

ESTIMACION CUANTITATIVA DE LOS PROCESOS EROSIVOS EN LA CUENCA DEL RIO VERDE (ALMUÑECAR - GRANADA)

J. QUIRANTES y M. C. SIERRA (*)

RESUMEN

La cuenca del río Verde está situada en el "complejo Alpujarride" de las Cordilleras Béticas; sobre micaesquistos, cuarcitas, calizas y dolomías.

Se analiza la topografía, morfología, red de drenaje y pendientes de toda la cuenca. A continuación se estudia la climatología de la zona, haciendo especial énfasis en la aridez, por el carácter que imprime a toda la Costa del Sol y su influencia decisiva en los fenómenos de erosión. La degradación específica de la cuenca se estima en 193'4 Tm/Ha/año (hídrica) y 44'6 Tm/Ha/año (eólica).

La pérdida de suelos es de 1'698 mm/año: de los que 1'38 corresponden a la erosión hídrica, y 0'318 mm/año a la eólica.

SUMMARY

The basin of the Verde River is located within the "Alpujarrid Complex" of Cordilleras Béticas, of which the lithology is composed mainly by micaschists, quartzites, limestones and dolostones.

The Topography, morphology, drainage net, and slopes of the basin were analyzed. Also the climatology was studied, with special emphasis on the features connected with aridity, character that along the Sun-Coast has a decisive influence on the erosive phenomena. The specific degradation of the basin is estimated to be of 193'4 Tm/Ha/year (water erosion) and 44'6 Tm/Ha/year (eolic erosion).

Total soil-loss averages 1'698 mm/year: of which 1'38 mm. correspond to water erosion and 0'318 mm. to eolic erosion.

INTRODUCCION

Dentro de los cauces que vierten sus aguas al Mediterráneo el Río Verde es, el representante más occidental de la provincia de Granada. Se desarrolla su cuenca entre la Sierra del Chaparral por el Este, el extremo oriental de la Sierra de Aljara por el Oeste, los Altos de los Bajos al Norte y al Sur la Costa de Almuñecar. Su extensión se reduce a 101,36 Km² y la longitud de sus cauces puede estimarse en unos 450 Km. (medidos sobre mapa topográfico 1:50.000). Todo el conjunto se sitúa sobre las hojas 1055 (Motril) y 1041 (Dúrcal).

La topografía viene determinada, en primer lugar, por los conjuntos litológicos sobre los que se ubica la red: Filitas, Micaesquistos y Cuarcitas en la mitad inferior del río Verde; Calizas y Dolomías en el área Nororiental y, micaesquistos con intercalaciones de mármoles, en la noroccidental. La zona de micaesquistos presenta relieves alomados y suaves alterados por algunos resaltes de cuarcitas y calizas, predominando fenómenos erosivos de tipo físico; por el contrario en las áreas carbonatadas son frecuentes los resaltes verticales, el en-

(*) Estación Experimental del Zaidín, C.S.I.C. (Granada)

cajamiento de los barrancos y el desarrollo de ataques de tipo químico con predominio sobre los físicos.

La vegetación espontánea viene condicionada por la aridez de esta zona costera, aunque determinada parcialmente por la influencia marítima en la cuenca baja y media del río Verde. En la parte alta se pasa del matorral mediterráneo, al monte bajo y alto de las sierras de Almirajara y Chaparral.

GEOLOGIA

La Figura 1 esquematiza a escala 1:200.000 (I.G.M.E.) la geología de este sector. A excepción del Cuaternario el resto pertenece al Complejo Alpujárride, encuadrado dentro de la zona más interna de las Cordilleras Béticas (Bética s. str.).

El Complejo Alpujárride se caracteriza por su disposición de mantos de corrimiento y por una composición litológica bastante uniforme en cada uno de ellos. En el sector aquí estudiado pueden delimitarse las siguientes formaciones (Aldaya, 1969):

A Formación inferior de micaesquistos y cuarcitas.

B Formación superior de micaesquistos y cuarcitas.

C Formación de filitas y cuarcitas.

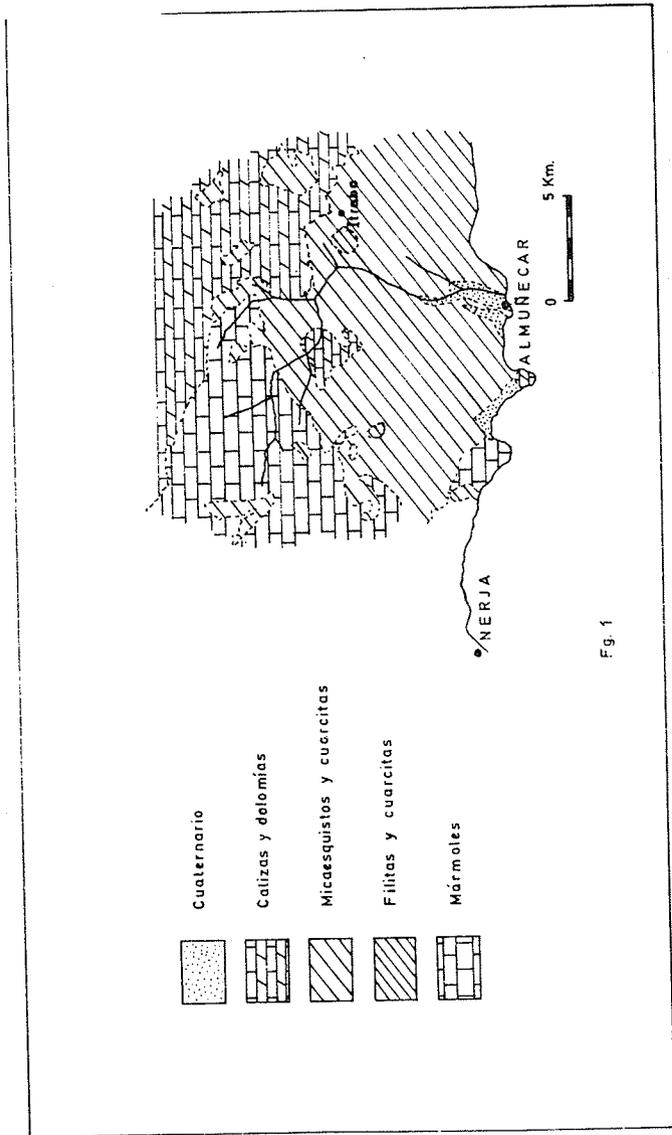
D Formación de calizas y dolomías.

A.- La formación inferior de micaesquistos y cuarcitas es la que aparece en la Figura 1 con la denominación de mármoles. En la cartografía 1:200.000 del I. G.M.E. (1973) se representa como tal a un conjunto de micaesquistos granatíferos alternantes con cuarcitas y con algunas intercalaciones de mármoles detríticos; estos mármoles alcanzan grandes potencias en Sierra Tejada y dentro de la cuenca del río Verde aparecen al Oeste del Jaloche y al Sur de Lopera, ocupando una extensión del orden de 25 Km². Se estima que deben pertenecer al Paleozóico Inferior.

B.- La formación superior de micaesquistos y cuarcitas tiene un desarrollo superficial mayor que la anterior; extendiéndose por toda la parte central y meridional de la cuenca con unos 62 Km². Es en general más cuarcítica y los micaesquistos son básicamente biotíticos, atribuyendo su edad al Paleozóico Superior infra-Pérmico.

C.- La formación de filitas y cuarcitas sólo aflora al Este de Jete en una mancha

PROCESOS EROSIVOS EN LA CUENCA DEL RIO VERDE, ALMUÑECAR



de 3 km². Su potencia es variable y se considera como perteneciente al Permo-Werfenense.

D.- Las calizas y dolomías se sitúan normalmente sobre las filitas y cuarcitas, perteneciendo al Trías Medio-Superior. En general presentan gran número de fracturas que favorecen los procesos erosivos. Sus afloramientos ocupan una extensión próxima a los 13 Km².

Los materiales cuaternarios y actuales adquieren un mayor desarrollo en el tramo inferior de la cuenca, distinguiéndose: terrazas, depósitos aluviales actuales, algunos conos de deyección y las playas. En general, la composición de sus cantos denota un predominio de micaesquistos y cuarcitas sobre calizas y dolomías.

Jalonando el cauce del río Verde y sus afluentes se observa la presencia de terrazas colgadas. Este hecho está íntimamente relacionado con levantamientos de la zona costera y descensos del nivel del mar.

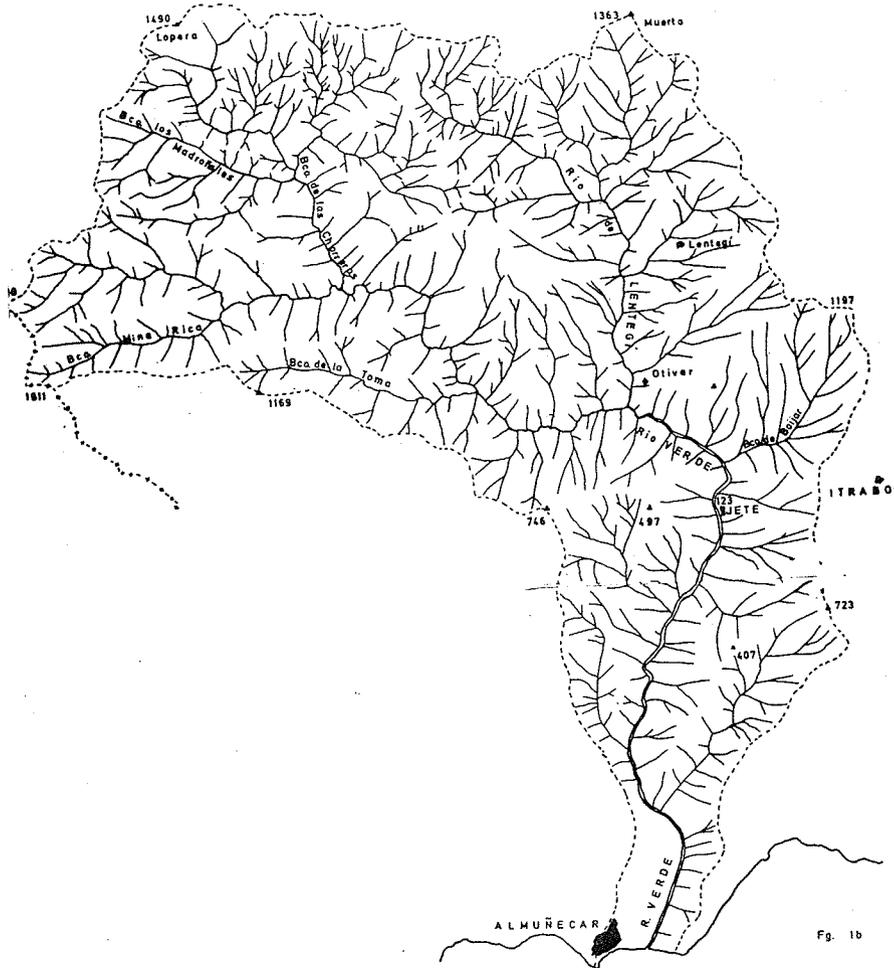
La tectónica según Simón (1963), Fernex (1968) y Aldaya (1964-70) puede resumirse en las siguientes etapas: primero una deformación anteherciniana; en segundo lugar y durante el Triásico, tiene lugar una nueva actividad tectónica que origina grandes pliegues de dirección N40E y que afecta el tramo calizo dolomítico; en tercer lugar se sucede la traslación de los mantos (entre el Trías Superior y el Oligoceno Superior) a la vez que se interrumpe la sedimentación y los materiales post-triásicos son erosionados. Por último, parece ser que la actividad tectónica se ha mantenido hasta el Cuaternario.

TOPOGRAFIA Y MORFOLOGIA

La posición costera del río Verde y el asentamiento de su cabecera en la Sierra de Cázulas, entre las de Almirajara y Chaparral, determina una impronta acusada en las características topográficas de su cuenca. Las mayores elevaciones del límite Norte corresponden a Lopera con 1487 m y el Muerto con 1363, sólo en el ángulo occidental se superan estas cotas alcanzándose los 1611 m en el cerro del Barranco del Pino; en el límite oriental destaca el Rayo con 1305 m y la Sierra del Chaparral que no llega a los 1200 m. En el interior de la cuenca sobresale el área del Jaloche, al O de Lentejé, con cotas de hasta 1268 m. De estas elevaciones se desciende bruscamente hasta el nivel del mar con un recorrido de sólo 15 Km. (Fig. 1b).

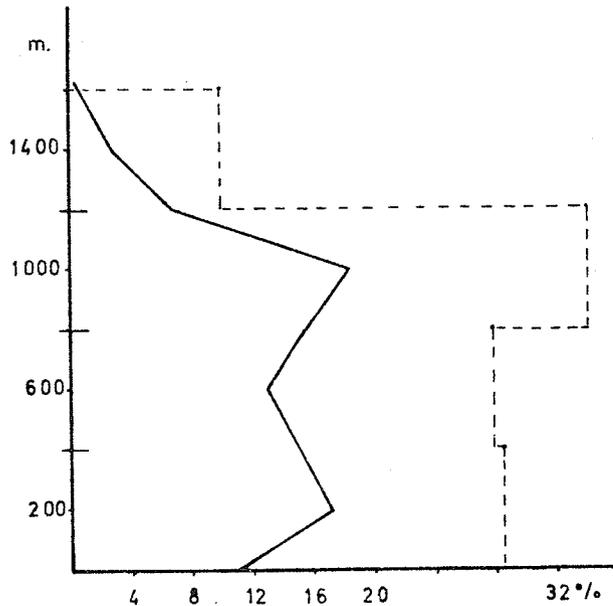
La distribución altitudinal es la siguiente:

PROCESOS EROSIVOS EN LA CUENCA DEL RIO VERDE, ALMUÑECAR



ALTURAS (m)	AREAS (Km ²)	%	% ACUMUL.	0-400-800-1200
0-200	11,00	10,85	100,00	28,60 Km ²
200-400	17,60	17,41	89,14	28,27 %
400-600	14,92	14,73	71,73	18,31 Km ²
600-800	13,39	13,22	57,00	27,95 %
800-1000	15,69	15,49	43,78	34,40 Km ²
1000-1200	18,71	18,47	28,29	33,96 %
1200-1400	6,89	6,80	9,82	9,95 Km ²
1400	3,06	3,02	3,02	9,82 %

Hay una cierta regularidad en cuanto a las áreas ocupadas por los distintos niveles altitudinales, destaca el 18,47% para las cotas comprendidas entre 1000 y 1200 m, el 17,41% entre 200 y 400 m y, el 3,02%, para cotas superiores a los 1400. Reunidos los niveles en grupos de 400 m la regularidad es aún más patente, con valores próximos al 30%; a excepción del casi 10% que ocupan las áreas superiores a los 1200 m (Fig. 2).



La curva altimétrica muestra la presencia, en los 200 m inferiores, de laderas con perfiles cóncavos. Entre 200 y 600 m el perfil es convexo para volver a ser cóncavo entre 600 y 100 m; quizás el área abarcada desde los 400 a los 800 m podemos asimilarla a una meseta. A partir de los 1000 m las laderas adquieren perfiles convexos hasta los 1500 m que son las cotas máximas.

La altura media de la cuenca (713,16 m) nos define la elevación del relieve en su conjunto y, el coeficiente de masividad, (7,036), indica la pendiente media del mismo. En este caso es bastante elevada, y se traduce en un coeficiente orográfico muy pronunciado: 5018; valor que incidirá favoreciendo los fenómenos erosivos, como posteriormente veremos.

Dentro del conjunto de la red hidrográfica del río Verde se diferencian varios sectores condicionados por la litología y por el tramo considerado de la cuenca. En el tramo superior las pendientes son muy pronunciadas, pero con formas topográficas redondeadas y suaves cuando los cauces discurren sobre calcoesquistos y filitas; en los tramos de calizas y dolomías el encajamiento es mayor y los interfluvios escarpados y alargados.

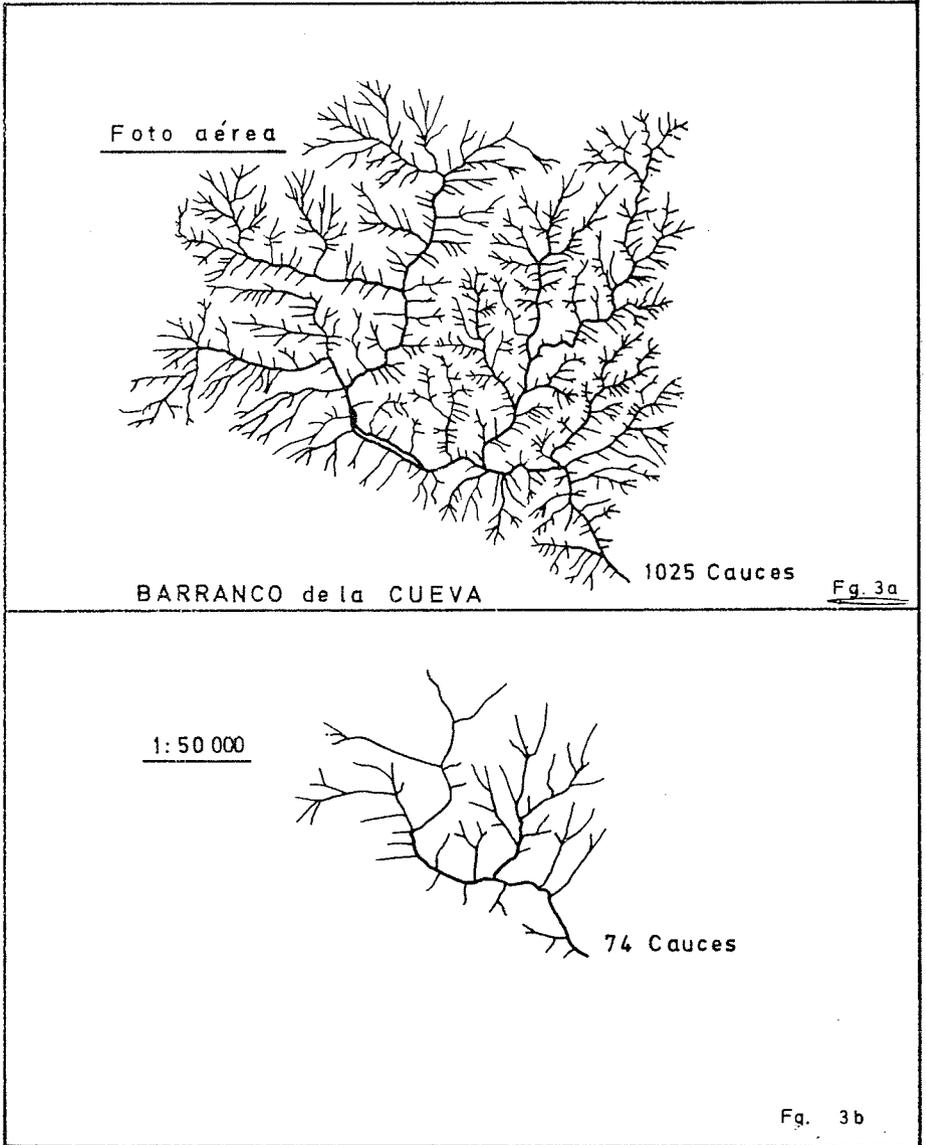
Al llegar al curso medio del río las características morfológicas son parecidas, aunque disminuye la pendiente en los cauces y se acentúa en las laderas. Hay una menor bifurcación de los afluentes y sus recorridos siguen direcciones sensiblemente paralelas. El tramo inferior sólo se diferencia por la disminución del número de afluentes y por una mayor anchura del lecho de inundación que discurre con una pendiente muy suave y en forma de rambla.

RED DE DRENAJE

1. Base topográfica (Figs. 3a y 3b)

Si partimos del análisis de la red sobre el mapa topográfico (1:50.000), los datos más significativos se insertan en la siguiente tabla:

<u>Orden</u>	<u>Número cauces</u>	<u>Relación bifurcacion</u>	<u>Longitud media(Km)</u>	<u>Longitud Total (Km)</u>	<u>Lóng. media acumulativ.</u>	<u>Relac. Longit.</u>
1	723		0,388	280,5	0,388	
2	153	4,73	0,567	86,7	0,955	1,4613
3	32	4,78	1,188	38,0	2,143	2,0952
4	8	4,	1,4	11,2	3,543	1,7845
5	2	4,	6,7	13,4	10,243	4,7857
6	<u>1</u>	2,	11,0	<u>11,0</u>	21,243	1,6418
	919			440,8 Km.		



PROCESOS EROSIVOS EN LA CUENCA DEL RÍO VERDE, ALMUÑECAR

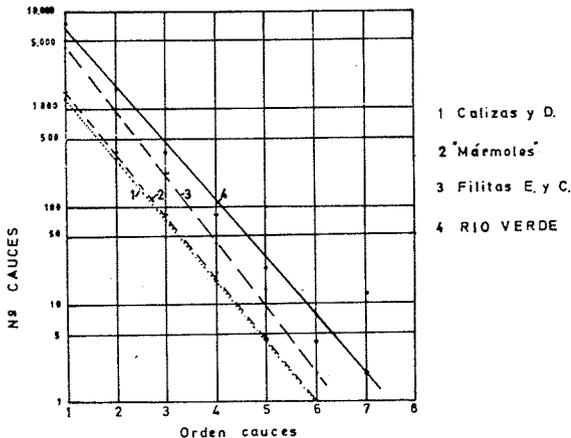
Con estos valores se podría concluir que estamos ante una red hidrográfica de 919 cauces, con una longitud de 440,8 Km y una densidad de 4,340 Km de cauce por kilometro cuadrado de cuenca. Esta densidad es más elevada que la de los ríos Gualchos (3,455 Km/Km²) y Albuñol (2,33Km/Km²) situados en la parte oriental de la costa granadina; pero aún siendo mayor se trata de una densidad baja y una textura grosera, ya que los elementos individuales que la integran son de tamaño mediano y grande.

Río	Ordenes	Cauces	Long. cauces (Km)	Area Cuenca (Km ²)	D Km/Km ²	Orden 1 Nº Long.Med.
Albuñol	6	452	279,06	114,96	2,33	338 0,356Km.
Gualchos	6	678	297,02	83,97	3,45	524 0,330Km.
Verde	6	919	440,80	101,36	4,35	723 0,388Km.

Tanto el número de cauces como la longitud total de los mismos difiere considerablemente de una cuenca a otra y, como consecuencia directa, la densidad de drenaje también es muy distinta. Sólo hay igualdad en el orden máximo de cauces que en las tres cuencas es de 6 y en la longitud media de los de orden 1, con valores muy próximos: 0,356; 0,330 y 0,388 Km.

2. Base foto aérea (Fig. 3a).

Para el estudio de la red hidrográfica no se ha tomado la cuenca entera como un conjunto homogéneo, sino que se ha establecido una diferenciación específica en base a las unidades litológicas sobre las que se asienta. Previamente se tomaron tres cuencas pequeñas: el Barranco de la Topera, situado sobre los denominados "mármoles" y con una superficie de 6,018 Km²; el Barranco de Lentegí, sobre calizas y dolomías (3,137 Km²) y en tercer lugar el Barranco de Zajonao, (4,47 Km²) que se asienta sobre filitas y cuarcitas (Fig. 4).



Fa. 4

Orden	Nº.	Long.	Long.	Nº.	Long.	Long.	Nº.	Long.	Long.
	Cauces	media(Km)	Total	Cauces	media(Km)	Total	Cauces	media	Total.
	Bco. de la Topera			Bco. de Lentegí			Bco. del Zajonao		
1	352	0,148	52,10	320	0,098	31,36	322	0,095	30,72
2	80	0,183	14,70	64	0,201	12,83	71	0,190	13,50
3	17	0,430	7,31	14	0,408	5,72	16	0,366	5,85
4	4	0,399	1,60	5	0,399	1,99	3	0,576	1,73
5	1	2,3227	2,33	1	2,394	2,39	1	2,327	2,33
Total	454		78,04	404		54,29	413		54,13
	S=6,018 K ² ; D=12,97 Km/Km ²			S=3,137; D= 17,32			S=4,47; D=12,11		

Destaca la densidad de cauces existente en el área de calizas y dolomías alcanzándose 17,32 Km/Km² que se puede considerar como de densidad alta de drenaje y textura fina; aunque próxima a media. En las zonas de "mármoles" (micuesquistos con mármoles) es de 12,97 y en la de filitas, esquistos y cuarcitas se reduce a sólo 12,11; en ambos casos se trata de una densidad de drenaje media y una textura también media.

Basado en estos ejemplos se ha realizado un estudio minucioso de toda la cuenca del río Verde, delimitando las áreas litológicas y los cauces que sobre ellas se asientan y, aunque los resultados obtenidos han sido muy similares, en ocasiones han aparecido desviaciones importantes. Este hecho viene motivado por el desarrollo simultáneo de las cuencas de orden menor sobre zonas de diferentes litologías. Cabe destacar la constancia de la densidad de drenaje dentro de cada una de las tres áreas consideradas, y en ella nos basamos para los cálculos que después incluimos.

La zona de mármoles se extiende sobre 26,81 Km², las calizas y dolomías en 12,87 Km² y, por último, filitas, esquistos y cuarcitas ocupan 61,68 Km².

En los tres conjuntos litológicos, la red del río Verde viene representada por la Tabla siguiente:

PROCESOS EROSIVOS EN LA CUENCA DEL RIO VERDE, ALMUÑECAR

Orden	MARMOLES			CALIZAS Y DOLOMIAS			FIL. ESQ. Y CUARC.		
	Nº. Cauces	Long. media	Long. total	Nº. Cauces	Long. media	Long. total	Nº. Cauces	Long. media	Long. total
1	1479	0,148	218,90	1313	0,098	128,67	4443	0,095	422,09
2	356	0,183	65,22	263	0,201	52,86	980	0,190	186,20
3	79	0,430	32,57	57	0,408	23,26	221	0,366	20,89
4	18	0,399	7,11	21	0,399	8,38	41	0,576	23,62
5	5	2,327	10,37	4	2,394	9,58	14	2,327	32,58
6	1	2,530	2,53	1	2,481	2,48	2	2,434	4,87
Total	1938		336,70	1659		225,23	5701		690,25
S=26,81 Km ² ; D=12,97Km/Km ²			S.12,87; D=17,32			S=61,68; D=12,11			

La longitud de los cauces de menor orden (1, 2 y 3) tiene un desarrollo mayor en los mármoles que en las calizas y en las filitas, siendo en éstas últimas donde es menor. El fenómeno inverso ocurre con los cauces de orden 4 y 5 como se vé con los siguientes valores:

<u>Materiales</u>	<u>Lm (Km)</u> <u>Orden: 1+2+3</u>	<u>Valor</u> <u>sobre 100</u>	<u>Lm (Km)</u> <u>Orden: 4+5</u>	<u>Valor</u> <u>sobre 100</u>
Mármoles	0,761	100	2,726	100
C. y Dolomías	0,707	93	2,793	103
Filitas E. y C.	0,651	86	2,903	107

TOPOGRAFIA Y FOTO AEREA

Utilizando el esquema general obtenido sobre base topográfica, y basándonos tanto en la densidad de drenaje como en el orden y número de cauces medidos en fotografía aérea, se obtiene el esquema general del río Verde que se inserta a continuación:

Orden	Nº.Cauces	Lm.	Lm.Acumul.	Rel.Long.	Rel.Bif.	Km.totales
1	7235	0,106	0,106			769,66
2	1599	0,190	0,296	1,792	4,524	304,28
3	354	0,386	0,682	2,032	4,516	136,71
4	80	0,489	1,171	1,267	4,425	39,11
5	23	2,284	3,455	4,671	3,478	52,52
6	4	2,470	5,925	1,081	5,75	9,88
7	2	6,7	12,625	2,713	2	13,40
8	1	11,0	23,625	1,642	2	11,0
9298						1336,56
S=101,36 Km ²		D= 13,19 Km/Km ²				

El número de cauces es de 9298 frente a los 919 que se contabilizan sobre el mapa topográfico 1:50.000. La longitud total era antes de 400,8 Km y ahora de 1336,56, aunque el aumento no es proporcional con el nuevo número de cauces. La explicación está expresada por el incremento de cauces de orden menor con una longitud pequeña.

La densidad ha pasado de 3.455 Km/Km² a 13,19 que es tres veces mayor. Ya no es una densidad baja sino media y la textura ha pasado de grosera a media también.

PENDIENTES

La elevación del mapa de pendientes en la cuenca del río Verde se ha realizado sobre el topográfico 1:50.000; previamente se efectuó un análisis somero del área Sur provincial abarcando la zona costera, Las Alpujarras, las tierras de Alhama y parte de la vega de Granada. Se ha subdividido en cuatro apartados: pendientes menores del 10%; entre 10 y 15, entre 15 y 25 y mayores del 25%. Destacan en primer lugar las grandes extensiones montañosas en las que supera el 25% en las pendientes en un 45% del área estudiada; junto a ellas las comprendidas entre el 15 y el 25 están representadas por un 32%. Sólo un 25% queda englobado con inclinaciones menores del 15% (Fig. 5).

En la Fig. 6 aparecen marcadas las áreas ocupadas por los seis tipos de pendientes en que se haya dividido la cuenca. Al igual que en la Fig. 5 destaca la gran superficie que ocupan las más pronunciadas: así las superiores al 30% abarcan 71 Km², es decir, el 70% de toda la cuenca; mientras que las inferiores al 20% son sólo 7,45 Km² (el 7,35% del total).

<u>Pendiente</u>	<u>Km²</u>	<u>%</u>	<u>%Parcial</u>	<u>% Acumulat.</u>
< 10%	3,27	3,23		99,99
10 - 20%	4,18	4,12	7,35	96,76
20 - 30%	23,00	22,69	22,69	92,64
30 - 40%	16,33	16,11		69,95
40 - 50%	12,86	12,70	69,95	53,84
> 50%	41,70	41,14		41,14

Los cauces principales de la cuenca están jalonados por laderas abruptas con pendientes superiores al 30%, aunque normalmente se observa una disimetría característica entre las dos márgenes de cada arroyo o barranco. Disimetría que

PROCESOS EROSIVOS EN LA CUENCA DEL RIO VERDE, ALMUÑECAR

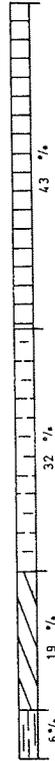
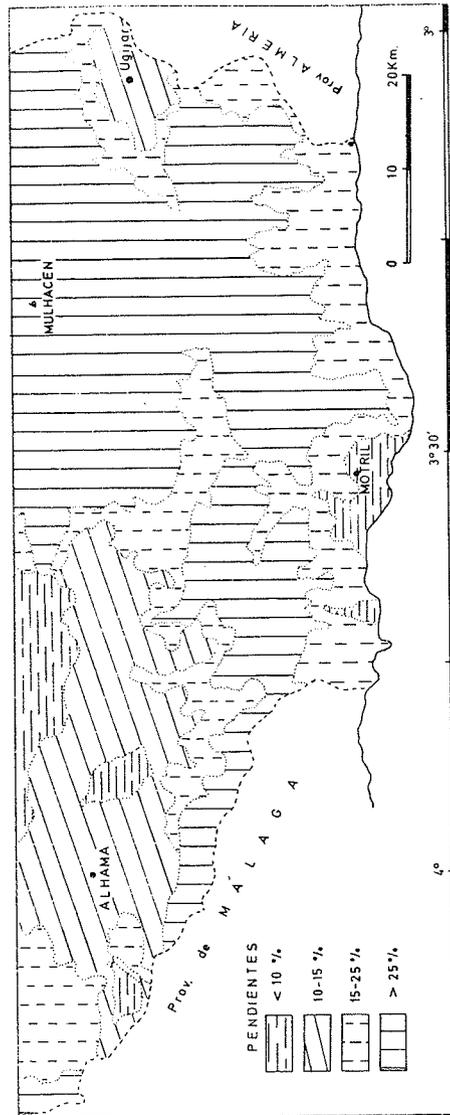
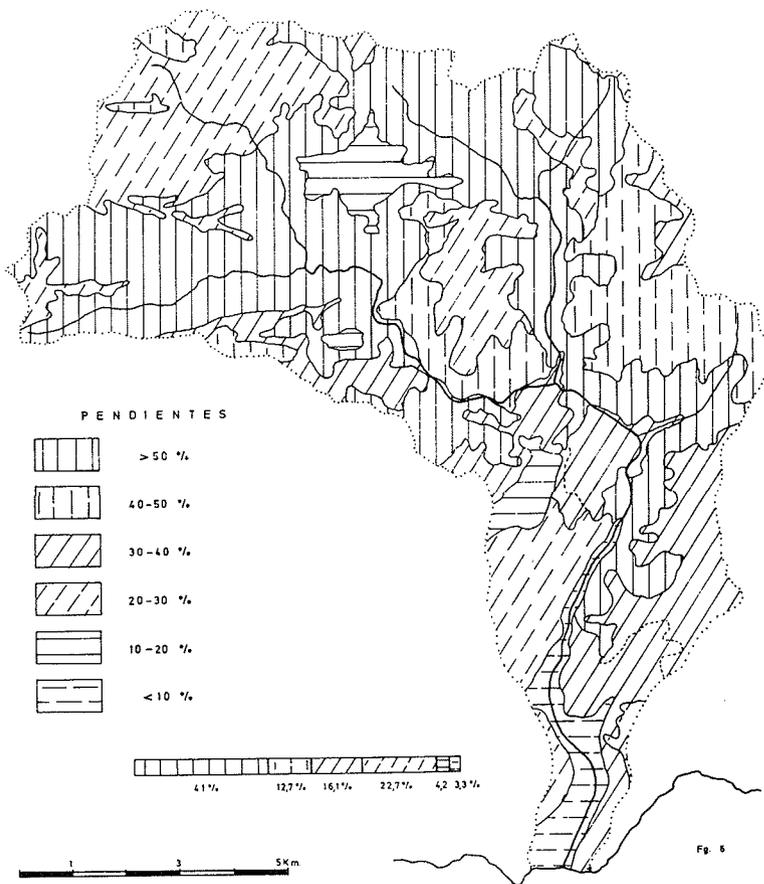


Fig. 5



se acentúa en las áreas litológicas en que predominan esquistos, filitas y cuarcitas.

CLIMATOLOGIA

La diversidad es la nota más destacada del clima granadino, aunque en su conjunto es de tipo mediterráneo. En la zona costera este clima mediterráneo se caracteriza por los inviernos templados y los veranos calurosos. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 18º y 19º; siendo las medias de las mínimas de unos 8º. Los cielos son despejados en gran parte del año y con una fuerte insolación.

Reuniendo todas estas características se puede hablar de un clima mediterráneo subtropical, hecho que se va plasmando en los cultivos de caña de azúcar, chirimoyos y bananas.

Las precipitaciones son poco abundantes y siempre en forma líquida, con una distribución anual bastante irregular y del orden de los 500 mm. Al subir hacia la parte media y alta de la cuenca se alcanzan los 600 mm en Itrabo, los 735 en los Cortijos de la Huída y los 900 en las proximidades de Lentegí. Dentro de la irregularidad y del carácter tormentoso de las lluvias, hay una concentración de las mismas a finales de invierno y principios de primavera; siendo por contra los veranos extremadamente secos y prolongados.

Es indudablemente la aridez, el hecho fundamental y característico de la Costa del Sol granadina. Siguiendo las determinaciones efectuadas por C. Sierra (1971) los diversos índices se engloban en la Tabla siguiente:

<u>Estaciones</u>	Ind. <u>Lang</u>	Ind. de <u>Martonne</u>	Cereceda <u>Revenga</u>	Indices de Thornthwaite			
				<u>Verano %</u>	<u>Ih</u>	<u>Ia</u>	<u>Im For.cl.</u>
Motril	19,2	12,2	5,1	39,4	3,9	57,3	-30,4 DB ₂ da'
Molvizar	25,1	16,1	3,9	42,8	8,5	56,9	-25,6 DB ₃ da'
Almuñecar	18,1	11,5	5,5	41,2	4,9	59,0	-30,5 DB ₂ da'
Itrabo	29,8	19,1	3,3	42,8	13,4	54,3	-19,1 C ₁ B ₃ sa'
V. medios	23,5	14,72	4,45	41,55	7,7	56,8	-26,4

Ih=Índice de exceso; Ia=Ind. de aridez; Im= Ind. de humedad=1h-0,6 Ia

Con los valores medios de estas cuatro estaciones y ateniéndonos a los criterios adontados por los autores de los índices la Costa del Sol de Granada, según su aridez, se clasificaría dentro de las siguientes zonas:

<u>Indices</u>	<u>Valores</u>	<u>Zonas</u>
Indice de Lang	23,05	Zona árida
I. de Martonne	14,72	Z. de estepas y países secos méd.
I. Cereceda-Revenga	4,45	Zona árida
I. Thornthwaite (Ia)	56,8	Zona semiárida

Estamos ante un clima semiárido, pero con un carácter gradacional de Sur a Norte; que pasa de una dinámica mediterránea típica, en el área de las costas, a otra con matices continentales en la zona central de la provincia. La vegetación espontánea viene condicionada por esa aridez, apareciendo formaciones xerofíticas en las que abundan el palmito, tomillo, salvia y romero; aunque en forma de isleos discontinuos y de poca extensión.

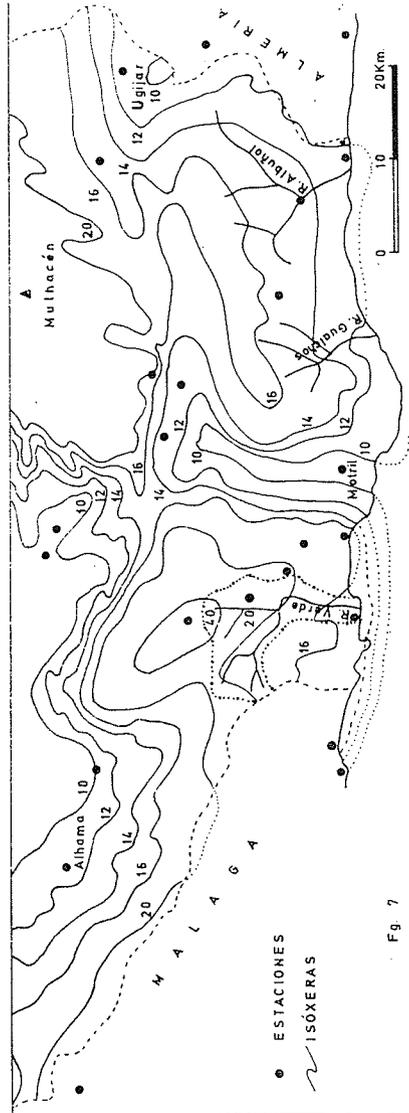
DEGRADACION ESPECIFICA

El mapa de isóxeras que se inserta a continuación (Fig. 7), se ha elaborado a partir de los datos correspondientes a una veintena de estaciones meteorológicas. El área estudiada es de 2200 Km² y los resultados obtenidos se compendian en la siguiente Tabla:

<u>Ind. Fournier</u>	<u>Km²</u>	<u>Tm/Km²</u>	<u>Tm(totales)</u>
45	27,64	3392,5	93768,7
30	497,40	2015,8	1002658,9
18	473,69	914,4	433142,1
15	541,10	639,1	345817,0
13	341,36	455,5	155489,5
11	231,13	272,0	62867,4
9	94,24	82,4	7765,4
	2206,56		2101509,0

La degradación total es de 2101509 Tm que equivalen a 952,39/Km². Tomando como densidad del material erosionado 1,4, el volumen de materiales que pierde la

PROCESOS EROSIVOS EN LA CUENCA DEL RIO VERDE, ALMUÑECAR



cuenca es de $680,28 \text{ m}^3/\text{Km}^2/\text{año}$; traduciéndose a alturas, la pérdida de suelo es del orden de $0,68 \text{ mm/año}$. Esta pérdida es la mínima que puede cuantificarse, aunque su valor real debe ser más elevado.

En el caso concreto del Río Verde las cifras difieren bastante de las obtenidas para el conjunto antes estudiado:

<u>Ind. Fournier</u>	<u>Km²</u>	<u>Tm/Km²</u>	<u>Tm(totales)</u>
42,5	22,17	3163,03	70124,375
30	43,88	2015,78	88452,426
22,5	19,11	1327,43	25367,187
17,5	9,98	868,53	8667,929
14	6,22	547,3	3404,206
	101,36		196016,123

La degradación total es de 196016 Tm, es decir, $1933,86 \text{ Tm/Km}^2$. Tomando también, 1,4 como densidad, el volumen de materiales erosionados en cada Km^2 es de $1381,32 \text{ m}^3$; lo que representa una pérdida de suelo de $1,38 \text{ mm/año}$. Valor que concuerda más con los determinados para los ríos Albuñol (1,22) y Gualchos (1,58) de características climáticas, morfológicas y litológicas similares.

Las diferencias entre los $0,68 \text{ mm/año}$ para el Sur de la provincia de Granada y los $1,38 \text{ mm/año}$ de río Verde es demasiado acusada; si bien hay una serie de variables y condicionantes que inciden en que así sea. Por un lado los índices de Fournier son perfectamente válidos para cuencas pequeñas y completas como es la del Río Verde; mientras que en el otro caso la extensión excede de los mil Km^2 y se han analizado fracciones de cuencas; por otro lado, la precisión de las isóxeras es más consecuente en el Río Verde pues en sólo 100 Km^2 disponemos de cinco estaciones en la cuenca y cuatro más en zonas próximas, mientras que en la figura 7 las líneas se han trazado en base a ventidós estaciones pero con una superficie veinte veces mayor. Junto a estas razones hay otras de tipo climático y morfológico que atenúan los procesos erosivos al alejarnos de las zonas costeras.

Si utilizamos la fórmula de Kresnik los valores resultantes, en cuanto a pérdidas de suelo son menores y del orden de los $0,92 \text{ mm/año}$. Esta fórmula no es válida en nuestro caso, por tratarse de una cuenca que en cuanto a relieve y aridez no se corresponde con el resto de las estudiadas por García Nájera para el resto de España; ya que en el Río Verde la aridez es mayor y por tanto la incidencia de los fenómenos erosivos.

PROCESOS EROSIVOS EN LA CUENCA DEL RÍO VERDE, ALMUÑECAR

La tabla de valores utilizada es la siguiente:

F	&	S(Km ²)	A.-&.32.F	B.-0,5+√F	A/B	
14	1,05	6,22	470,4	4,242	110,891	
17,5	1,08	9,98	604,8	4,683	129,148	$Q = \frac{32}{0.5 + \sqrt{F}} F$
22,5	1,05	19,11	756	5,243	144,192	
30	0,95	43,88	912	5,977	152,585	Coeffic. de co
42,5	1,03	22,17	1400,8	7,019	199,572	rrección = 1,25
		101,36			736,388	

Otro sistema de cálculo de la degradación específica vendría dado por la ecuación de regresión propuesta por Fournier:

$$\log. D.S. = 2,65 \log \frac{p^2}{P} + 0,46 \log \bar{H} \operatorname{tg} \& - 1.56$$

P^2/P	$\log P^2/P$	$\log \bar{H} \operatorname{tg} \&$	D.S.	D.S. x N°	Km ²
14	1.1461		1511	9 398	$\bar{H}=713,16m$
17.5	1.2430		2547	25 419	C.M=7.036
22.5	1.3522	3.70053	5315	101,569	C.O=5.018
30	1.4771		11389	499.749	$\bar{H} \operatorname{tg} \& =5.018$
42.5	1.6284		28675	635 729	

La degradación específica, en toda la cuenca, ascendería según este sistema a 1.271.859 Tm; que representan 1 254,8 Tm/Km². Tomando como densidad media la misma que se utilizó en la fórmula de Kresnik, la pérdida anual de suelo puede estimarse en 0.896 mm/año.

Si comparamos las tres determinaciones efectuadas, los valores obtenidos son los siguientes:

Sistema utilizado	Degradación específica	Pérdida suelo
Indices de Fournier	1.934 Tm/Km ²	1.38 mm/año
Fórmula de Kresnik	1 288 "	0.92 "
Fórmula de Fournier	1 255 "	0.896 "

Los valores deducidos con las fórmulas de Kresnik y Fournier son muy similares -0.92 u 0.9- y ya vimos anteriormente que el de Kresnik no era válido. Así pues, la determinación mediante los índices de Fournier es hasta ahora la más correcta de las aplicadas; pero ha de hacerse constar que se trata de valores

mínimos, pues partimos de unos condicionamientos ideales sin predominio de ninguno de ellos.

El valor de 1.38 mm/año de pérdida de suelo, en la cuenca del Río Verde, sólo hace referencia a la erosión hídrica. Capítulo aparte es el representado por la erosión eólica, pero no disponemos de medidas directas suficientes para su estimación. Ante este hecho, hemos de recurrir a mediciones indirectas, basando nuestros cálculos en la textura del suelo, en el equivalente de humedad, análisis granulométricos, etc.

El equivalente de humedad obtenido para los suelos de cuencas próximas y similares es el 7.58%. Partiendo de estos valores la cuantía de los fenómenos erosivos eólicos se puede estimar en 4.46 Tm/Ha, equivalente a 0.318 mm de suelo erosionado cada año.

Si sumamos los 1.38 mm perdidos en erosión hídrica y los 0.318 de la eólica, nos dá una degradación de 1.698 mm/año para el conjunto de la cuenca aquí estudiada.

BIBLIOGRAFIA

- COPPONEX, J.P. (1959): "Observations géologiques sur les Alpujarrides occidentales". Bol. Inst. Geol. y Min. Esp. T LXX (1959) págs. 79 - 208. Madrid.
- HENIN, S. (1976): "Cours de physique du sol". Orstom. Editest; 159 págs. Initiations-Documentations Techniques. Paris.
- FOURNIER, F. (1960): "Climat et erosion". Ed. Presses Universitaires de France. Paris (1960).
- HEUSCH, J. (1969): "L'erosión dans la region de Sebou: une approche quantitative". Rev. Geogr. du Maroc (1969).
- I.G.M.E. (1970): "Mapa Geológico, Granada-Málaga, 1:200.000". Instituto Geológico y Minero de España. Madrid (1970).
- QUIRANTES, J. y GARCIA-CHICANO, J.L. (1979): "Aproximación cuantitativa de los procesos erosivos en la Costa del Sol (Granada)". Tomo homenaje al Dr. Solé Sabarís. Barcelona, (en prensa).
- ROOSE, E. (1977): "Erosions et ruissellement en Afrique de l'ouest". 108 págs. Travaux et documents de L'Orstom. N.º. 78. Paris.
- SIERRA, C. (1971): "La productividad y el desarrollo del olivo en la provincia de Granada en relación con el suelo y el clima". Tesis doctoral Universidad de Granada (inédita).