VALOR DE LA EROSION FLUVIAL EN LA CUENCA DEL RIO GRANDE
(Provincias de Granada y de Almería)

por R. Vega de Pedro y L. García Rossel

Diputación de Almería — Biblioteca. Valor de la erosión fluvial en la cuenca del Río Grande (Provincias de Granada y Almería)., p. 1

R-5492

VALOR DE LA EROSION FLUVIAL EN LA CUENCA DEL RIO GRANDE (Provincias de Granada y de Almería)

por R. Vega de Pedro y L. García Rossel

EXCMA. DIPUTACION PROVINCIAL Biblioteca ALMERIA

I.—OBJETIVOS.

Se trata de un estudio destinado a determinar el valor de la erosión hídrica en una cuenca fluvial de 537 Km². situada en la falda meridional de Sierra Nevada, entre las provincias de Almería y de Granada.

Para ello se ha utilizado exclusivamente una metodología geomorfológica, la cual será ulteriormente contrastada con medidas directas de los arrastres sólidos en varias estaciones de control. Estas estaciones consisten en diques construídos recientemente por Obras Públicas en relación con las obras de la presa de Benimar.

Antes de entrar en la descripción y en los resultados del método seguido, se describen las características geomorfológicas de la cuenca, indispensables para su aplicación.

II.—SITUACION.

Tal como se indica en la fig. núm. 1, la Cuenca del Río Grande, en sus tramos medio y superior, se halla situada en la vertiente Sur de Sierra Nevada, comprendiendo parte de las Provincias de Almería y de Granada.

Las coordenadas de sus límites son:

37° 07'—36° 49' L.N.
0° 29'— 0° 47' L.E.

Desde el punto de vista geológico (fig. 2), la cuenca hidrográfica del Río Grande queda íntegramente ubicada en las zonas internas de la Cordillera Bética (dominio Bético s. str.), caracterizados aquí por la existencia de dos grandes elementos: el Nevado-filábride (al Norte) y el Alpujárride (al Sur). Este último está tectónicamente superpuesto al primero, constituyendo pues, un elemento alóctono de procedencia meridional (ALDAYA, F. 1969).

El Nevado-Filábride forma las laderas, Sur de la Sierra Nevada y a él corresponde casi el 50% de la superficie total de la cuenca. Está formado esencialmente por micaesquistos grafitosos, cuarcitas, micacitas, y anfibolitas; hay algunas rocas de origen volcánico o subvolcánico, pero sin repercusión morfológica alguna.

El elemento alpujárride está formado por cinco mantos superpuestos que en terminología de ALDAYA (op. cit.) son las siguientes, en orden ascendente.

—Manto de Lújar
—Manto de Cástaras
—Manto de Alcázar
—Manto de Murtas
—Manto de Adra.

La composición litológica de estos mantos corresponde a un mismo esquema: un potente paquete de calizas y dolomías del Trías Superior, bajo el cual aparecen, con potencias muy variables, filitas y cuarcitas. La edad de estas es también triásica (Werfenense). Finalmente, la base está formada por micaesquistos y cuarcitas.

Este esquema no se cumple de igual manera en todos los mantos, existiendo notables diferencias en cuanto a desarrollo de cada uno de los niveles litológicos antes citados; el manto más completo, a este respecto, es el de Murtas.

En la zona de contacto entre Alpujárrides y Nevado-filábrides quedan los depósitos más recientes, formados por sedimentos marinos y continentales de edad Mioceno medio y superior y Cuaternario. Forman una banda sinclinal de dirección E-W en el centro de la zona, que se prolonga en ambos sentidos, enlazando con las cuencas terciarias de Granada y de Almería. (ALDAYA, F. op. cit.) la denomina Cuenca de Ugíjar, y cita los siguientes niveles:

—Conglomerados basales 5-6 m. de potencia.—Tortense.

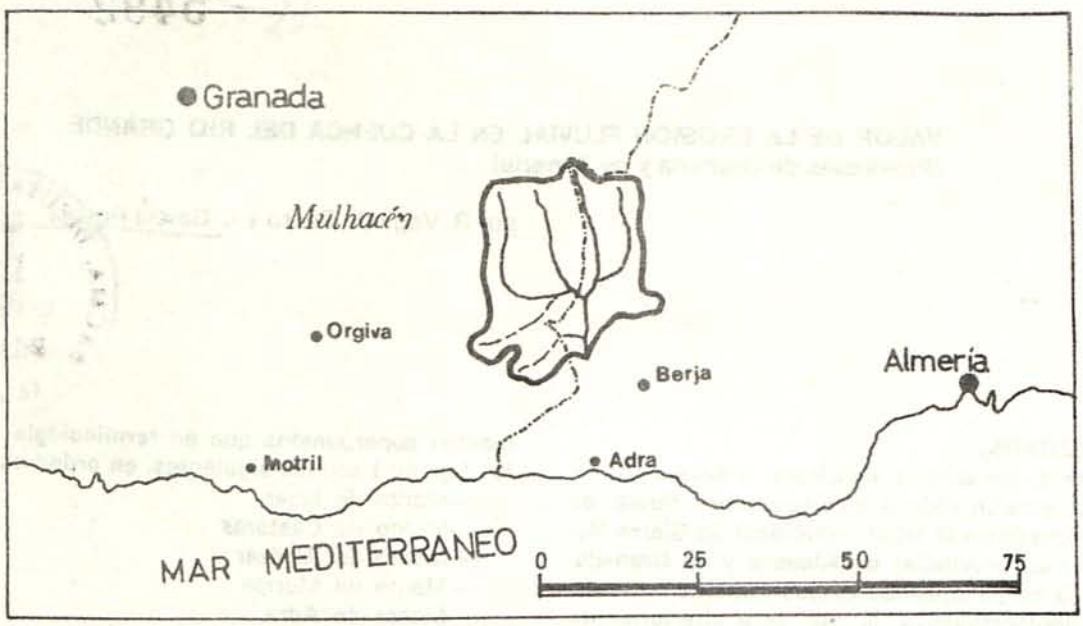
—Calizas arenosas 10-15 m. de potencia.—Tortense.

—Margas y limos amarillos más de 100 m. de potencia.—Tortonense.

—Conglomerados superiores más de 100 m. de potencia.—Postortense?

Las etapas de deformación comprenden fases prealpídicas, alpídica precoz, alpídica y postorogénicas. La tectónica de cabalgamiento de los elementos alpujárrides se desarrolló en más de una etapa, siendo la última la de los grandes movimientos de traslación.

Diputación de Almería — Biblioteca. Valor de la erosión fluvial en la cuenca del Río Grande (Provincias de Granada y Almería)., p. 2



Situación Geográfica

-Fig. núm. 1-

En cuanto a las etapas de deformación más reciente, (neotectónicas) afectan a los materiales terciarios y/o cuaternarios; la primera de ellas dió lugar al plegamiento de dirección N. 80° E, y con posterioridad se ha desarrollado una tectónica distensiva, con fallas normales.

FOURNIGUET (1975) señala movimientos postpliocenos en la banda costera de Adra, caracterizados por basculamientos en bloque.

III.—CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS.

Se describen solamente aquellos rasgos geomorfológicos necesarios para el objetivo prioritario del trabajo.

III.—1. CARACTERISTICAS HIPSOMETRICAS.

Las figs. 3 y 5 recogen los datos altimétricos de la cuenca, los cuales hemos representado gráficamente mediante curvas altimétricas e hipsométricas.

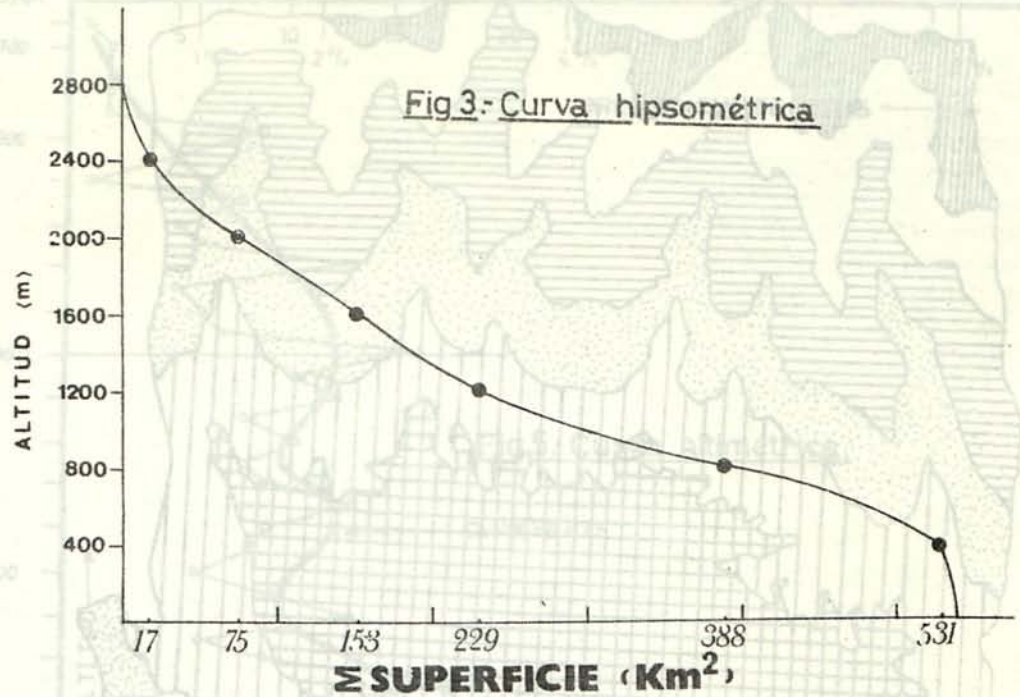
Las cotas topográficas oscilan entre 2.784 m. S.N.M. (ALTO de SAN JUAN) y 265 m. (Presa del embalse de BENINAR). La altura media es de 1476 m. resultando así un coeficiente de masividad de 2,74 m./Km. El coeficiente orográfico es de 40,44 m.

La curva hipsométrica (fig. 3) muestra una distribución de altitudes caracterizada por un amplio rellano entre 600 y 800 m. A los 1100-1200 m. se observa una ruptura de pendiente seguido por otro rellano de menor importancia relativa hasta los 200 m.

Dada la forma de la curva y de acuerdo con SCHEIDEGGER (1963) la curva puede asimilarse a un estado evolutivo de juventud-madurez.

La curva altimétrica (fig. 5) es un buen exponente de la topografía accidentada de la cuenca. Muestra la existencia de tres máximos relativos situados entre 650-950, 1100-1250 y 1950-2250. El primero de estos máximos (que representa un 32% del total) viene dado por los relieves de los materiales terciarios y parte de los cuaternarios (sobre aluviales) de la depresión de Ugíjar. Aún pueden distinguirse dos máximos relativos uno a 650 m. y otro a 850 m. El primero es el de las terrazas y ramblas, y el de 850 es una superficie poligénica a la superficie de colmatación de las formaciones Pliocuaternarias (que forman un sistema de relieve en cuestas y mesas).

Diputación de Almería — Biblioteca. Valor de la erosión fluvial en la cuenca del Río Grande (Provincias de Granada y Almería)., p. 3



El segundo máximo entre 1100 y 1250 corresponde indudablemente a la ruptura de pendiente de la falda meridional de Sierra Nevada, en donde se asientan la mayor parte de las poblaciones. Es una superficie poligénica formada por la yuxtaposición de una superficie erosiva sobre materiales paleozóicos y triásicos y por la superficie de colmatación de depósitos pliocuaternarios y cuaternarios.

Finalmente, el máximo situado alrededor de 2000 m. representa solamente el más acusado de los rellanos que aquí escalonan la ladera meridional de Sierra Nevada, originando una topografía que localmente se denomina «lomas». Las otras rupturas de pendiente están a 2200, 2400 p 2500.

III.—2. RED DE DRENAJE.

Se ha hecho un estudio exhaustivo de la red de drenaje, con objeto de definir sus características paramétricas y realizar su análisis cuantitativo, para así poder establecer la secuencia genética de los diferentes sectores de la zona.

Los tipos de red definidos por cada uno de los materiales son los siguientes:

Micaesquistos y cuarcitas (Complejo Nevado-filábride y Alpujárride) Red dendrítica, a veces subparalela.

Filitas y cuarcitas werfenenses (Complejo Alpujárride)—Red dendrítica pinnada, localmente red opuesta (proximidades de Jorairátar, Manto de Alcázar). Calizas y dolomías (Complejo Alpujárride)—Red dendrítica, anguliforme, localmente de drenaje interno.

Margas y limos, conglomerados terciarios y cuaternarios red dendrítica pectinada. Los mayores contrastes se dan entre los materiales postorogénicos (conglomerados superiores, tortonense) y el resto.

El análisis cuantitativo realizado según las Leyes de Horton, da los siguientes resultados:

III. 2.1.—Relación, orden/número de cauces.

Se observa que la razón de bifurcación (b) presenta dos valores modales:

Entre los órdenes 1 y 4, vale 4,78, y entre 4 y 8 vale 3,05. Por tanto las ecuaciones respectivas son:

N'u = 4,78(4-u) y N'u = 3,05 (8-u), donde Nu representa el número de cauces de un determinado orden y u el orden citado. Resultan así dos rectas que se representan en la fig. 5 y que revelan un hecho muy importante: **en la cuenca están superpuestas dos etapas erosivas; una, más antigua representada por los cauces de orden 1 a 4 y otra más reciente por los de orden 5 a 8.**

III.—2.2. Relación orden/longitud de los cauces.

Los valores obtenidos para las longitudes absolutas y longitudes acumuladas se expresan en el cuadro n.° 2. En el se observa cómo las razones de longitudes (RL) aumentan desde los órdenes 1-2 al 4-5, para descender a partir de este orden. Los valores medios respectivos son 2,30 y 1,07.

Se trata pues, de una confirmación a lo anteriormente deducido respecto a la existencia de dos etapas erosivas superpuestas, cada una de las cuales está representada por una mayor frecuencia de determinados órdenes de los cauces.

Diputación de Almería — Biblioteca. Valor de la erosión fluvial en la cuenca del Río Grande (Provincias de Granada y Almería)., p. 4

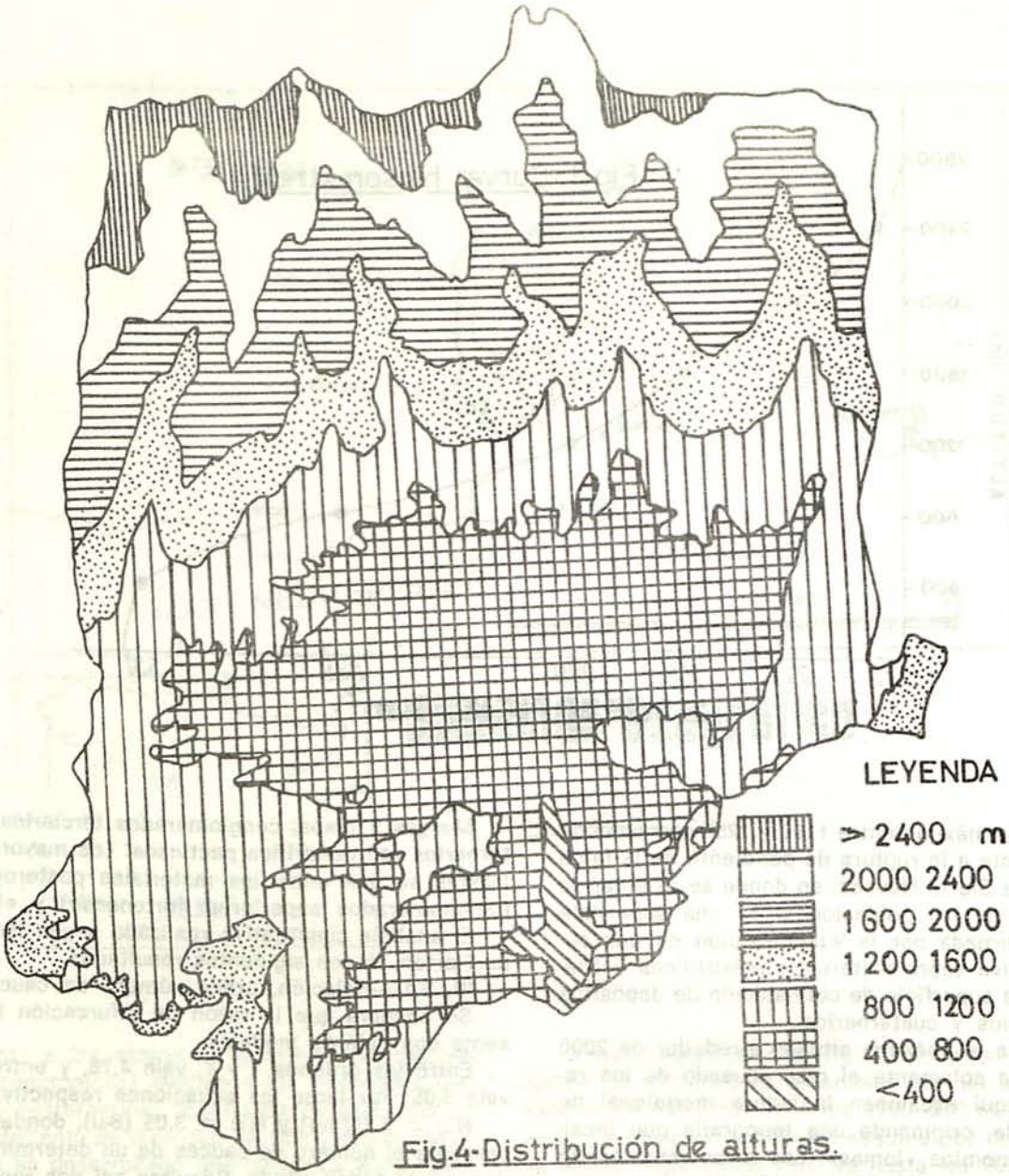


Fig.4-Distribución de alturas.

CUADRO 3.—DATOS CLIMATICOS EN FUNCION DE LA ALTITUD.

Altitud (m)	Tª (oc)	P (mm)	L	P_1	P_2	Indice de Turc	ZONA
800	16	502	904,80	571,83	285,91	$P_1 > P > P_2$	Semiárida
900	15	530	843,75	533,25	266,62	" " "	Semiárida
1000	14	556	819,7	518,05	259,02	$P > P_1$	Húmeda
1100	14	583	819,7	518,05	259,02	" "	Húmeda

Diputación de Almería — Biblioteca. Valor de la erosión fluvial en la cuenca del Río Grande (Provincias de Granada y Almería)., p. 5

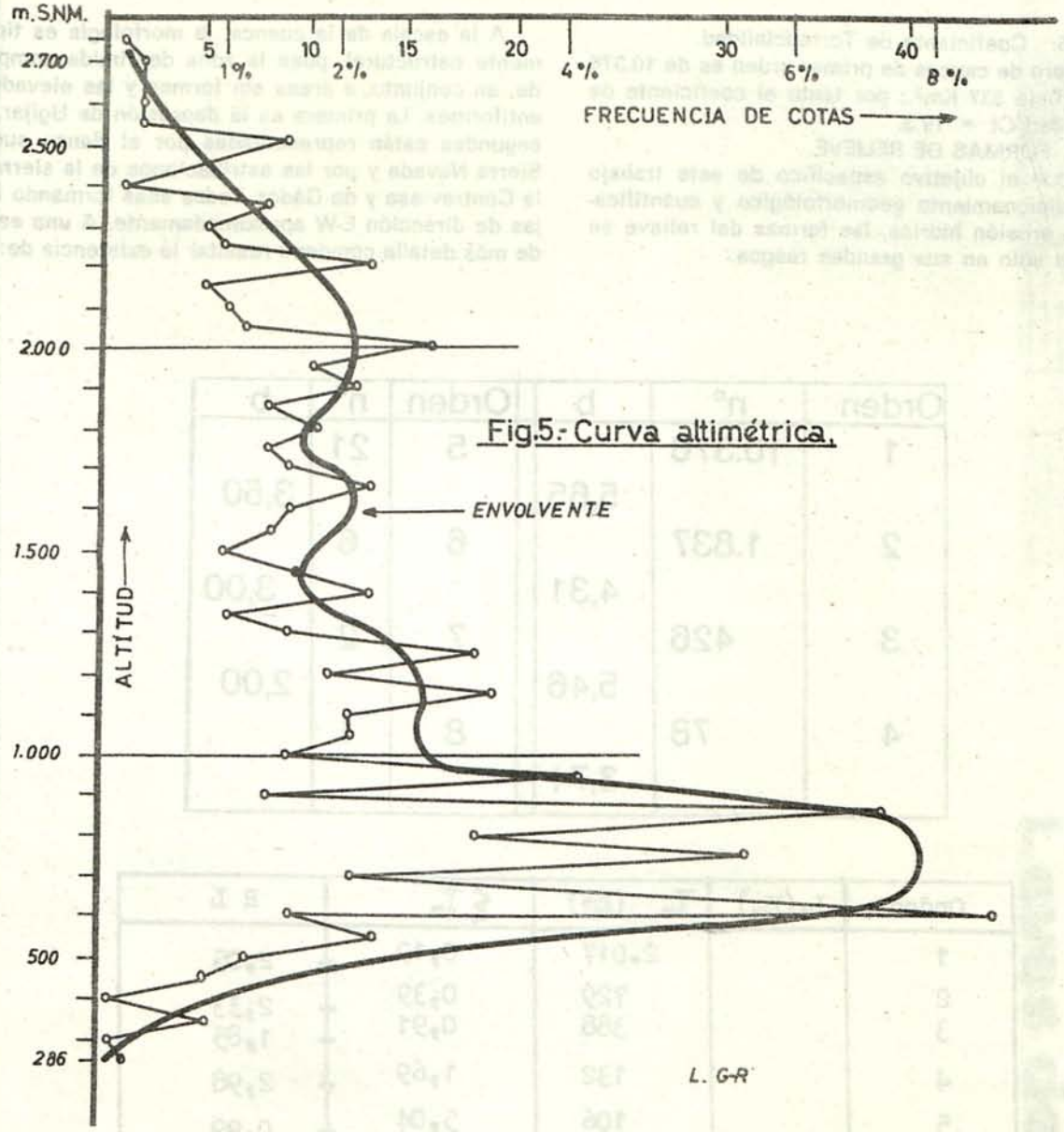


Fig.5.- Curva altimétrica.

La expresión analítica de ellos es L'u = 0,19x2,30 (u-s) y L'u = 0,19x1,07 (u-s) lo cual queda bien explícito en la fig. 6.

III.—2.3. Relación caudal/superficie.

Se ha estudiado tal relación en cinco cuencas parciales, correspondientes a otros tantos puntos de aforo situados todos ellos a cotas no superiores a 500 m., o sea en el dominio morfoclimático semiárido. Tales relaciones revelan los siguientes resultados:

La representación gráfica (fig.) muestra como existe una relación entre ambos valores según la expresión los Q = a + h x log A donde a y h son dos constantes de la cuenca que en este caso valen a =, 30; h = 1. Este último valor es especialmente importante porque nos indica que existe proporcionalidad directa entre las superficies y los caudales de las cuencas. Esto es especialmente importante aquí porque existen dos dominios climáticos (húmedo y semiárido) que no se traducen en una irregularidad en cuanto a la distribución de la escorrentía superficial en los distintos sectores de la cuenca.

III.—2.4. Densidad de la red y Frecuencia de cauces.

Dado que la superficie de la cuenca es de 537 Km². y la longitud total de los cauces 3417 Km., resulta una densidad media de drenaje de 6,36 Km.

La frecuencia de cauces es de 23,7 cauces/Km² ya que el número total de ellos es 12.747.

Diputación de Almería — Biblioteca. Valor de la erosión fluvial en la cuenca del Río Grande (Provincias de Granada y Almería)., p. 6

III.—2.5. Coeficiente de Torrencialidad.

El número de cauces de primer orden es de 10.376 y la superficie 537 Km². por tanto el coeficiente de torrencialidad Ct = 19,3.

III.—3 FORMAS DE RELIEVE.

Dado que el objetivo específico de este trabajo es el condicionamiento geomorfológico y cuantificación de la erosión hídrica, las formas del relieve se describirán sólo en sus grandes rasgos.

A la escala de la cuenca, la morfología es típicamente estructural, pues la zona deprimida comprende, en conjunto, a áreas sin formes y las elevadas a antiformes. La primera es la depresión de Ugíjar, las segundas están representadas por el flanco sur de Sierra Nevada y por las estribaciones de la sierra de la Contraviesa y de Gádor. Todas ellas formando franjas de dirección E-W aproximadamente. A una escala de más detalle conviene resaltar la existencia de:

Orden	nº	b	Orden	nº	b
1	10.376		5	21	
		5,65			3,50
2	1.837		6	6	
		4,31			3,00
3	426		7	2	
		5,46			2,00
4	78		8	1	
		3,71			

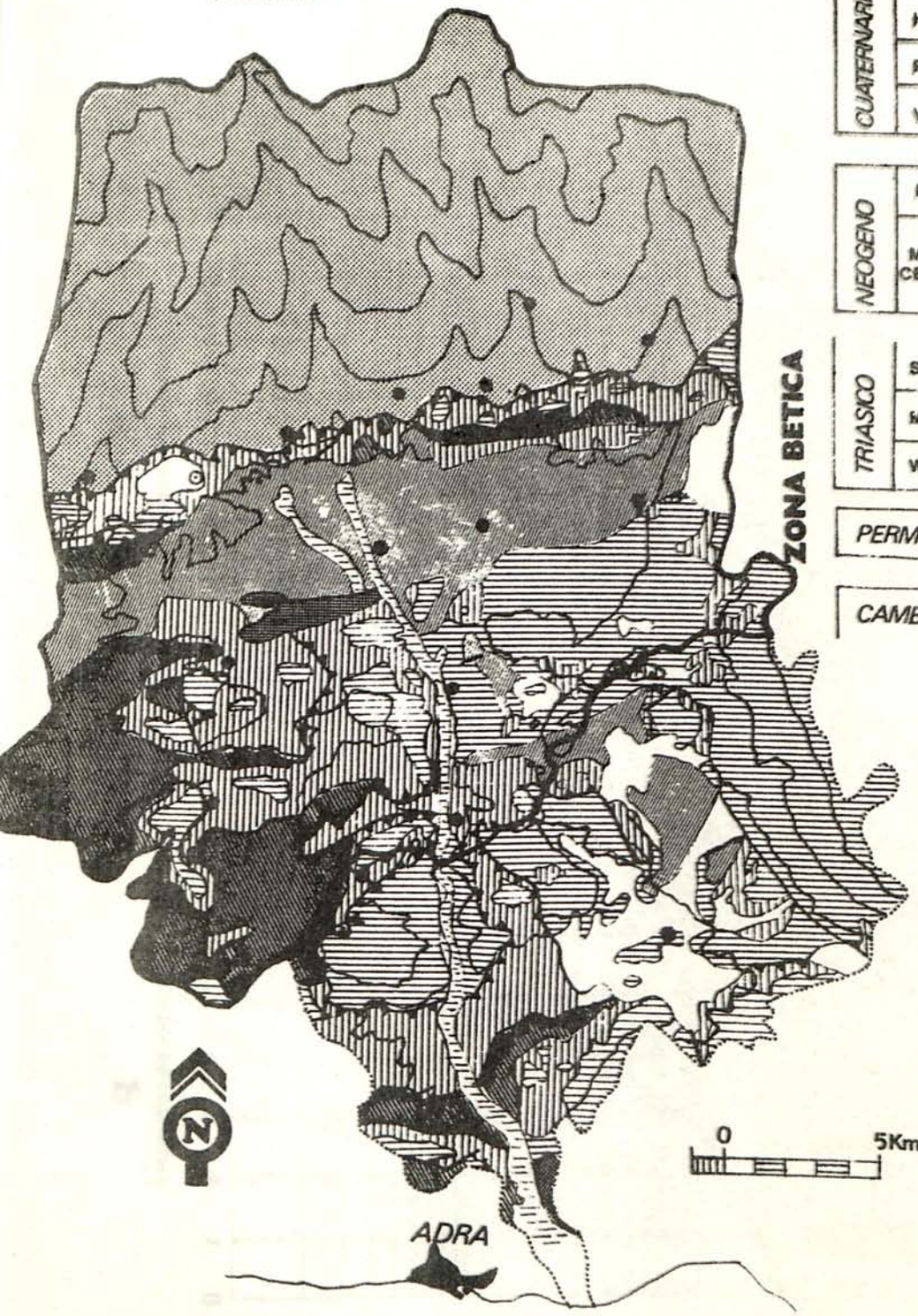
Orden	L_u (Km)	$\bar{L}_u$ (Km)	$\sum \bar{L}_u$	R L
1		2.017	0,19	2,05
2		729	0,39	2,33
3		388	0,91	1,85
4		132	1,69	2,98
5		106	5,04	0,99
6		30	5,00	0,90
7		9	4,50	1,33
8		6	6,00	

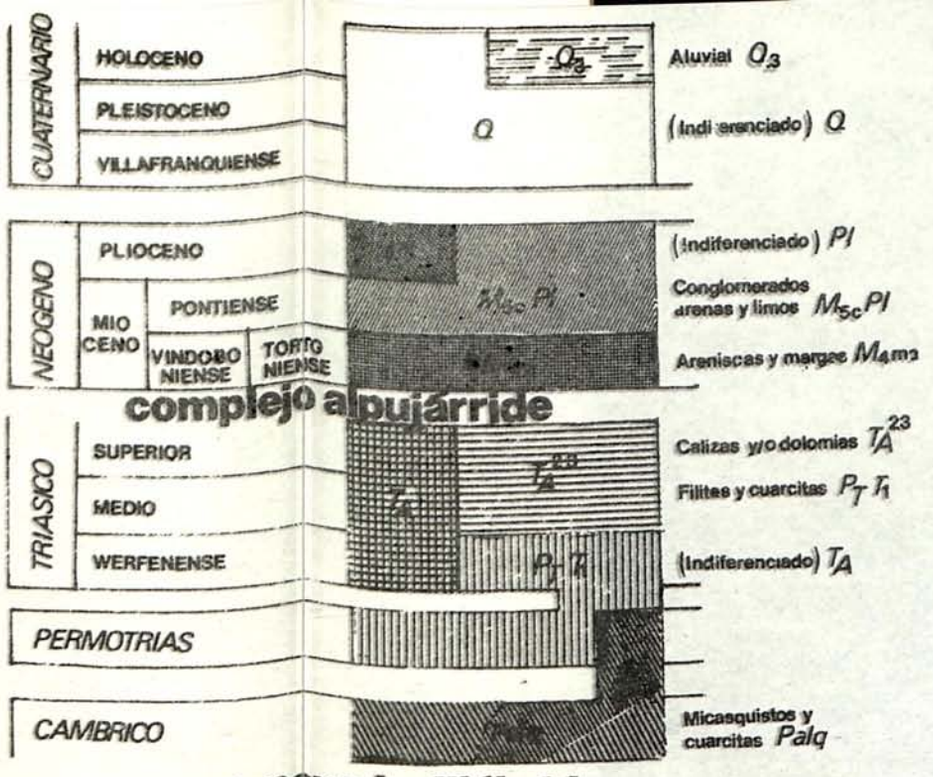
Cuadro 2.- Longitudes de los cauces

ZONA	$P_{(mm)}$	$P^2_{(mm^2)}$	$P_{(mm)}$	$P^2/P_{(mm)}$	E Tm/Km²/Año
Zona semiárida	65,81	3626,68	419,46	10,35	212,85
Zona húmeda	95,00	9025,42	691,26	13,07	172,83

Diputación de Almería — Biblioteca. Valor de la erosión fluvial en la cuenca del Río Grande (Provincias de Granada y Almería)., p. 7

(SINTESIS)





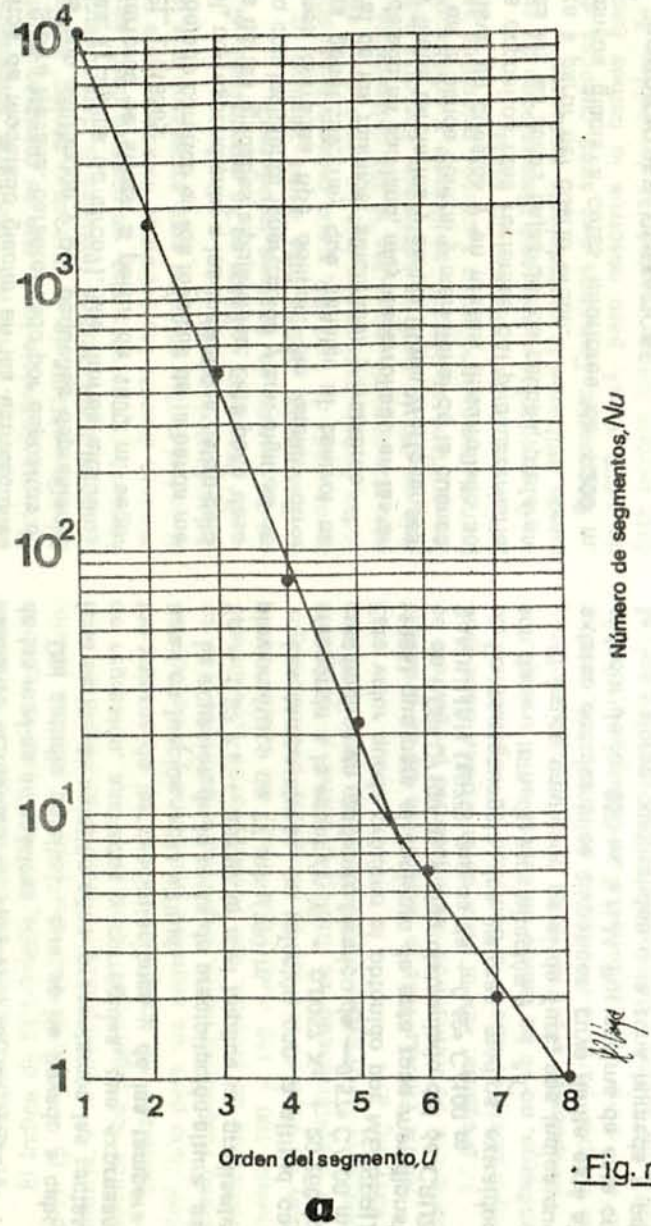
I. Geológico y Minero

GEOLOGIA SEGUN
1 ALDAYA F. (1969)
2 OROZCO M. (1971)
3 F. CIENCIAS (Granada)

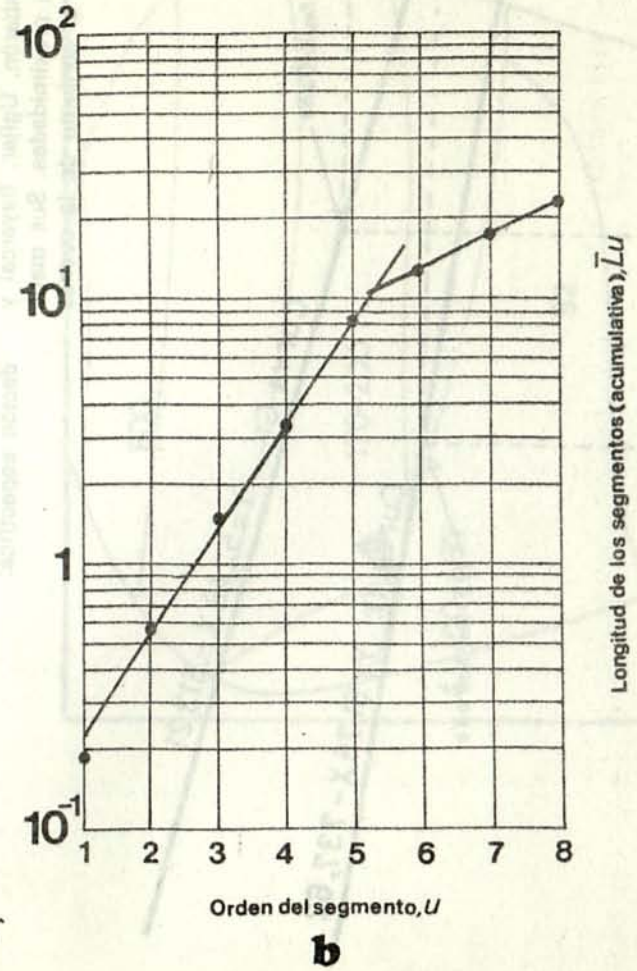
-Fig. núm 2-

Diputación de Almería — Biblioteca. Valor de la erosión fluvial en la cuenca del Río Grande (Provincias de Granada y Almería)., p. 8

Leyes de Horton
en la cuenca del río Grande



a



b

Fig. núm 6.-

DIPUTACIÓN DE ALMERÍA BIBLIOTECA

Diputación de Almería — Biblioteca. Valor de la erosión fluvial en la cuenca del Río Grande (Provincias de Granada y Almería)., p. 9

Restos de modelado glaciar en las estribaciones sur de Sierra Nevada, caracterizado por depósitos de brechas con solifluxión y por pequeñas depresiones cerradas, (¿Laguna de circo?). Los límites altitudinales inferiores se sitúan a partir de 1800 m. según HEMPEL, L (1958).

Modelado cárstico en los macizos de la banda meridional, correspondiente a los materiales calizo-dolomíticos de las unidades alpujárrides. Está poco desarrollado con incipiente lenarización y con algunas depresiones cerradas tipo dolinas. Sin excluir otros factores genéticos, hay que señalar el control estructural de los mismos: sinclinales y fracturas.

Modelado en bad-land, muy desarrollado en las arcillas y limos terciarios y en las filitas Werfenenses, o sea; en la banda central y meridional de la cuenca.

Relieve en cuestas y en mesas, desarrollado sobre los depósitos más recientes del pliocuaternario. Ramblas en las zonas bajas de los cauces, preferentemente a partir del cuarto orden.

Extensos glacis a cotas inferiores de 1.200 m. S.N.M.

IV.—CONDICIONES CLIMATICAS.

Hemos estudiado los datos de doce estaciones, (siete pluviométricas, dos termométricas y tres termopluviométricas) de las cuales cuatro están dentro de la cuenca (Mecina Bombarón, Ugíjar, Bayarcal y Beninar) y las otras en las proximidades. Sus mediciones se han extrapolado al conjunto de la cuenca mediante el método de Thiessen, de las Isoyetas y de las medias aritméticas .

Del estudio detallado, que se ha llevado a cabo (con series de veintiún años, presentamos las rectas de regresión, ajustadas y corregidas, que expresan los valores de las precipitaciones y de las temperaturas en función de la altitud.

La ecuación de la recta de precipitación-altura, es $Yp = 0{,}27\ Xa + 285{,}99$ lo cual implica un gradiente pluviométrico de 27 mm./100 m.

Las temperaturas, en relación con la altitud corresponde a la ecuación $Yt = 0{,}0057\ Xa + 20{,}260$ lo cual implica un gradiente térmico de —0,57° C/100 m. Este valor queda próximo al obtenido por MESSERLI (1965) que para el conjunto de esta zona meridional es de 0,68° C/100 m. y algo distanciado del de CRUZ SANJULIAN (1976) que es de —0,42° C/100 m.

En consecuencia, los valores medios extraídos son de mm. de precipitación y °C

El índice empleado es el de Turc, nos indica que existen dos dominios climáticos, cuyo límite está alrededor de los 950 m. S.N.M. Por encima de esta cota, los valores comprenden a la zona húmeda y por debajo a la zona semiárida.

Sólo presentamos aquí los índices de Turc, porque los hemos utilizado para el cálculo de la degradación específica.

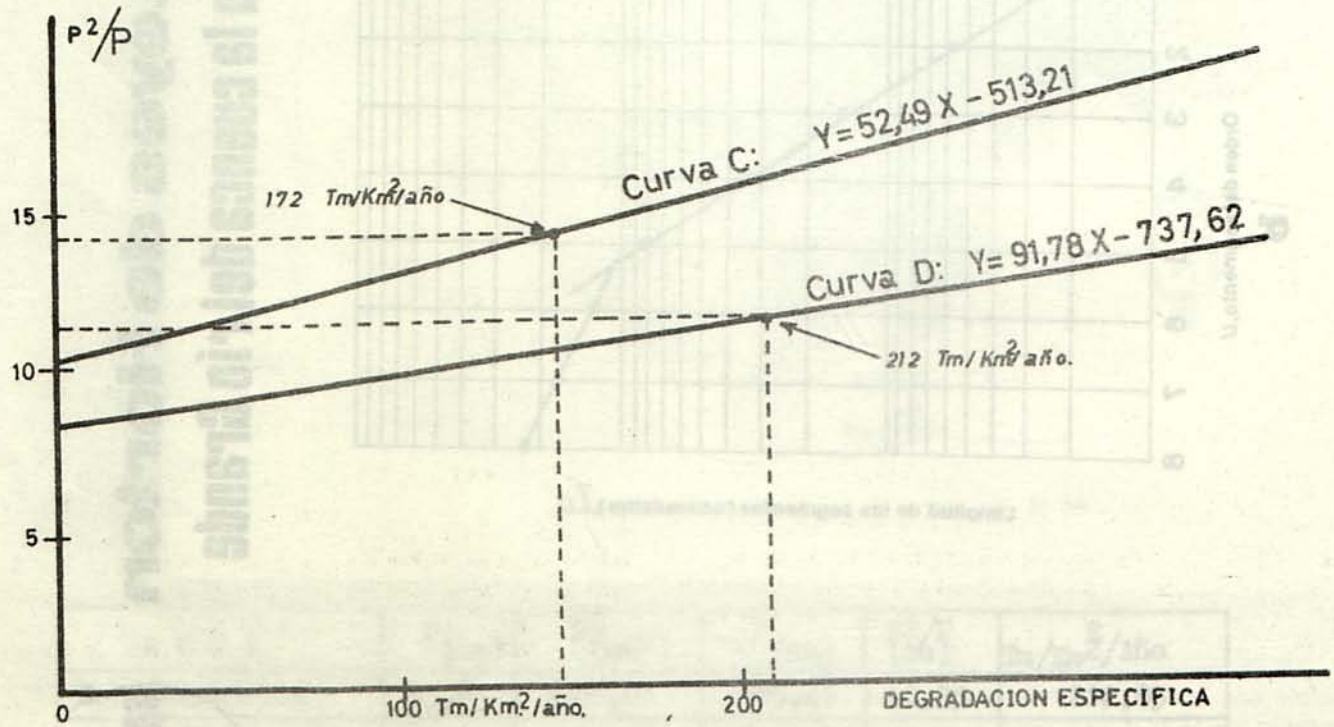


Fig 7 -Valor de la degradación especifica.

Diputación de Almería — Biblioteca. Valor de la erosión fluvial en la cuenca del Río Grande (Provincias de Granada y Almería)., p. 10

V.—DEGRADACION ESPECIFICA DE LA CUENCA.

El índice de FOURNIER, definido como la relación p^2/P (p = precipitación del mes de máxima pluviometría; P = precipitación media anual) tiene en esta cuenca los siguientes valores:

Resultan así unos valores de 212 y de 172 Tm./Km².año para los sectores semiárido y templado-húmedo respectivamente. Expresados estos valores en velocidad de erosión, dan resultados de aproximadamente 190 y 160 mm./1.000 años, los cuales están muy de acuerdo con los ya obtenidos en otras regiones mediterráneas de litología, clima y topografía comparables (FINCH y TREWARTHA, 1949; CORBEL, 1959), fig. 8.

NOTA FINAL: Tras la exposición de la presente ponencia, se formularon las siguientes preguntas:

1.ª pregunta: «En el valor de la erosión tiene gran importancia el tipo y la densidad de vegetación; sin embargo, no se ha tenido en cuenta en el trabajo.

Respuesta: Efectivamente, la vegetación condiciona en gran parte la intensidad de la erosión, pero, a su vez, dicha vegetación está definida por el tipo de clima, de suelos y de topografía. Los suelos, por otra parte, dependen en buena medida del clima, que, junto con el tipo de relieve ya vienen incluídos en los índices de Fournier.

Quedarían, pues, por considerar solamente otros factores de índole local, que se resumen en el denominado «estado de la cuenca»: acción antrópica y Geología local. Ambos implican la determinación de factores correctores que, en nuestro caso, se determinarán durante los próximos meses en esta cuenca, al comparar los cálculos aquí expuestos con las medidas hechas por O. P.

2.ª Pregunta: «¿Cómo se ha determinado el número de cauces de órdenes inferiores?».

Respuesta: Sobre foto aérea vertical, a escala aproximada de 1:32.000, y con criterio exhaustivo. De todas formas, pensemos que un error de + 500 cauces, por ejemplo, entre los 10.376 delimitados supondría un 5% lo cual es admisible. Por otra parte, en los gráficos de Horton, se prevee y admite que los puntos correspondientes a cauces primarios se aparten de las rectas más que los otros.

3.ª pregunta: «¿Para qué dimensiones de cuencas puede utilizarse la metodología expuesta?».

Respuesta: Conviene que sean cuencas de más de 1.000 Kms.², pero nosotros lo hemos hecho en ésta porque las circunstancias favorables de poder disponer de las medidas de O. P. y destinadas a las obras del Embalse de Benínar. Los resultados comparativos van siendo por el momento muy acordes.

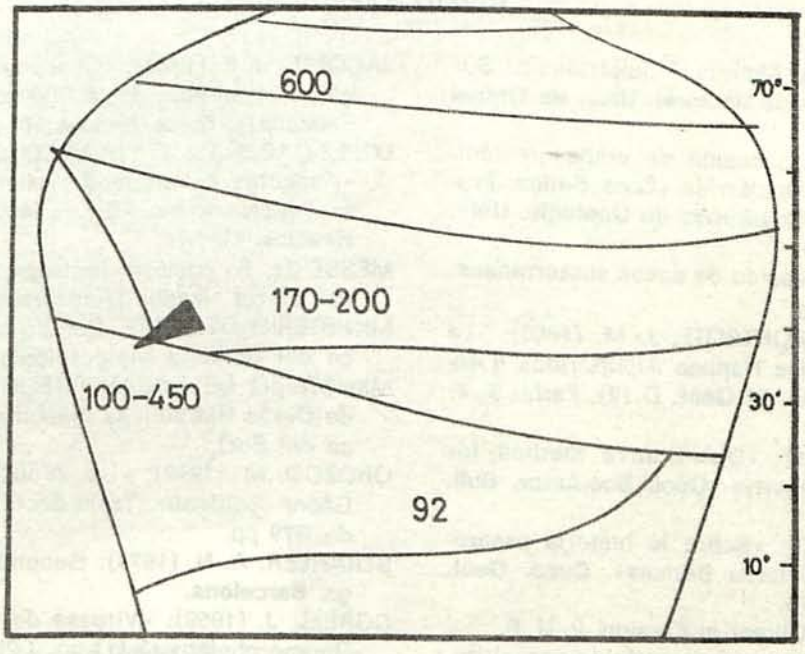


Fig 8.- Situación del sector estudiado en el diagrama de Finch y Trewartha (los numeros corresponden a valores de la erosion en relieves montañosos, en mm/1000 años)

Diputación de Almería — Biblioteca. Valor de la erosión fluvial en la cuenca del Río Grande (Provincias de Granada y Almería)., p. 11

4.ª pregunta: ¿Hay medidas directas de los aportes de los ríos o bien pequeñas cuencas experimentales?

Respuesta: Se están haciendo por O. P. y también por equipos de investigadores del C.S.I.C. y de Universidades inglesas, pero los resultados de todos ellos solamente los conocemos muy parcialmente. Hay que tener en cuenta que todas estas medidas deben extenderse durante un período hiperanual.

BIBLIOGRAFIA

ALDAYA, F. (1969): Los Mantos Alpujárrides al Sur de Sierra Nevada. **Tesis doctoral. Univ. de Granada** 527 pp. (inédita).

ALDAYA, F. (1970): La sucesión de etapas tectónicas en el dominio Alpujárride (Zona Bética, Provincia de Granada). **Cuadernos de Geología. Univ. de Granada** 1:159-181.

BENITEZ, A. (1972): Captación de aguas subterráneas. **Edit. Dossat.** Madrid.

DURAND DELGA, M.; FONTBOTE, J. M. (1960): «Le probleme de l'âge des Nappes Alpujárrides d'Andalousie». **Rev. Geog. et Géol.** D (2). París. 3, 4: 181-187.

EL-ASHRY, M. T. (1971): «Quantitative method for grading drainage density». **Géol. Soc-Amer. Bull.** 82:1703-1706.

FONTBOTE, J. M. (1970): «Sobre la historia preorogénica de las Cordilleras Béticas». **Cuad. Geol. Univ. Granada** 1.71-78.

FOURNIER, F. (1960): «Climat et Erosion. P. U. F.

HEMPEL, L. (1958): «Límites geomorfológicos altitudinales en Sierra Nevada». **Trad. castellana, Grau Jiménez,** p.

HORTON, R. E. (1945): «Erosional development of streams and thein drainage basin; hydrophysical approach to quantitative morphology». **Géol. Soc. Am. Bull.** pp. 275-370.

JACQUIN, J. P. (1970): «Contribution à l'étude géologique et minière de la Sierra de Gádor (Almería, Espagne)». **Thèse Nantes 501-p.**

LOPEZ-CADENAS, F.; BLANCO CRIADO, M. (1968): «Aspectos cualitativos y cuantitativos de la erosión hídrica». **Ins. For. de Investigaciones y Experiencias.** Madrid.

MESSERLI, B. (1965): «Beitragë zur geomorphologie der Sierra Nevada (Andalusien)». **Zurich.**

MINISTERIO DEL AIRE. Boletín Mensual climatológico del Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. Dirección Gral. de Obras Hidráulicas. Resumen de Aforos. (Cuenca del Sur).

OROZCO, M. (1972): «Los Alpujárrides en Sierra de Gádor occidental. **Tesis doctoral». Univ. de Granada.** 379 pp.

STRAHLER, A. N. (1974): Geografía física. **Edit. Omega. Barcelona.**

CORBEL, J. (1959): «Vitesse de l'erosion» **Annals of Geomorphology,** 3 (1) pp. 1-28.

FINCH, TREWARTHA'S (1949) «Elements of Geography». pág. 131. **Edit. Mc Graw Hill.**

Diputación de Almería — Biblioteca. Valor de la erosión fluvial en la cuenca del Río Grande (Provincias de Granada y Almería)., p. 12