

MORFOMETRIA DEL BARRANCO DE SANTIAGO, GOMERA (ISLAS CANARIAS)

C. Martín Escorza *

RESUMEN

El barranco de Santiago forma una cuenca fluvial al sur de Gomera que recoge en su área las alturas del pico Garajonay (1.487 m) y tras algo más de 10 km vierte sus aguas en el Océano Atlántico. Las rocas sobre las que discurre son todas volcánicas, aunque dentro de ellas se pueden diferenciar tres tipos principales (Bravo, 1964).

Esta red fluvial se ha digitalizado tomando las coordenadas (x, y, z) de los puntos origen y final del mayor número posible de tramos rectos en que se han dividido sus cauces. A escala 1:25.000 se han podido diferenciar un total de 489 de tales tramos rectos o segmentos, que llegan hasta el orden 4 según la jerarquización de Strahler (1954).

Aunque es una cuenca de dimensiones reducidas (su área es de 23,63 km²) a través de la estructura que presenta la red de drenaje se han podido diferenciar tres zonas a lo largo de su curso. Dicha red está formada por dos subcuencas, que ocupan los barrancos de Guarimar o Benchijigua. Ambos presentan evidencias que permiten asignar a cada uno de ellos una distinta evolución. Más madurez para el caso de Benchijigua y un proceso de formación más reciente en el caso del barranco de Guarimar.

Dos escalones en el perfil longitudinal del barranco de Santiago, uno a 500 m y el otro a 70-80 m de altitud sobre el nivel del mar, hacen deducir la existencia de levantamientos el menos de esta magnitud de esta parte de la isla durante el Cuaternario. Hay además otros escalones a mayor altitud que sugieren la existencia de una dinámica de mayor magnitud y quizá también más antigua, pero para confirmar o desechar esta hipótesis es necesario realizar este tipo de análisis en todos los barrancos de Gomera.

Palabras clave: Red fluvial, morfometría, modelos digitalizados, Gomera, Islas Canarias.

ABSTRACT

The Barranco de Santiago is a river basin of the south of the island Gomera (Canary Islands). To this basin belongs the Garajonay peak (1.487 m). This river basin has somewhat more than 10 km of length, and its waters arrive to the Atlantic Ocean. The rocks on those which flows are all volcanic, and in them can be differentiated three principal types.

This river net has been digitized taking the coordinates (x, y, z) of the points origin and final of the greater possible number of lines in which they have been divided its course. To scale 1:25.000 have been able to differentiate a total of 489 such right lines, that be at the point the order 4, upon applying the hierarchic order according to the Strahler's criterion.

Said river net is formed by two basins smaller, that correspond to that of the Guarimar and Benchijigua ravines. Both present structural features (form dentritic and linear respectively) that permit to assign to each one of them a different evolution: more maturity for the case of Benchijigua and an origin most recent in for the Barranco de Guarimar.

Though it is a basin with reduced dimensions (area of 23,63 km²), through the structure that presents the drainage net three structural zones have been differentiate, that coincide mainly, with the different groups of volcanic rocks.

Two steps in the longitudinal profile of the Barranco de Santiago, one to 500 m and the other to 70-80 m of altitude above the sea level, make to deduce the raisings existence, at least of this magnitude, of this part of the island during the Quaternary. The existence of others two steps to greater altitude permit to suppose that, after the analysis in all the ravines of Gomera it will be able to confirm or to reject in the future, the action in addition to other dynamic of greater importance.

Key words: River network, Morphometry, Digital Elevation Model, Gomera Island, Canary Islands.

* Departamento de Geología. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.

Introducción

La estructura morfológica de una red fluvial depende de múltiples factores; al menos 10 variables han sido citadas por Schumm (1993). Ante tanta variabilidad de influencias conviene buscar sistemas en los que poder simplificar el número de esos factores, o se presenten atenuados, desde la implantación de la red fluvial. En principio la isla de Gomera es un sistema en el que se dan simplificaciones de casi todas las variables. Su forma en planta es casi circular, con dimensiones pequeñas (su superficie es de 378 km², según IGN, 1992) y su forma tridimensional es casi cónica o troncocónica; además presenta una constitución geológica relativamente sencilla ya que tiene sólo rocas magmáticas, de origen plutónico al norte y volcánico en el centro y sur (Bravo, 1964). El volcanismo ha tenido lugar entre las 10 y las 2,8 Ma (Cantagrel et al., 1984), lo cual apoya la opinión de Bravo (1964) y de Quirantes González y Pérez González (1991) de que esta isla no ha tenido actividad volcánica durante el Cuaternario, en el que sólo parece existir un proceso de erosión.

En las rocas volcánicas del sur de la isla Gomera se definen según Bravo (1964) tres grandes conjuntos: el de los basaltos «antiguos», de edad miocena, formado por basaltos inclinados hacia el sur; los basaltos «horizontales» que se encuentran en las áreas centrales de la isla; y los basaltos «subrecientes» inclinados también hacia el sur. En el área del Barranco de Santiago los contactos entre los basaltos «antiguos» y los «horizontales» se hace a unas cotas próximas a los 1.100 m; mientras que los contactos entre los «antiguos» y los «subrecientes» varían de 200 a 600 m. No hay en esta área contacto entre los basaltos «horizontales» con los «subrecientes», por lo que los «antiguos» en la cuenca fluvial del Barranco de Santiago se encuentran distribuidos en una banda separadora de los otros dos conjuntos rocosos diferenciados (fig. 1). Una red de diques basálticos atraviesa todo lo anterior, siendo más densa desde la costa hacia el centro de la isla; además, en determinados lugares hay «pitones» traquifonolíticos de extensión limitada (Bravo, 1964).

De Gomera se ha resaltado en varias ocasiones la existencia de sus numerosos y profundos barrancos para los que se les ha supuesto una distribución radial (Bravo, 1964; Quirantes González y Pérez González, 1991; Cueto *et al.*, 1994) interdependiendo de la forma tronco-cónica de la isla que tiene su vértice más alto en el pico Garajonay que el MTN 73-82 (IGE, 1989) sitúa a 1.487 m.

El objetivo de este trabajo es analizar la red fluvial de uno de los barrancos más destacados de la isla, el de Santiago, aplicando sobre él las técnicas

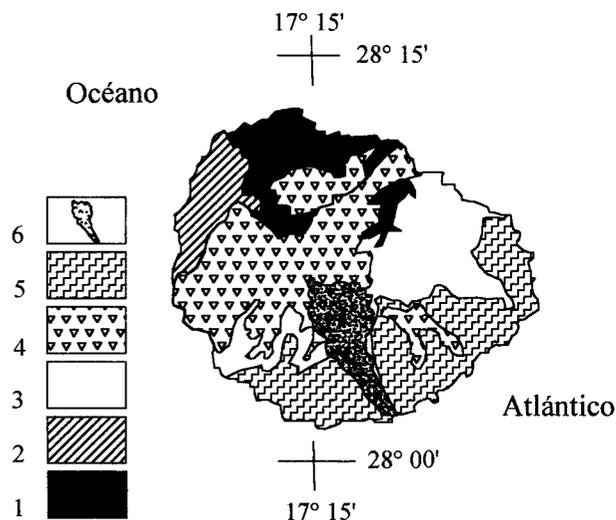


Fig. 1.—Esquema geológico de la isla de Gomera (islas Canarias), simplificado de Bravo (1964) y de ITGE a escala 1:200.000 (en: IGN, 1992). (1) Formación Basal, principalmente de rocas plutónicas. (2) Aglomerados volcánicos. (3) Basaltos «antiguos» miocenos. (4) Basaltos «horizontales». (5) Basaltos «recientes», (6) Cuenca fluvial del barranco Santiago. Fig. 1.—Geological map of the island of Gomera (Canary islands), simplified of Bravo (1964) and of ITGE to scale 1:200.000 (in: IGN, 1992). (1) Basal Formation, mainly of plutonic rocks. (2) Agglomerated volcanic. (3) «antiques» Basalts, of Miocene age. (4) «horizontal» Basalts. (5) «subrecients» basalts. (6) River basin of the Santiago ravine.

cuantitativas ya utilizadas en otros estudios similares sobre redes fluviales, para determinar sus rasgos morfológicos definidores así como nuevas representaciones de las mismas. Puesto que se trata de una isla con una red fluvial radial o, para mejor decir, casi radial, de dimensiones reducidas y con una buena base de conocimiento geológico, se toma también como objetivo el encontrar rasgos cualitativos y cuantitativos que puedan ser aplicados y comparados con los resultados que por medio de estos mismos análisis podamos determinar para toda la red fluvial de la isla. Con todo ello se pretenden definir los principales factores que influyen en las características de esta peculiar red fluvial, y que están en relación con la evolución geológica de la isla.

Metodología

El soporte básico sobre el que se ha hecho este estudio son los mapas topográficos a escala 1:25.000 publicados por el Servicio Geográfico del Ejército (SGE) de la Serie 5V: Alajero 73-83 (1989); San Sebastián de la Gomera 74-81 (1989); Punta del Cabrito 74-83 (1988); Agulo 73-81 (1989) y Hermigua 73-82 (1989). En estos mapas se ha fijado la atención en las líneas «azules» con que se representan los ríos y arroyos y sobre ellas se han trazado el mayor número posible de trazos rectos, es decir se ha rectilinizado la red fluvial.

Cada uno de estos trazos rectos o segmentos de la red queda definido por las coordenadas de sus puntos extremos. Puesto que el flujo fluvial tiene en cada uno de ellos un sentido que, obviamente, va desde el punto de cota superior al de cota inferior, en cada segmento consideramos al primero como el «punto inicial» p_i , con coordenadas (x_i, y_i, z_i) , y al otro extremo como «punto final» p_f (x_f, y_f, z_f) .

Las coordenadas x e y se determinaron con relación a la red de coordenadas geográficas UTM que se encuentran representadas con una malla cuadrada de 1 km de lado en toda la superficie de los mapas a la escala estudiada. Las cifras entre las líneas de malla se obtuvieron con una regla con 25 subdivisiones por cm, es decir, sobre 100 subdivisiones de la regla cada km sobre la superficie del mapa. Por tanto, el error sistemático en la toma de coordenadas x e y es de como máximo ± 10 m.

También en cada uno de los p_i y p_f de los citados segmentos se determinó su cota sobre el nivel del mar, z_i y z_f , en este caso referidas a su nivel medio en San Sebastián de La Gomera, que es donde están basadas las medidas de mapas del SGE. Para ello se ha hecho uso de las referencias indicadas en las líneas de nivel o líneas de igual altura, con equidistancia de 10 m, que están ya dibujadas en los citados mapas; en las áreas sin mucha pendiente el error que se estima en la valoración de la altitud en puntos entre líneas de cota es de ± 2 m, y en las áreas con más densidad de líneas de nivel el error puede llegar a ser de ± 5 m. En cualquier caso, las diferencias de cotas entre los extremos de los segmentos diferenciados hace desprestigiar, para la práctica totalidad de todos ellos, estos posibles errores que, además, no son acumulativos pues las determinaciones en cada tramo son independientes. En algunas zonas de abruptos cortados, las líneas de nivel saltan las líneas de segundo orden y pasan un grado, de 50 en 50 m; por su elevado desnivel los barrancos allí se hacen rectilíneos, por lo que no hay allí puntos extremos de tramos y por tanto en esos trayectos problemáticos no hay errores.

Así que para cada uno de los tramos diferenciados se ha construido una base de datos en la que se recoge: las coordenadas (x_i, y_i, z_i) del punto inicial (p_i) del segmento situado siempre en cota más alta que su extremo final (p_f) con coordenadas (x_f, y_f, z_f) . Hay, además, un último dato en el que se indica el orden jerárquico que le corresponde a cada segmento según la clasificación de Strahler (1954). Es decir, un total de 7 variables para cada tramo. El disponer de estas coordenadas para todos los tramos permite hacer un análisis de la disposición general en el espacio a través de los diagramas y cálculos de la proyección estereográfica, para ello se considera a cada uno de estos segmentos como una lineación tridimensional con el punto p_i situado en el centro de la esfera de tales proyecciones.

Resultados

Las condiciones geográficas que se dan en Gomera basadas en ser una isla reducida con una elevación centrada, de cierta altura, permite disponer de una cuenca fluvial completa en escasos kilómetros. Es el caso de la del barranco de Santiago que tiene su origen en el pico Garajonay y llega hasta el nivel del mar, alcanzando, a la escala 1/25.000, hasta el orden 4 en la jerarquización de sus tramos. Su superficie horizontal A es de 23,63 km²; el perímetro P de la cuenca se ha determinado por medio de la unión de los puntos más elevados que la separan de las cuencas adyacentes. De tal manera que el agua de lluvia caída dentro del área por él delimitado desahoga por medio de la propia red, mientras que el agua de lluvia caída fuera de ese perímetro corresponde a las otras cuen-

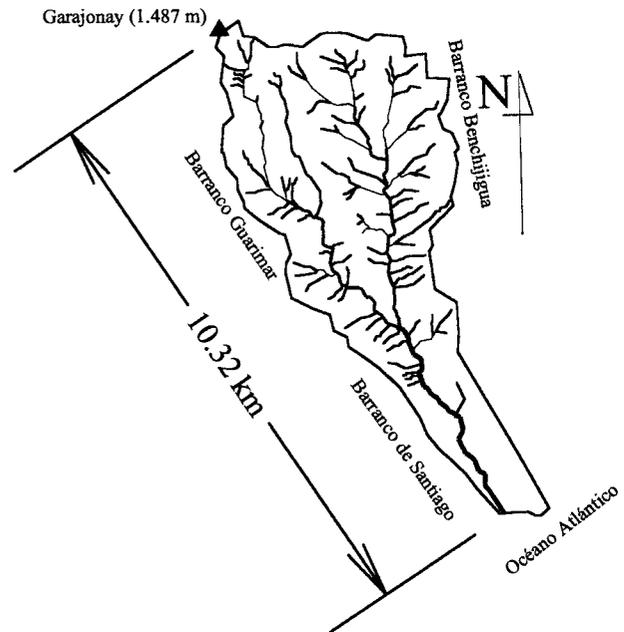


Fig. 2.—Red fluvial del barranco Santiago, con la diferenciación para cada uno de sus 489 tramos, de su orden jerárquico, según el criterio de Strahler (1954).

Fig. 2.—River net of the Santiago ravine, with its 489 segments differentiated in hierarchic order, according to the Strahler's criterion (1954).

cas. Dicho perímetro P tiene una longitud de 26,93 km. La longitud máxima (L_B) de la cuenca es, desde Garajonay hasta la desembocadura, de 10,32 km (fig. 2).

La orientación, el ángulo respecto al N, de L_B es de 153° , que se asume es el de la cuenca. Según dicha orientación la inclinación que presenta el conjunto de la cuenca es de $(1487/10320 =) 0,144$ que corresponde a un ángulo de $8,19^\circ$.

La forma puede ser definida por cómo se aproxima a uno de los lóbulos de una curva lemniscata, cuya ecuación es $(x^2 + y^2) = a^2 (x^2 - y^2)$, con a como longitud del lóbulo (Selby, 1974), como sugieren Chorley *et al.* (1957); dicha relación se puede establecer por medio del parámetro adimensional kl definido por dichos autores como: $kl = L_B^2 \pi / 4 A$, kl toma el valor de la unidad cuando la forma del lóbulo sea un círculo. En el caso de la cuenca del barranco de Santiago, $k = 3,53$. Otro parámetro utilizado para cuantificar la forma de la cuenca con relación al del lóbulo de la lemniscata es LR , que se define como la relación de los perímetros de la lemniscata ideal correspondiente y de la más real; también definido por Chorley *et al.* (1957), el cociente LR para este caso es 0,84, y para su cálculo se ha hecho uso de las tablas de resolución de integrales elípticas de segunda especie de Selby (1974). El

grado de aproximación a 1 de LR indica la adaptación de la forma de la cuenca a dicha curva lemniscata. Su elongación según el parámetro adimensional R_e definido por Doornkamp & King (1971) como $R_e = d_A / L_B$, donde d_A es el diámetro de un círculo de área A . En este caso $R_e = 0,53$, valor que se ajusta bien al de una cuenca de alto relieve según los límites señalados por Chorley *et al.* (1984).

Perfiles

La sección vertical según el plano que contiene a L_B muestra el perfil de todos los ríos de la cuenca (fig. 3a). De esta imagen y de la que resulta de sólo mostrar los perfiles de los cauces principales (fig. 3b), podemos resaltar cómo hasta la confluencia de los barrancos Guarimar y Benchijigua hay dos perfiles diferenciados que corresponden a cada uno de los barrancos citados. El perfil del barranco Benchijigua tiene la forma de una curva tipo potencial, mientras que la del barranco Guarimar se presenta con forma casi lineal. Ambos perfiles también muestran diferencias en la presencia o no de algunos escalonamientos.

En el perfil del barranco Guarimar no hay indicación clara de la existencia de rupturas de pendiente o de recorridos con horizontalidad mantenida. Sin embargo, en el perfil del barranco de Benchijigua se observan varios puntos de ruptura de pendiente y de mantenimiento de la cota alrededor de ciertos valores. Son los escalones que se han señalado en la figura 3c con las nomenclaturas, desde el más alto al más bajo, de E1, E2, E3 y E4.

— E1 corresponde a un rellano situado alrededor de la cota de 1.020 m. Corresponde a los tramos de la red fluvial situados en las zonas de cumbres del sur de la isla, allí la topografía es de una meseta con suaves pendientes, dando lugar al Raso Grande y a los «lomos» de la Mulata y de los Carod, que se corresponden bien con su definición toponímica (ver Bravo, 1964).

— E2 se encuentra en cotas próximas a los 500 m. Corresponde a los tramos existentes en áreas cercanas al embalse de Benchijigua, aguas abajo de la ermita de San Juan. Su longitud es del orden de 600 m.

— E3 tiene una longitud mayor que los anteriores, de más de 1 km, y está a una cota de 150 m. Corresponde al área aguas arriba y abajo del punto de confluencia de los barrancos Guarimar y Benchijigua.

— E4 es el escalón más bajo, con cotas próximas a los 70-80 m. Está formado por tramos que tienen orden jerárquico superior (4).

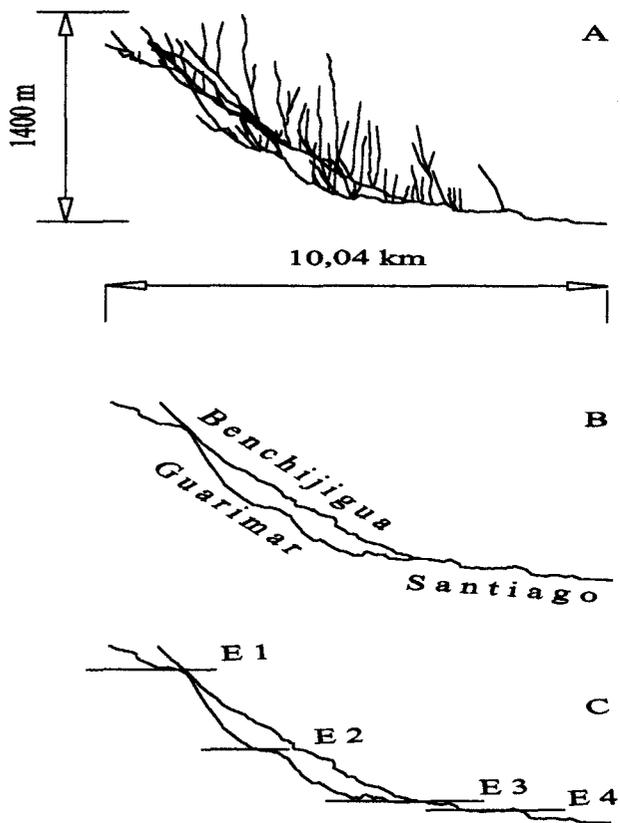


Fig. 3.—Perfiles longitudinales del barranco Santiago según la dirección de su longitud más larga (L_B). (a) Perfil de todos los segmentos. (b) Perfil longitudinal de sólo los cauces principales, es decir, de los barrancos: Guarimar, Benchijigua y Santiago. (c) Situación remarcada por líneas horizontales de los escalones observables en el perfil longitudinal del barranco Benchijigua.

Fig. 3.—Longitudinal profiles of the Santiago ravine according to the address of its length longer (L_B). (a) Profile of all the segments. (b) longitudinal profile of only the principal riverbeds, that is to say, of the ravines: Guarimar, Benchijigua and Santiago. (c) Situation stressed by horizontal lines of the steps in the longitudinal profile of the Benchijigua ravine.

Los escalones E1 y E2 están distanciados en la vertical unos 500 m. El E3 del E2, lo está 350 m. Y el E4 del E3, 70 m y con esa misma diferencia de altitud lo está del nivel del mar.

Pendientes

En la isla de Gomera ha sido citada la existencia de fuertes accidentes topográficos en los barrancos y frecuentes rupturas de pendiente, sobre todo en las partes medias de su perfil donde se mencionan potentes saltos (Quirantes González y Pérez González, 1991). En el mapa topográfico a escala 1:25.000 utilizado se observan en efecto cómo en

determinadas áreas las líneas de igual altitud se distancian tan poco que, como ya se ha citado, las ediciones de esos mapas han tenido que prescindir de la continuidad de algunas de ellas para mantener la claridad de impresión. El valle estudiado posee, desde luego, un buen repertorio de zonas abarrancadas y también se observan en él áreas casi horizontales, por lo que se puede decir que puede ser un muestrario de los que debe suceder en otros valles de la isla. El análisis de las pendientes se hará observando cómo varía su valor en función de la altitud y mostrando cómo se manifiestan esos valores en su distribución en los diferentes tramos del valle, es decir en su distribución geográfica.

El valor de la pendiente de cada tramo está basado en el de la tangente del ángulo formado por la diferencia de cota entre los extremos de cada tramo y la longitud del mismo. Es decir, en el del cálculo de:

$pend = difh/long$, siendo

$$long = \sqrt{(x_i^2 - x_f^2) + (y_i^2 - y_f^2)} \text{ y } difh = z_i - z_f \quad [1]$$

si, como en este caso, las unidades de las coordenadas de los puntos están referidas a kilómetros será necesario transformar la longitud $long$ a metros puesto que $difh$ está en esa dimensión. Por los criterios ya mencionados, $difh$ es siempre > 0 .

La disposición del valle estudiado, con su cabecera casi en el centro de la isla y en las cercanías de su punto más alto y su curso hasta el mar, permiten establecer un diagrama de relación entre el valor de la pendiente de cada tramo diferenciado y la posición altitudinal del mismo desde el origen de los cursos fluviales hasta el nivel de base de la cuenca, el nivel del mar. Dicha representación se ha realizado enfrentando en cada caso el valor calculado por [1] de la pendiente de cada tramo con relación a la cota (z_i) del extremo superior de cada tramo (fig. 4). En ella se aprecia cómo, en general, la pendiente aumenta con la altura, pero no de manera uniforme pues se realiza a través de los siguientes agrupamientos de puntos:

— El grupo A, constituido por z_i pertenecientes a tramos de orden 1, 2 y 3, que parecen organizados situándose en el interior de una figura elíptica señalada, desde los 300 m a 1.200 m de altitud y con pendientes que varían desde valores muy bajos a las de 0,75.

— El grupo B, constituido por z_i de tramos de orden 1, 2 y algunos de 3 y 4 orden que varían entre los 100 m a los 800 m de altitud, con pendientes desde bajas a las máximas. Como en el caso anterior, se les ha inscrito en una figura elíptica que engloba a casi todos ellos.

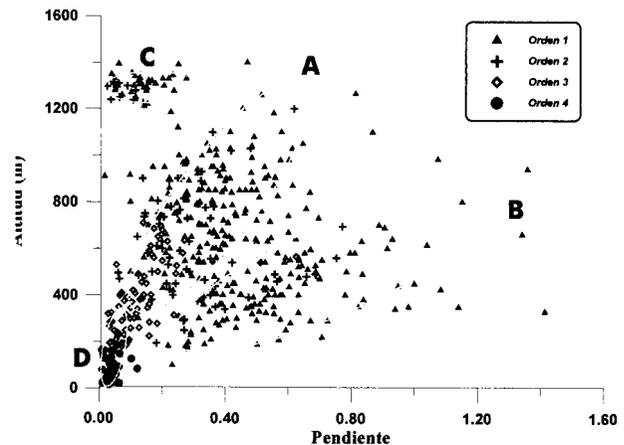


Fig. 4.—Gráfica de pendientes Vs. altitud (m).
Fig. 4.—Slope Vs. altitude (m) plot in the 489 segments.

— El grupo C, constituido por z_i de tramos de orden 1 y 2, con cotas máximas alrededor de los 1.320 m y pendientes muy bajas.

— El grupo D, son los z_i situados cerca del origen de coordenadas con valores de pendientes muy bajos que corresponden a tramos de órdenes máximos. Está constituido por los tramos de orden 3 y sobre todo de orden 4 que se encuentran en el último trayecto del barranco, desde Casas del Rumbazo hasta Laguna de Santiago y desembocadura; sus pendientes son bajísimas como en efecto corresponde al plano del perfil del valle en estos tramos que es en forma de «artesa» estrecha y con paredes elevadas.

La distribución geográfica de la pendiente de los tramos nos muestra (fig. 5) que las de mayor valor se hallan: algunos en las zonas más altas, en el curso más alto de la cuenca, especialmente visibles en el barranco Benchijigua; los más numerosos en el curso medio de la cuenca, unos 2 a 3 km aguas arriba de la confluencia de los barrancos de Benchijigua y Guarimar; y a 1 km aguas abajo de dicho punto, ya en el barranco de Santiago.

Zonación

La observación conjunta de los rasgos antes citados y los estructurales de la red fluvial permite establecer una zonación triple en la cuenca del Barranco de Santiago (fig. 5):

La zona I: con tramos fluviales de orden 1, 2 y 3, con los de orden 1 como dominantes (tabla II). La longitud media = 130 m y con pendientes mayoritariamente suaves (media = 0,305). Presenta una disposición en la que los cauces principales se adaptan

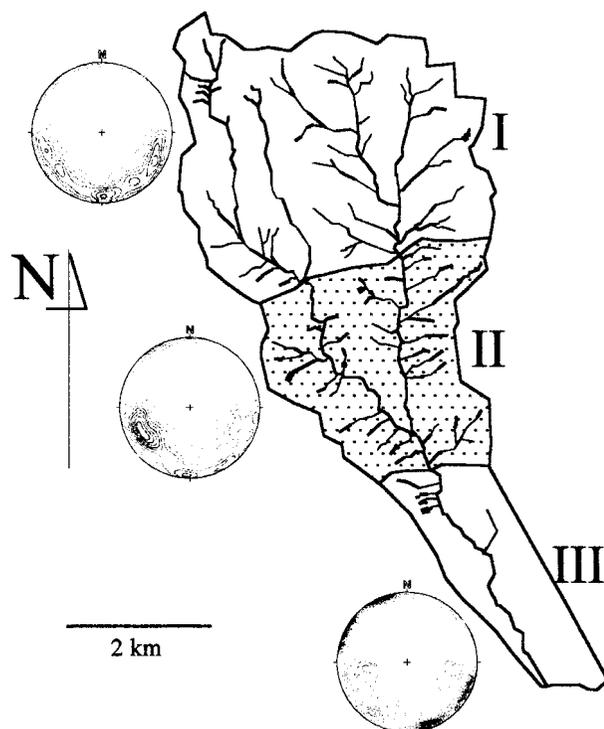


Fig. 5.—Esquema zonal de la Cuenca fluvial del barranco Santiago (Gomera). Los grosores de las líneas de sus tramos están en función de los siguientes tres intervalos de valores de las pendientes: de 0° a 30° ; de 31° a 45° ; y mayores de 45° . Los diagramas de proyección estereográfica representan isolíneas de diferentes proporciones de densidad de puntos: el de la Zona I varía desde 1, 2, ..., 7 %; el de la Zona II, de 1, 2, ..., 8 %; y el de la Zona III, desde 2, 4, ..., 14 %.

Fig. 5.—Map of the river Basin of the ravine Santiago (Gomera) with its differentiated zones. The width of the lines are in function of the following three values intervals of the slopes: 0° to 30° ; 31° to 45° ; and greater to 45° . The stereographic projection graphs represent isolines of different proportions of points density: in the Zone I varies from 1, 2, ..., 7 %; the Zone II, of 1, 2, ..., 8 %; and the Zone III, from 2, 4, ..., 14 %.

a direcciones NNO-SSE. La representación de todos sus tramos en proyección estereográfica permite observar una distribución según la orientación señalada y también en la N-S. El vector componente principal VI da $165,2^\circ$ en dirección y $19,8^\circ$ de inclinación, con una relación de valores propios (0,544: 0,420: 0,036) y $k = 0,106$.

La zona II: tiene tramos con órdenes 1, 2 y 3, pero la relación entre los de orden 1/orden 2 es aquí más del doble que en la Zona I. Respecto a las longitudes esta zona presenta los parámetros estadísticos con menores valores de las tres zonas; en efecto, su máximo, mínimo, media y desviación típica (tabla II) se encuentran por debajo de los correspondientes al de las otras zonas. Sus orientaciones señalan una dirección dominante hacia el OSO, con un vector principal VI con $234,5^\circ$ y $23,5^\circ$ en la direc-

ción e inclinación, esta última la más alta de todas las zonas, como ya se manifiesta también en el promedio de las pendientes. La relación de valores propios (0,552: 0,383: 0,064) con un índice $k = 0,204$.

La Zona III: tiene tramos de órdenes 1, 2 y 4, ninguno de orden 3; los más numerosos son los de orden 4, como corresponde al trayecto más evolucionado del curso fluvial. La relación entre el número de tramos de orden 1 frente al de orden 2 es la misma que en la Zona II. Su estructura dominante es una alineación en dirección ONO-SSE. La proyección estereográfica de todos sus tramos (fig. 5) muestra como dominante dicha dirección y también la ESE, ofreciendo un vector principal VI cuyo cálculo da $138,5^\circ$ y $5,2^\circ$ de dirección e inclinación. Las longitudes de los tramos de esta zona tienen valores en los parámetros estadísticos descriptivos que son los mayores de las tres zonas (tabla II). Cabe mencionar que respecto a sus pendientes hay una variación que es la mayor encontrada, más alto valor en su desviación típica, debido a que, como ya se ha mencionado, en esta zona se encuentran algunos tramos de orden 1 que tienen una pendiente muy alta (los del Repecho) que son una excepción singular en esta zona. La relación de valores propios es: 0,536; 0,396; 0,068, con $k = 0,172$.

Interpretación y Discusión

No se dispone de una cartografía geológica detallada de la isla, desde luego no a la misma escala (1:25.000) con que se ha hecho este análisis, por lo que no se puede establecer con precisión en la zona una correspondencia entre los tipos de rocas y los rasgos aquí señalados. Sin embargo, para la mayor parte de la red, la zonación triple que se ha encontrado (fig. 5) está en concordancia con la variación de los caracteres rocosos principales de tal manera que: la Zona I ocupa la superficie de las rocas de basaltos «antiguos»; la Zona II la de los «horizontales»; y la Zona III la de los «subrecientes».

El área media de la cuenca, donde se hallan más tramos con pendiente alta, está constituida predominantemente por rocas de basaltos «antiguos». En ellos se ha supuesto que tras su formación hubo un largo período de erosión durante el cual se formaron profundas incisiones (Bravo, 1964); el hecho de presentar un aspecto textural de rocas trituradas puede haber facilitado tal erosión. Por otra parte, su consistencia da lugar a que puedan permanecer estables paredes con gran pendiente.

Los tramos de pendiente alta que existen aguas abajo de la confluencia Benchijigua-Gaurimiar corresponden a una ladera «El Repecho», formada por incisión del barranco de Santiago sobre las

Tabla 1.—Parámetros estadísticos (Máximo, Mínimo, Media y Desviación estándar —Stdvc—) descriptivos de los valores que toman algunas características de los tramos de segmentos diferenciados en el barranco Santiago: las longitudes (long), las diferencias de cota (difh) y las pendientes (pend). Se ofrecen los valores según los órdenes jerárquicos asignados según el criterio de Strahler, y los totales para todos los segmentos

Table 1.—Statistic parameters (Maximum, Minimal, Middle and standard Deviation —Stdvc—) descriptive of the values that take some characteristic of the segment sections differentiated in the Santiago ravine: the lengths (long), the differences of altitude (difh) and the slopes (pend). Are offered the values according to the hierarchic orders assigned according to the Strahler's criterion, and the totals for all the segments

Orden	«1»	«2»	«3»	«4»	«Total»
Número	301	77	79	32	489
Long. Máx. (m)	459	418	290	516	516
Long. Mín. (m)	20	22	14	36	14
Long. Media (m)	126	138	112	134	126
Long. Stdvc (m)	71	89	60	99	75
Difh Máx. (m)	290	120	45	17	290
Difh Mín. (m)	2	2	2	1	1
Difh Media (m)	54,21	36,06	13,79	5,46	41,64
Difh Stdvc (m)	42,08	29,02	10,31	4,48	39,39
Pend. Máx.	1,414	0,772	0,693	0,277	1,414
Pend. Mín.	0,018	0,025	0,029	0,009	0,009
Pend. Media	0,437	0,270	0,138	0,048	0,337
Pend. Stdvc	0,232	0,164	0,114	0,048	0,241

rocas basálticas «subrecientes» sobre las que se asienta una gran meseta casi plana e inclinada hacia el sur, que se desarrolla desde los casi 1.100 m de altitud en Casanueva hasta el borde del mar donde forma un acantilado de más de 50 m.

El barranco de Santiago es uno de los más amplios y quizá más complejos de la isla; también es uno de los que tienen su origen cercano al pico de Garajonay, la mayor altitud de la isla. Sin embargo, no tiene un desarrollo hacia la costa siguiendo la línea de mínima distancia, sino que presenta una «desviación» hacia el E. Su estructura en cabecera señala que este barranco, en realidad, está constituido por dos subcuencas, la del barranco de Guarimar al oeste, que es la que proviene realmente del Garajonay, y la del barranco de Benchijigua al este, que tiene sus orígenes en las cumbres de Tajaque, con alturas algo menores de aquel pico (1.372 m; 1.313 m; 1.298 m; 1.182 m). El barranco de Benchijigua ocupa más superficie que el de Guarimar y tiene más afluentes y presenta una red fluvial con una estructura dentrítica más desarrollada. Siguien-

Tabla 2.—Los mismos parámetros estadísticos de la tabla I, esta vez referidos a los tramos diferenciados en función de su pertenencia a una u otra Zona estructural de las tres diferenciadas en el barranco Santiago

Table 2.—The same statistic parameters of table 1, this time referring to the sections differentiated in function of its ownership to an or other structural Zone of the three differentiated

	Zona I	Zona II	Zona III
Orden 1	174	107	20
Orden 2	58	16	3
Orden 3	27	52	0
Orden 4	0	5	27
Long. Máx. (m)	459	385	516
Long. Mín. (m)	20	14	32
Long. Media (m)	130	115	147
Long. Stdvc (m)	76	66	92
Difh Máx. (m)	170	290	160
Difh Mín. (m)	2	1	1
Difh Media (m)	38,7	47,0	37,5
Difh Stdvc (m)	30,7	47,9	44,1
Pend. Máx.	1,359	1,414	1,140
Pend. Mín.	0,018	0,009	0,010
Pend. Media	0,305	0,402	0,270
Pend. Stdvc	0,180	0,282	0,305

do la línea que marca el barranco de Benchijigua, éste si que sigue la alineación más corta desde las cumbres donde nace hasta el océano.

Ante todas estas observaciones cabe cuestionar, a pesar de la consideración altitudinal antes señalada, de si la verdadera cuenca principal del barranco de Santiago sea la marcada por la del barranco Benchijigua en vez del barranco Guarimar como se deduce a primera vista. La contestación afirmativa viene apoyada también por los resultados obtenidos en los perfiles de la cuenca en los que se han señalado diferencias notables tanto en la forma como en la existencia en el Guarimar de replanos morfológicos y rotura de pendientes asociadas. Puesto que no hay diferencias sustanciales en la distribución de las rocas en uno y otro barranco, las distintas formas (potencial y lineal) que presentan los perfiles de ambos barrancos deben ser consecuencia de una evolución diferencial.

La presencia de los escalones E_i ($i = 1, 2, 4$) en el perfil del barranco Benchijigua puede ser achacada a causas litológicas o estructurales. De hecho, se han mencionado ya en Gomera rupturas de pendientes en sus barrancos debido a la presencia de rocas resistentes tales como diques (Quirantes González y Pérez González, 1991), pero aun siendo éstos numerosos, lo cierto es que, al menos para este

caso, sus espesores no son tan grandes (Bravo, 1964) como para ser detectados en los mapas topográficos a escala 1/25.000 y por tanto tampoco en este análisis. Más atractiva parece ser la idea sugerida por dichos autores acerca de la posibilidad de encontrarse en estas islas con barrancos finitercarios de los que quizá sus tramos altos pudieran ser sus esbozos (*op. cit.*, pág. 420).

Otra manera generalizada con que se interpretan escalones así, es la existencia en ellos de un nivel de base local (Mangelsdorf *et al.*, 1990), aunque la causa que los motiva no queda precisada.

El escalón E4, en las cercanías de la desembocadura y con más desarrollo que los anteriores, puede estar ligado a una variación del nivel de base en *sensu stricto* (ver discusión en: Schumm, 1993), es decir con el descenso del nivel del mar y/o levantamientos del conjunto de la isla. Y lo mismo puede argumentarse con el escalón E2, también con cota relativamente baja y de relativa amplitud. Esta interpretación quedaría reforzada por la existencia en esta zona de la costa de acantilados con 50 m de altura sobre el nivel del mar, que delatan asimismo la existencia de levantamientos, realizados quizá en dos impulsos en relación con E3 y E4, quizá durante la transgresión flardiense según Quirantes González y Pérez González (1991).

Parece más firme la interpretación que se puede hacer acerca de las diferencias que presentan también estos dos barrancos en sus perfiles longitudinales. Mientras que el barranco Benchijigua dibuja un perfil convexo hacia arriba, el del Guarimar lo tiene prácticamente recto. Estos caracteres señalan para el primero una cuenca de drenaje mucho más evolucionada que para la de Guarimar, la manifiesta encontrarse en un estado de relativa «juventud». Estas distintas situaciones evolutivas se remarcan por la estructura de la red en planta de ambos barrancos: con formas más detríticas en el caso de Benchijigua que en el de Guarimar, lo cual señala, siguiendo a Chorley *et al.*, 1984) un estado de madurez mayor en el primero.

Conclusiones

La continua erosión y práctica ausencia de depósitos en relación a ella hace que nos encontremos ante una red que discurre siempre sobre las rocas volcánicas precuaternarias que forman la isla. Esto motiva que no sea sorprendente la correspondencia que aquí se ha puesto de manifiesto entre la disposición textural y estructural de dicha red fluvial y los principales tipos de rocas que constituyen tal substrato, diferenciándose según estas dos variables hasta tres zonas a lo largo de la cuenca del barranco de Santiago.

Los perfiles longitudinales de los barrancos Guarimar y Benchijigua, que discurren prácticamente por los mismos tipos de rocas, ponen de manifiesto que se trata de dos componentes de esta cuenca con historias morfológicas distintas. Esta última se presenta como una subcuenca evolucionada, madura, mientras que la Guarimar tiene los rasgos lineales de una subcuenca mucho más reciente, formada con posterioridad dentro del proceso de erosión que tiene lugar en estas zonas. En ese proceso, el barranco de Benchijigua tiene tramos horizontales en su perfil longitudinal que no posee tampoco el de Guarimar, lo cual apoya el anterior supuesto de una historia anterior y además más compleja para Benchijigua, puesto que hay una práctica igualdad litológica de las rocas que atraviesan ambos barrancos.

Muchos de estos rasgos son consecuencia de procesos de levantamientos del conjunto de la isla, evidenciados también por la existencia en otros puntos de un acortamiento de la red fluvial con barrancos colgados sobre los acantilados (Bravo, 1964), aunque el panorama puede ser aún más complejo pues los espesores de materiales de relleno en las desembocaduras de algunos barrancos sobrepasan lo esperado, como se pone de manifiesto en los sondeos allí efectuados que llegan hasta cotas por debajo del nivel del mar (*op. cit.*) por lo que a movimientos de levantamiento hay que intercalar otros de hundimiento cuya importancia por ahora se desconoce.

Tras la puesta en evidencia de estas estructuras morfológicas en el barranco de Santiago queda ahora que desarrollar estudios semejantes para toda la red fluvial de la isla Gomera, pues es posible argumentar que si los escalones de elevada altitud E1 y E2, para los que por ahora no sabemos dar interpretación, se encontrasen en todos los cursos de la isla se podría pensar en fenómenos de elevación relativamente importantes ocurridos durante el Cuaternario, siempre con posterioridad a cualquier depósito volcánico del que no hay noticias de que sea submarino. Lo mismo cabe decir, con movimientos más modestos en la vertical, de los escalones E3 y E4.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. J. López Ruiz por sus indicaciones puntuales. Este trabajo ha sido financiado por la Dirección General de Investigación, a través del proyecto PB98-0507.

Referencias

- Bravo, T. (1964). Estudio geológico y petrográfico de la isla de la Gomera. *Estudios Geol.*, 20, 1-21.
 Cantagrel, J. M.; Cendero, A.; Fuster, J. M.; Ibarrola, E. y P Jamond (1984). K-Ar Chronology of the vol-

- canic eruptions in the Canarian Archipelago: Island of La Gomera. *Bull. Volcanol.*, 47:597-609.
- Chorley, R. J., Malm, D. E. G., y Pogorzelski, H. A. (1957). A new standard for estimating drainage basin shape. *Amer. J. Sci.*, 255, 138-141.
- Chorley, R. J., Schumm, S. A., y Sugden, D. E. (1984). *Geomorphology*. Methuen, 589 págs.
- Cueto, L. A., Barrera, J. L., y Gómez, J. A. (1994). La caldera de hundimiento de Vallehermoso. Isla de la Gomera (Canarias). *Bol. Geol. Mi.*, 105, 329-334.
- Doornkamp, J. C., y King, C. A. M. (1971). *Numerical analysis in Geomorphology*. Edward Arnold, 372 págs.
- IGN (1992). *Atlas Nacional de España*. Tomo I, Sec. 3c, Instituto Geográfico Nacional, Madrid.
- Mangelsdorf, J., Scheurmann, K., y Weiß, F. (1990). *River morphology*. Springer Verlag, 235 págs.
- Quirantes González, F., y Pérez González, R. (1991). Canarias. *Geografía de España*, Tomo 8, 411-589.
- Schumm, S. A. (1993). River response to baselevel change: implications for sequence stratigraphy. *J. Geol.*, 101, 279-294.
- Selby, S. M. (1974). *Standard mathematical tables*. CRC Press, Inc. Ohio.
- Strahler, A. (1954). Quantitative geomorphology of erosional landscapes. *XIX Congr. Geol. Intern. Alger, 1952*, Sect. 13, Fasc. 15, 341-354.

Recibido el 6 de junio de 2000.
Aceptado el 30 de agosto de 2000.