



**Universitat de les
Illes Balears**

Títol: Activitat tempestuosa, marítima, litoral i microcontinental
a àmbits insulars. Una anàlisi geogràfica aplicada a Mallorca

NOM AUTOR: Miquel Tomas Burguera

Memòria del Treball de Final de Màster

Màster Universitari d'Anàlisi, Planificació i Gestió en Àrees Litorals

(Especialitat/Itinerari d)

de la

UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS

Curs Acadèmic 2012/2013

Data 23/05/2013

Signatura de l'autor

Miquel Tomas

Nom Tutor del Treball : Miquel Grimalt Gelabert

Signatura Tutor

Cayme

Nom Cotutor (si escau) _____

Signatura Cotutor _____

Acceptat pel Director del Màster Universitari de _____ Signatura _____

ACTIVIDAD TORMENTOSA, MARÍTIMA, LITORAL Y MICROCONTINENTAL EN ÁMBITOS INSULARES. UN ANÁLISIS GEOGRÁFICO APLICADO A MALLORCA

Miquel Tomàs Burguera

Departamento de Ciencias de la Tierra. Universitat de les Illes Balears

miquel.tomas@gmail.com

RESUMEN

Se analiza la distribución espacio-temporal de las descargas eléctricas nube-tierra en Mallorca y su mar circundante entre 2000 y 2011, obteniendo una elevada irregularidad interanual, con un máximo de actividad concentrado a finales de verano.

Se detectan factores de distribución territorial derivados de la latitud, la topografía y las convergencias de vientos locales, sin apreciarse un patrón derivado de los usos del suelo.

La zona marítima y la terrestre presentan una densidad espacial de descargas similar, pero una distribución horaria contrastada, detectándose un gradiente en función de su posición respecto a la costa, con un máximo nocturno en alta mar y uno diurno en el interior de Mallorca.

Palabras clave: Mallorca, descargas eléctricas, costa, distribución horaria.

ABSTRACT

Spatial and temporal distribution of cloud to ground lightning strokes in Mallorca and its surrounding sea is analyzed for the period 2000-2011. A high interannual variability is detected, with a remarkable maximum at the end of the summer.

Latitude, topography and local winds convergence are detected to affect the spatial distribution. Instead, land cover seems not to influence.

With a similar spatial density, maritime area and terrestrial area differ significantly in its hourly distribution. In fact, a gradient based on the position in relation to the shore is appreciated, with a nocturnal maximum over the sea and a diurnal maximum in the inner of Mallorca.

Key words: Mallorca, lightning strokes, shoreline, hourly distribution.

I. INTRODUCCIÓN

Las descargas eléctricas suponen el rasgo definitorio de las tormentas, y al mismo tiempo implican un riesgo natural de gran impacto, tanto a nivel global como a nivel local en la isla de Mallorca. Debe tenerse en cuenta que no son el único riesgo natural asociado a la actividad convectiva, ya que también deben considerarse como tal las fuertes lluvias asociadas a las mismas. Aunque hay algunos trabajos precedentes que, en el ámbito de la isla de Mallorca, asocian aguaceros con la presencia de tormenta (Ruiz *et al* 2012; Alomar y Grimalt 2009), en el presente estudio únicamente se analizarán las descargas eléctricas.

Durante una tormenta se producen descargas eléctricas nube-tierra y descargas nube-nube. Las primeras se caracterizan por impactar en la superficie terrestre (ya sea continental u oceánica), mientras que las segundas se producen en el seno de una misma nube o entre dos nubes próximas. A priori, las descargas que suponen un mayor riesgo para las actividades humana son las nube-tierra, ya que la afectación derivada de las nube-nube aparece restringida a impactos en aeronaves.

Fuera del lenguaje de especialidad hay una tendencia a tratar como sinónimos rayos y descargas eléctricas, cuando en realidad no se trata del mismo concepto. El rayo es el canal que se establece entre la nube y la superficie terrestre por el cual circula la carga eléctrica y que puede vehicular una o varias descargas. La percepción visual humana es incapaz de distinguir claramente las distintas descargas que se producen en un mismo rayo (Christian y McCook).

Una descarga eléctrica que impacta en tierra supone un fenómeno eléctrico de elevada intensidad (se mide en kiloamperios) y, por lo tanto, puede provocar importantes daños en el punto de impacto y sus proximidades. Existen ámbitos, tanto temporales como espaciales, que resultan más propensos a recibir rayos. De hecho, para la isla de Mallorca, estudios anteriores demuestran que el final de la época cálida del año supone el momento con mayor número de descargas eléctricas, y la parte norte de la isla el lugar con mayor densidad de las mismas. (González Márquez, 1996; Guijarro y Heredia, 2004; Ruiz *et al* 2012).

En un contexto planetario, los estudios demuestran que la superficie terrestre sólida recibe la mayoría de impactos, mientras que sólo una minoría impacta en la superficie oceánica. Para el período comprendido entre el 4 de mayo de 1995 y el 21 de marzo de 2000 se obtiene una ratio de 10:1 en favor de las zonas terrestres (Christian *et al* 2003), aunque en algunos estudios regionales realizados en el ámbito mediterráneo dicha diferencia no es tan notable (Altartatz *et al* 2003, Petrova *et al* 2013).

La diferencia entre ambos ámbitos no se restringe únicamente al número absoluto de descargas, sino que también se aprecian contrastes marcados en cuanto a su distribución temporal (Blakeslee *et al* 2012).

Por lo que respecta a nivel insular, el estudio de Williams y Chan 2004 concluyen, para el ámbito tropical, que hay un notable incremento de la actividad eléctrica sobre las islas en relación al mar circundante y que esta anomalía se hace patente a partir de superficies insulares superiores a órdenes de magnitud de 10^2 a 10^3 km.

A pesar de no estar en zona tropical, pero teniendo de referencia el citado estudio, Mallorca, isla con 3.620,02 km²de extensión,se encuentra en la parte superior de este rango.

En el presente trabajo se parte de la hipótesis de que Mallorca, como isla, genera una actividad tormentosa diferenciada de la zona marítima circundante, pudiendo presentar el interior una actividad eléctrica microcontinental, es decir, con una concentración importante de la actividad en la parte cálida del año y también de la jornada. Dicha hipótesis se establece a partir de factores como el contrastado comportamiento térmico de la superficie continental respecto a la marítima, la generación de un régimen de vientos locales provocados por la isla y la topografía. Y se manifiesta en disimilitudes en la distribución territorial y temporal de los fenómenos tormentosos.

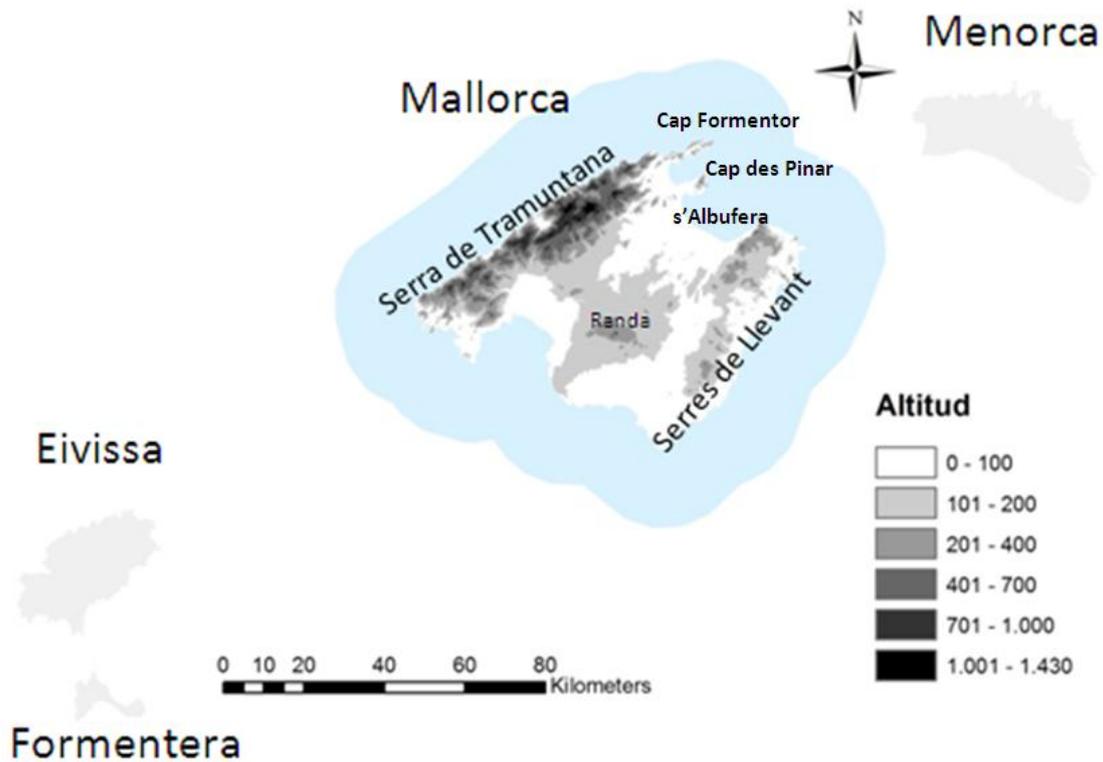
Mediante métodos de análisis estadístico-espaciales se caracterizará esta actividad en tiempo y espacio poniendo especial énfasis en el estudio de las descargas producidas en la zona de transición que supone la franja litoral.

II. DATOS Y METODOLOGÍA

Se ha acotado el área de estudio (Figura 1) a la isla de Mallorca y la franja marítima de 20km alrededor de la misma. Se ha elegido este rango ya que supone conseguir que ningún punto estudiado independientemente de su carácter marítimo o insular esté a una distancia superior aproximada de 20km a la línea de costa. Se analiza, por tanto una superficie total de 10.652,79 km², de los cuáles 3.620,02 km² corresponden a la isla y 7.032,77 km² al mar.

Las máximas elevaciones de Mallorca se concentran en la *Serra de Tramuntana*, con multitud de cimas por encima de los 1000m, siendo el *Puig Major*, con sus 1445m, el punto más elevado, ubicada en la parte central de la misma. Fuera de la cordillera septentrional destacan las elevaciones asociadas a las *Serres de Llevant*, ubicadas en el este de la isla, con altitudes máximas entorno a 500m. Entre ambos sistemas montañosos existe una región relativamente llana, aunque con presencia de colinas con elevaciones entorno a 200-300m. Dentro de esta región se individualiza el *Puig de Randa*, que con sus 543m se convierte en el punto más alto fuera de los dos sistemas montañosos. La forma de la isla es aproximadamente romboidal, sin promontorios remarcados, a excepción del *Cap Formentor* y del *Cap des Pinar* situados en el extremo NE. De modo que ningún punto de la isla se encuentra alejado más de 25 km de la línea costera.

Figura 1.- Zona de estudio. *Study area*

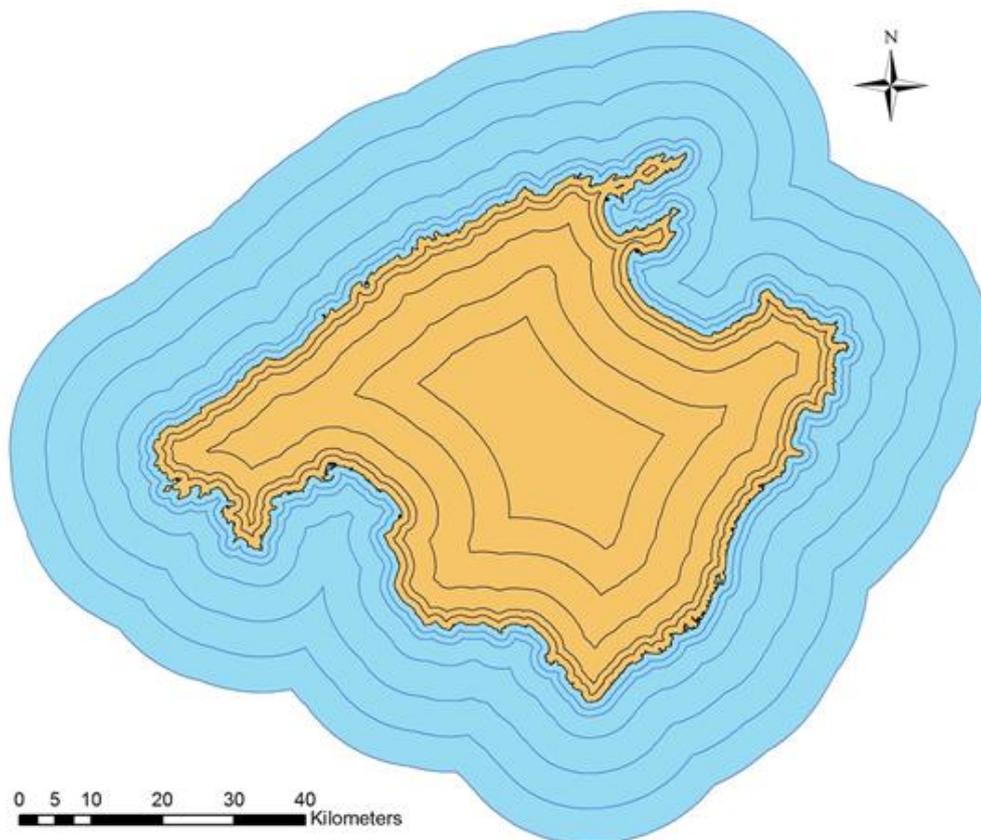


Los datos de las descargas eléctricas nube-tierra se han obtenido de la red de detección de rayos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), que ubica temporal y geográficamente las mismas, mientras que no consideramos las nube-nube. Esta red empezó su funcionamiento en 1992 (Pérez-Puebla, 1999) pero en el presente trabajo se ha analizado únicamente el período 2000-2011, debido a que en el año 2000 hubo cambios en el sistema de detección que mejoraron sensiblemente su fiabilidad: los datos recogidos a partir del 2000 se demuestran homogéneos para estudios climáticos (López Díaz *et al* 2012). Cabe recordar que al tratarse de descargas y no de rayos pueden darse coincidencias espaciotemporales entre las mismas.

El análisis de los datos se ha realizado mediante herramientas de SIG (ArcGIS 10 y gvSIG 1.11), lo que ha permitido integrar la información. Los datos obtenidos de AEMET en una capa, donde cada punto se corresponde con una descarga eléctrica. Para poder realizar el análisis geográfico se trabaja, además, con la capa de curvas de nivel de la isla de Mallorca (obtenida del Centro Nacional de Información Geográfica), a partir de la cual se deriva otra capa poligonal con los límites de la isla y también un modelo digital de elevaciones, que permitirá realizar el análisis topográfico. Del mismo organismo se ha obtenido la información de usos del suelo del Corine Land Cover del año 2006, que ha constituido otra capa. Dado que las fuentes originarias de datos son diversas se han realizado las operaciones oportunas en todas las capas para poder trabajar con ETRS 89 zona 31N

A partir de la línea de costa de la isla de Mallorca, se han creado diferentes ámbitos de estudio (tanto marítimos como interiores) limitados por líneas paralelas a la línea de costa (buffers), siendo las distancias elegidas 1, 2, 5, 10 y 15km (Figura 2). Para la zona marítima se crea un buffer adicional a 20km de distancia, que es el límite exterior absoluto del área de estudio.

Figura 2.- Buffers creados en la zona de estudio a partir de la línea costera. *Buffers in the study area from shore line.*



Para caracterizar espacial y temporalmente las descargas se usan las capacidades de análisis de los SIG, combinando tratamiento ráster y vectorial de los datos. Se procede a cruzar la información de la base de datos de descargas eléctricas con las distintas áreas delimitadas por los buffers, para realizar un análisis estadístico y contrastado de la actividad eléctrica en cada una de ellas. Se incide tanto en la distribución geográfica como temporal del fenómeno y el análisis de los resultados obtenidos se ha organizado en tres apartados principales, que hacen referencia a los parámetros espaciales genéricos del fenómeno (I), a sus parámetros temporales (II) y a sus relaciones con las distintas franjas creadas (III).

III. RESULTADOS

3.1.- Parámetros espaciales

En el conjunto de la región de estudio se han registrado(2000-2011) un total de 318.763 descargas eléctricas, de las cuales 106.993 impactaron en la isla de Mallorca, mientras que el resto, 211.770, lo hicieron en la zona marítima. Esta actividad eléctrica se concentró en un total de 964 días de tormenta (representando un 21,9% de las jornadas sobre el total de 4.383), con 720 días en el interior de la isla y 889 días en el área marítima. Ello se traduce en una densidad media de 2,49 descargas/km²/año, siendo la misma de 2,46 descargas/km²/año para la superficie insular y 2,51 descargas/km²/año para la marítima con una distribución irregular en el territorio analizado (Figura 3). Se obtiene así una proporción tierra-mar 0,98:1, muy lejos del valor 10:1 obtenido globalmente (Christian *et al* 2003). En el ámbito mediterráneo ya se habían obtenido valores similares, como la proporción 1,64:1 obtenida por Altaratz *et al* 2003 en la zona de Israel.

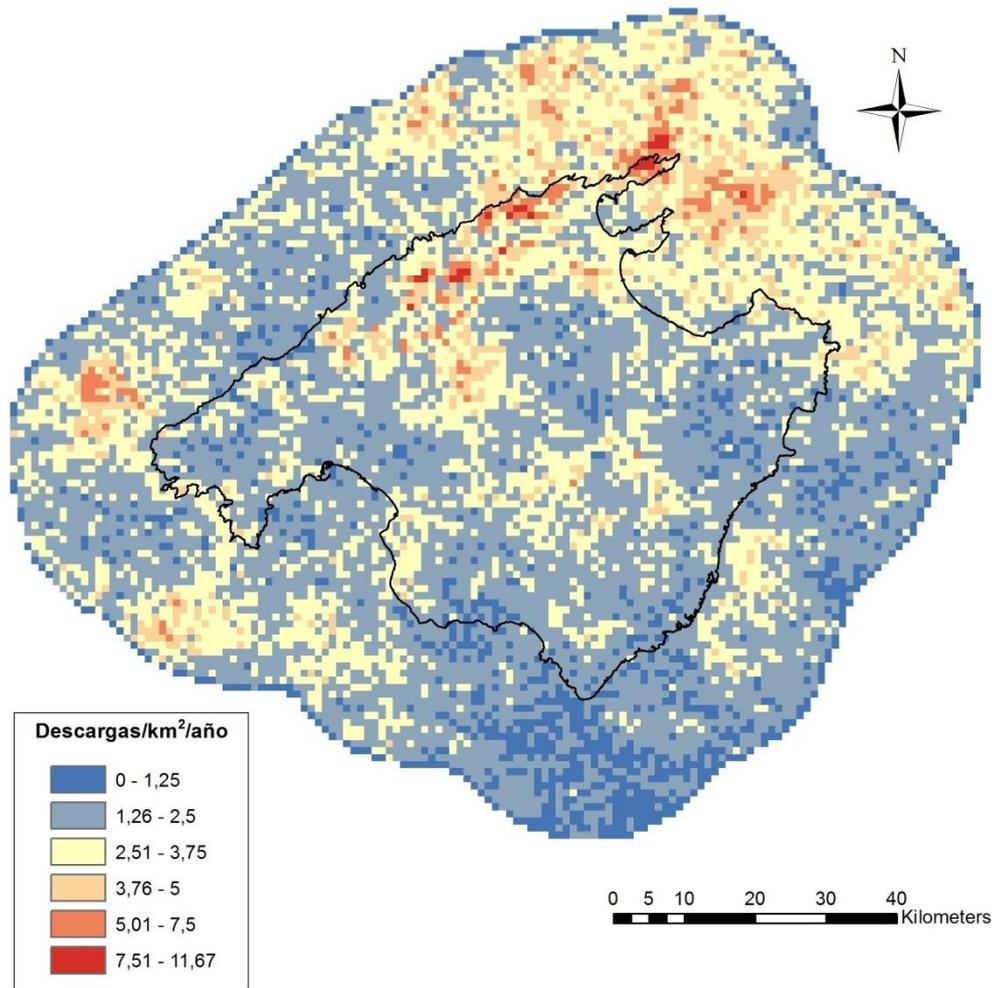
Los valores máximos de densidad de descargas se alcanzaron en el norte de la isla y en la zona marítima próxima, con valores claramente por encima de la media. De hecho, existen algunos enclaves que presentan valores superiores a 8 descargas/km²/año, alcanzando máximos ligeramente superiores a 11 descargas/km²/año, alrededor de las cimas más elevadas de la *Serra de Tramuntana* y en el promontorio del *Cap Formentor*.

La mayor parte de la isla presenta valores próximos a las 2 descargas/km²/año, excepto un eje que se constituye en el interior de la misma, coincidiendo prácticamente con una línea de simetría con dirección NW-SE, con valores máximos entorno a las 4 descargas/km²/año. Dicho eje se prolonga sobre el mar frente al litoral de levante, que coincide aproximadamente con la zona de afectación de las tormentas por convergencia de brisas, que en la parte cálida del año se producen preferentemente en puntos del interior de Mallorca (Alomar, 2012; Alomar y Grimalt, 2009; Ramis, 1998).

En el extremo occidental del área de estudio también aparecen distintos núcleos de máxima actividad, localizados en la zona marítima.

Por lo que respecta a los valores mínimos, éstos se localizan en el sur y sureste de la zona de estudio, con amplias zonas de valores inferiores a 2 descargas/km²/año, con lo que se detecta un gradiente latitudinal de fondo en la actividad eléctrica.

Figura 3.- Distribución geográfica de la densidad de descargas eléctricas. *Geographical distribution of annual lightning density.*



En líneas generales sorprende la relativa independencia entre distribución de relieve y la actividad tormentosa, a excepción de la citada coincidencia con la parte central y NE de la *Serra de Tramuntana*. Desde el punto de vista pluviométrico hay una relación directa entre la presencia de zonas montañosas y un incremento de precipitación, que se manifiesta en todas las áreas de relieve accidentado de la isla (Guijarro, 1986). En cambio, se puede observar como áreas topográficamente elevadas como el extremo occidental de la *Serra de Tramuntana*, así como también el eje de las *Serres de Llevant* no se reflejan en un incremento de la densidad de descargas.

3.2.- Parámetros temporales

Se ha analizado la distribución interanual, mensual y horaria de las descargas eléctricas en el conjunto del área de estudio, introduciendo la diferenciación entre el área marítima y terrestre.

3.2.1.- Parámetros interanuales

La distribución interanual de las descargas eléctricas a lo largo de los 12 años de observación (Tabla 1) presenta una elevada irregularidad, de tal manera que para una media de 26.563 descargas anuales, su desviación estándar es de 11.062. Este hecho se manifiesta tanto en la zona marítima como en la terrestre, reflejándose también en la densidad de descargas, de tal manera que si para todo el período ésta es ligeramente superior en la zona marítima que en la terrestre, para algunos años (2002, 2004, 2006, 2009 y 2011) este hecho se invierte.

Afectando tanto a la zona marítima como terrestre, el año con una mayor actividad es el 2009 y el menos tormentoso es el 2010, único en donde manteniéndose la pauta de distribución territorial de la densidad no se alcanzan las 10.000 descargas.

Tabla 1.- Distribución interanual de las descargas eléctricas. *Interannual distribution of lightning.*

	Área terrestre		Área marítima		Total	
	Número	Densidad (descargas/km ²)	Número	Densidad (descargas/km ²)	Número	Densidad (descargas/km ²)
2000	4.737	1,31	10.005	1,42	14.742	1,38
2001	7.971	2,20	17.349	2,47	25.320	2,38
2002	14.773	4,08	23.648	3,36	38.421	3,61
2003	6.440	1,78	20.493	2,91	26.933	2,53
2004	13.000	3,59	19.850	2,82	32.850	3,08
2005	9.416	2,60	23.962	3,41	33.378	3,13
2006	13.426	3,71	16.954	2,41	30.380	2,85
2007	8.708	2,41	20.494	2,91	29.202	2,74
2008	5.208	1,44	15.184	2,16	20.392	1,91
2009	16.525	4,56	29.650	4,22	46.175	4,33
2010	1.799	0,50	5.777	0,82	7.576	0,71
2011	4.990	1,38	8.404	1,19	13.394	1,26
Media	8.916,08		17.647,50		26.563,58	
Desviación estándar	4.610,42		6.956,93		11.062,53	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos AEMET

Si se analizan los días de tormenta (Tabla 2) la variabilidad interanual disminuye, ya que en algunos episodios especialmente virulentos se concentran un número muy elevado de descargas. En este caso la desviación estándar queda por debajo del 10% de la media. Ello puede suponer que las condiciones atmosféricas necesarias para el desarrollo de tormentas se repiten con bastante regularidad año tras año, de modo que en ninguno de ellos ha habido menos de 70 jornadas tormentosas y ninguno con más de 90.

Tabla 2.- Distribución interanual del número de días de tormenta. *Interannual distribution of thunderstorm days.*

	Área terrestre	Área marítima	Total
2000	54	67	73
2001	57	74	78
2002	63	80	89
2003	55	77	81
2004	61	78	83
2005	66	78	84
2006	63	66	73
2007	51	73	77
2008	66	78	87
2009	56	61	70
2010	58	79	85
2011	70	78	84
Media	60,00	74,08	80,33
Desviación estándar	5,74	6,16	6,08

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AEMET

3.2.2.- Parámetros mensuales

En los estudios realizados hasta el momento para el área de Baleares se ha determinado el mes de septiembre como mes con mayor actividad eléctrica (González Márquez, 1996; Guijarro y Heredia, 2004, Ruiz *et al*, 2012), hecho que de nuevo se confirma en el presente análisis. De hecho, el porcentaje de actividad en este mes es ampliamente superior al del resto de meses, suponiendo un 41% de la actividad en la zona terrestre y un valor ligeramente superior, próximo al 50%, para la zona marítima. Además, en ambos casos el total de descargas para el trimestre agosto, septiembre, octubre supone un valor del 75%, correspondiéndose con el final de la época cálida, y por lo tanto, la época en que son posibles los máximos desarrollos verticales

En cambio, los meses invernales, cuando se alcanzan los valores mínimos de temperatura, son los que presentan una menor actividad eléctrica, con porcentajes que algunos meses están por debajo del 1% sobre el total anual.

La transición entre el mínimo invernal y el máximo de finales de verano se da de manera gradual hasta el mes de julio, cuando el porcentaje de la actividad alcanza proporciones entorno al 4% de la actividad anual. En tanto que el incremento de actividad intermensual entre julio-agosto y agosto-septiembre es muy importante

Para el período marzo-agosto la densidad de descargas en tierra es ligeramente superior en la zona terrestre que en la zona marítima, sin embargo, de septiembre a febrero la

densidad es superior en el mar que en tierra. La relativamente elevada actividad terrestre en el período marzo-agosto puede ser explicada por el mayor calentamiento diurno que sufre la superficie terrestre respecto a la superficie marítima.

Para algunas zonas continentales del mismo hemisferio analizadas por autores diversos, el máximo de actividad suele concentrarse entorno a los meses de julio y agosto, así se detecta en Georgia, Estados Unidos (Bentley y Stallins, 2005) y en la mayoría de zonas terrestres (Christian *et al* 2003). Sin embargo, en la zona de la Península Ibérica este máximo aparece desplazado hacia los meses de agosto y septiembre (Rivas Soriano *et al* 2005) y en el entorno de la isla de Mallorca (tanto en su zona marítima como terrestre) se concentra en el mes de septiembre (Tabla 3).

Tabla 3.- Distribución mensual de las descargas eléctricas. *Monthly distribution of lightning strokes.*

	Zona terrestre			Zona marítima		
	Número	(%)	Densidad (descargas/km ²)	Número	(%)	Densidad (descargas/km ²)
Enero	832	0,78	0,23	2.342	1,11	0,33
Febrero	671	0,63	0,19	1.889	0,89	0,27
Marzo	1.256	1,17	0,35	1.737	0,82	0,25
Abril	2.396	2,24	0,66	2.182	1,03	0,31
Mayo	2.814	2,63	0,78	3.899	1,84	0,55
Junio	4.221	3,95	1,17	5.462	2,58	0,78
Julio	4.505	4,21	1,24	9.127	4,31	1,30
Agosto	20.734	19,38	5,73	24.849	11,73	3,53
Septiembre	44.751	41,83	12,36	105.243	49,70	14,96
Octubre	15.345	14,34	4,24	30.476	14,39	4,33
Noviembre	6.295	5,88	1,74	18.268	8,63	2,60
Diciembre	3.173	2,97	0,88	6.296	2,97	0,90

Fuente: Elaboración propia a partir de datos AEMET

En cuanto a los días de tormenta (Tabla 4) el máximo también es en el mes de septiembre, aunque éste no es tan acusado, llegando únicamente a concentrar entre un 14-15% de los días totales de tormenta. De nuevo se confirma que la parte cálida del año es la que presenta una mayor actividad. Sin embargo, los valores mínimos no aparecen en pleno invierno, sino que se sitúan en el mes de julio y en el mes de marzo. La distribución mensual de la actividad eléctrica y de los días de tormenta no sigue el mismo patrón, principalmente porque un día de tormenta presenta un diferente número de descargas en función de la época del año. La parte cálida del año es propensa a generar un mayor número de descargas en cada episodio, debido al mayor desarrollo vertical de las nubes.

Este hecho explica la diferencia significativa que se observa en septiembre, que concentra el 15% de los días de tormenta del año, pero el 45% de las descargas. Asimismo, también puede explicar la presencia de un mínimo relativo en el mes de julio en cuanto a número de días de tormenta, mínimo que no aparece en el número total de descargas.

Tabla 4.- Distribución mensual de días de tormenta. *Monthly distribution of thunderstorm days.*

	Área terrestre		Área marítima		Total	
	Número	%	Número	%	Número	%
Enero	52	7,22	71	7,99	78	8,09
Febrero	47	6,53	65	7,31	68	7,05
Marzo	30	4,17	35	3,94	42	4,36
Abril	54	7,50	60	6,75	70	7,26
Mayo	48	6,67	70	7,87	76	7,88
Junio	44	6,11	52	5,85	59	6,12
Julio	26	3,61	39	4,39	40	4,15
Agosto	63	8,75	73	8,21	79	8,20
Septiembre	108	15,00	129	14,51	135	14,00
Octubre	97	13,47	111	12,49	117	12,14
Noviembre	92	12,78	106	11,92	115	11,93
Diciembre	59	8,19	78	8,77	85	8,82

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AEMET

3.2.3.- Parámetros horarios

La distribución horaria (Figura 4) presenta una oscilación de las descargas a lo largo del día con dos momentos de máxima actividad, uno concentrado durante las horas centrales de la jornada y otro durante la madrugada. Mientras que el máximo diurno, centrado en las 13UTC, se corresponde sobretodo con actividad terrestre, el máximo nocturno, centrado en las 02UTC, se localiza en la zona marítima. Destaca que la zona terrestre presenta un máximo secundario en las horas nocturnas, mientras que la zona marítima también presenta un máximo secundario entorno a las horas centrales del día, quedando las últimas horas de la madrugada y las primeras horas de la tarde como momentos de mínima actividad en ambos territorios.

El máximo de actividad terrestre durante las horas centrales del día tiene su influencia en las precipitaciones de la isla de Mallorca, que, sobre todo durante la época cálida, presentan una elevada proporción de las mismas durante esas mismas horas. (Guijarro, 2012)

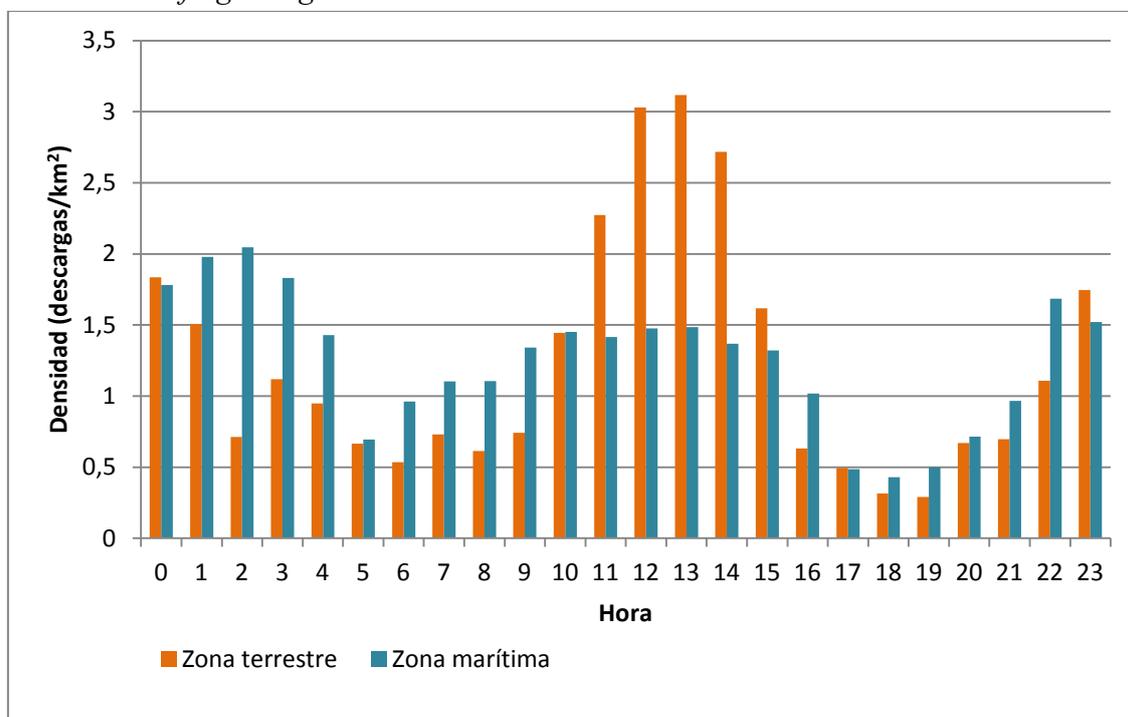
Si se compara este patrón con el detectado por otros estudios se observan semejanzas, aunque en zonas continentales, como la Península Ibérica (Rivas Soriano *et al* 2005) o el oeste de Francia (Seity *et al* 2000). La actividad máxima suele aparecer a las últimas

horas de la tarde, cuando el calentamiento diurno alcanza su máximo valor, y por lo tanto, se logra así una máxima energía potencial disponible para el crecimiento de las nubes convectivas(William *et al*2000).

Sin embargo, en la época cálida del año la temperatura de la isla de Mallorca está regulada por el *embat* (nombre local que recibe la brisa marina), que provoca que el máximo de temperatura se encuentre desplazado hacia el mediodía en lugar de a media tarde (Alomar, 2012). Por lo tanto, es hasta las 12UTC cuando la energía disponible para el crecimiento de tormentas es mayor. Además, el régimen de brisas se caracteriza por presentar distintos puntos de convergencia, que en determinadas situaciones actúa de mecanismo de disparo para el crecimiento de tormentas (Alomar, 2012;Alomar y Grimalt, 2009;Ramis, 1998). Ambos factores son los que explican el horario adelantado del máximo diurno de actividad tormentosa en Mallorca respecto a las zonas continentales.

Durante las horas nocturnas la actividad marítima tiende a ser más importante que la actividad terrestre, ya que la mayor inestabilidad durante esas horas se localiza sobre el mar, al tener una temperatura superficial más elevada que la de la zona terrestre. La mayor inercia térmica del agua provoca que la temperatura superficial no disminuya con tanta rapidez en la zona marítima como en la zona terrestre, lo que provoca que, ante una misma situación en altura, la inestabilidad sea mayor sobre el mar Mediterráneo.

Figura 4.- Distribución horaria de la densidad de descargas eléctricas. *Hourly distribution of lightning strokes.*



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AEMET

Las 23UTC y las 00UTC suponen una anomalía a este hecho, ya que en este lapso de tiempo, la actividad eléctrica es más importante en tierra que en el mar. Otra anomalía menor detectada es el desplome en la actividad eléctrica de la zona terrestre que se manifiesta a las 02UTC, y que si bien sigue con la tendencia de descenso de actividad en ese entorno geográfico, supone una anomalía respecto a los valores de las 01UTC y las 03UTC.

3.3.- Parámetros geográficos

3.3.1.- Buffers

Además de la simple diferenciación entre la actividad terrestre y la marítima se ha realizado un análisis exhaustivo sobre el conjunto de franjas definido en la figura 2, con el objetivo de determinar, si es posible, la zona de ruptura entre la actividad típicamente terrestre y la marítima.

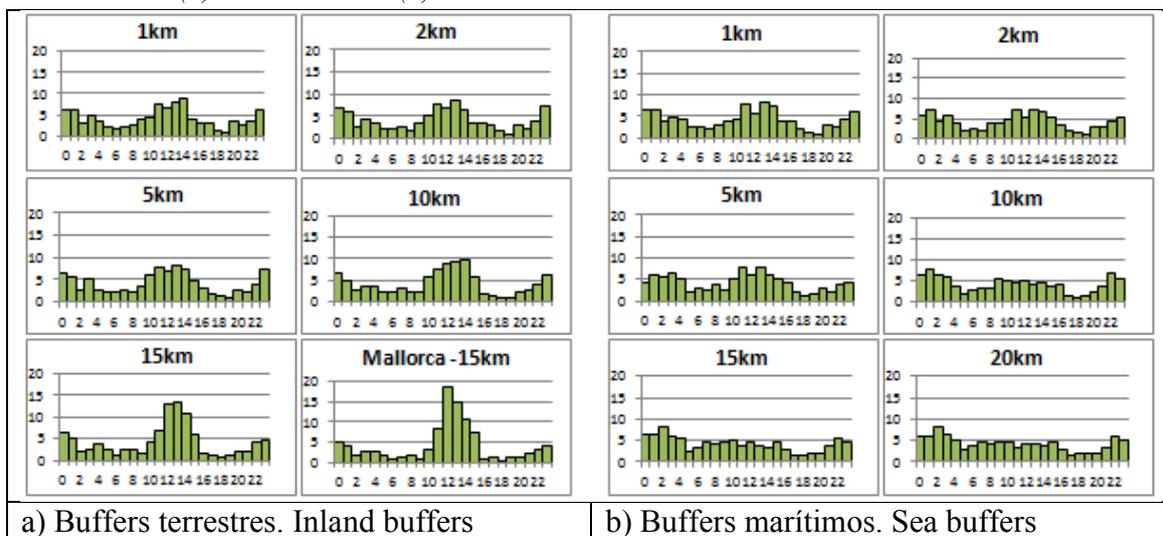
A medida que abandonamos la línea de la costa para adentrarnos en la isla de Mallorca (Figura 5.a) el máximo de actividad diurna incrementa su peso específico, siendo este aumento notable a partir de los 10km de distancia. En cambio, a la actividad nocturna le sucede lo contrario, ya que su importancia relativa va disminuyendo de forma paulatina.

Además, el máximo de actividad diurna padece un desplazamiento horario, de tal manera que si en las zonas más próximas a la costa se presenta entre las 13 y las 14UTC, a medida que nos adentramos en el interior de la isla se va adelantando su aparición, hasta tal punto que en el interior de Mallorca la máxima actividad se concentra a las 12 UTC, acumulando un total del 18,69% de la actividad diaria en esa misma hora y hasta un 56% para el periodo que va de las 10UTC a las 14UTC. Lo cual corrobora más la hipótesis que lo relaciona con la convergencia de brisas.

Respecto a la anomalía detectada en la actividad eléctrica a las 02UTC ésta aparece en todas las franjas terrestres. Sin embargo, su importancia disminuye a medida que nos adentramos en la zona terrestre.

Por lo que respecta a las franjas marítimas se detecta que a medida que nos adentramos en el mar la actividad nocturna va incrementando su peso relativo (Figura 5.b), aunque no de manera tan importante como lo hace la actividad diurna en la zona terrestre. Este ligero incremento en el porcentaje de la actividad nocturna se manifiesta de manera más importante a partir de los 10km de distancia a la costa, punto a partir del cual la actividad nocturna presenta puntas superiores a la actividad diurna, concentrando valores superiores al 30% para el período 00UTC a 04UTC, mientras que para el período 10UTC a 14UTC se queda por debajo del 25%.

Figura 5.- Distribución horaria de la actividad eléctrica en los distintos buffers de la zona terrestre (a) y marítima (b). *Hourly distribution of lightning strokes in buffers of inland area (a) and sea area (b).*



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AEMET

Para las zonas más próximas a la costa, el máximo de actividad nocturna se centra en las 01UTC, mientras que en las zonas más alejadas este máximo aparece centrado en las 02UTC (Figura 5.b). A pesar de presentar este máximo de actividad, esta zona presenta un menor contraste entre horas que la zona terrestre.

Por lo que respecta al mínimo de actividad, en ambas zonas (marítima y terrestre) se centra entre las 17 y las 19UTC. Mientras que en las zonas más próximas a la costa el mínimo tiende a estar centrado a las 19UTC, en las zonas más alejadas (tanto del interior de Mallorca como de la zona marítima) éste se da una o dos horas antes.

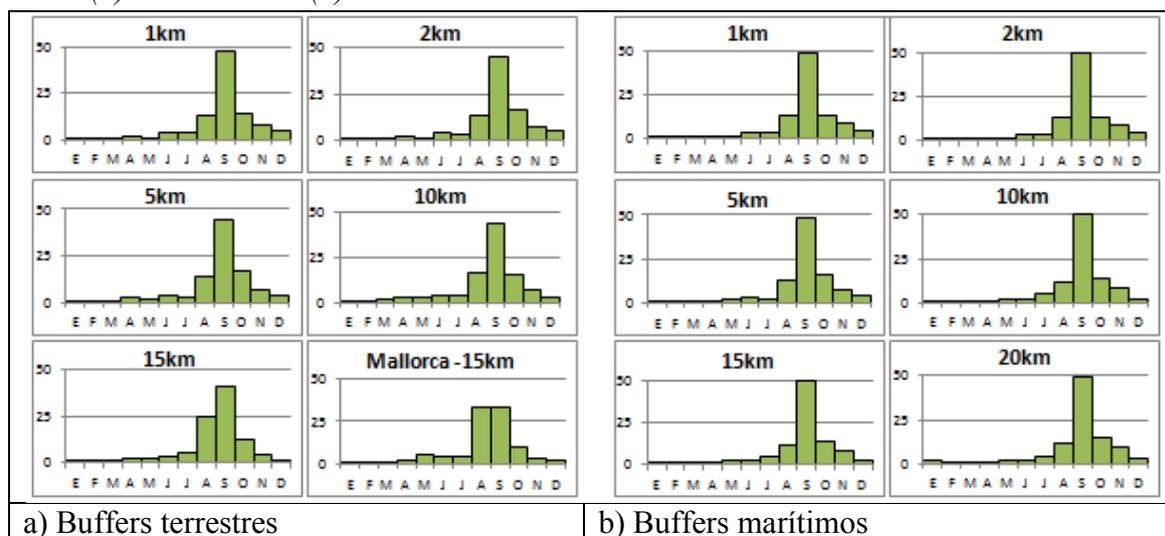
La actividad detectada en las franjas marítimas y terrestres con una distancia inferior a 10km a la línea de costa es bastante similar, siendo a partir de esta distancia cuando ambas zonas presentan diferencias notables, con un repunte notable de la actividad diurna en tierra y un leve repunte de la nocturna en la zona marítima.

Analizando la distribución mensual en relación a la distancia a la costa se detecta que el mes de septiembre (al igual que sucedía para el conjunto del área de estudio) es el que presenta una mayor concentración de la actividad eléctrica. Sin embargo, a medida que nos adentramos en la isla de Mallorca su peso relativo disminuye (Figura 6.a) al mismo tiempo que se incrementa el del mes de agosto. Tan importante resulta dicho proceso que en la parte central de la isla de Mallorca (Figura 6.a) el porcentaje de descargas registradas en el mes de agosto (33,1%) es ligeramente superior a las del mes de septiembre (32,7%), mientras que en el buffer más litoral, la concentración es de 12,5% para el mes de agosto y 47,29% para el mes de septiembre.

Además, en la parte central de la isla aparece un leve máximo secundario primaveral centrado en el mes de mayo, acumulando un 5,79% de la actividad frente al 2,26% del mes de abril y al 4,14% del mes de junio.

En cambio, para la zona marítima (Figura 6.b) el máximo del mes de septiembre domina en todas las franjas, llegando incluso a superar ligeramente el 50% de la actividad anual, con una diferencia entre las distintas franjas marítimas muy poco significativa.

Figura 6 Distribución mensual de la actividad eléctrica en los distintos buffers del área terrestre (a) y marítima (b). *Monthly distribution of lightning strokes in buffers of inland area (a) and sea area (b).*



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AEMET

3.3.2.- Topografía

Uno de los factores geográficos con mayor influencia en la actividad eléctrica es la topografía, que habitualmente presenta una correlación positiva con el número de descargas. Así sucede en la Península Ibérica, con unos valores máximos que se registran en la zona de los Pirineos y Sistema Ibérico (Rivas Soriano *et al* 2005) y también en la zona alpina de Austria y Baviera, que presenta un máximo de actividad entorno a los 1800msnm (Prinzel *al* 2011). De hecho, en el análisis global del área estudiada se ha podido constatar parcialmente este hecho (Figura 3).

No obstante, un análisis pormenorizado por cotas altimétricas y distancias a la costa ofrece información adicional. Incidiendo en este aspecto, se ha detectado que para el buffer terrestre que incluye toda la superficie que diste menos de 5km con la línea de costa la densidad de descargas se incrementa con la altitud (Tabla 3). Si el valor medio para esta área es de 2,49 descargas/km²/año, únicamente las zonas que se encuentran a una altitud inferior a 100m presentan valores inferiores. Entre los 500 y los 1000m el valor se dispara hasta las 3,79 descargas/km²/año, mientras que si subimos a una altitud

superior a 1000m la densidad sube hasta las 8,25 descargas/km²/año. Comparando con los valores para toda la isla de Mallorca éstos son muy similares.

Tabla 5.- Distribución de las descargas eléctricas en función de la altitud. *Lightning strokes distribution depending on the altitude.*

Altitud	Descargas eléctricas/km ² /año	
	5km	Mallorca
0-100	2,18	2,18
100-200	2,52	2,41
200-500	2,93	2,75
500-1000	3,79	3,93
>1000	8,25	7,87
Promedio	2,49	2,46

Fuente: Elaboración propia a partir de datos AEMET y modelo digital de elevaciones.

3.3.3- Usos del suelo

Un factor geográfico que potencialmente puede influir en la densidad de descargas son los usos del suelo. A partir del CorineLandCover 2006 se ha calculado la densidad de descargas para cada tipo de uso en la franja costera limitada por el buffer de 5km. En dicha área la densidad media es de 2,49 descargas/km²/año, y los datos presentan una gran homogeneidad entre las distintas zonas. Se ha elaborado una tabla con aquellos usos que presentan una mayor desviación (por arriba o por abajo) al valor medio.

Aparecen dos usos con un valor superior a 4 descargas/km²/año, correspondiendo a *láminas de agua* y *roquedo*. El primer uso es muy minoritario, territorialmente restringido a los embalses, que se encuentran en cotas medias de la *Serra de Tramuntana*. El impacto de alguna descarga relativizado con la exigua superficie da como resultado esta aparente anomalía estadística. El *roquedo*, desprovisto de vegetación, puede corresponder tanto a áreas próximas a la línea de costa como a las cresterías calcáreas de las áreas montañosas, con lo que existe un marcado vinculo con el factor topográfico, sobretudo en el segundo de los ámbitos descritos. Igualmente, la influencia del relieve es manifiesta para el grupo de usos *pastizales naturales* y *matorrales esclerófilos*, particularmente notable en los primeros ya que las formaciones sabanoides de *Ampelodesmos mauritanica* únicos pastizales de la isla se concentran en las cumbres. (Bolós, 1996).

Un caso particular es la anómala afectación de las *marismas* (áreas topográficamente deprimidas) y sin arbolado, por tanto inicialmente poco propensas a recibir descargas eléctricas. La principal infraestructura de generación de energía eléctrica (central termoeléctrica *des Murterar*), se ubica casi en el centro de la principal zona pantanosa de la isla (*s'Albufera*). La concentración de torres y líneas de alta tensión implícita a su alrededor conlleva un factor de atracción para la actividad eléctrica, que

geográficamente ya es notable en la zona al estar inscrita en el máximo de actividad tormentosa general apreciado en el NE de la isla.

Las áreas que presentan los valores mínimos se corresponden con usos del suelo contrastados. En el caso de las *vías de comunicación*, éstas suelen seguir por lógica cotas topográficas bajas en relación a su entorno. Además de su poco peso significativo como área dado su carácter marcadamente lineal. Los *cultivos anuales asociados con cultivos permanentes* describen un uso agrario en dónde bajo la cubierta de almendro u otros frutales de secano se obtienen cosechas de cereales o leguminosas; esta práctica es especialmente abundante en sectores llanos del sur y el sureste de la isla ya descritas como poco proclives a recibir descargas por razones latitudinales y topográficas.

Tabla 6.- Distribución de las descargas eléctricas en función de los usos del suelo. *Lightning strokes distribution depending on the land cover.*

Uso del suelo	Descargas/km ² /año
Láminas de agua	4,64
Roquedo	4,31
Matorrales esclerófilos	3,53
Pastizales naturales	3,44
Marismas	3,40
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	1,93
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	1,89

Fuente: Elaboración propia a partir de datos AEMET y Corine Land Cover 2006.

IV. CONCLUSIONES

Mallorca y su entorno tiene una actividad tormentosa caracterizada por su gran variabilidad interanual, concentración temporal en el período de agosto a octubre, preferencia horaria disociada en las horas centrales de la jornada y primeras horas de la madrugada.

Estas características generales presentan diferencias de comportamiento según se trate de la isla o de la zona marítima circundante. Tales disimetrías no afectan sensiblemente a la densidad de descargas, sino que se centran en una distinta distribución horaria de las mismas. De hecho, es posible establecer una zonificación, diferenciado áreas a partir de la distribución horaria de las descargas:

1.- Área con predominio de la actividad diurna: se localiza en el interior de Mallorca, a una distancia superior a 10 km respecto a la línea de costa. El porcentaje de actividad diurna es muy destacable, superior al 40% para el período 10UTC a 14UTC. Además, se detecta un cambio de patrón en la actividad mensual, al incrementarse notablemente la

misma en el mes de agosto, y la aparición de un leve máximo secundario en el mes de mayo.

2.- Área con predominio de la actividad nocturna: las zonas marítimas separadas más de 10 km respecto a la costa muestran unos valores nocturnos ligeramente superiores a los diurnos, con acumulados de más del 30% de la actividad para el período de las 00UTC a las 04UTC.

3.- Área de transición: se trata tanto de zona terrestre como de zona marítima donde conviven los dos máximos de actividad, sin que ninguno predomine sobre el otro. Se trata de un área en que se aprecia una influencia marítima en los primeros kilómetros interiores de Mallorca y una influencia terrestre en los primeros kilómetros marítimos.

El máximo de actividad diurna coincidiendo con la zona central de la isla pudiera interpretarse como una consecuencia de un efecto microcontinental. Sin embargo esta afirmación no puede ser considerada concluyente ya que:

1.- El patrón horario de la actividad en el centro de Mallorca (que se produce a mediodía) está claramente diferenciado del de las zonas continentales afines como la Península Ibérica, donde el máximo se da a media tarde (Rivas Soriano *et al* 2005).

2.- Actividad mensual casi despreciable en los meses de junio y julio, coincidiendo con la máxima insolación. Este hecho supone que las condiciones térmicas del centro de Mallorca no son suficientemente extremas para generar por sí misma movimientos verticales potentes susceptibles de generar tormentas, como sí sucede en determinados ámbitos de la Península Ibérica (Rivas Soriano *et al* 2005) o en el estado de Georgia en EUA (Bentley y Stallins, 2005).

3.- Lo que pudiera parecer ascendencia térmica se relaciona más bien con la convergencia de las brisas en el interior de Mallorca, ya que en ningún caso dista suficientemente de la franja costera para que la virazón diurna no influya. Por este motivo, en el mes de agosto con condiciones de ligera inestabilidad en capas medias la convergencia de brisas se transforma en un mecanismo efectivo de generación de actividad convectiva (Alomar, 2012; Alomar y Grimalt, 2009; Ramis, 1998). Asimismo debería tratarse el máximo secundario que aparece en el mes de mayo.

La distribución espacial de las descargas eléctricas se relaciona con la latitud ya que existe un gradiente norte sur en la densidad de descargas eléctricas, con los factores topográficos, con una densidad superior en las zonas más elevadas de Mallorca y con la línea teórica de convergencia de brisas. Sin embargo, su relación con determinados usos del suelo no es concluyente, ya que parece guardar más relación con la altitud en la que se encuentran dichos usos que en con los usos en sí.

Finalmente debe considerarse que en este artículo se trabaja con el número total de descargas y no con el de rayos. Ante la posibilidad de que un mismo rayo tenga distintas descargas, hecho que según algunos estudios se incrementa en la época cálida del año (Rivas Soriano *et al* 2005) el incremento en la actividad diurna y de mes de agosto que se produce en el interior de Mallorca podría deberse, al menos en parte, a un número mayor de descargas por rayo.

BIBLIOGRAFIA

- ALOMAR, G. (2012): *Geografía de la brisa marina a Mallorca*. Universitat de les Illes Balears. Tesis Doctoral.
- ALOMAR, G. y GRIMALT, M. (2009): «Tormentas y precipitaciones estivales en Mallorca. Microcontinentalidad y brisas marinas» en *Congreso de Geógrafos Españoles. XXI*. Ciudad Real. 1681-1690.
- ALTARATZ, O., LEVIN, Z., YAIR, Y. y ZIV, B. (2003): «Lightning Activity over Land and Sea on the Eastern Coast of the Mediterranean». *Monthly Weather Review* n° 131, 2060-2070.
- BENTLEY, M.L. y STALLINS, J.A. (2005): «Climatology of cloud-to-ground lightning in Georgia, USA, 1992-2003». *International Journal of Climatology*. n° 25, 1979-1996.
- BLAKESLEE, R.J., MACH, D.M., BATEMAN, M.G. y BAILEY, J.C. (2012): «Seasonal variations in the lightning diurnal cycle and implications for the global electric circuit». *Atmospheric Research*. doi:10.1016/j.atmosres.2012.09.023 .
- CHRISTIAN, H.J., BLAKESLEE, R.J., BOCCIPPIO, D.J., BOECK, W.L., BUECHLER, D.E., DRISCOLL, K.T., GOODMAN, S.J., HALL, J.M., KOSHAK, W.J., MACH, D.M. y STEWART, M.F., (2003): «Global frequency and Distribution of lightning as observed from space by the Optical Transient Detector». *Journal of Geophysical Research*. n° 108, ACL 4-1 – ACL 4-15.
- CHRISTIAN, H.J., MCCOOK, M.A. «A Lightning Primer» Disponible en <http://thunder.msfc.nasa.gov/primer/index.html>.
- GONZÁLEZ MÁRQUEZ J. (1996): «Distribución de las tormentas en Baleares». *Boletín Mensual Climatológico. Islas Baleares*. n° 53, 121-124.
- GUIJARRO, J.A. (1986): *Contribución a la bioclimatología de Baleares*. Universitat de les Illes Balears. Resumen de Tesis Doctoral.
- GUIJARRO, J.A. (2012): «Ciclo diario de la precipitación en las Islas Baleares». *Territoris*. n° 8, 117-128.
- GUIJARRO, J.A. y HEREDIA, M.A., (2004): «Climatología de las descargas eléctricas nube-tierra en las Islas Baleares». *Revista de Climatología*. n°4, 9-19.
- LÓPEZ DÍAZ, J.A., PÉREZ PUEBLA, F. y ZANCO RODRÍGUEZ, C., (2012): «Tendencias y homogeneidad en las series de descargas eléctricas del periodo 2000-2011». *Boletín Asociación Meteorológica Española*. n° 38, 34-39.

- PÉREZ-PUEBLA, F., GUTIÉRREZ NÚÑEZ, J.M. y LÓPEZ RUIZ, F.J. (1999): «Análisis de las intensidades de los rayos registrados en la Península Ibérica en el período 1992-1995» en *IV Simposio Nacional de Predicción del INM*, Ministerio de Medio Ambiente, 577-580.
- PETROVA, S., MITZEVA, R. y KOTRONI, V., (2012): «Summer-time lightning activity and its relation with precipitation: Diurnal variation over maritime, coastal and continental areas». *Atmospheric Research*. doi:10.1016/j.atmosres.2012.10.015.
- PRINZ, T., SPITZER, W., NEUWIRTH, C., SCHULZ, W., DIENDORFER, G. y KEUL, A. (2011): «GIS Analysis of Austrian-Bavarian cloud-to-ground lightning data» en *6th European Conference on Severe Storms (ECSS, 2011)*. Palma de Mallorca. Disponible en <http://www.essl.org/ECSS/2011/programme/abstracts/99.pdf>.
- RAMIS, C. (1998): «L'embat a l'illa de Mallorca». *Territoris*. nº 1, 253-274.
- RIVAS SORIANO, L., DE PABLO, F. y TOMAS, C., (2005): «Ten-year study of cloud-to-ground lightning activity in the Iberian Peninsula». *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. nº 67, 1632-139.
- RUIZ, M., TOMAS, M., MAS, C., SALVÀ, LL. y GRIMALT, M., (2012): «Climatología de las descargas eléctricas en Mallorca y su relación con las precipitaciones intensas (1994-2010)» en *VIII Congreso Asociación Española de Climatología*. Salamanca, 951-960.
- SEITY, Y., SOULA, S. y SAUVAGEOT, H. (2000): «Radar Observations and Lightning detection in coastal thunderstorms». *Physics and chemistry of the earth. Part B, Hydrology, oceans and atmosphere*. nº 25. 1107-1110.
- WILLIAMS, E., CHAN, T. (2004): «Islands as miniature continents: Another look at the land-ocean lightning contrast». *Journal of Geophysical Research*. nº 109, D16206 doi:10.1029/2003JD003833.
- WILLIAMS, E., ROTHKIN, K., STEVENSON, D. y BOCCIPPIO, D. (2000): «Global lightning variations caused by changes in thunderstorm flash rate and by changes in the number of thunderstorms». *Journal of Applied Meteorology*. nº 39, 2223-2230.

ANNEX

A més de la informació continguda a l'article titulat "ACTIVIDAD TORMENTOSA, MARÍTIMA, LITORAL Y MICROCONTINENTAL EN ÁMBITOS INSULARES. UN ANÁLISIS GEOGRÁFICO APLICADO A MALLORCA" que s'ha redactat seguint les normes de publicació del butlletí de l'AGE, s'adjunta un annex amb informació addicional o complementària al respecte del desenvolupament del mateix article.

Dades d'origen

Les dades obtingudes d'AEMET contenen informació espacio-temporal de les descàrregues elèctriques. La informació espacial apareix en coordenades WGS 84, que s'han transformat al sistema ETRS 89 31N, que ha estat el sistema de coordenades emprat per a realitzar les operacions necessàries amb eines de SIG.

Buffers

Com apareix descrit a l'article, a partir de la línia de la costa s'han creat tot un seguit de buffers, tant cap a l'interior de Mallorca com cap a dintre de l'àrea marítima.

El tractament de les dades s'ha realitzat de tal manera que els buffers caracteritzats per una major distància a la costa exclouen les dades procedents dels buffers caracteritzats per una menor distància.

Tot seguit s'adjunten les taules a partir de les quals s'ha dut a terme l'anàlisi a l'article. A la taula 1 hi apareix la distribució horària pels buffers de la zona terrestre, mentre que a la taula 3 hi apareix la zona marítima. A més, s'han calculat les acumulacions de les activitats als distints buffers tant pel període 10-14UTC i 0-4 UTC (taula 2 zona terrestre i taula 4 zona marítima) El primer període està centrat a les 12UTC, donat que aquesta és l'hora que presenta una major activitat a l'interior de Mallorca. En canvi, el segon període està centrat a les 02 UTC, que és l'hora amb una major activitat a la zona més marítima.

Taula 1.- Distribució horària (%) de les descàrregues elèctriques a la zona terrestre i als distints buffers analitzats.

Hora	Àrea d'estudi					
	1km	2km	5km	10km	15km	Mallorca -15km
0	6,23	7,01	6,30	6,41	6,29	5,22
1	6,34	6,17	5,43	4,75	4,96	3,94
2	3,18	2,64	2,58	2,52	2,11	1,67
3	4,84	4,46	5,08	3,66	2,41	2,68
4	3,57	3,51	2,77	3,50	3,56	2,49
5	2,29	2,30	2,35	2,39	2,32	1,75
6	1,85	2,06	2,35	2,24	1,16	0,93
7	2,20	2,66	2,64	3,00	2,58	1,38
8	2,37	1,84	2,15	2,15	2,27	1,55
9	3,84	3,24	3,50	2,36	1,69	0,99
10	4,34	5,31	5,88	5,80	4,04	3,21
11	7,63	7,93	7,67	7,72	6,92	8,40
12	6,46	6,72	6,97	8,81	12,84	18,69
13	7,90	8,68	8,39	9,48	13,31	15,03
14	8,77	6,27	7,51	9,65	10,78	10,76
15	4,12	3,62	4,79	5,66	6,15	7,28
16	3,22	3,30	2,92	1,84	1,51	0,90
17	3,04	3,12	1,69	1,37	0,99	1,11
18	1,40	1,79	1,48	1,03	0,58	0,49
19	0,85	0,91	1,09	0,84	1,03	1,17
20	3,31	3,12	2,80	2,00	1,82	1,28
21	2,55	2,17	2,38	2,82	1,86	2,05
22	3,51	3,67	3,93	4,00	4,06	2,98
23	6,20	7,51	7,35	6,00	4,76	4,06

Taula 2.- Acumulació (%) de les descàrregues elèctriques pels períodes 10-14UTC i 0-4UTC a la zona terrestre.

Hora	1km	2km	5km	10km	15km	Mallorca-15km
10-14	35,09	34,91	36,42	41,46	47,88	56,10
0-4	24,15	23,79	22,16	20,83	19,34	16,00

Taula 3.- Distribució horària (%) de les descàrregues elèctriques a la zona marítima i als distints buffers analitzats.

Hora	Àrea d'estudi					
	1km	2km	5km	10km	15km	20km
0	6,45	5,64	4,05	6,35	6,30	6,07
1	6,34	6,98	5,79	7,89	6,41	5,80
2	3,65	4,21	5,40	6,32	8,05	8,08
3	4,94	5,56	6,52	5,72	6,12	6,53
4	4,09	3,89	4,93	3,74	5,55	5,20
5	2,52	2,17	1,96	1,75	2,46	2,89
6	2,54	2,39	2,68	2,80	3,50	3,90
7	1,98	1,96	2,42	3,21	4,47	4,77
8	3,00	3,86	3,77	3,12	3,97	4,00
9	3,78	3,98	2,35	5,60	4,47	4,69
10	4,31	4,59	5,21	4,89	5,03	4,50
11	7,83	7,14	7,89	4,42	3,54	3,13
12	5,62	5,46	5,94	4,91	4,53	4,40
13	8,07	7,07	7,84	4,15	3,85	4,01
14	7,37	6,73	5,88	4,75	3,46	3,54
15	3,89	5,15	5,19	3,59	4,65	4,45
16	3,72	3,16	4,40	4,11	2,69	2,72
17	2,14	2,14	2,00	1,45	1,53	1,43
18	1,24	1,38	1,07	1,15	1,40	2,00
19	0,93	1,15	1,49	1,60	1,98	1,78
20	2,98	3,02	3,00	2,48	2,10	1,91
21	2,52	2,85	2,10	3,61	3,69	3,17
22	4,08	4,45	3,68	6,89	5,49	6,03
23	6,02	5,07	4,43	5,50	4,76	5,01

Taula 4.- Acumulació (%) de les descàrregues elèctriques pels períodes 10-14UTC i 0-4UTC a la zona marítima.

	1km	2km	5km	10km	15km	20km
10-14	33,20	31,00	32,76	23,12	20,40	19,57
0-4	25,47	26,27	26,69	30,02	32,42	31,68

Topografia i Usos del sòl

En ambdós casos s'ha treballat amb la informació del buffer interior ubicat a una distància màxima de 5 km de la franja costanera. En aquest cas es treballa amb tota la informació continguda entre la línia costanera i els 5 km, a diferència del mètode de treball emprat en el cas de la distribució horària als distints buffers.

S'adjunta la taula original obtinguda amb tots els usos del sòl a partir del Corine Land Cover de l'any 2006, que conté informació respecte la superfície (km²) ocupada per cada ús, el nombre total de descàrregues que hi impacten, i la densitat calculada en descàrregues/km²/any.

Taula 5.- Descàrregues i densitat de descàrregues en funció de l'ús del sòl.

Codi CLC	Us del sòl	Superfície (km²)	Nombre de descàrregues	Densitat (descàrregues/km²/any)
111	Tejido urbano continuo	45,30	1.216	2,24
112	Tejido urbano discontinuo	70,69	1.927	2,27
121	Zonas industriales o comerciales	6,40	173	2,25
122	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	5,65	131	1,93
123	Zonas portuarias	1,34	34	2,12
124	Aeropuertos	7,99	191	1,99
131	Zonas de extracción minera	0,76	19	2,07
133	Zonas en construcción	4,11	111	2,25
142	Instalaciones deportivas y recreativas	12,44	331	2,22
211	Tierras de labor en secano	70,12	1.814	2,16
212	Tierras regados permanentemente	50,38	1.237	2,05
222	Frutales	59,24	1.579	2,22
223	Olivares	35,09	911	2,16
231	Prados y praderas	3,06	101	2,75
241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	219,45	4.976	1,89
242	Mosaico de cultivos	90,23	2.389	2,21
243	Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural y semi-natural	52,91	1.283	2,02
311	Bosques de frondosas	49,55	1.663	2,80
312	Bosques de coníferas	190,55	5.655	2,47
313	Bosque mixto	37,04	1.121	2,52
321	Pastizales naturales	24,98	1.032	3,44
323	Matorrales esclerófilos	223,10	9.458	3,53
324	Matorral boscoso de transición	151,59	4.476	2,46
331	Playas, dunas y arenales	4,58	146	2,65
332	Roquedo	7,38	382	4,31
333	Espacios con vegetación escasa	2,63	86	2,73
421	Marismas	19,32	789	3,40
422	Salinas	1,86	53	2,37
512	Láminas de agua	0,02	1	4,64
521	Lagunas costeras	1,22	38	2,59
523	Mares y océanos	3,53	116	2,74

A partir d'aquesta taula s'han agafat els usos del sòl que presenten els valors extrems, que són aquells que s'han adjuntat a l'article. Cal destacar el cas poc representatiu de l'ús del sòl *láminas de agua*, on únicament hi ha fet impacte 1 descàrrega, però que amb la poca superfície que això suposa provoca l'elevada densitat. Aquest fet s'ha comentat adequadament a l'article.