

-TÍTULO: Aplicación de Índices Geomorfológicos al estudio de la tectónica activa en el entorno de Sierra Nevada (Granada)

-DOCTORANDA: Rafael Carvajal Lachica

-DIRECTORES: Carlos Sanz de Galdeano Equiza (IACT-CSIC y Dpto. Geodinámica, UGR) y Jose Miguel Azañón Hernández (Dpto. Geodinámica, UGR)

-FECHA, HORA Y LUGAR: 10 de diciembre, 11 h. Salón de Grados de la Facultad de Ciencias, Granada

IMAGEN



# RESUMEN

Sierra Nevada, situada en la parte central de la Cordillera Bética, es el conjunto montañoso más elevado de la península Ibérica. Su estructura general es un pliegue de gran radio con buzamientos generalizados a favor de las laderas. Su núcleo está ocupado por el complejo Nevado-Filábride, mientras que en buena parte de sus bordes aflora el Alpujárride, y generalmente ya aún en una posición más externa, existen materiales neógenos y cuaternarios situados en las cuencas limítrofes de Guadix-Baza (al N de Sierra Nevada), de Granada (al O), y la del corredor de las Alpujarras, una larga zona deprimida en parte ocupada por sedimentos neógenos, al sur de Sierra Nevada.

Existen en ella fuertes pendientes controladas en algunos casos por contrastes litológicos y en muchos otros por la citada estructura y por fallas. Todo ello produce un fuerte y activo encajamiento de la red de drenaje. Estos rasgos son los que determinaron la realización de la presente tesis de aplicación de índices geomorfológicos, con el fin de valorar el grado de actividad tectónica que presenta Sierra Nevada y su entorno.

Los rasgos morfológicos más destacables en los que se ha hecho el estudio de los índices son:

1) El borde occidental de Sierra Nevada y la parte oriental de la cuenca de Granada, donde existen subcuencas prácticamente perpendiculares a los frentes montañosos allí existentes, muy estrechas en sus cabeceras y partes altas, hasta desembocar en las zonas más abiertas de la Vega. La mayor parte de ellos desembocan en el río Genil, y lo mismo ocurre en el sector nororiental de la cuenca de Granada, cuyo principal río es el Darro, al que llegan varios afluentes importantes que bajan desde las estribaciones de Sierra Arana, Cogollos, Alfacar y Huétor.

2) Al sur de Sierra Nevada, un conjunto de afluentes subparalelos y fuertemente encajados, cruzan perpendicularmente el frente montañoso general del sur de Sierra Nevada, donde existen importantes roturas de pendiente. En el corredor de las Alpujarras, los tributarios confluyen en los cauces principales de los ríos Guadalfeo, Adra y Andarax.

3) En el borde norte, que limita con la cuenca de Guadix-Baza, desembocan los ríos que llevan sus aguas desde alturas entre 1000 y 3400 m.

Estos bordes de Sierra Nevada están limitados por fallas de distinta orientación, importancia y con desplazamientos que se han prolongado en el tiempo de forma

desigual. A su vez, dichos bordes constituyen frentes montañosos de muy diferente orientación y longitud, parte de los cuales presentan rasgos que permiten ser clasificados como activos.

En esta tesis se definen los frentes montañosos que orlan Sierra Nevada y se caracterizan aquellos que son considerados activos desde el Tortonense. Además se calculan numerosos índices geomorfológicos capaces de valorar la actividad tectónica (sinuosidad del frente montañoso, índices del gradiente longitudinal del río, de encajamiento del río, de la forma y de asimetría de la cuenca, índices de las curvas hipsométricas, el análisis del relieve local, el índice de la pendiente normalizada y el índice de concavidad) en las cuencas de Granada, Guadalfeo, Adra, y Andarax. Se analizan especialmente los frentes montañosos del sur y oeste de Sierra Nevada, y los de la sierra de Gádor que son los que presentan parámetros de actividad reciente. Estos frentes presentan altos gradientes en los perfiles longitudinales de los ríos que los cruzan, además de altos valores de encajamiento y cuencas muy alargadas. Estos resultados muestran el progresivo levantamiento de las sierras Nevada y Gádor. Destaca también la existencia de una zona de falla situada en el borde sur del corredor de las Alpujarras, bien marcada por varios índices. Se concluye que aunque pueden utilizarse diferentes escalas, la mejor escala para este tipo de análisis es la 1:25.000.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han utilizado para el análisis de las redes de drenaje y cuencas hidrográficas: la pendiente de los ríos y la hipsometría de las cuencas. Estas aplicaciones se han desarrollado para Arc-GIS que permiten el uso de métodos geoestadísticos que mejoran notablemente los resultados. Un ejemplo de estas aplicaciones es la extensión CalHypso que permite la extracción automática de múltiples curvas hipsométricas a partir de datos de modelos digitales de elevación. Esta extensión también calcula los momentos estadísticos relacionados con la curva hipsométrica mediante la aplicación de ajustes polinómicos. Su aplicación en el presente trabajo muestra notorias diferencias entre las curvas de la vertiente N y S de Sierra Nevada, relacionadas con el diferente grado de actividad de ambos bordes. Los estadígrafos usados sugieren una disminución de la erosión hacia el Este, provocada probablemente por una disminución de la actividad tectónica.

En este trabajo se ha calculado la integral hipsométrica para una malla cuadrada regular que permite evitar posibles dependencias del área y forma de la cuenca. Los valores de hipsometría obtenidos mediante esta nueva metodología muestran una fuerte correlación con la distribución actual de fallas normales. Los máximos de HI se

localizan en los bloques de muro de estas fallas normales, donde se produce elevación activa y el relieve está siendo disectado por la red de drenaje actual, también en regiones elevadas en relación con anticlinales o donde el levantamiento epi-orogénico no ha sido contrarrestado por la extensión local.

Los principales resultados del estudio realizado muestran que los bordes oeste y sur de Sierra Nevada, limitados por importantes fallas, presentan una notoria actividad. Por el contrario, en el borde norte, aunque también existen fallas en el interior de la cuenca, éstas son actualmente inactivas o presentan poca actividad, y lo que se suele observar es una discordancia de los sedimentos neógeno-cuaternarios de la cuenca de Guadix-Baza sobre el basamento metamórfico de la Sierra. Igualmente, las curvas hipsométricas obtenidas sugieren que las cuencas de drenaje de la vertiente norte están en un estadio erosivo más avanzado, siendo menos activas tectónicamente que las del borde sur. La ausencia de fallas activas en el borde norte, junto a la altitud media de la cuenca de Guadix-Baza (situada aproximadamente 500 metros más alta que la vecina cuenca de Granada), sugieren que el levantamiento de la misma se está produciendo solidariamente con el levantamiento regional de Sierra Nevada.

Los valores de  $K_{sn}$  calculados a lo largo de todo el macizo de Sierra Nevada son congruentes con estos resultados y con los valores de  $Be^{10}$  (isótopos cosmogénicos) estimados en trabajos recientes. La comparación de los valores obtenidos por todos los índices en los distintos bordes de Sierra Nevada, indica que la red hídrica de este macizo refleja perfectamente el grado de actividad tectónica de la misma y los diferentes niveles de base de cada uno de sus bordes. Los perfiles de los ríos del norte tienen un alto índice de concavidad mientras que los del sur tienen una geometría convexa, que se asocia comúnmente a la topografía rejuvenecida. Por tanto, puede concluirse que en Sierra Nevada existe un equilibrio entre los procesos de levantamiento y denudación.

Rafael Carvajal Lachica  
D.N.I. 24.124.029  
Urbanización Florida Sur, 4  
Gójar – 18150 GRANADA

Expone que:

Cursó los estudios de Licenciatura en CIENCIAS GEOLÓGICAS por la Universidad de Granada durante los cursos 1974-1979.

Como complemento a la Titulación, en materia relacionada con las ciencias de la naturaleza y sus entornos geológicos, cabe destacar:

- Master Universitario en Geología. Año 2007
- Master Universitario de Ingeniería Geológica Aplicada a la Obra Civil, por la Universidad de Granada. Año 2008.
- Co-dirección académica del Master en Gestión Medio Ambiental y participación docente en el mismo. Este Master se realizó en colaboración con la CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA, en Granada durante los cursos 95-96 y 96-97.
- Profesor del módulo de IMPACTO AMBIENTAL del Master antes mencionado, durante el curso 95-96.
- 1ª CONFERENCIA INTERNACIONAL “SIERRA NEVADA, CONSERVACIÓN Y DESARROLLO SOSTENIBLE”, en el año 1996.
- 6º CONGRESO NACIONAL DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, en el año 1996.
- CONFERENCIA INTERNACIONAL DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, en el año 1996.
- Publicación sobre “La red de drenaje del borde nororiental de la cuenca de Granada, del Río Bermejo al Darro. Aplicación de índices geomorfológicos”. Forma parte del Proyecto: PB97-1267-CO3 (DGESIC). Grupo RNM 217 (Junta de Andalucía), publicado en Junio del 2001.
- Publicación sobre la Aplicación de varios Índices Geomorfológicos al estudio de la Cuenca del Río Adra en Almería. Revista “Cuaternario y Geomorfología”. Año 2008.
- Rehabilitación y Equipamiento de Refugios de Montaña en Parque Sierra Nevada. Almería. En colaboración con el Departamento Técnico de la antigua empresa pública Sogefinsa. (CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE). Período 1994-96.
- Supervisión Ambiental Autovía A-92, Baza-Puerto Lumbreras. En colaboración con la Dirección Técnica de la Universidad de Granada y el Departamento Técnico de Sogefinsa (CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS). Período 1994-96.
- Supervisión Ambiental Accesos a Sierra Nevada, “Ronda Sur de Granada”, “Variante de Cenes y Pinos Genil”, Acondicionamiento y Refuerzo GR-420, PK.12-31. Colaboración con el Departamento Técnico de Sogefinsa. (CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS). Período 1994-96.

- Proyecto de Restauración Paisajística Estación Depuradora de Aguas Residuales en Pradolano. Colaboración con el Departamento Técnico de Sogefinsa. (CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS). Período 1994-96.
- Estudio de los deslizamientos de laderas del Río Monachil. Año 1997.
- Publicación: Relief and drainage evolution during the exhumation of the Sierra Nevada (SE Spain): Is denudation keeping pace with uplift? Revista Tectonophysics. Año 2015.

En **SACYR/PRINUR** como:

- Jefe de Producción en la Obra del Canal del Guadalquivir. (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir). Año 2001.
- Colaboración con el Estudio del Proyecto del Tramo “La Herradura-Taramay”. (MINISTERIO DE FOMENTO). Enero del año 2002.
- Colaboración con el Estudio del Proyecto de la Obra de Abastecimiento a la Vega de Granada. ETAP de El Chaparral. (Granada) (Giasa). Julio del año 2002.
- Colaboración con el Estudio del Proyecto del Tramo “Enlace de Albuñol-Variante de Adra”. (MINISTERIO DE FOMENTO). Julio del año 2002.
- Control del Estudio Geotécnico en al Obra “Huesa-Ceal”. (Giasa). Julio-Agosto del año 2002.
- Geólogo en los dos túneles de la Obra “Enlace de Polopos a Castell de Ferro” (MOPU). Año 2003 y 2004.
- Elaboración de los esquemas geológicos para los Proyectos de Instalaciones de tuberías y depuradoras en el Viso, Los Pedroches y Villanueva de Córdoba en Abril del 2005.
- Participación en el Proyecto de la “Autovía Málaga-Córdoba” a su paso por Encinas Reales y Benamejí en Abril-Mayo del Año 2005.
- Presentación de Proyectos a las licitaciones siguientes (Todas al Ministerio de Fomento): Autovía A-7: Tramos: Alameda-Barriguilla, Carchuna-Castell de Ferro, La Gorgoracha-El Puntalón, Lobres-Guadalfeo, Puerto de Motril, El Puntalón-Carchuna, y Ronda Este de Málaga. Mayo-Junio del año 2005.
- Presentación del Proyecto: Variante de Moraleda de Zafayona (GIASA), en Marzo del Año 2006.
- Colaboración con el Estudio del Proyecto Autopista AP-7 “Las Pedrizas-Málaga”. (MINISTERIO DE FOMENTO). Enero del año 2006.
- Jefe de Operaciones en la Conservación de la A-92 (Tramo PK: 175 al PK: 263) (Junta de Andalucía). Desde el año 2001 hasta marzo del 2011.
- Simultaneando con la Conservación anterior, he participado en la presentación de diferentes Concursos de Obras en Andalucía, realizando estudios previos de Geología y realizando informes fotográficos de las mismas.
- Jefe de Operaciones y de Calidad en la Conservación de Peal de Becerro (JAÉN). Desde el año 2011 hasta marzo del 2015.
- Actualmente Jefe de Producción, Calidad y Medioambiente en la Obra de Ampliación de Avinatur Sur Fase Va, y Ampliación Avinatur Sur Fases IV y Vb

Granada a 18 de Noviembre del 2015