

# Estimación de la calidad del catálogo de la red sísmica de la provincia de Alicante a través de su comparación con el catálogo de la red sísmica nacional

S. Molina-Palacios<sup>1</sup>, J. Giner-Caturla<sup>1</sup>, P. Jáuregui<sup>1</sup>, J. J. Galiana-Merino<sup>2</sup> y J. Rosa-Herranz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante, 03690, S. Vicente del Raspeig, Alicante, (Spain), e-mail: Sergio.Molina@ua.es, jj.giner@ua.es, pedro.jauregui@ua.es

<sup>2</sup> Dpto. Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, Universidad de Alicante, 03690 - San Vicente del Raspeig, Alicante (Spain), e-mail: juanjo@dfists.ua.es, Julio@dfists.ua.es

## ABSTRACT

*The local seismic network of Alicante province (URSPA) was founded in 1994, and until now, the recording process has been improved by using 1 and 3 components short period seismographs, 1 very broad band seismograph, and 2 accelerographs. A ten-year catalogue has been compiled showing the seismicity in the Alicante province and surroundings, which has been compared with the catalogue provided by the National Seismic Network (IGN) in order to check the differences in location, detection, magnitude of completeness, magnitude assignment. From the obtained results we can observe as the configuration of our local network has allowed to record small earthquakes which were not detected by IGN. On the other hand, differences in magnitude assignment are about 0.44 because of using a more detailed three homogeneous layers earth model by URSPA. Differences in location are mostly lower than 10 km in epicentral location and 5 km in focal depth.*

**Key words:** earthquake catalogues, seismicity analysis, completeness.

## INTRODUCCIÓN

La Red Sísmica de la Provincia de Alicante (URSPA) alcanzó su plena operatividad en el año 1994, en el cual el sistema instalado quedó definido como una red de adquisición de datos sísmicos con comunicaciones y registros de tipo analógico. En ese momento, su capacidad estaba limitada por el tipo de registro de medida de las horas de llegada del evento sísmico, cuya precisión era de un par de décimas de segundo, lo que trasladado a la indeterminación en la posición del epicentro, y sin tener en cuenta otras fuentes de error, proporcionaba localizaciones con un margen de error del orden de los doce kilómetros, adecuado para eventos de tipo regional, pero insuficiente para los pequeños eventos locales cuya detección y localización precisa es uno de los objetivos de la red. Gracias al apoyo de la Excm. Diputación Provincial de Alicante, el sistema de adquisición se hace ahora en modo digital a través de estaciones verticales y triaxiales de periodo corto, conjuntamente con la reciente instalación de una estación de banda ancha. El movimiento fuerte del suelo se monitoriza por medio de dos acelerógrafos.

El análisis actualizado de la operatividad del sistema, indica la detección completa de eventos de magnitudes Richter superiores a 1.0, ocurridos en un ámbito geográfico de

aproximadamente 17 000 km<sup>2</sup>, que comprende la provincia de Alicante, zonas limítrofes y la zona marítima adyacente, y su localización con márgenes de error estadísticos, del orden de 500 metros para eventos en la Vega Baja del Segura, zona de óptima localización de acuerdo con el diseño del dispositivo (Jáuregui, 1997). La implementación de métodos de análisis numérico, permite asimismo la obtención de parámetros focales como la magnitud, la polaridad del primer impulso, el momento sísmico escalar, la frecuencia de esquina, el tamaño de la fuente sísmica, etc, obteniéndose también mecanismos focales de los eventos más significativos en cooperación con la Red Sísmica Nacional (IGN).

El presente trabajo presenta una análisis cuantitativo de la comparación entre los eventos registrados por la red local de la provincia de Alicante (URSPA) con los correspondientes eventos detectados por la Red Sísmica Nacional (IGN): magnitud de completitud, eventos detectados, diferencias en posición epicentral y profundidad y correlación de los datos.

## DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA SISMICIDAD

En los casi 10 años de registro de la Red Sísmica de la Provincia de Alicante (junio de 1994 a 31 de diciembre de 2003) se han registrado un total de 242 terremotos con



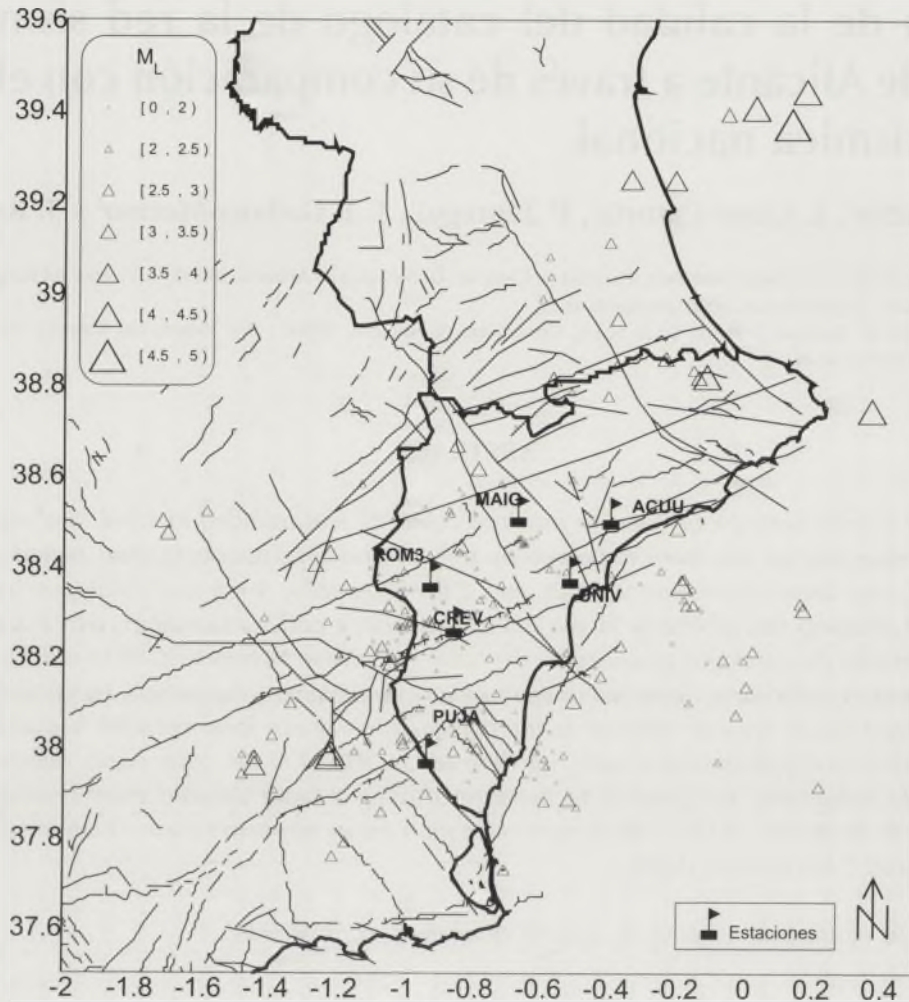


FIGURA 1. Distribución de las estaciones de periodo corto de 1 y 3 componentes de la red sísmica de la provincia de Alicante (URSPA) y sismicidad registrada (1994-2003).

magnitudes  $M_L$  comprendidas entre 0.75 y 4.52 y profundidades menores de 30 kilómetros. El marco geográfico que encierra esta sismicidad detectada queda limitado por las siguientes coordenadas geográficas  $-1.6$  a  $0.4$  grados de longitud y  $37.6$  a  $39.6$  grados de latitud, región en la cual ha sido posible la obtención de los parámetros correspondientes a numerosos terremotos. Es evidente, que la localización de pequeños terremotos será mucho mejor cuanto más nos aproximemos al sur de la provincia de Alicante debido a la singular configuración de la red sísmica. De esta forma observamos (Fig. 1) como la mayor densidad de terremotos grandes y pequeños se encuentra encerrado por las fronteras que delimitan las estaciones de Maimó (MAIG), La Romana (ROM3), Crevillente (CREV), Pujálvarez (PUJA), Universidad (UNIV) y Canelobre (ACUU). Por otra parte, fuera de la provincia de Alicante los terremotos necesitan, para ser detectados, de una mayor liberación energética en su foco, para que las ondas sísmicas no se atenúen antes de ser registradas por las estaciones, lo cual reduce la densidad de terremotos registrados.

Observamos que la sismicidad en estos últimos 10 años ha sido de carácter moderado a bajo, observándose en la

mayoría de los casos una buena concordancia entre los epicentros de los terremotos y las trazas de las fallas en la zona. En particular observamos una mayor actividad sísmica en las fallas de

bajo Segura, Torrevieja, San Miguel de Salinas y la de Crevillente (Alfaro *et al.*, 2002), y además algunas alineaciones de eventos sísmicos en el mar, de forma aproximadamente paralela a la costa.

Por otra parte si observamos la figura 2 correspondiente a la sismicidad registrada por la red sísmica nacional (IGN) (Mézcua y Martínez Solares, 1983; actualizado a 2003) en el mismo periodo de tiempo, observamos como la mayor densidad de estaciones permite una mayor detección de eventos fuera de los límites de la provincia de Alicante, pero presenta una densidad relativamente similar de eventos en las zonas óptimas de detección de la red local (sur de la provincia de Alicante).

Por tanto, para llevar a cabo un estudio comparativo nos centraremos en seleccionar sólo aquellos terremotos comprendidos dentro de la provincia de Alicante, donde la probabilidad de que cualquier evento sea detectado por ambas redes sísmicas es aproximadamente la misma.



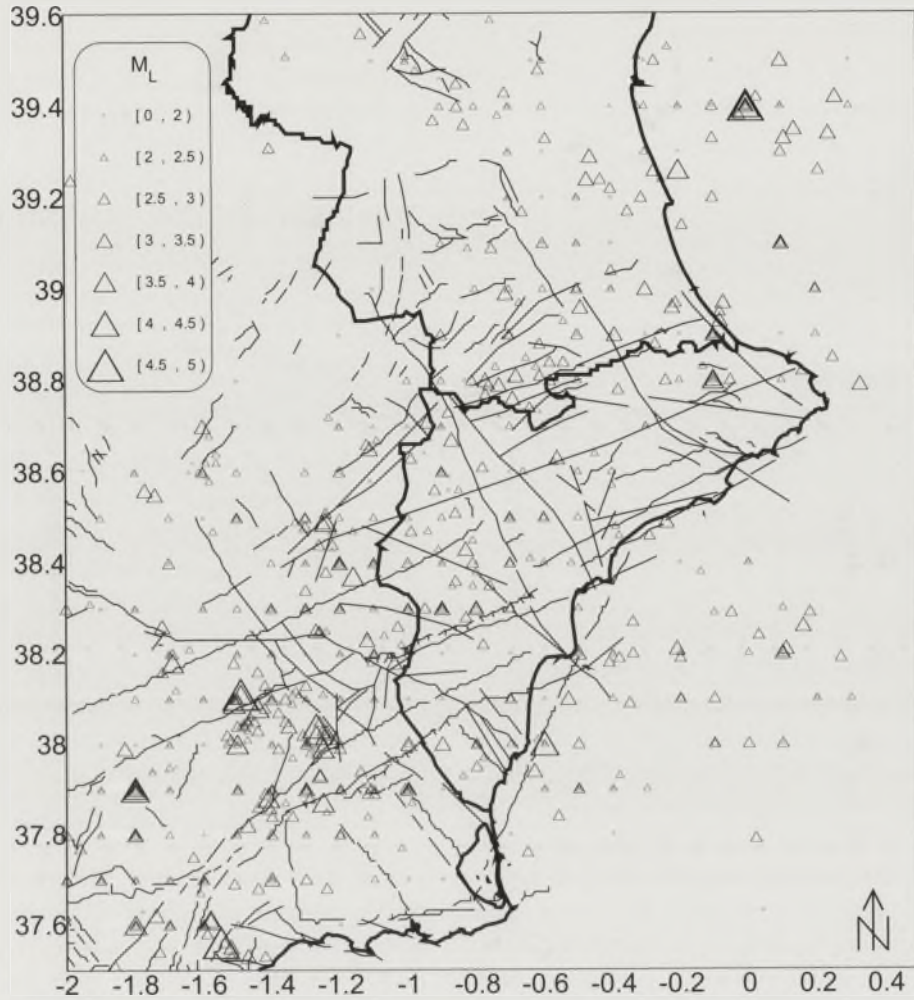


FIGURA 2. Sismicidad registrada por la red sísmica nacional (IGN) en el periodo de tiempo 1994-2003.

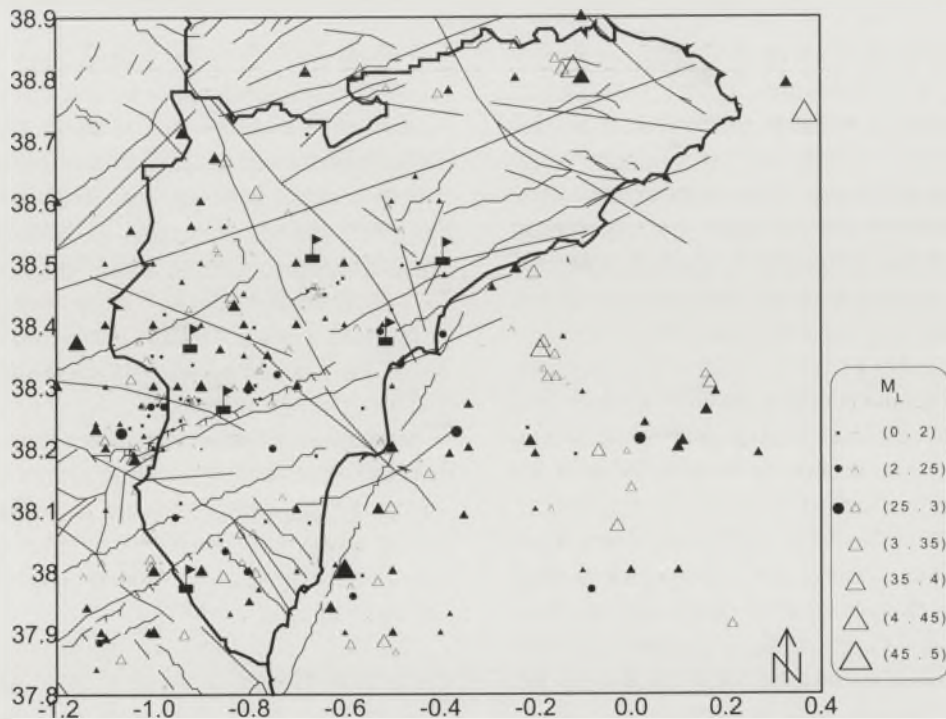


FIGURA 3. Comparación entre la sismicidad detectada por URSPA (triángulo blanco), la detectada por IGN (triángulo negro) y la detectada por URSPA y no detectada por IGN (puntos negros).



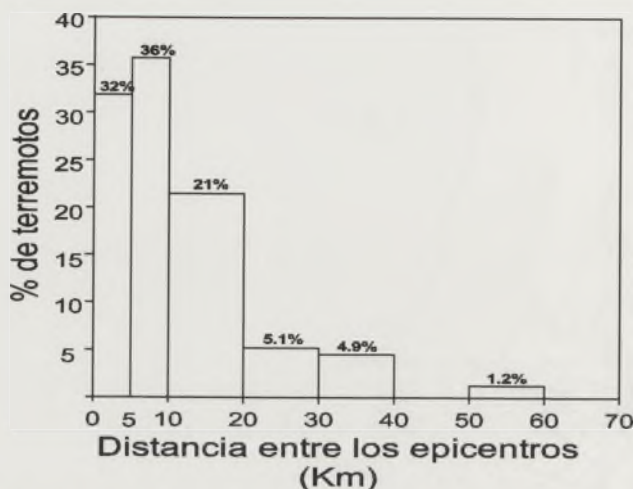


FIGURA 4. Diferencias en localización epicentral entre los terremotos detectados por URSPA e IGN.

En la figura 3 hemos representado la zona elegida para la comparación de eventos registrados y en ella se muestra la distribución de las estaciones sísmicas, los terremotos registrados por la red sísmica de la provincia de Alicante y los terremotos registrado por la red sísmica nacional.

Del total de 204 terremotos que la URSPA registró en dicha zona, sólo 153 terremotos han sido detectados por la red sísmica nacional, el resto de ellos, 51, no han sido constatados como tales en el catálogo general de la Península Ibérica. Estos terremotos se muestran como puntos negros en el mapa de la figura 3.

La mayoría de los terremotos no detectados por la red sísmica nacional tienen magnitud menor que 3.0 y se hallan agrupados próximos a las estaciones de la URSPA, lo que pone de manifiesto la importancia del uso de redes locales sobre todo para la detección de la microsismicidad, que en muchos casos puede pasar inadvertida a las redes nacionales.

Por otra parte, para cuantificar las diferencias en localización de los terremotos que han sido registrados por las dos redes sísmicas hemos obtenido la distancia entre los epicentros de cada terremoto común detectado por ambas redes. Como se puede ver en el histograma de la figura 4, el 32% de los terremotos presenta diferencias menores de 5 km, el 36% presenta diferencias entre 5 y 10 km, el 21% de los terremotos presenta diferencias entre 10 y 20 km, mientras que el resto 11% presenta diferencias mayores de 20 km.

La distribución espacial de estos errores en localización se presenta en la figura 5, en la que el radio de los círculos es proporcional a la diferencia en la localización propuesta por la URSPA y la correspondiente propuesta por IGN. Como observamos las mayores diferencias se dan para los terremotos ocurridos en el mar y algunos terremotos del sur de la provincia de Alicante, próximos a las estaciones de Pujálvarez (PUJA) y Crevillente (CREV).

En cuanto a las profundidades focales, como observamos en la figura 6, la mayor parte de los terremotos (53%) difieren en menos de 5 km, estando el 31% entre 5 y 10 km y poseyendo el resto (16 %) diferencias mayores de 10 km.

**DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LOS TERREMOTOS**

En la figura 7 hemos representado el tamaño del terremoto asignado por URSPA frente al asignado por IGN. Este tipo de representaciones es útil para ver la relación entre ambas variables así como su posible correlación (López Casado *et al.*, 2001). Como podemos observar, aunque existe una gran dispersión en algunos de los datos, la mayoría sigue una tendencia según la cual la magnitud asignada por la URSPA es aproximadamente 0.44 grados menor que la asignada por IGN. Entre las posibles razones de esta diferencia se encuentra el uso por parte de URSPA de un modelo de corteza específico para la provincia de Alicante y que consta de tres capas homogéneas (Jáuregui, 1997). El modelo de regresión entre ambas magnitudes proporciona una relación lineal expresada por:

$$M_L (URSPA) = -0.44 + 1.04 * M_L (IGN)$$

con un coeficiente de correlación R = 0.82.

En la figura 8 hemos representado la distribución de terremotos registrado por cada red sísmica y su ajuste a una distribución normal N (μ, σ) donde μ es la media y σ es la desviación estándar. Observamos como en ambos casos, la campana de la distribución aparece centrada en valores próximos y muestra una dispersión relativamente baja (0.5-0.6).

Finalmente en la Figura 9 presentamos la representación del número acumulativo de terremotos frente a la magnitud, y los resultados del ajuste a la ley de Gutenberg-Richter. El parámetro b obtenido para los terremotos registrados por URSPA es de 1.25, bastante más próximo a la unidad (valor típico del parámetro b en regiones de sismicidad moderada caracterizada por un mayor número de terremotos pequeños que grandes) que el valor de 1.44 obtenido para los terremotos registrados por el IGN. En ambos casos los valores están dentro del rango propuesto para el sur y levante peninsular (Buforn *et al.*, 2004).

De ambos gráficos se puede deducir una magnitud de completitud de 2.4 para el catálogo URSPA y de 2.6 para el catálogo IGN. Aunque la variación no es muy grande, recoge el hecho de que el catálogo URSPA posee más terremotos de menor tamaño que no aparecen en el catálogo IGN.

**CONCLUSIONES**

De los resultados obtenidos podemos extraer las siguientes conclusiones:



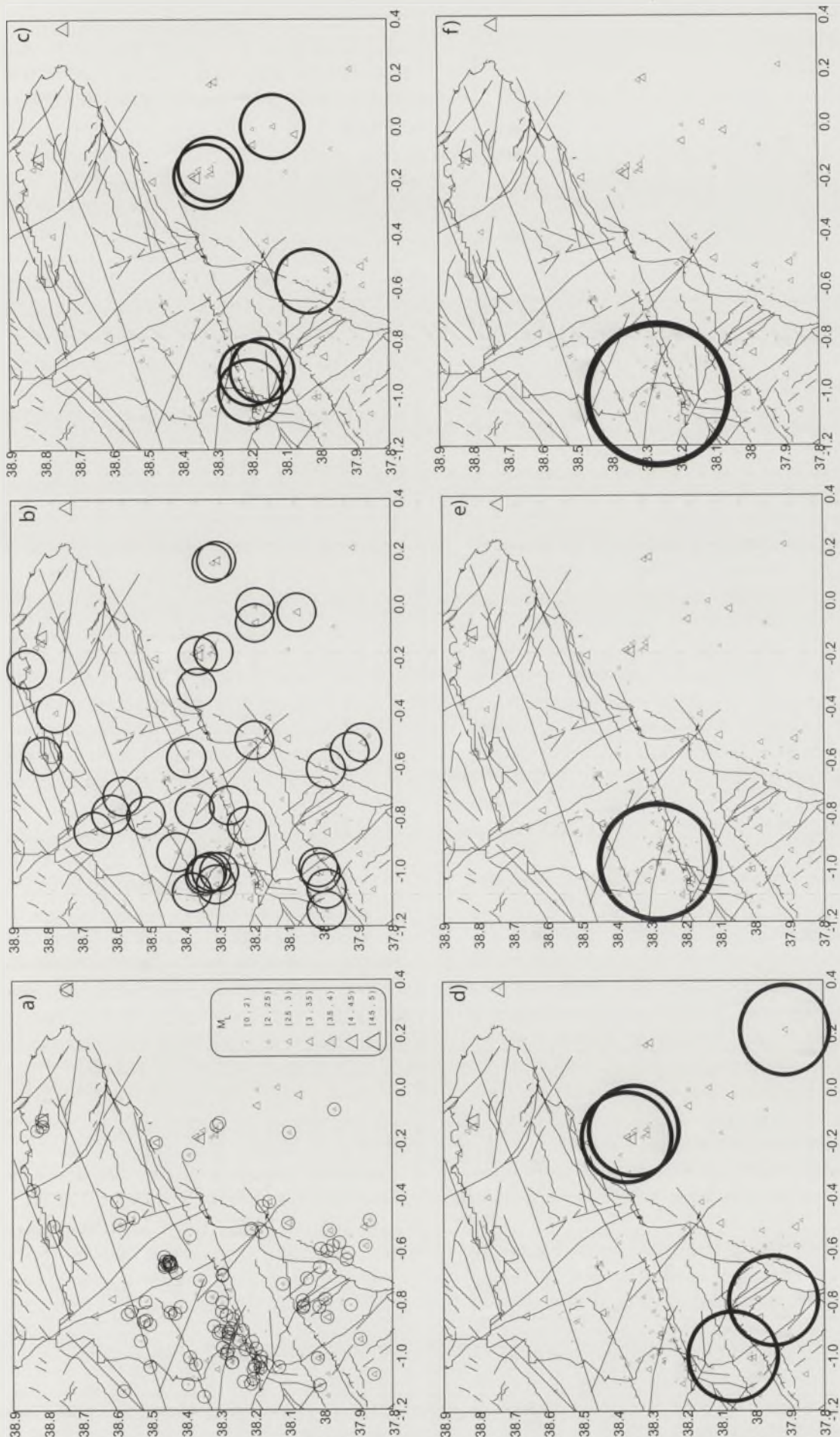


FIGURA 5. Distribución geográfica de los errores en la localización epicentral entre los terremotos registrados por URSPA e IGN. a) Error < de 5 km; b) 5 - 10 km; c) 10 - 20 km; d) 20 - 30 km; e) 30-40; f) > 40 km



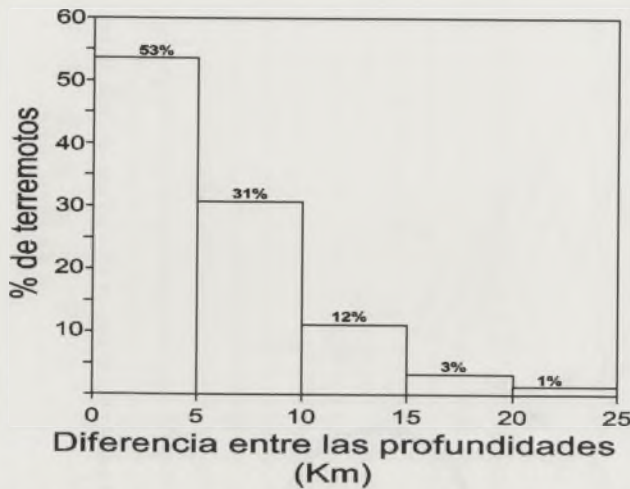


FIGURA 6. Diferencias en la determinación de la profundidad focal entre los terremotos registrados por URSPA e IGN

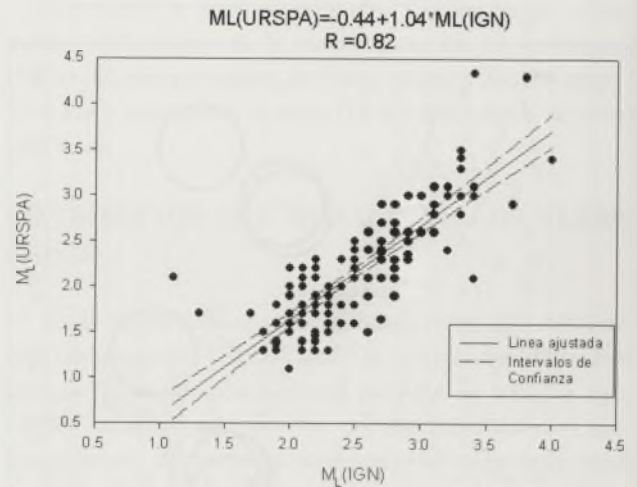


FIGURA 7. Correlación entre la magnitud asignada por URSPA e IGN.

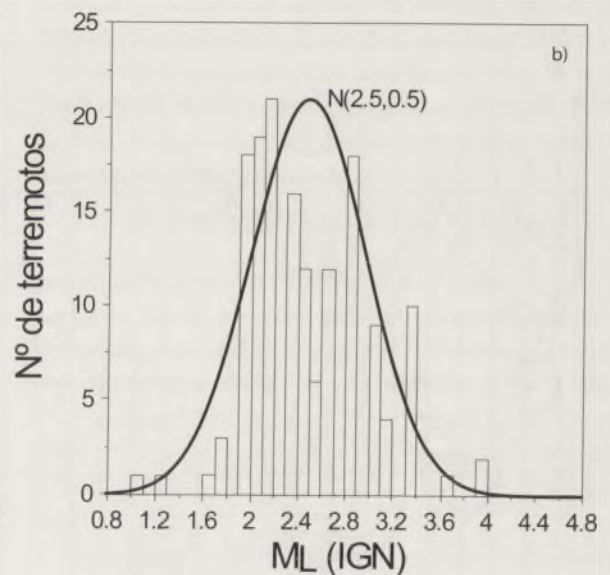
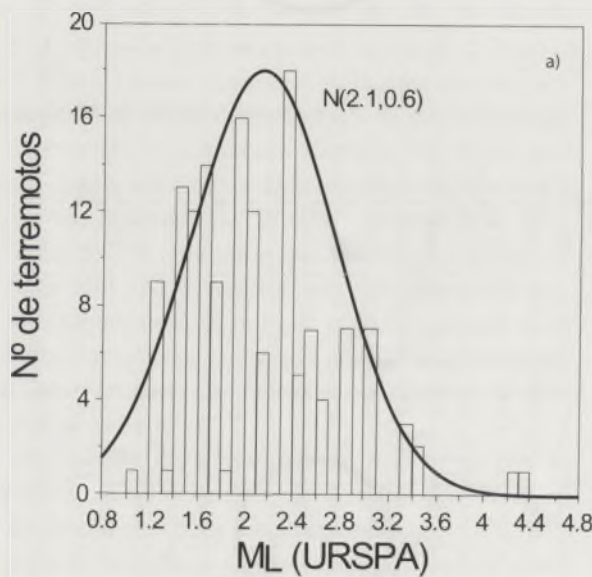


FIGURA 8. Ajuste de la distribución de magnitudes de a) catálogo URSPA y b) catálogo IGN a una distribución normal  $N(\mu, \sigma)$ .

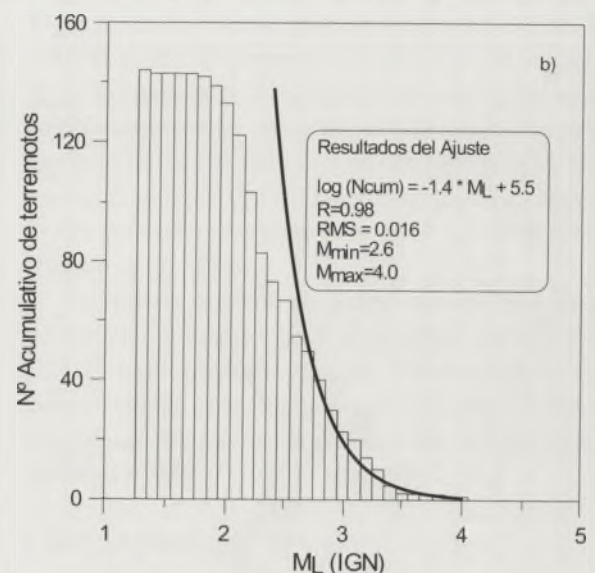
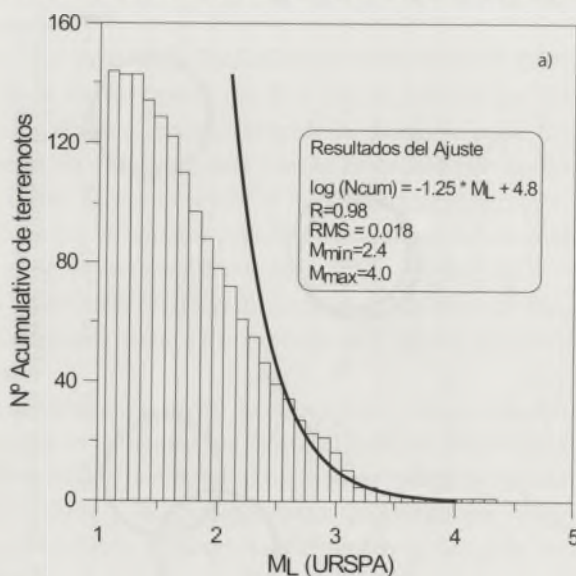


FIGURA 9. Número acumulativo de terremotos y su ajuste a la relación de Gutenberg-Richter para a) catálogo URSPA y b) catálogo IGN.

- Aunque ambos catálogos presentan una densidad similar de terremotos en la zona de óptima detección de la URSPA, la monitorización por parte de la red local de la provincia de Alicante ha permitido detectar y localizar 51 terremotos de pequeña magnitud que no han sido detectados por la red sísmica nacional. Aunque este tipo de terremotos no son de interés para evaluaciones de peligrosidad sísmica, si que lo son para aumentar el conocimiento del comportamiento sísmico y de las zonas activas en la provincia de Alicante.
- La mayor cantidad de terremotos pequeños detectada por la URSPA permite disminuir la magnitud de completitud del catálogo a 2.4, evidentemente se necesitan muchos más años de registro para conformar un catálogo que sea completo para magnitudes elevadas (aún no ocurridas y por tanto no detectadas) y terremotos aun más pequeños.
- El comportamiento tectónico del sur de la provincia de Alicante corresponde, en función de los registros actuales, a una zona de sismicidad moderada-baja y con un valor del parámetro  $b$  superior a la unidad, indicativo de que la liberación energética se está produciendo por medio de un mayor número de terremotos pequeños que grandes.
- El uso de un modelo de corteza de tres capas lleva a diferencias de magnitud del orden de 0.44 grados en relación a la propuesta por el IGN, mientras que las diferencias en localización son en su mayoría no superiores a 10 km para el epicentro y 5 km para la profundidad focal del terremoto.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha beneficiado de la financiación obtenida por el grupo de investigación de la Universidad de Alicante "Sismología y Procesado de la señal en fenómenos naturales" y del apoyo y financiación proporcionado por la Excm. Diputación Provincial de Alicante y REN2003-08159-C02-01/RIES.

## REFERENCIAS

- Alfaro, P., Andreu, J. M., Delgado, J., Estévez, A., Soria, J. M., and Teixido, T. (2002): Quaternary deformation of the Bajo Segura blind fault (eastern Betic Cordillera, Spain) revealed by high-resolution reflection profiling. *Geol. Mag.* 139, (3): 331-341.
- Buform, E., Bezzeghoud, M., Udfas A. and Pro, C. (2004): Seismic sources on the Iberia-African Plate Boundary and their tectonic implications. *PAGEOPH*, 161: 623-646.
- Jáuregui, P. (1997): *Estudio de la operatividad de redes sísmicas locales aplicado a la optimización de los recursos de la Red Sísmica Local de la Universidad de Alicante*. Tesis Doctoral, Universidad de Alicante. 229 p.
- López Casado, C., Molina Palacios, S., Giner, J. J., and Delgado, J. (2000): Magnitude-Intensity Relationships in the Ibero-Maghrebian Region. *Nat. Hazards*, 22: 271-297.
- Mézcua, J. y Martínez Solares, J. M. (1983): Sismicidad del área Ibero-Mogrebí, Publicación del Instituto Geográfico Nacional (<http://www.geo.ign.es>). Madrid.