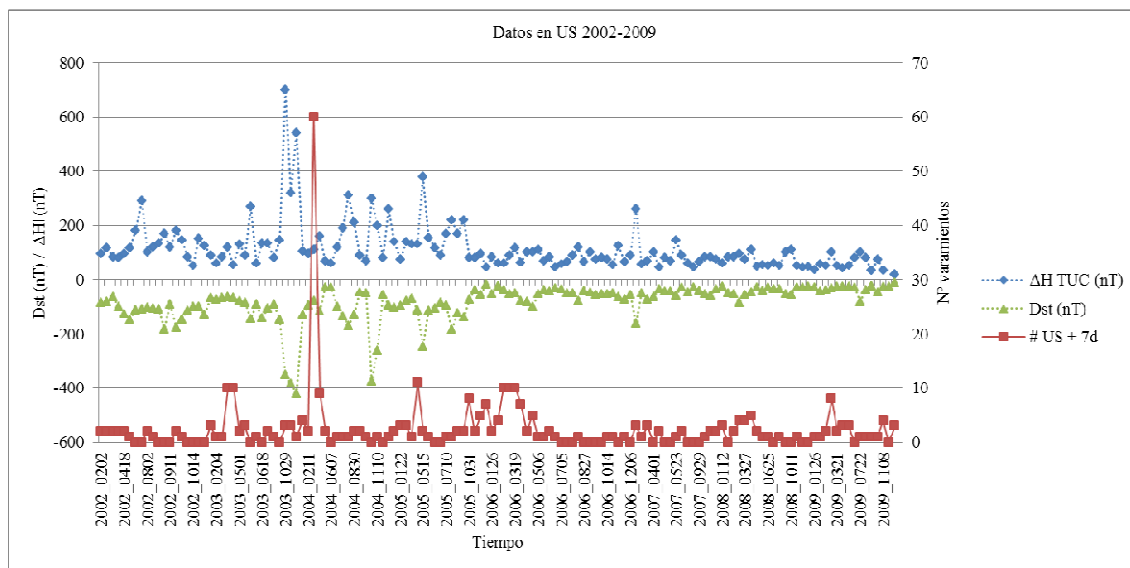


Figura 3.26 – Evolución del número de varamientos en las costas estadounidenses del Golfo de México, y actividad geomagnética del periodo 2002 – 2009 (elaboración propia).

En la figura 3.26 se observa que el máximo número de ejemplares encallados, 60 animales, se asocia con la actividad geomagnética del 10 de marzo de 2004, que registró un *Dst* mínimo de -78 nT. La máxima variación de la componente horizontal del campo magnético local se produjo el 29 de octubre de 2003 (aproximadamente 700 nT), día que tuvo un *Dst* mínimo de -350 nT; el número de varamientos correspondiente fue de tres animales.

Por otro lado, el día en que se registró menor valor del índice *Dst* en dicho intervalo, el 20 de noviembre de 2003, con -422 nT, se registró un solo varamiento, y la componente horizontal del campo magnético local osciló alrededor de 540 nT.

La figura 3.27 muestra el número de varamientos de cetáceos acontecidos en la zona del Mar Mediterráneo entre el 1 de enero de 2000 y el 31 de diciembre de 2010. Obsérvese que aquí se tienen registrados datos de once años consecutivos y, si bien no se corresponde con el ciclo solar 23º al completo, sí cubre buena parte del mismo así como el inicio del ciclo 24º. La figura también representa el índice *Dst* en los días de mayor intensidad geomagnética de ese periodo, así como las variaciones de la componente horizontal del campo magnético local registrado en la estación de San Pablo-Toledo a lo largo de esas fechas. Puede decirse que la figura 3.27 viene a ser una acumulación de las figuras registradas en los epígrafes 3.2.1 a 3.2.11 relativas a las costas del Mar Mediterráneo.

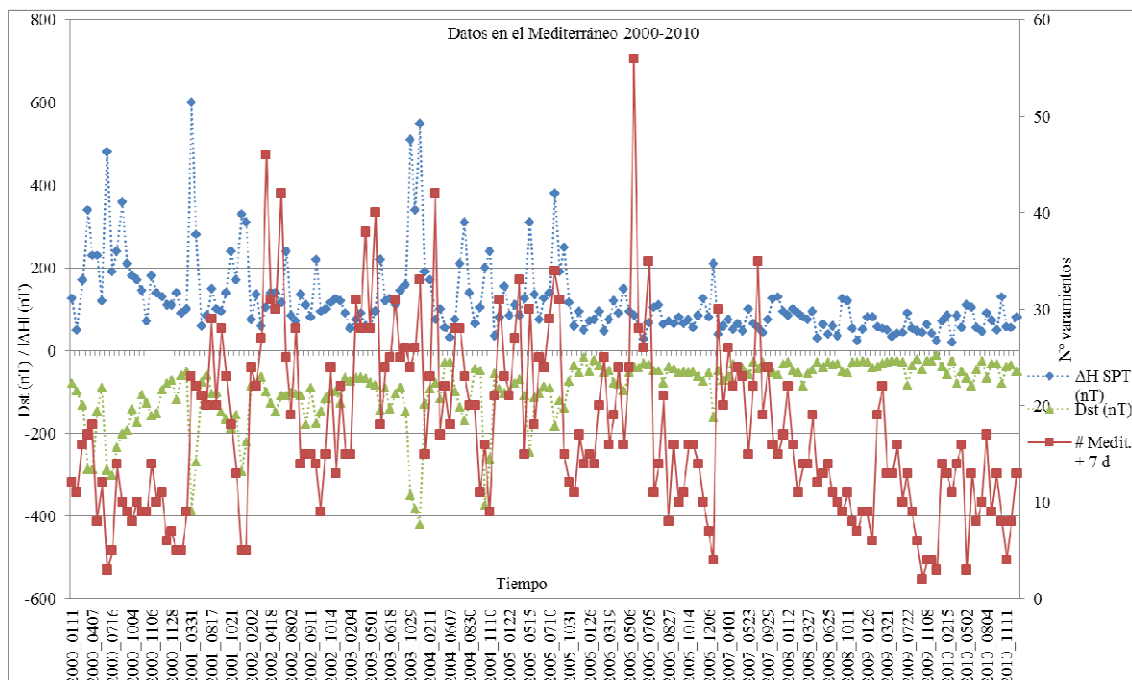


Figura 3.27 – Evolución del número de encallamientos en la zona del Mar Mediterráneo, y actividad geomagnética del periodo 2000 – 2010 (elaboración propia).

Del estudio de la figura 3.27 se aprecia que el máximo número de encallamientos en las costas del Mediterráneo, 56 animales, ocurrió después del 18 de mayo de 2006; ese día, el mínimo del índice *Dst* fue de -38 nT, y la variación de la componente horizontal del campo magnético local registrada en la estación de San Pablo-Toledo fue de 85 nT.

En el período 2000 – 2010, el valor mínimo registrado del *Dst* fue de -422 nT, el 20 de noviembre de 2003; para ese día, la variación de la componente horizontal del campo magnético local registrada en la estación de San Pablo-Toledo fue de unos 550 nT, habiéndose registrado el encallamiento de 33 animales. También, para ese periodo y en la zona del Mar Mediterráneo, la máxima variación de la componente horizontal del campo magnético local registrada en la estación de San Pablo-Toledo se dio el 31 de

marzo de 2001 y fue de unos 600 nT; para esa fecha se contabilizó el varamiento de 23 animales. Así pues, en la zona del Mar Mediterráneo durante el período 2000 – 2010, no se observan correlaciones entre máximos de actividad geomagnética y máximo número de encallamientos de mamíferos marinos.

La figura 3.28 ilustra los varamientos de cetáceos registrados en las costas del Reino Unido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2002, y entre el 1 de enero de 2006 y el 31 de diciembre de 2009. La figura también representa el índice *Dst* en los días de mayor intensidad geomagnética de ese periodo, así como las variaciones de la componente horizontal del campo magnético local registrado en la estación de Hartland a lo largo de esas fechas. En definitiva, la figura 3.28 viene a ser una acumulación de las figuras registradas en los epígrafes 3.2.3, y del 3.2.7 al 3.2.10 relativas a las aguas costeras del Reino Unido, así como del mayor varamiento registrado en esta zona como se ve en los epígrafes 3.3 y 3.4.

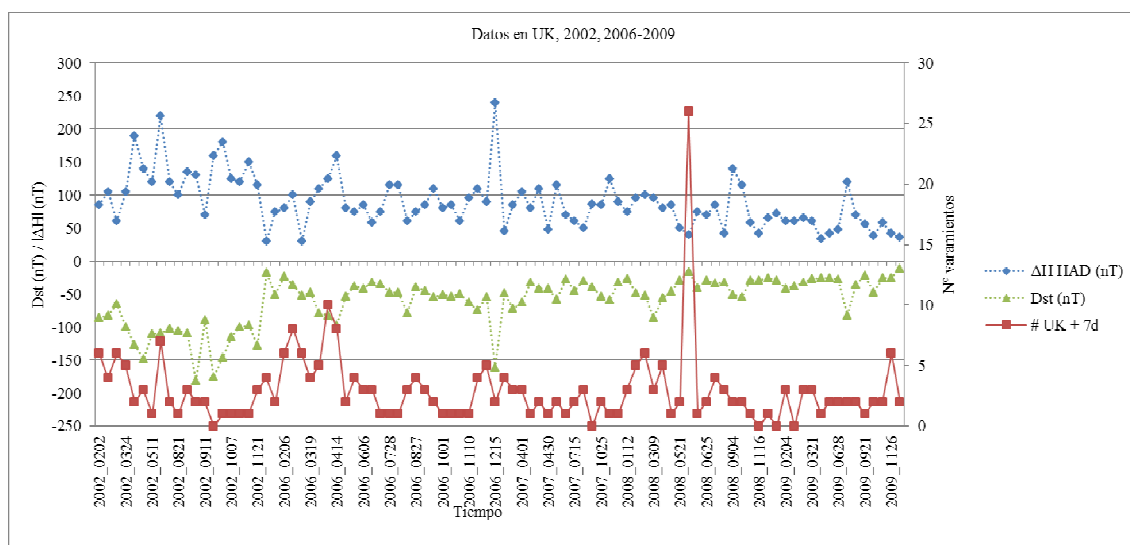


Figura 3.28 – Evolución del número de varamientos en las costas del Reino Unido, y actividad geomagnética del periodo 2002, 2006 – 2009 (elaboración propia).

En la figura 3.28 puede apreciarse que en el periodo 2002, 2006 – 2009 el valor mínimo del *Dst* fue de -181 nT el 8 septiembre de 2002; a ese dato le corresponde una variación de la componente horizontal del campo magnético local de 130 nT, y se dieron dos varamientos.

La máxima variación de componente horizontal del campo magnético medido en la estación de Hartland fue de 240 nT, hecho que se dio el 15 de diciembre de 2006 (con un *Dst* de -162 nT), fecha en la que se dieron dos varamientos en las costas británicas.

Como se ve en el epígrafe 3.4, tabla 3.34 (página 79), el varamiento más numeroso en las costas del Reino Unido se dio el 9 de junio de 2008, con 26 animales encallados vivos. En dicha fecha el valor del *Dst* fue de -13 nT, y la mayor variación de la componente horizontal del campo magnético local medido en la estación de Hartland fue de 46 nT.

De nuevo, se observa que los valores de máximos del índice *Dst* o de la mayor variación local de la componente horizontal del campo magnético no suponen los

mayores varamientos de cetáceos; de manera recíproca, cuando se dan los mayores encallamientos de mamíferos marinos, no se obtienen los extremos valores del *Dst* ni la mayor variación local de la componente horizontal del campo magnético

De esta manera finaliza el epígrafe 3.2., en el que se han analizado los días con mayor actividad geomagnética en cada año y cada región seleccionada del estudio.

3.3. Correlaciones entre varamientos “masivos” en cualquier región de estudio y sus relaciones con variaciones del *Dst*, y el campo magnético local.-. Como se mencionó en el capítulo 2, el objetivo de este epígrafe es comprobar si puede establecerse alguna relación entre un varamiento “masivo” de animales y una fuerte variación del *Dst* y del campo magnético local. Para hacer esta correlación se busca en la información proporcionada por *Bevacet*, *UK CSIP*, y *NOAA* aquellos días en que se hayan producido varamientos simultáneos de, al menos, cinco animales en cualquiera de las zonas geográficas seleccionadas. Se comprueba qué valores de *Dst* y del campo magnético local fueron registrados en esas fechas, y se analiza si puede establecerse alguna relación entre las variaciones de esos datos.

La forma de proceder es la siguiente: se buscan varamientos simultáneos de, al menos, cinco animales, y se busca cuál es el mínimo *Dst* entre esa fecha y siete días antes del varamiento. Se registra ese mínimo del *Dst*, y el campo magnético local en cada estación de referencia, así como el valor absoluto de la variación del campo magnético local el día del mínimo *Dst* (y no el día del varamiento, si bien en algunos casos ambos días coinciden).

A continuación se presentan los datos por zonas geográficas: primero la zona estadounidense del Golfo de México, a continuación el área del Mar Mediterráneo, y después la zona de las costas del Reino Unido. Debe señalarse que para la zona del Golfo de México se han recopilado datos de la segunda estación de referencia, en Tucson (Arizona), debido a que la primera estación elegida (Del Río, Texas) no proporciona datos a partir de 2008.

La tabla 3.26 muestra la fecha de varamientos masivos en la zona del Golfo de México, el mínimo valor del *Dst* entre la fecha del varamiento y los siete días previos, el número de ejemplares varados en esas costas estadounidenses, la componente horizontal del campo magnético local en la estación de Tucson en la fecha del mínimo *Dst*, así como el valor absoluto de la variación de dicha componente horizontal.

La figura 3.29 es una representación gráfica de los datos de la tabla 3.26, y en ella se aprecia como varía la componente horizontal H ($|\Delta H|$) del campo magnético local y el *Dst* para los días que se producen varamientos masivos. Como se ha señalado antes, esos valores del *Dst* y de $|\Delta H|$ se toman en función del mínimo *Dst* registrado hasta siete días antes del encallamiento. Del análisis de dichas tabla y figura se comprueba que, en general, los mayores varamientos (para más de diez animales), se dan en la mitad de los casos para valores de $|\Delta H|$ de 120 nT; no obstante, se han producido varamientos de doce animales con valores de $|\Delta H|$ de 90 nT y 65 nT.

Estos hechos se observan mejor en la tabla 3.27, que es una representación de algunos campos de la tabla 3.26 ordenados por orden decreciente de $|\Delta H|$. La figura 3.30 es una representación de la tabla 3.27, en la que se ha representado en valor de $|\Delta H|$ en función del número de encallamientos producidos. En general, se aprecia que los encallamientos de más de cinco animales se dan con valores de $|\Delta H|$ superiores a 60 nT, si bien en una ocasión (6 de junio de 2009) se ha producido el varamiento de siete ejemplares con un valor de $|\Delta H|$ de 28 nT.

Fecha de varamiento (aaaa_mmdd)	Fecha mín. <i>Dst</i> (aaaa_mmdd)	<i>Dst</i> mín. (nT)	# US Golfo de México	H TUC (nT)	$ \Delta H $ TUC (nT)
2003_0320	2003_0320	-64	6	24852,28	100
2003_0403	2003_0331	-78	6	24853,10	60
2003_0417	2003_0417	-36	7	24856,86	75
2003_0430	2003_0430	-67	6	24830,37	120
2004_0311	2004_0310	-78	14	24787,83	120
2004_0312	2004_0310	-78	9	24787,83	120
2004_0315	2004_0310	-78	8	24787,83	120
2004_0316	2004_0310	-78	11	24787,83	120
2004_0317	2004_0310	-78	8	24787,83	120
2004_0318	2004_0311	-63	7	24805,63	80
2004_0319	2004_0312	-51	12	24811,60	90
2004_0927	2004_0923	-38	12	24804,38	65
2006_0226	2006_0220	-36	5	24760,46	58
2006_0407	2006_0405	-79	6	24730,01	70
2007_0316	2007_0313	-40	5	24709,87	85
2009_0606	2009_0605	21	7	24644,48	28

Tabla 3.26 – Datos de varamientos simultáneos de, al menos, cinco animales en las costas estadounidenses del Golfo de México, 2002-2009. Se incluye la fecha del varamiento, la fecha del mínimo *Dst* entre el varamiento y siete días antes del mismo, el *Dst* mínimo, el número de ejemplares encallados, la componente horizontal del campo magnético local y su variación (referidos al día con menor índice *Dst*), tomando datos de la estación TUC (elaboración propia a partir de varias fuentes).

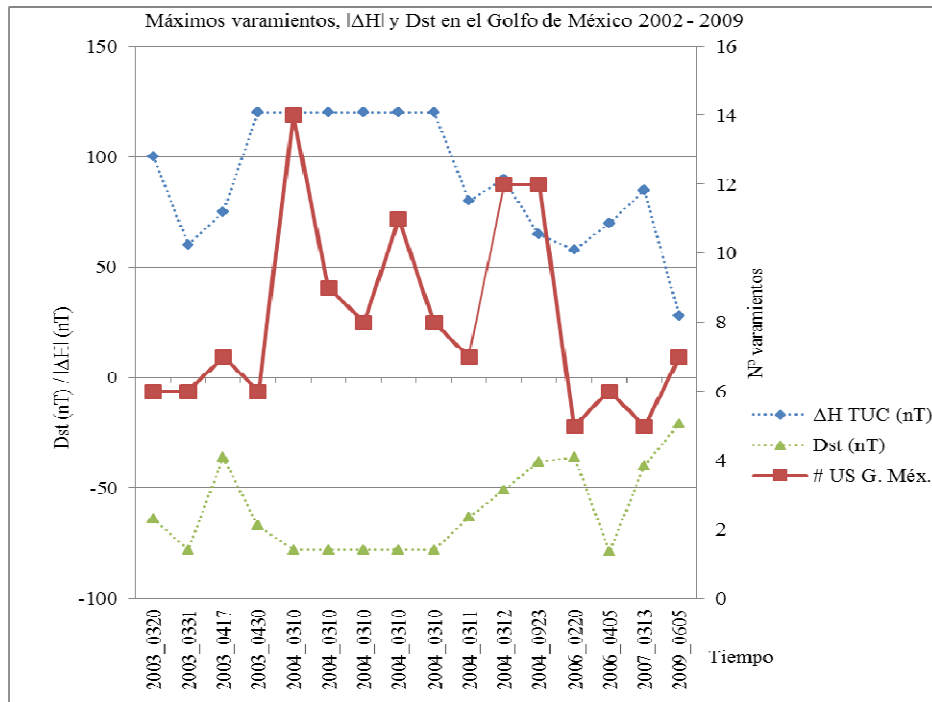


Figura 3.29 – Representación gráfica de la tabla 3.26 (elaboración propia).

$ \Delta H $ TUC (nT)	# US Golfo de México	Fecha de varamiento (aaaa_mmdd)
120	14	2004_0311
120	11	2004_0316
120	9	2004_0312
120	8	2004_0315
120	8	2004_0317
120	6	2003_0430
100	6	2003_0320
90	12	2004_0319
85	5	2007_0316
80	7	2004_0318
75	7	2003_0417
70	6	2006_0407
65	12	2004_0927
60	6	2003_0403
58	5	2006_0226
28	7	2009_0606

Tabla 3.27 – Variaciones en la componente horizontal del campo magnético local en la estación de Tucson, frente al número de varamientos ocurridos en la zona del Golfo de México entre 2002 y 2009 (datos tomados de la tabla 3.26).

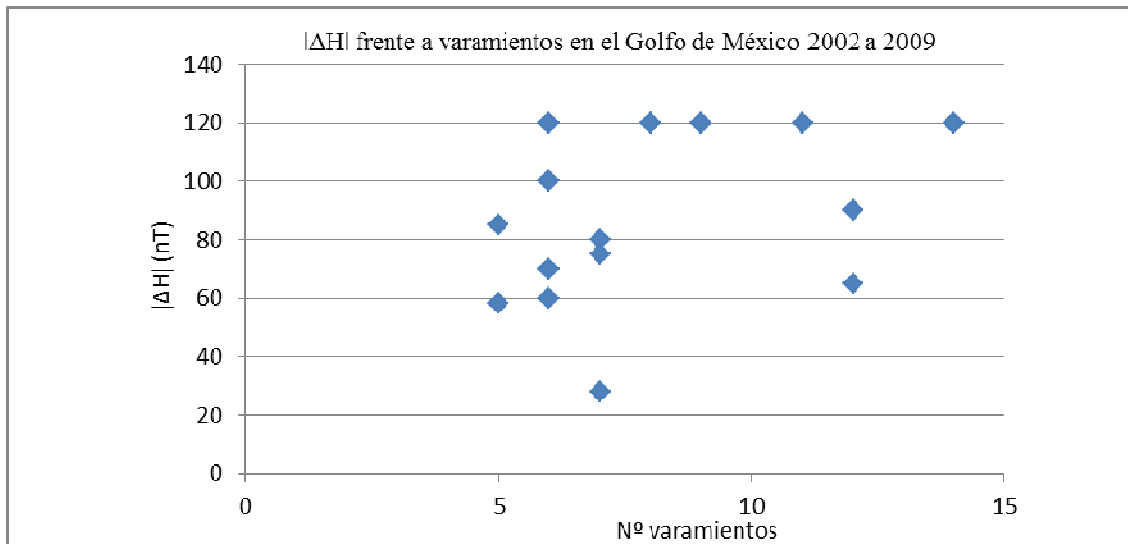


Figura 3.30 – Representación gráfica de la tabla 3.27 (elaboración propia).

A continuación se hace la misma consideración para la zona del Mar Mediterráneo. La tabla 3.28 muestra la fecha de varamientos masivos en la zona del Mediterráneo, el mínimo valor del *Dst* entre la fecha del varamiento y los siete días previos, el número de ejemplares varados en esas costas, la componente horizontal del campo magnético local en la estación de San Pablo-Toledo en la fecha del mínimo *Dst*, así como el valor absoluto de la variación de dicha componente horizontal.

La figura 3.31 es una representación gráfica de los datos de la tabla 3.28, y en ella se aprecia cómo varía la componente horizontal *H* ($|\Delta H|$) del campo magnético local y el *Dst* para los días que se producen varamientos masivos. Como se ha señalado antes, esos valores del *Dst* y de $|\Delta H|$ se toman en función del mínimo *Dst* registrado hasta siete días antes del encallamiento.

Del análisis de esa tabla y esa figura se comprueba que, en general, no es factible determinar un patrón sencillo que relacione los máximos varamientos de animales con valores mínimos de *Dst* y con variaciones de $|\Delta H|$. Se comprueba que los valores de *Dst* menores que -100 nT generan variaciones de $|\Delta H|$ superiores a 100 nT, si bien estos valores no generan las mayores encallamientos; no obstante, también se comprueba que, a veces, valores de *Dst* del orden de -50 nT (véase en la tabla 3.28 el dato para la fecha 2007_0130) supone variaciones de $|\Delta H|$ superiores a 100 nT.

Los máximos varamientos registrados (40 y 26 animales) se producen con valores de *Dst* del orden de -50 nT y con variaciones de $|\Delta H|$ de 65 nT. Estos hechos se observan mejor en la tabla 3.29, que es una representación de algunos campos de la tabla 3.28 ordenados por orden decreciente de $|\Delta H|$. La figura 3.32 es una representación de la tabla 3.29, en la que se ha dibujado el valor de $|\Delta H|$ en función del número de encallamientos producidos. En general, se aprecia que los encallamientos de más de cinco animales se dan con valores de $|\Delta H|$ superiores a 60 nT, si bien en una ocasión (6 de junio de 2009) se han producido varamientos de siete ejemplares con un valor de $|\Delta H|$ de 28 nT.

Fecha de varamiento (aaaa_mmdd)	Fecha mín. <i>Dst</i> (aaaa_mmdd)	<i>Dst</i> mín (nT)	# Medit.	H SPT (nT)	Δ H SPT (nT)
2000_0120	2000_0113	-31	5	25638,54	30
2000_0301	2000_0301	-43	6	25641,12	80
2001_0308	2001_0305	-73	5	25663,34	55
2001_0820	2001_0817	-105	5	25678,51	150
2002_0511	2002_0511	-110	10	25681,6	115
2002_1027	2002_1024	-98	6	25669,75	130
2003_0108	2003_0104	-33	9	25700,95	44
2003_0424	2003_0423	-49	5	25714,32	40
2003_0510	2003_0510	-84	7	25700,91	95
2003_0527	2003_0522	-73	11	25705,04	80
2003_0616	2003_0616	-59	13	25716,55	120
2003_0719	2003_0716	-90	10	25692,26	150
2003_0725	2003_0719	-50	40	25717,18	65
2003_0729	2003_0729	-54	26	25714,55	65
2003_0831	2003_0825	-47	11	25709,65	50
2005_0327	2005_0325	-25	13	25766,69	75
2005_0331	2005_0325	-25	8	25766,69	75
2005_0519	2005_0515	-247	13	25717,06	300
2005_0630	2005_0623	-85	7	25752,29	120
2006_0327	2006_0327	-29	5	25783,97	29
2006_0424	2006_0422	-45	13	25777,88	90
2006_0501	2006_0424	-27	6	25787,19	25
2006_0502	2006_0426	-21	10	25794,19	20
2006_0503	2006_0427	-18	9	25795,67	20
2006_0516	2006_0512	-28	6	25783,04	30
2006_0522	2006_0518	-38	16	25796,64	75
2006_0523	2006_0518	-38	16	25796,64	75
2006_0703	2006_0630	-18	7	25793,61	42
2006_1012	2006_1007	-26	6	25813,2	55
2007_0130	2007_0129	-49	5	25796,48	135
2007_0217	2007_0214	-36	7	25796,02	56

Tabla 3.28 – Datos de varamientos simultáneos de, al menos, cinco animales en las costas del Mediterráneo, 2000-2007, incluyendo la fecha del varamiento, la fecha del mínimo *Dst* entre el varamiento y siete días antes del mismo, el *Dst* mínimo, el número de ejemplares encallados, la componente horizontal del campo magnético local y su variación (referidos al día con menor índice *Dst*), tomando datos de la estación SPT (elaboración propia a partir de varias fuentes).

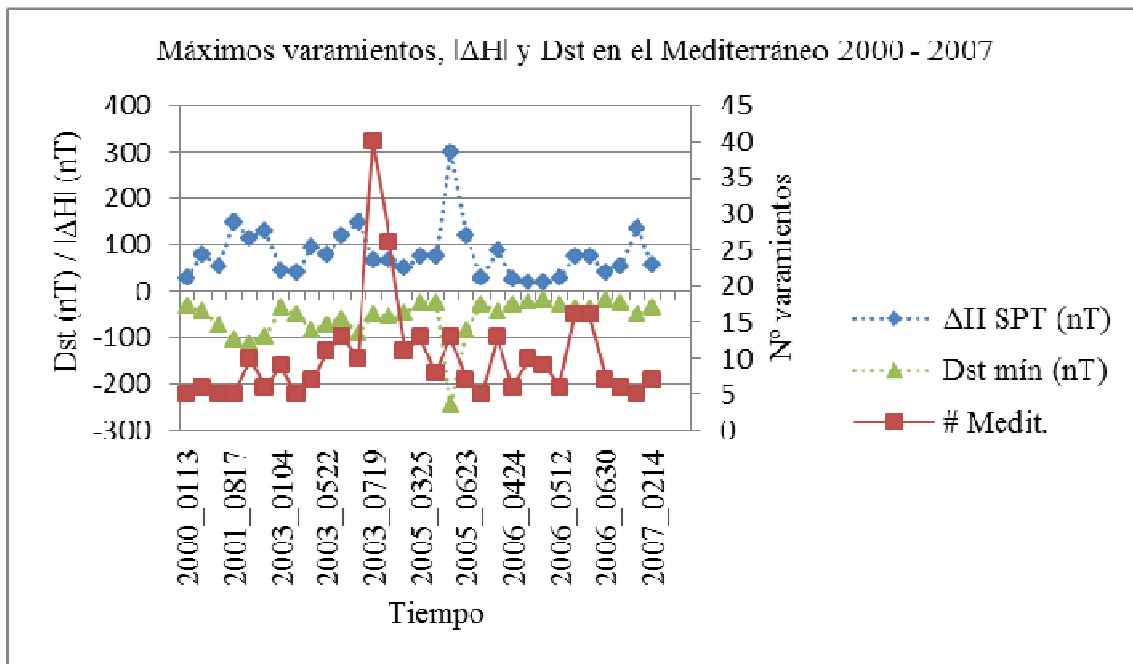


Figura 3.31 – Representación gráfica de la tabla 3.28 (elaboración propia).

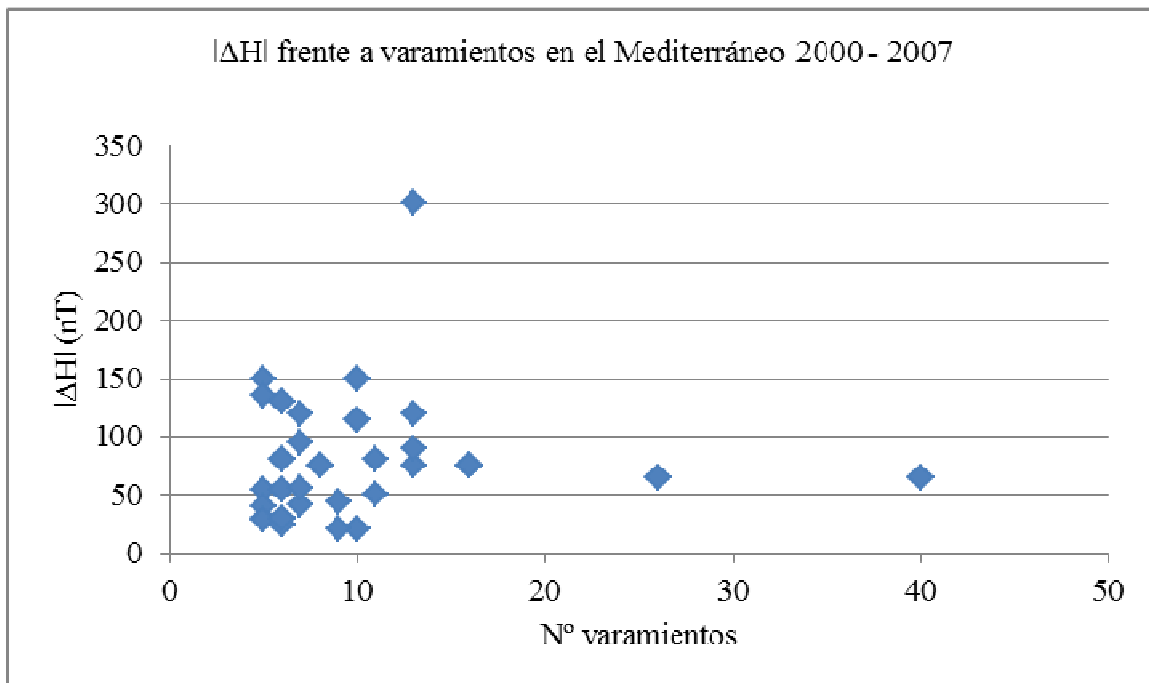


Figura 3.32 – Representación gráfica de la tabla 3.29, véase la página siguiente (elaboración propia).

$ \Delta H $ SPT (nT)	# Mediterráneo	Fecha de varamiento(aaaa_mmdd)
30	5	2000_0120
80	6	2000_0301
55	5	2001_0308
150	5	2001_0820
115	10	2002_0511
130	6	2002_1027
44	9	2003_0108
40	5	2003_0424
95	7	2003_0510
80	11	2003_0527
120	13	2003_0616
150	10	2003_0719
65	40	2003_0725
65	26	2003_0729
50	11	2003_0831
75	13	2005_0327
75	8	2005_0331
300	13	2005_0519
120	7	2005_0630
29	5	2006_0327
90	13	2006_0424
25	6	2006_0501
20	10	2006_0502
20	9	2006_0503
30	6	2006_0516
75	16	2006_0522
75	16	2006_0523
42	7	2006_0703
55	6	2006_1012
135	5	2007_0130
56	7	2007_0217

Tabla 3.29 – Variaciones en la componente horizontal del campo magnético local en la estación de San Pablo-Toledo, frente al número de varamientos ocurridos en la zona del Mediterráneo entre 2000 y 2007 (datos tomados de la tabla 3.28).

Para finalizar este epígrafe se presentan los resultados de varamientos masivos en la zona del Reino Unido. Aquí debe recordarse que los datos proporcionados por *UK CSIP* sólo contienen datos de varamientos por fechas y número de animales encallados para los años 2002, 2006, 2007, y 2008, si bien no son listas completas de todos los varamientos. Bajo esta circunstancia debe señalarse que en la documentación obtenida del *UK CSIP* sólo se han encontrado varamientos de más de cinco animales en una sola ocasión; esta circunstancia debe ser considerada.

La tabla 3.30 muestra la fecha de varamientos masivos en la zona costera del Reino Unido, el mínimo valor del *Dst* entre la fecha del varamiento y los siete días previos, el número de ejemplares varados en esas costas, la componente horizontal del campo magnético local en la estación de Hartland en la fecha del mínimo *Dst*, así como el valor absoluto de la variación de dicha componente horizontal.

Fecha varamiento (aaaa_mmdd)	Fecha mín. <i>Dst</i> (aaaa_mmdd)	<i>Dst</i> mín (nT)	# UK	H HAD (nT)	Δ H HAD (nT)
2008_0609	2008_0608	-16	26	19637,60	40

Tabla 3.30 – Variaciones en la componente horizontal del campo magnético local en la estación de Hartland, frente al número de varamientos masivos (> 5 ejemplares) ocurridos en la zona del Reino Unido en 2002, 2006, 2007 y 2008.

El reducido número de datos disponibles no permite extraer mejores conclusiones de esta cuestión.

3.4. Correlaciones entre varamientos producidos en la costa del Reino Unido por animales vivos o con causa de muerte no determinada.- Como se ha indicado en el epígrafe 2.2, el *UK CSIP* proporciona información para algunos años concretos (2002, 2006, 2007, y 2008) de la fecha de ciertos varamientos, junto con otros datos. Además, se indica si el animal ha tenido el encallamiento estando vivo o, si se ha producido el deceso del animal, se señala la causa del fallecimiento, cuando se conoce. Considerando estos datos concretos se intenta ver si existe relación entre varamientos experimentados por animales vivos, o cuando han fallecido por causas que no han podido determinarse, y variaciones del campo magnético local en la zona de varamiento y el *Dst*. Con ello se trata de determinar la posible relación entre perturbaciones geomagnéticas y el encallamiento de cetáceos vivos, o si puede establecerse alguna relación entre actividad geomagnética y decesos no explicados de dichos animales.

La tabla 3.31 presenta los datos proporcionados por *UK CSIP* sobre animales encallados vivos, o muertos sin conocer la causa del fallecimiento, en el año 2002. Analizando la tabla 3.31 se comprueba que los varamientos ocurrieron en días con valor de *Dst* variables entre +6 nT y -109 nT; la variación de la componente horizontal de campo magnético, | Δ H|, según las mediciones dadas por la estación de Hartland, oscilan entre 19 nT y 230 nT. Aparentemente, no se aprecia la existencia de una correlación sencilla entre las consecuencias de la actividad geomagnética y el varamiento de los animales.

De forma similar, la tabla 3.32 presenta los datos proporcionados por *UK CSIP* sobre animales encallados vivos, o muertos sin conocer la causa del fallecimiento, en el año 2006.

Fecha de varamiento (aaaa_mmdd)	# animales	Vivos o muertos	<i>Dst</i> (nT)	H HAD (nT)	$ \Delta H $ HAD (nT)
2002_0103	1	M	-25	19531,46	19
2002_0117	1	V	-10	19537,06	42
2002_0127	1	M	-29	19530,23	33
2002_0202	1	M	-86	19513,59	80
2002_0302	1	M	-22	19535,13	42
2002_0318	2	M	-1	19562,27	65
2002_0407	2	V	-12	19545,32	65
2002_0409	1	M	1	19552,68	52
2002_0430	1	M	-15	19548,69	45
2002_0523	1	V	-109	19548,89	230
2002_0526	1	M	-24	19544,94	38
2002_0602	1	V	-34	19546,27	65
2002_0607	1	V	-8	19553,59	42
2002_0609	1	M	-21	19550,78	60
2002_0615	2	1 V, 1 M	-4	19558,43	35
2002_0617	1	V	-10	19559,99	32
2002_0622	1	V	-11	19559,39	38
2002_0624	1	M	-13	19557,84	30
2002_0625	1	M	-16	19555,54	50
2002_0711	1	M	-6	19558,89	42
2002_0712	1	V	-36	19551,56	60
2002_0725	1	M	-13	19555,67	75
2002_0726	1	M	-21	19545,33	70
2002_0814	1	V	-31	19543,74	55
2002_0820	1	V	-71	19530,70	85
2002_0826	1	V	-45	19545,55	40
2002_1216	1	V	-22	19549,80	32
2002_1218	1	M	6	19566,05	26
2002_1224	1	M	-49	19526,46	100
2002_1228	1	V	-49	19534,38	40
2002_1229	1	M	-37	19540,81	50

Tabla 3.31 – Animales encallados vivos, o muertos sin conocer la causa del fallecimiento, en el año 2002, en las costas del Reino Unido (elaborada en base a datos datos proporcionados por *UK CSIP*)

Fecha de varamiento (aaaa_mmdd)	# animales	Vivos o muertos	<i>Dst</i> (nT)	H HAD (nT)	\Delta H HAD (nT)
2006_0120	1	M	-11	19589,59	35
2006_0121	1	V	-17	19593,16	18
2006_0130	1	V	-12	19593,57	15
2006_0210	1	V	3	19601,38	23
2006_0215	1	V	-8	19600,05	52
2006_0321	1	V	-37	19584,44	60
2006_0327	1	M	-29	19594,60	30
2006_0328	1	M	-14	19595,56	22
2006_0329	1	M	-17	19598,82	30
2006_0402	1	M	0	19606,74	14
2006_0403	1	V	6	19605,76	20
2006_0413	1	V	-18	19600,52	52
2006_0416	1	V	-49	19579,11	38
2006_0420	1	M	-20	19597,71	20
2006_0507	1	V	-34	19590,12	62
2006_0616	1	M	-32	19594,95	52
2006_0620	1	V	-11	19602,78	22
2006_0624	1	V	-1	19607,86	34
2006_0831	3	2 V, 1 M	-35	19600,94	60
2006_0930	2	M	-21	19611,83	80
2006_1026	1	V	-16	19606,93	24
2006_1109	1	V	-46	19609,63	75
2006_1125	1	M	-26	19597,54	80
2006_1207	1	V	-47	19591,11	70
2006_1208	1	V	-36	19599,07	55
2006_1210	1	V	-37	19596,44	70
2006_1212	1	M	-55	19589,74	90
2006_1218	1	M	-42	19596,71	35
2006_1219	1	M	-45	19589,73	40
2006_1226	1	M	-32	19600,74	22

Tabla 3.32 – Animales encallados vivos, o muertos sin conocer la causa del fallecimiento, en el año 2006, en las costas del Reino Unido (elaborada en base a datos datos proporcionados por *UK CSIP*).

De la tabla 3.32 puede observarse que los varamientos se dieron en días con valor de *Dst* variables entre +6 nT y -49 nT; la variación de la componente horizontal de campo magnético, |\Delta H|, según las mediciones dadas por la estación de Hartland varían entre 14 nT y 90 nT. Aparentemente, no se aprecia la existencia de una correlación

sencilla entre las consecuencias de la actividad geomagnética y el varamiento de los animales.

A continuación se presenta la tabla 3.33 que muestra los datos del *UK CSIP* sobre animales encallados vivos, o muertos sin conocer la causa del fallecimiento, en el año 2007. De la tabla 3.33 se comprueba que los varamientos se dieron en días con valor de *Dst* variables entre -2 nT y -38 nT; la variación de la componente horizontal de campo magnético, $|\Delta H|$, según las mediciones dadas por la estación de Hartland oscila entre 26 nT y 80 nT. Aparentemente, tampoco se observa una correlación sencilla entre las consecuencias de la actividad geomagnética y el encallamiento de los cetáceos.

Fecha de varamiento (aaaa_mmdd)	# animales	Vivos o muertos	<i>Dst</i> (nT)	H HAD (nT)	ΔH HAD (nT)
2007_0103	1	M	-30	19595,35	80
2007_0213	1	M	-30	19610,16	75
2007_0214	1	V	-36	19610,84	42
2007_0325	1	V	-38	19609,33	45
2007_0426	1	V	-17	19620,80	26
2007_0519	1	V	-10	19621,51	60
2007_0702	1	M	-6	19623,90	25
2007_0721	1	V	-30	19617,88	75
2007_0814	1	V	-10	19624,18	54
2007_0925	1	V	-15	19623,78	26
2007_0927	1	V	-15	19623,42	70
2007_1115	1	M	-9	19625,68	28
2007_1119	1	M	-2	19631,71	38

Tabla 3.33 – Animales encallados vivos, o muertos sin conocer la causa del fallecimiento, en el año 2007, en las costas del Reino Unido (elaborada en base a datos proporcionados por *UK CSIP*).

Por último, la tabla 3.34 ilustra los datos proporcionados por el *UK CSIP* sobre animales encallados vivos, o muertos sin conocer la causa del fallecimiento, en el año 2008. De la tabla 3.34 se comprueba que los varamientos se dieron en días con valor de *Dst* variables entre +3 nT y -51 nT; la variación de la componente horizontal de campo magnético, $|\Delta H|$, según las mediciones de la estación de Hartland, varía entre 14 nT y 125 nT. Llama la atención el dato de 9 de junio de 2008, el mayor varamiento de cetáceos vivos (26 ejemplares) registrado en este trabajo; se observa que ese día el valor extremo del *Dst* fue de -13 nT, y la variación de la componente horizontal de campo magnético, $|\Delta H|$, según la estación de Hartland, fue entre 14 nT y 125 nT. No se observa que grandes variaciones de parámetros relacionados con actividad geomagnética impliquen grandes encallamientos de mamíferos marinos; en este caso tampoco se comprueba que variaciones en la componente horizontal de campo magnético impliquen un gran número de varamiento de cetáceos.

Fecha de varamiento (aaaa_mmdd)	# animales	Vivos o muertos	<i>Dst</i> (nT)	H HAD (nT)	 ΔH HAD (nT)
2008_0121	1	V	-20	19628,19	28
2008_0125	1	V	-18	19630,95	40
2008_0130	1	V	-10	19633,82	14
2008_0207	1	V	-33	19627,18	25
2008_0214	1	V	-25	19629,10	38
2008_0302	1	V	-32	19624,24	42
2008_0308	1	M	-41	19632,37	68
2008_0329	1	V	-35	19621,69	45
2008_0404	1	V	-33	19634,07	50
2008_0409	1	V	-21	19629,71	65
2008_0515	1	M	3	19648,93	20
2008_0607	1	M	-16	19641,69	38
2008_0609	26	26 V	-13	19637,91	46
2008_0708	1	M	-3	19642,51	30
2008_0710	1	V	-9	19646,53	30
2008_0801	1	V	-6	19643,74	28
2008_0804	1	M	-14	19641,69	30
2008_0805	1	V	-2	19645,43	30
2008_0809	1	V	-19	19652,31	75
2008_0814	1	V	-17	19638,89	35
2008_0904	1	V	-51	19635,33	125
2008_1105	1	V	-3	19644,78	20
2008_1110	1	V	-23	19638,03	21

Tabla 3.34 – Animales encallados vivos, o muertos sin conocer la causa del fallecimiento, en el año 2008, en las costas del Reino Unido (elaborada en base a datos proporcionados por *UK CSIP*).

4. Conclusiones

Según el procedimiento empleado, y a la vista de los datos utilizados, en general no se comprueba que grandes variaciones de parámetros relevantes de la actividad geomagnética (*Dst*, campo magnético local) impliquen un elevado número de varamiento de cetáceos; es decir, valores extremos de *Dst*, que indican la presencia tormentas geomagnéticas, no implican habitualmente un mayor número de encallamientos de mamíferos marinos. Similarmente, cuando se producen varamientos masivos de animales marinos, no siempre se encuentran valores extremos del *Dst*, ni grandes variaciones en el campo magnético local de las zonas de encallamiento.

Estas ideas parecen estar en correspondencia con algunas hipótesis revisadas en la bibliografía ([Klinowska 1986], [Mazzuca 1999]), en el sentido que no se encuentra correlación entre el varamiento de cetáceos y las fuertes variaciones que se dan en el campo magnético terrestre, debido a la interacción de la magnetosfera terrestre con las emisiones solares.

Bibliografía

- [Arbelo 2007] Arbelo Hernández, Manuel Antonio. Patología y causas de la muerte de cetáceos varados en las Islas Canarias (1999-2005) (Tesis Doctoral). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- [Brueckner 1998] Brueckner, G.E. *et al.* Geomagnetic storms caused by coronal mass ejections (CMEs): March 1996 through June 1997. *Geophysical Research Letters*, 25, 3019-3022.
- [Burton 1975] Burton, R.K., McPherron, R.L., Russell, C.T. An Empirical Relationship Between Interplanetary Conditions and Dst. *Journal of Geophysical Research* Vol. 80, N° 31, November 1.
- [Campbell 2003] Campbell, W.H. *Introduction to Geomagnetic Fields* (Second Edition). Cambridge University Press.
- [Cerrato 2012] Cerrato, Y., Saiz, E., Cid, C. *Interacción Sol-Tierra: Meteorología Espacial*, lecciones del curso académico 2012-2013. Master en Ciencia y Tecnología desde el Espacio. Universidad de Alcalá.
- [Cid 2000] Cid Tortuero, Consuelo. Estudio de las eyecciones de masa de la corona solar en el medio interplanetario (Tesis Doctoral). Universidad Complutense de Madrid.
- [Colegrove 2005] Colegrove, K.M., Greig, D.J., Gulland, F.M.D. Causes of Live Strandings of Northern Elephant Seals (*Mirounga angustirostris*) and Pacific Harbor Seals (*Phoca vitulina*) Along the Central California Coast: 1992-2001. *Aquatic Mammals*, 31(1), 1-10.
- [D'Amico 2009] D'Amico, Angela *et al.* Beaked Whale Strandings and Naval Exercises. *Aquatic Mammals*, 35(4), 452-472.
- [De la Fuente 2011] De la Fuente Márquez, Jesús. Estudio de las patologías y causas de muerte de cetáceos varados en el litoral de la provincia de Cádiz (2001-2004) (Tesis Doctoral). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- [Fernández 2005] Fernández, A. *et al.* «Gas and Fat Embolic Syndrome» Involving a Mass Stranding of Beaked Whale (Family *Ziphiidae*) Exposed to Anthropogenic Sonar Signals. *Veterinary Pathology*, 42, 446-457.
- [Filadelfo 2009] Filadelfo, R. *et al.* Correlating Military Sonar Use with Beaked Whale Mass Strandings: What Do the Historical Data Show? *Aquatic Mammals*, 35(4), 435-444.
- [Gonzalez 1987] Gonzalez, W.D., Tsurutani, B.T. Criteria of Interplanetary Parameters Causing Intense Magnetic Storms (Dst < -100 nT). *Planetary and Space Science*, Volume 35, Issue 9, September, pages 1101-1109.
- [Greig 2005] Greig, D.J., Gulland, F.M.D., Kreuder, C. A Decade of Live California Sea Lion (*Zalophus californianus*) Strandings Along the Central California Coast: Causes and Trends, 1991-2000. *Aquatic Mammals*, 31(1), 11-22.
- [Kirschvink 1986] Kirschvink, J.L., Dizon, A.E., Westphal, J.A. Evidence from Strandings for Geomagnetic Sensitivity in Cetaceans. *The Journal of Experimental Biology*. 120, 1-24.
- [Klinowska 1985] Klinowska, M. Cetacean live stranding sites relate to geomagnetic topography. *Aquatic Mammals*, 1, 27-32.
- [Klinowska 1986] Klinowska, M. Cetacean live stranding dates relate to geomagnetic disturbances. *Aquatic Mammals*, 11.3, 109-119.

- [López 2002] López, A. *et al.* Trends in Strandings and By-Catch of Marine Mammals in North-West Spain during the 1990s. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 82, 3916/1-9.
- [Mazzuca 1999] Mazzuca, L., Atkinson, S., Keating, B., Nitta, E. Cetacean mass strandings in the Hawaiian Archipelago, 1957-1998. *Aquatic Mammals*, 25.2, 105-114.
- [Ortega 2009] Ortega Martín, C., Vicente Rubiano, M., Sanz Tolón, A.V. Estudio de las causas de varamiento y muerte de dos cetáceos en las islas Canarias. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias* Vol. 3(2).
- [Parente 2004] Parente, C.L., Vergara-Parente, J.E., de Lima R.P. Strandings of Antillean Manatees, *Trichechus Manatus Manatus*, in Northeastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 3(1), 69-75.
- [Rogan 2001] Rogan, E. *et al.* Marine Mammal Strandings. A collaborative study for the Irish Sea. *Maritime Ireland/Wales INTERREG Report No. 8*.
- [Saiz 2008] Saiz, E., Cid, C., Cerrato, Y. Forecasting intense geomagnetic activity using interplanetary magnetic field data. *Annales Geophysicae*, 26, 3989-3998.
- [Waring 2000] Waring, G.T, *et al.* U.S. Atlantic and Gulf of Mexico Marine Mammal Stock Assessments – 2000. *NOAA Technical Memorandum NMFS-NE-162*.
- [Webb 2000], Webb D.F. *et al.* Relationship of halo coronal mass ejections, magnetic clouds, and magnetic storms. *Journal of Geophysical Research*, 105, 7491-7508.
- [Weilgart 2007] Weilgart 2007, L.S. A Brief Review of Known Effects of Noise on Marine Mammals. *International Journal of Comparative Psychology*, 20, 159-168.
- [Wells 2013] Wells, R.S. *et al.* Movements and Dive Patterns of Short-Finned Pilot Whales (*Globicephala macrorhynchus*) Released from a Mass Stranding in the Florida Keys. *Aquatic Mammals*, 39(1), 61-72.
- [www.bevacet] <http://bevacet.uv.es> (datos obtenidos entre el 17 de octubre de 2013 y el 12 de julio de 2014).
- [www.elmundo] <http://www.elmundo.es/elmundo/2009/04/09/ciencia/1239269510.html> (datos obtenidos el 15 de julio de 2013).
- [www.intermagnet] <http://www.intermagnet.org/data-donnee/download-eng.php> (datos obtenidos entre el 17 de octubre de 2013 y el 28 de agosto de 2014).
- [www.noaa] http://www.nmfs.noaa.gov/pr/health/mmume/cetacean_gulfofmexico_historical.htm (datos obtenidos el 15 de enero de 2014).
- [www.noaa2] <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/solar> (datos obtenidos el 15 de enero de 2014).
- [www.solarscience] <http://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml> (datos obtenidos el 15 de junio de 2014).
- [www.ukstrandings] <http://ukstrandings.org/> (datos obtenidos entre el 17 de octubre de 2013 y el 3 de marzo de 2014).
- [www.wdc] <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst/dir/> (datos obtenidos entre el 17 de octubre de 2013 y el 12 de julio de 2014).
- [Zhang 2006] Zhang, J. *et al.* A statistical comparison of solar solar wind sources of moderate and intense geomagnetic storms at solar minimum and maximum. *Journal of Geophysical Research*, 111, A01104, doi: 10.1029/2005JA011065.

Anexo. Documentación electrónica

Como anexo a este trabajo se adjunta una memoria USB con la información recuperada de las distintas bases de datos consultadas en Internet. Como se ha dicho en el capítulo 2, algunos de estos datos se obtuvieron varios meses antes de la redacción de esta memoria, de manera que en el momento de escribir este texto (verano de 2014) ya no podían encontrarse en Internet. Se adjuntan dichos datos para que aquellos lectores que tengan interés en los mismos puedan consultarlos, ante la posibilidad que no se encuentren disponibles en las URL referenciadas en este texto.

A.1. Contenido de la memoria USB.- La memoria USB anexa contiene una primera carpeta denominada *Amengual TFM UAH 2014*, en la que se recoge toda la información que se adjunta. En dicha carpeta también existe un archivo denominado *Amengual TFM UAH 2014.pdf*, que contiene la memoria escrita de este trabajo. Además, pueden encontrarse dos carpetas, denominadas *01 Datos de varamientos de cetáceos* y *02 Datos geomagnéticos*. Cada una de estas carpetas contiene varias subcarpetas: la figura A.1 muestra esta organización.

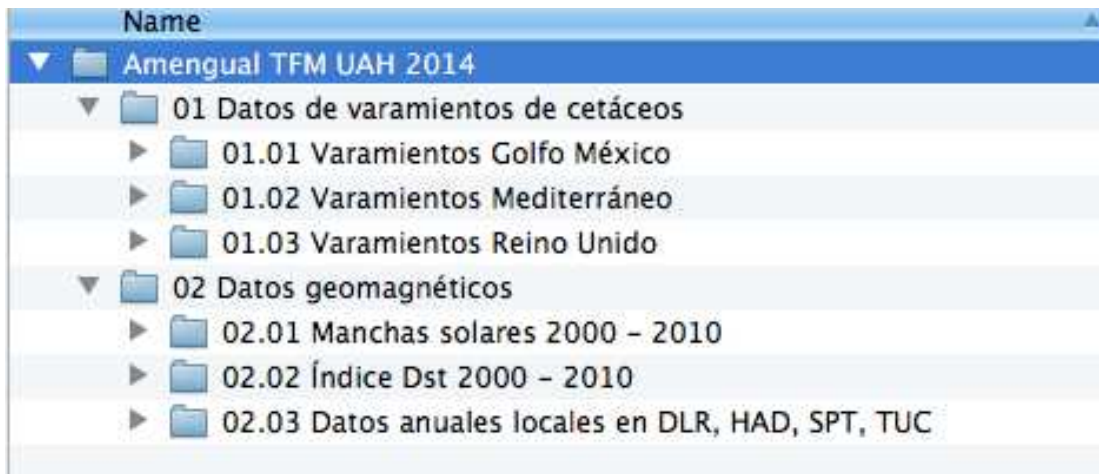


Figura A.1 – Esquema de las dos carpetas con documentación de la memoria USB adjunta a este TFM.

Como se observa en la figura 1, la primera carpeta, *01 Datos de varamientos de cetáceos*, contiene diversas subcarpetas (*01.01*, *01.02* y *01.03*) que recogen la información sobre varamientos en las costas estadounidenses del Golfo de México entre 2002 y 2009, en las costas del Mar Mediterráneo entre 2000 y 2010, y en las costas del Reino Unido entre 2000 y 2009, respectivamente.

Similarmente, la segunda carpeta *02 Datos geomagnéticos* contiene otras tres subcarpetas (*02.01*, *02.02* y *02.03*) que incluyen información sobre el número medio diario de manchas solares en el periodo 2000 – 2010, gráficas con los valores del índice *Dst* entre enero de 2000 y diciembre de 2010, y valores magnéticos locales tomados en las estaciones de Tucson, Del Río, San Pablo-Toledo, y Hartland. A continuación se explica con más detalle el contenido de cada una de estas carpetas.

A.2. Contenido de la documentación sobre varamientos de cetáceos.- Como se ha mencionado, la carpeta *01 Datos de varamientos de cetáceos*, contiene diversas subcarpetas (*01.01*, *01.02* y *01.03*) con información sobre varamientos en las costas estadounidenses del Golfo de México entre 2002 y 2009, en las costas del Mar Mediterráneo entre 2000 y 2010, y en las costas del Reino Unido entre 2000 y 2009, respectivamente. La figura A.2 muestra un esquema de la carpeta 01.

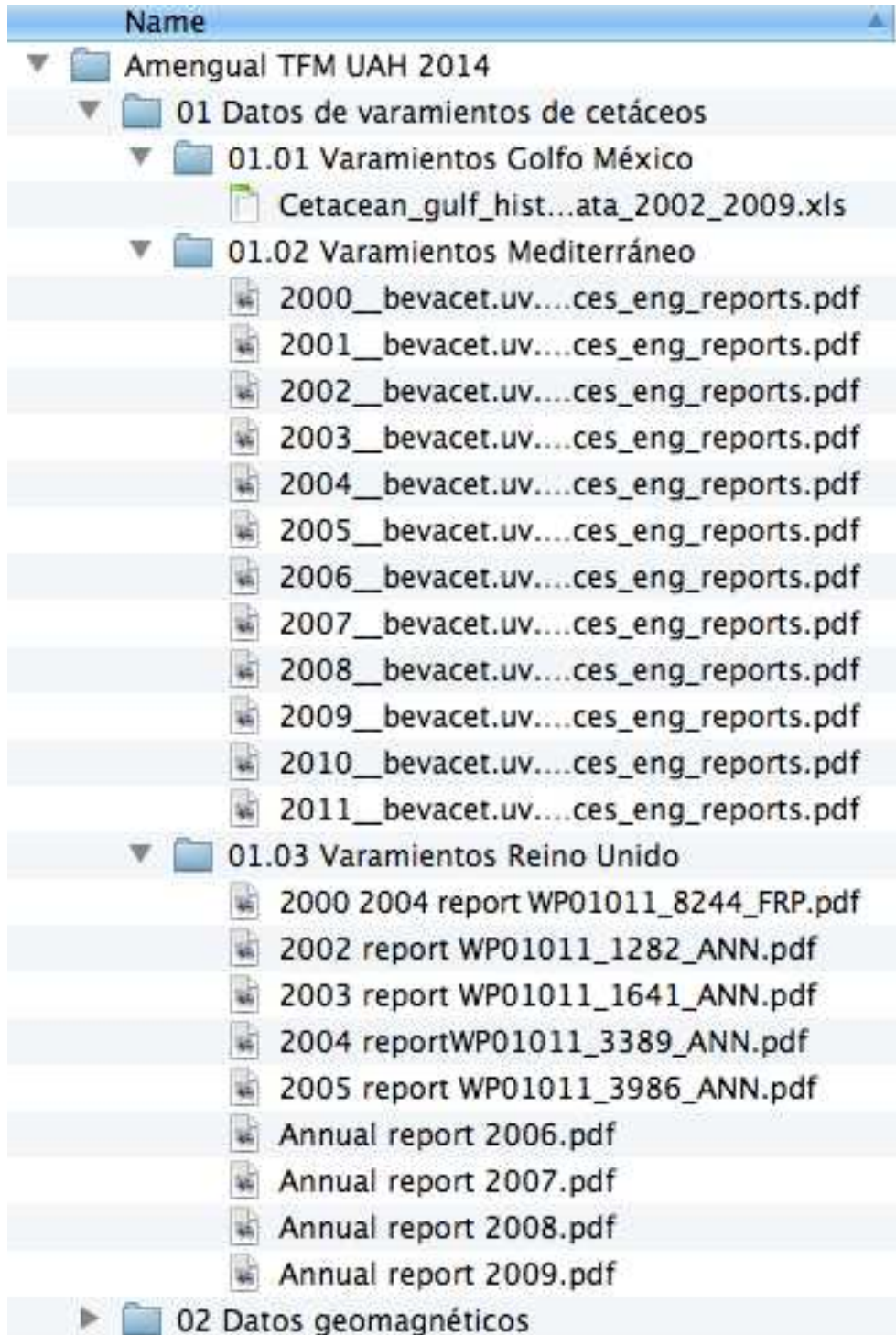


Figura A.2 – Esquema de la carpeta con documentación sobre varamientos de cetáceos, disponible en la memoria USB adjunta a este TFM.

En la carpeta *01.01 Varamientos Golfo México* puede encontrarse un archivo *Excel®* recuperado de la página web de la *NOAA* con datos de los varamientos entre 2002 y 2009. La carpeta *01.02 Varamientos Mediterráneo* contiene doce archivos *pdf* obtenidos de la página web de *Bevacet* con los listados de los encallamientos producidos en las costas del Mar Mediterráneo entre 2000 y 2011. La carpeta *01.03 Varamientos Reino Unido* incluye nueve archivos *pdf* obtenidos de la página web del *UK CSIP* con diversa información sobre el encallamiento de animales en las costas británicas entre 2000 y 2009.

A.3. Contenido de la documentación geomagnética.- Ya se ha indicado que la carpeta *02 Datos geomagnéticos* contiene otras tres subcarpetas (*02.01*, *02.02* y *02.03*) que incluyen información sobre el número medio diario de manchas solares en el periodo 2000 – 2010, gráficas con los valores del índice *Dst* entre enero de 2000 y diciembre de 2010, y valores magnéticos locales tomados en las estaciones de Hartland, Del Río, San Pablo-Toledo, y Tucson. La figura A.3 muestra un esquema de la carpeta 02.

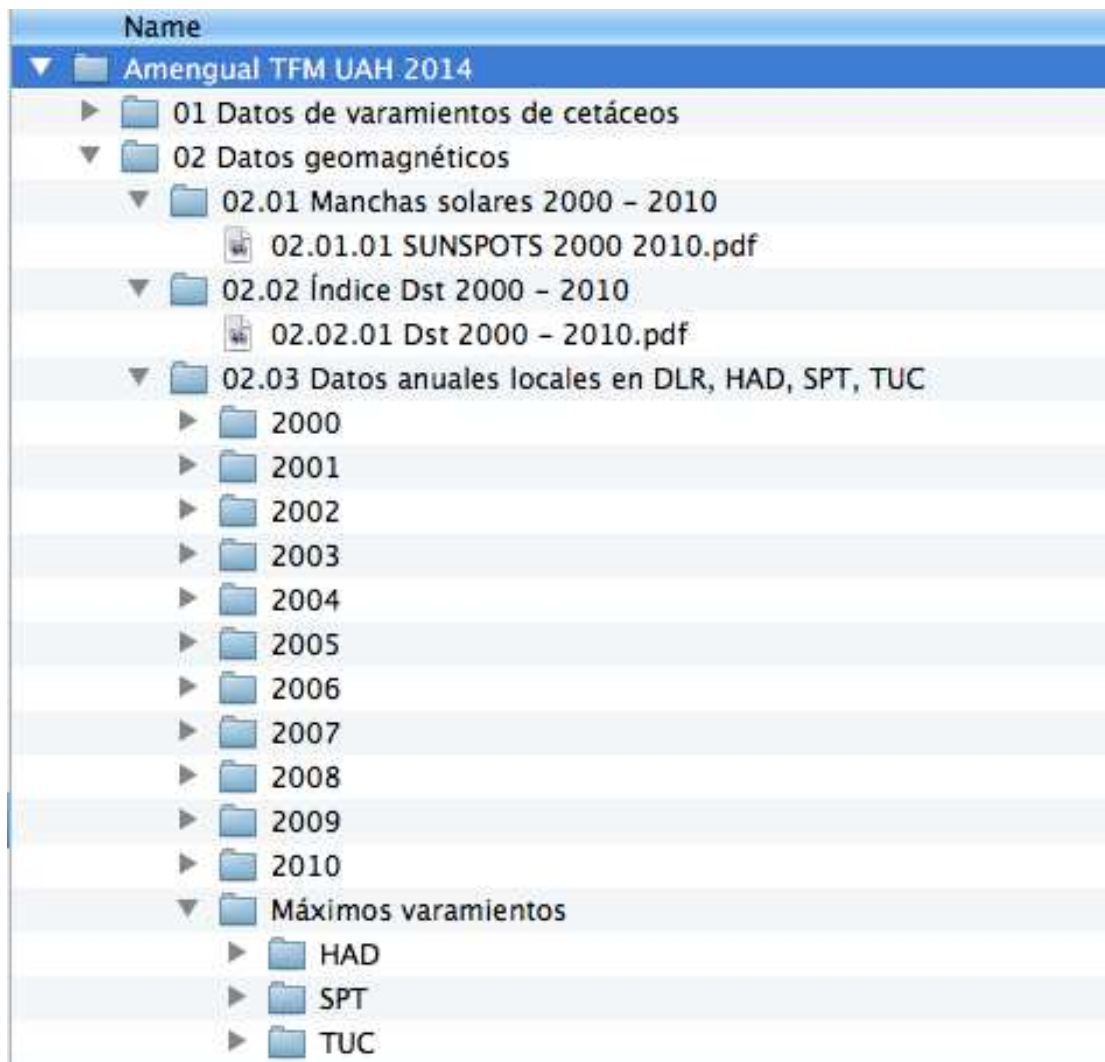


Figura A.3 – Esquema de la carpeta con documentación geomagnética, disponible en la memoria USB adjunta a este TFM.

Las dos primeras subcarpetas contienen sendos archivos *pdf* con información sobre el número medio diario de manchas solares para el periodo 2000 – 2010, así como las mencionadas gráficas con los índices *Dst*.

La tercera carpeta *02.03 Datos anuales locales en DLR, HAD, SPT, TUC* contiene diversa información; por un lado, se dan once subcarpetas (de 2000 a 2010) con las medidas de campo magnético local en las estaciones seleccionadas, correspondientes a días con actividad geomagnética que se han considerado relevantes, y que se corresponden con los datos presentados en el epígrafe 3.2. Por otra parte, en la subcarpeta *Máximos varamientos* se incluyen datos de las mediciones locales realizadas en las estaciones de Hartland, San Pablo-Toledo y Tucson aquellos días que se han detectado un gran número de varamientos, y se corresponde con la información del epígrafe 3.3. En todos los casos, la información que se presenta es un archivo *jpg* por día y estación, con las medidas locales del campo magnético en sus componentes (H, D, Z), así como el campo total registrado en la fecha y estación mencionadas. Dichos archivos han sido descargados de la página web de *Intermagnet*.