

# LA MUERTE DE UN JOVEN ENFERMO

Análisis de las causas de la destrucción del puente de Rosiana en la carretera de Las Palmas a San Bartolomé de Tirajana (Gran Canarias).

Por FEDERICO MACAU VILAR,  
Ingeniero de Caminos.

## I. Muerte del puente.

En mayo de 1896 se proyectaba el último tramo de la carretera de Las Palmas a San Bartolomé de Tirajana y en dicho proyecto figura el del puente, previsto para cruzar el Barranco de Tirajana. En un principio se calculó para ello un arco de 15 m. de luz de medio punto, de mampostería ordinaria, con un espesor en clave de 0.83 m. y unos estribos de 3.10 m.

En 1906 se construyó dicho tramo y por 1912-1913 el puente, que debía servir para cruzar el barranco en Rosiana, haciéndose en aquel entonces con un arco de mampostería rebajado a 1/5 con una luz de 17 m. y espesores en clave y arranques de 1 y 1.40 m., respectivamente.

En 30 de septiembre de 1920 se hizo la liquidación definitiva de la obra que estaba ya en servicio desde hacía varios años.

En 1921, a consecuencia de los empujes laterales sobre el estribo izquierdo, debidos a un movimiento de tierras, originado por unos fuertes temporales de lluvia, el puente se agrietó en clave. Se procedió a una reparación de poca eficacia, y en 1923, debido a causas análogas, se reprodujo el mismo mal, quedando el desdichado puente definitivamente fuera de servicio (fig. 1).

Se dió provisionalmente paso a la carretera hasta que más tarde fué construido otro puente unos 200 m. más aguas arriba, formado por unos tramos rectos con vigas de hormigón armado de 11.80 m. de luz, apoyados libremente sobre los pilares extremos y ajustado al tipo núm. 10 de la colección oficial de Zafra.

En febrero de 1956, tras otros impresionantes aguaceros que produjeron nuevos corrimientos de tierras en aquella zona, sufrió otra vez el puente los efectos de los empujes laterales que forzaron su for-

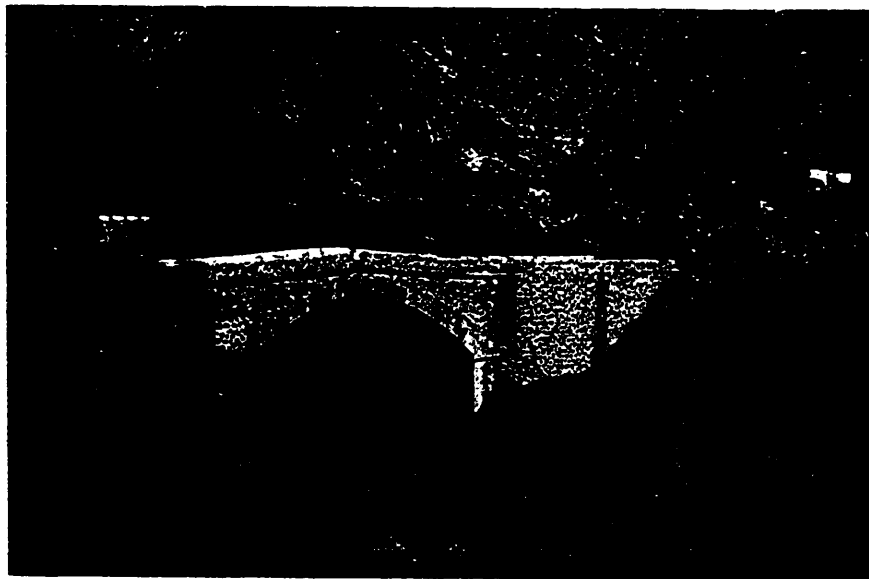


Fig. 1. — Puente de Rosiana en 1931, ya fuera de servicio (vista desde aguas abajo).  
(Fot. José Naranjo.)



Fig. 2.—Puente de Rosiana después de su hundimiento, ocurrido el 16 de febrero de 1956 (vista desde aguas abajo). (Foto José Naranjo.)

ma ya ojival, hasta que el 16 de febrero de este mismo año, por la tarde, la presión ejercida por las tierras en movimiento hizo saltar bruscamente hacia arriba varios metros la clave de mampostería del arco averiado, con tanta violencia que su estampido pareció un fuerte cañonazo, derrumbándose seguidamente en su totalidad los dos trozos del arco que cayeron al fondo del cauce, quedando sólo en pie los dos estribos (fig. 2).

bo izquierdo se había desplazado 55 cm. y después todavía recorrió en el mismo sentido otros 20 cm. más. En la figura 3 representamos sobre el alzado del puente, con líneas de puntos, las posiciones del arco y del estribo izquierdo correspondientes al momento de producirse su rotura definitiva. Después de ésta, al terminarse los corrimientos, la distancia a que han quedado los dos estribos es de 16,19 m.

Vamos a continuación a analizar detenidamente las causas originarias de esta catástrofe, consignando al mismo tiempo los datos tomados directamente sobre el terreno en las distintas observaciones que hemos tenido ocasión de realizar, fijándonos primeramente en las causas inmediatas y luego en las que podríamos llamar permanentes, y a deducir algunas conclusiones que pueden resultar de interés para los futuros estudios y proyectos que se hagan para aquella zona.

## II. Causas inmediatas.

De enero a abril de 1955, ambos inclusive, llovió en Santa Lucía 93,1 mm. en ocho días de lluvia. De mayo a septiembre no hubo lluvia ninguna, y en octubre, en seis días de lluvia, cayeron 447,0 mm., con una lluvia máxima en veinticuatro horas de 420,3 milímetros el día 23 de dicho mes. En noviembre llo-

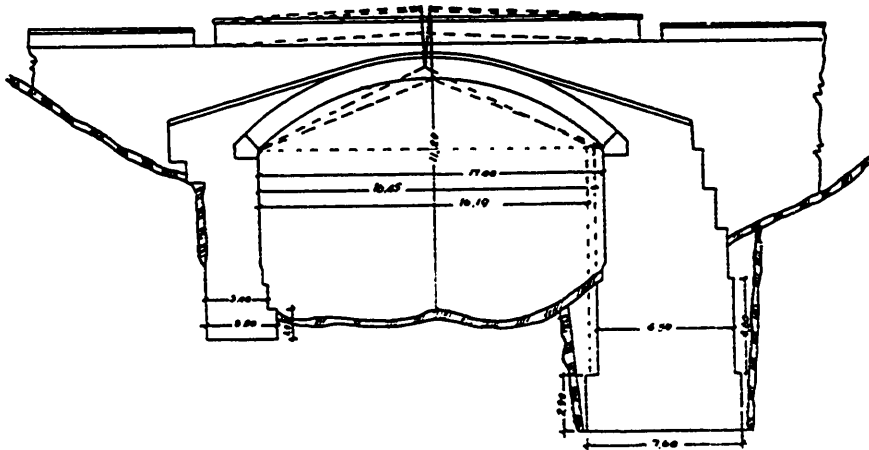


Figura 3.

Los fuertes empujes de la masa de tierra movilizada por las citadas lluvias originaron la traslación lateral y horizontal del estribo izquierdo, en tal forma y magnitud, que la rotura definitiva del arco tuvo lugar cuando la luz había quedado reducida a 16,45 metros.

Una vez arruinado el arco, el estribo continuó aún moviéndose empujado por las tierras, y su distancia al otro estribo adosado a la ladera derecha en roca firme era el día 20 del mismo mes sólo de 16,25 metros, o sea que antes de la caída del arco el estri-

vieron en cuatro días 65,9 mm., en diciembre, también en cuatro días de lluvia, 35,5 mm.; en enero de 1956, con diez días, 207 mm., y en febrero, con doce días, 469,2 mm., con una máxima en veinticuatro horas de 182 mm., que corresponde a la del día 15.

Basta observar el gráfico de la figura 4 para ver que algunos de estos valores son superiores a los de la lluvia total de muchos años, y para darnos cuenta de la cantidad de agua caída en aquellos días. (Datos tomados en el Excmo. Cabildo Insular de Gran Ca-

naria y del pluviómetro de Santa Lucía, instalado desde 1946.)

La zona de Santa Lucía, en la que está el puente de Rosiana, se encuentra en el interior de la gran Caldera de Tirajana, cuyas paredes circundantes las forman altos escarpados casi verticales de fonolita, y su interior está relleno por un terreno arcilloso procedente de la descomposición de las traquiriolitas que forman su subsuelo y de la de los detritus que la erosión arranca de sus paredes.

to de una masa de tierras de más de un kilómetro de largo por unos 900 m. de ancho, desaparecieron numerosas fincas, construcciones e incluso largos tramos de carretera; en las fotos de las figuras 6 y 7, tomadas los días 17 y 20 de febrero, se aprecia la magnitud de estos corrimientos. En otros puntos se formaron, local y superficialmente, corrientes de barro que simultáneamente con el movimiento general del terraplén cubrían y cegaban todo cuanto se encontraba a su paso (figs. 8 y 9).

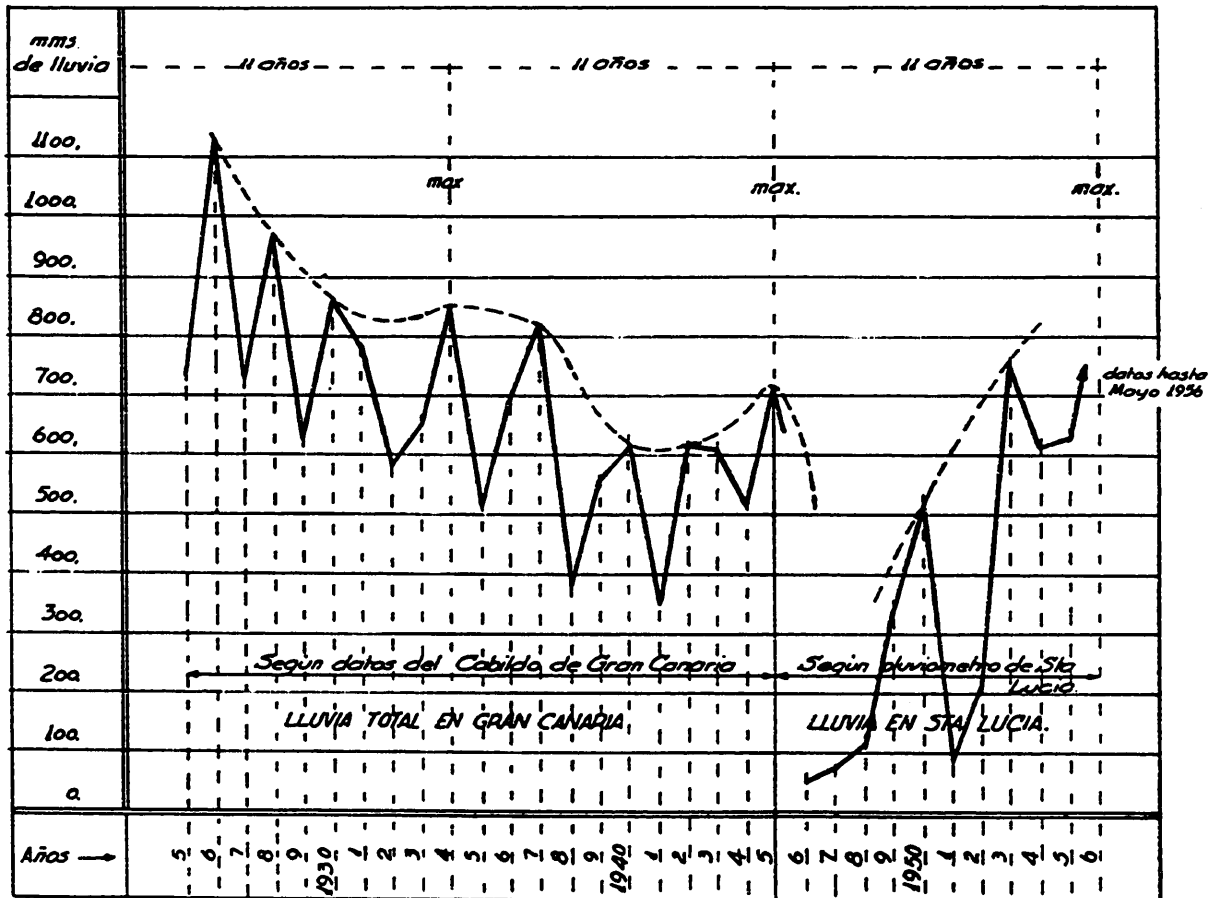


Figura 4.

En la figura 5 representamos el perfil transversal al curso del barranco, tomado del plano topográfico 1:25 000 de esta zona: en él se ve la suavidad del fondo arcilloso (talud 13°) en relación con lo abrupto de los bordes rocosos.

Al quedar todo este terraplén empapado de agua, casi hasta la saturación, se rompió su estado de equilibrio y empezó a moverse bajando aparentemente hacia su borde derecho, en el que las aguas torrenciales del mismo barranco iban arrastrando el frente del terraplén, que en su movimiento pretendía ir estrechando su cauce. Con este impresionante movimien-

Esta gran masa de tierra en movimiento encontró en uno de sus extremos el puente, cuyo arco y terraplén oponían, en la medida de sus fuerzas, tenaz resistencia al mismo. En el cruce del ramal de la carretera que daba acceso al puente viejo, normal al general de la misma, que se desplazaba paralelamente con las tierras, se cortó aquella transversalmente, y tomando como referencia el bordillo de su cuneta izquierda por un lado y un muro de mampostería por el otro, hemos podido medir exactamente en días sucesivos la magnitud de estos desplazamientos (figuras 10, 11 y 12).



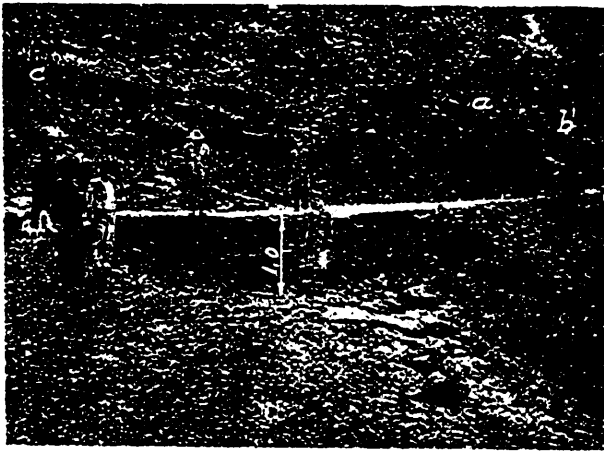


Fig. 6. --- Rotura y traslación de un tramo de carretera el 16 de febrero de 1956. (Foto del autor.)



Fig. 7. --- Vista del mismo sitio de la figura 6 tomada al día siguiente. Obsérvese la magnitud del desplazamiento ocurrido en veinticuatro horas. (Foto del autor.)



Fig. 8. --- Tramo de la carretera totalmente removido y arrasado por los corrimientos de tierras.

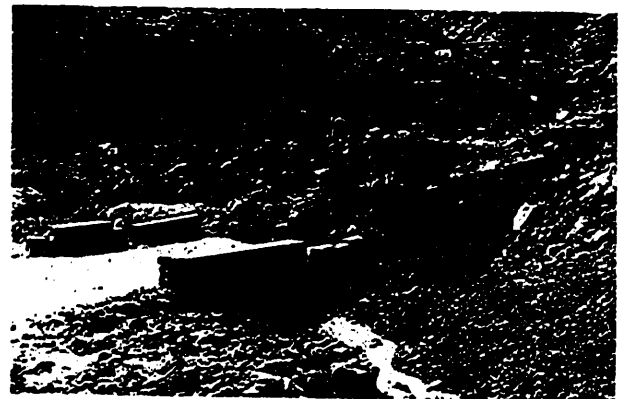


Fig. 9. --- Corriente local de barro invadiendo un trozo de carretera.

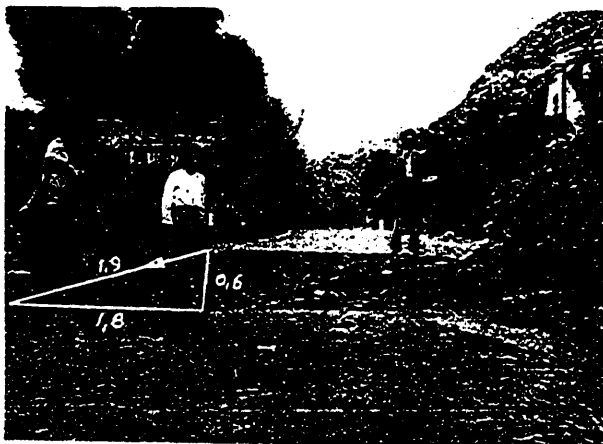


Fig. 10. --- Rotura y traslación de la carretera en el cruce del ramal del puente viejo, estado de la misma el 16 de Febrero de 1956. (Foto del autor.)

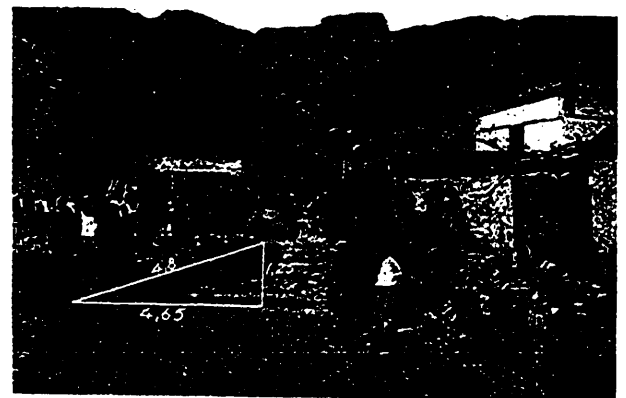


Fig. 11. --- Vista del mismo sitio de la figura 10 al día siguiente. (Foto del autor.)



Fig. 12. -- Rotura y traslación transversal de la carretera.

La cuneta izquierda, a las veinticuatro horas de iniciado el movimiento, se había desplazado 1,90 m. (1,80 m. en horizontal y 0,60 m. en vertical), a los tres días el movimiento había sido de 4,80 m. (4,65 metros en horizontal y 1,25 m. en vertical) y a los ocho días, 7,21 m. (7,0 m. en horizontal y 1,75 m. en vertical).

Estudiado este movimiento en un gráfico (fig. 13) de tiempos y espacios, se observa que el movimiento en este lugar se hizo pronto uniforme, con una velocidad de 7,9 cm./h., pasando luego a ser variablemente retardado hasta anularse. Las velocidades y aceleraciones deducidas fueron de 3,5 cm./h. y 0,078 cm./h.<sup>2</sup> a los tres días y 0,4 cm./h. y -0,018 cm./h.<sup>2</sup> a los ocho días.

El desplazamiento total en este punto, al final del

corrimiento, ha resultado ser de 7,28 m. (7,07 m. en horizontal y 1,75 m. en vertical).

Partiendo de la hipótesis de que el círculo de deslizamiento debe pasar por el cauce del barranco y ser tangente prácticamente a la pared rocosa del otro extremo con las construcciones gráficas clásicas de la Mecánica del Suelo y empleando los ábacos de Taylor, hemos obtenido las magnitudes que dejamos señaladas en la anterior figura 5.

Siendo la densidad de la tierra de Rosiana 1.800 kilogramos/m.<sup>3</sup>, el movimiento se ha debido iniciar con un ángulo de rozamiento interno para este terreno arcilloso de 5° 30' y con un valor para la cohesión de 0,1872 Kg./cm.<sup>2</sup>, lo que nos confirma el estado, próximo a la saturación de agua, a que llegó el terreno después de las importantes lluvias, que, como decíamos antes, fueron tales que llegó a llover en un solo día más de lo que ha llovido allí a veces en años enteros.

La causa inmediata, pues, de la rotura definitiva del puente no ha sido otra que la gran cantidad de lluvia caída en Rosiana, que, llegando casi a saturar el terreno arcilloso de aquella zona, rompió sus condiciones de equilibrio produciéndose el consecuente corrimiento de tierras que empujó y arrastró su estribo izquierdo hasta agotar su capacidad resistente.

### III. Causas permanentes.

Las causas permanentes que han originado esta catástrofe tienen varios orígenes, y las podemos clasificar en dos grandes grupos: las que provienen de la propia naturaleza y morfología del terreno, que llamaremos geológicas, y las que se deben a la influencia que la actividad solar ejerce sobre los fenó-

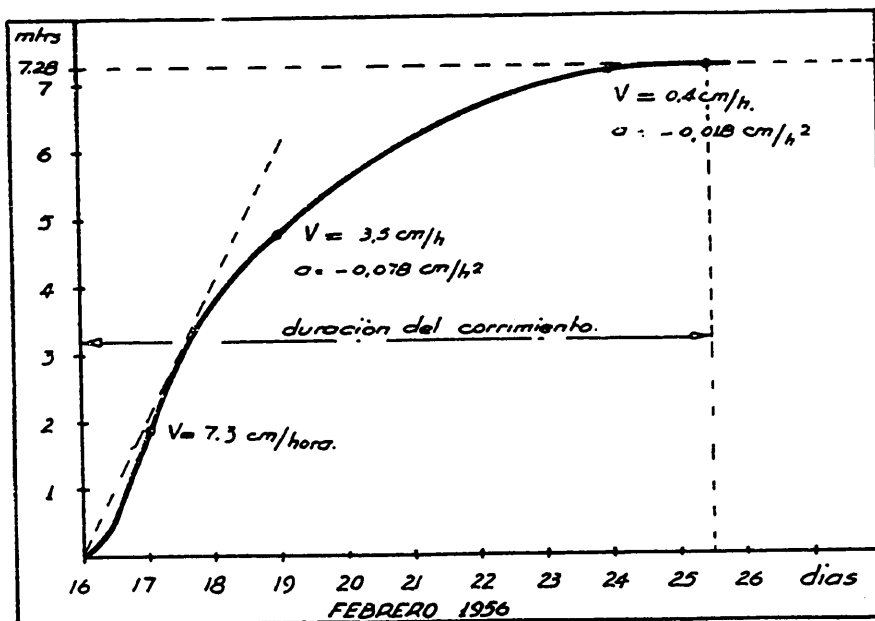


Figura 13.

menos que tienen lugar en la tierra y y que podemos llamar heliológicas.

#### a) CAUSAS GEOLÓGICAS.

Para la mejor exposición de las causas geológicas originarias del fenómeno que nos ocupa, empezaremos por hacer unas breves consideraciones acerca del origen tectónico de la depresión de Tirajana.

La Isla de Gran Canaria, de planta casi circular, con sólo unos 45 Km. de diámetro, presenta un relie-

cable al sector SE. de la misma, que es el que en este caso nos interesa. Para el resto de la isla no cabe duda que tendríamos que introducir importantes correcciones que, por otra parte, no son ahora de este lugar.

El barranco de Tirajana nace en el centro de la isla, al pie de la cumbre, y radialmente se dirige hacia el mar en dirección sensiblemente SE., atravesando longitudinalmente la gran depresión conocida con el nombre de "Caldera de Tirajana". Altísimos escarpes rodean esta forma negativa del relieve isleño, que

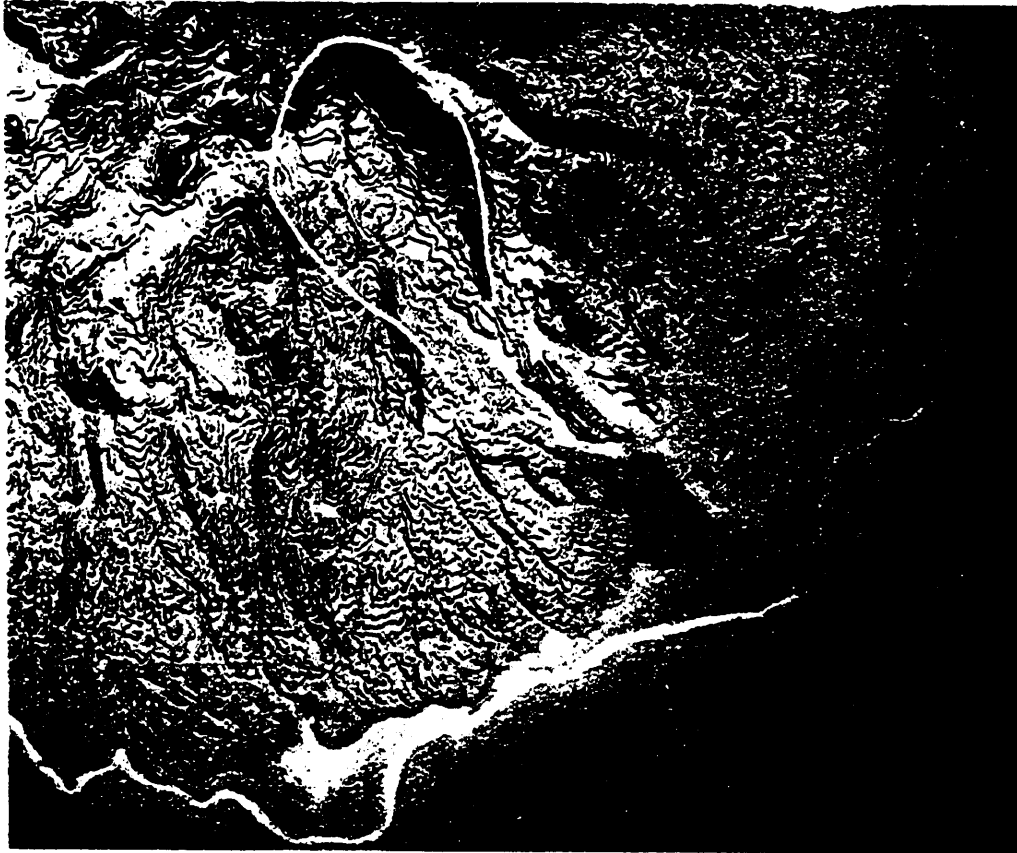


Fig. 14. — Sector SE. de la Isla según el mapa en relieve a escalas horizontal 1 : 50 000 y vertical 1 : 10 000.

(Foto José Naranjo.)

ve de forma idealmente cónico, cuyo vértice situado prácticamente en el centro de la isla se eleva a unos 2.000 m. sobre el nivel del mar. Las generatrices de este cono no son rectas, sino más bien las podríamos considerar como arcos de parábola cuyos vértices fueran tangentes a la superficie del mar en las costas de la isla y cortarían por el otro extremo a la reducida meseta de la cumbre con una gran pendiente, en la mayoría de los puntos, no inferior al 45 %.

Evidentemente esta esquemática descripción geométrica de la superficie lateral de la isla sólo es apli-

descienden bruscamente de altitudes superiores a los 1 000 m. por el costado septentrional a los 500 m. en el centro del hoyo.

Su contorno es groseramente en forma de herradura, con su abertura hacia el mar, y forma la mayor parte de la cabecera de la cuenca del importante barranco que nos ocupa. Para poderse formar mejor idea de lo accidentado que es este paraje, incluimos una foto del mapa en relieve que se exhibe en el Museo Canario, realizado a 1 : 50.000 de escala horizontal y 1 : 10.000 de escala vertical (fig. 14).

El eje de simetría de esta gran depresión separa por completo dos formaciones geológicas de muy diversa naturaleza. La parte que queda al S. está compuesta por fonolitas, de color verde azulado en corte fresco, mientras que la parte N. es esencialmente basáltica y de colores más oscuros. En la cabecera los escarpes están formados por rocas volcánicas de tipo brechoide con nódulos de variada composición, cementados en una pasta de naturaleza ácida y de edad intermedia entre las fonolitas y los basaltos antes mencionados.

El fondo de la depresión y sus bordes lo ocupan enormes masas de terreno de corrimiento, sumamente fracturado por sus propios deslizamientos, procedente en gran parte de la descomposición de rocas de la familia de las traquiriolitas y de los derrubios y productos que la acción combinada de la descomposición y erosión sobre las paredes va acumulando en su fondo, formando todo ello un fanglomerado vivo muy sensible a la acción de las aguas de lluvia.

Un corte transversal del terreno revela que la mayor parte se ha desprendido de la banda norte en bloques parcialmente adosados, como las tejas de una cubierta, cuyo canto superior queda formando escalones con sus huellas, presentando una contrapendiente en relación con la de la ladera (fig. 15).

En todo el interior de esta gran caldera no hay vestigio ni resto alguno de ningún aparato volcánico.

Hacia el punto donde empiezan a cerrarse los brazos de la herradura, penetra al interior de esta depresión por la banda N., y de fuera hacia dentro, una potente corriente basáltica que rellenó todo el cauce hasta su desembocadura, a lo largo de la cual el barranco ha abierto de nuevo su curso, dejando, además de los dos altos testigos en su interior, conocidos con los nombres de las "Fortalezas, grande y chica", recubiertas sus márgenes con capas de dichos basaltos adosadas a las mismas.

La explicación geológica de todos estos hechos que acabamos de describir ha sido muy confusa hasta el presente. Hace un siglo, Leopold von Buch creyó ver en la Caldera de Tirajana un ejemplo de su

famosa teoría de "los cráteres de levantamiento": insostenible ésta por las observaciones de F. Fouqué en la isla de Santorin, en el Egeo, y por las de Charles Lyell, en el Etna, considerose entonces como un cráter de explosión.

La ausencia de productos explosivos en sus alrededores hizo que se abandonara también esta hipótesis, creándose en consecuencia un confuisionismo tal, que se llegó hasta el punto de negar por completo su origen volcánico y a que se la considerase como una simple forma de erosión.

Sin embargo, en estos últimos años ha quedado definitivamente aclarado su origen, gracias a los estudios que sobre el terreno ha realizado en sus múltiples recorridos en toda aquella zona y en todas direcciones, nuestro buen amigo el Ayudante de Obras Públicas D. Simón Benítez Padilla, reconocido especialista de la Geología y Volcanología Canaria, el cual ha llegado a la conclusión de que se trata de un gigantesco cráter de hundimiento.

Con posterioridad, el geólogo americano Howel Williams, de la Universidad de California, ha publicado una interesante recopilación de múltiples cráteres análogos que ha referido al mismo origen. Según su clasificación, la Caldera de Tirajana cae bajo la denominación de "caldera de subsidencia", y desde luego, tanto por sus dimensiones como por su morfología y la naturaleza de sus bordes y fondo, es desde el punto de vista de los estudios volcanológicos una de las más interesantes de todas las conocidas en la actualidad en todo el mundo.

Llegados, pues, a esta conclusión en nuestra opinión indiscutible, hay que considerar la Caldera de Tirajana como una profunda oquedad producida por el rápido vaciado de un gran depósito subterráneo de magma, a través, en este caso, de las múltiples chimeneas de los volcanes que exteriormente la bordean por toda su banda N. El fondo de la caldera no es más que el techo de esta cámara de magma en gran parte vaciada, techo que con el tiempo se va hundiendo lentamente y tragándose, como si dijéramos, los terrenos del contorno.

En el caso general recopilado por Williams, el magma suele haber salido por el interior del perímetro del hundimiento; sin embargo, en Gran Canaria es frecuente este otro caso, en el que la caldera de hundimiento se forma lateralmente al cráter de la chimenea como si ésta fuera en su último tramo oblicua, con el depósito de magma a un lado y la boca de salida a otro (figs. 16, a y 16, b).

El hundimiento del fondo de esta caldera de subsidencia se realiza como acabamos de decir, lentamente, por el deslizamiento discontinuo de los bloques en que está fracturado y más o menos lubricados por las aguas pluviales.

A raíz de la primera avería del puente, que fué observada por el propio Sr. Benítez, que fué además el primero en notificarlo a la Jefatura de Obras Públicas, no dudó ya éste entonces, venciendo su acos-

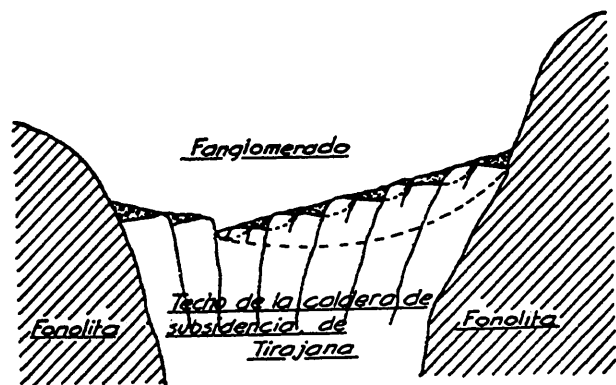


Fig. 15.—Corte ideal teórico del fondo de la Caldera de Tirajana con la fracturación en bloques del techo de la cámara de magma subterránea vaciada.

tumbrada cautela, en pronosticar que los movimientos y corrimientos de tierras en aquella zona se seguirían repitiendo a lo largo de los siglos, en mayor o menor escala, coincidiendo con los inviernos de mayor pluviosidad; el tiempo le ha dado una vez más la

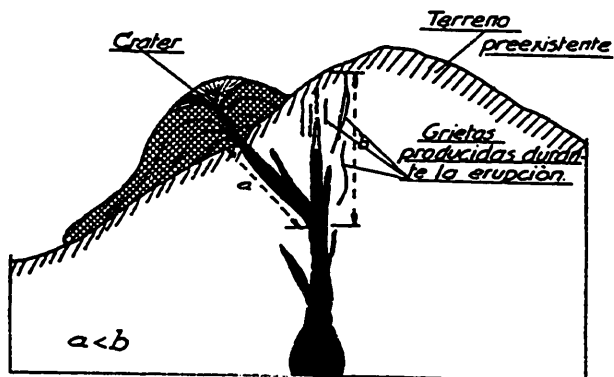


Fig. 16, a. — Aparición de un cráter a media ladera por un camino de menor resistencia.

razón, y si bien es de prever una paulatina disminución secular de los mismos hasta quedar reducidos a unos microsismos imperceptibles, tampoco hay que olvidar para este tipo de predicciones la diferente unidad de las escalas de tiempos geológica y humana.

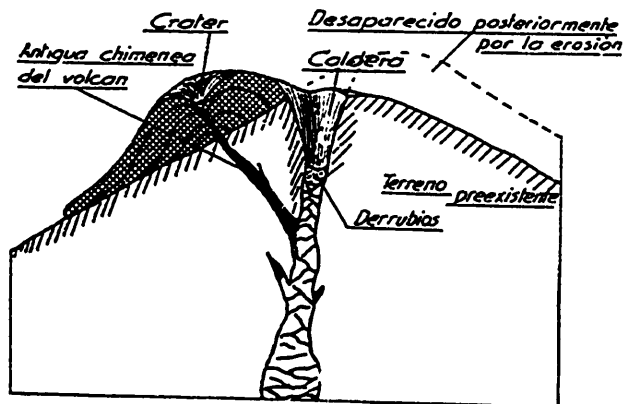


Fig. 16, b. — Formación de una caldera de hundimiento lateral en la vertical de la parte principal de la chimenea del volcán al quedar vacía la cámara del magma.

#### b) CAUSAS HELIOLÓGICAS.

Como hemos dicho en la primera parte de este artículo, en 1923 y en 1956 ha habido en la isla fuertes temporales de lluvia que han originado estos corrimientos de tierras. En nuestra búsqueda de datos sobre estos mismos fenómenos hemos dado con un acta en los protocolos notariales de Las Palmas de Gran Canaria, en la que ante el notario D. Agustín Millares, el 9 de mayo de 1881, se hace constar que:

“La ‘Heredad de la Ciudad de Lima’ aprovechaba de antiguo un naciente (o manantial) llamado ‘Fuente del Barquero’, mas a consecuencia de los fuertes temporales ocurridos en diciembre de 1879, cambió de cauce el barranco hacia la izquierda cegando completamente la Fuente del Barquero y apareciendo en la nueva orilla izquierda, a una altura de 1,45 m. sobre el cauce y a una distancia de 85 m. de la antigua, otra fuente que tomó la Heredad de la Ciudad de Lima en sustitución de la cegada por presumir que era la misma vena...”

También en las actas de la ‘Heredad de Sardiña’ se habla, en la del día 14 de noviembre de 1880, de ‘Las perturbaciones que sufrió el barranco de Tirajana en los últimos aluviones...’

Según todos estos datos, resulta que en Gran Canaria hubo grandes temporales de lluvia en el invierno de 1879; también hemos visto los hubo en los de los años 1921 a 1923; finalmente los ha habido en 1955 y especialmente en 1956. Los intervalos de años transcurridos entre estas fechas anteriores son:

$$1956-1923 = 33 = 3 \times 11.$$

$$1923-1879 = 44 = 4 \times 11.$$

Esta aparente casualidad de estos múltiplos de 11 nos ha indicado el camino por donde dirigirnos en busca de las causas del fenómeno que nos ocupa.

En efecto, como es sabido, el ciclo temporal de la actividad solar, pulsada a través tanto de la extensión como del número de las manchas solares, es precisamente (según A. Berget) 11,1 años, que constituye el llamado ‘periodo undecenal’, es decir, que tanto el número como la extensión de las manchas solares pasa por un máximo cada once años aproximadamente, con un mínimo intercalado que, según el mismo Berget, se separa del máximo anterior unos 6,5 años y del siguiente unos 4,5, y de sus propias observaciones concluye a continuación que el máximo de las manchas es más elevado una vez de cada tres, es decir, cada 33,5 años, aproximadamente.

Esta fluctuación periódica de la actividad solar está en relación directa con muchos fenómenos netamente observables en la tierra: las tempestades magnéticas, las perturbaciones de las corrientes telúricas, las auroras boreales, los fenómenos sísmicos, etcétera, etc.

Por otra parte, en la Memoria 21 de ‘The Geological Society of America’, titulada ‘Origin and development of Craters’, su autor T. A. Jaggar, en el estudio de las erupciones y niveles de la lava del cráter del Kilauea observadas desde 1790, consigna los siguientes datos interesantes:

Desde 1790 a 1924 las cinco mayores erupciones se han producido a intervalos exactamente de treinta y tres años ( $33 = 3 \times 11$ ).

El ciclo medio de la actividad volcánica del Kilauea (media aritmética de los ciclos comprobados) es de 11,16 años.

Los periodos de reposo de 1913, 1924 y 1935 han coincidido exactamente con los mínimos de la curva de la actividad solar reflejadas por sus manchas

El mismo tipo de observaciones verificadas en el Mauna Loa conducen a resultados que siguen un riguroso paralelismo con las del Kilauea, y ambas presentan además un superperiodo de ciento treinta y cuatro años ( $134 = 12 \times 11,16$ ).

Esto nos ha inducido al estudio de las erupciones del Archipiélago Canario, y como era de presumir han resultado también estar muy relacionadas con el

"periodo undecenal". En efecto, las fechas de las erupciones ocurridas en las tres islas que las han presentado, después de la fecha de su incorporación a la Corona de Castilla y que están por tanto históricamente comprobadas, son las que figuran en el siguiente cuadro, en el que ponemos de manifiesto la duración de los periodos intermedios y en el que vemos que salvo las pequeñas diferencias debidas a la influencia del estado y condiciones geológicas locales, cumplen también prácticamente con el "periodo undecenal":

TENERIFE		LANZAROTE		LA PALMA	
Fecha	Diferencia en años	Fecha	Diferencia en años	Fecha	Diferencia en años
1604-5				1585	
	$99 = 9 \times 11,0$				$61 = 6 \times 10,6$
				1646	
					$31 = 3 \times 10,33$
1704-6				1677	
	$82 = 8 \times 11,5$				$35 = 3 \times 11,66$
		1730-6		1712	
1798			$88 = 8 \times 11,0$		$237 = 22 \times 10,77$
	$111 = 10 \times 11,1$	1824			
1909				1949	
Periodo medio	11,18		11,0		10,70

Esto, por lo que se refiere a los fenómenos volcánicos, y claro está no tenemos que olvidar (como ya hemos dicho anteriormente) que la zona que nos ocupa está en el interior de una caldera de subsistencia cuyo fondo, pues, debe estar sujeto a las posibles variaciones undecenales de la actividad interna del magma.

En cuanto a los fenómenos externos, también hemos comprobado su sujeción a la misma ley undecenal.

Ya hemos visto cómo los hechos ocurridos en el barranco de Tirajana, por cuya importancia han merecido quedar registrados, han tenido lugar a inter-

valos de años cuyo número es múltiplo de 11: pero hay más, examinando el gráfico de lluvias de la figura 5, vemos también cómo los periodos de lluvias y sequías se distribuyen de acuerdo con dicha ley undecenal y que análogamente a las curvas de la actividad solar de Berget, cada tres periodos de once años presentan un máximo maximorum.

Es, pues, evidente que tanto por lo que se refiere a las posibles influencias internas como por las consecuencias que los temporales de lluvia pueden ejercer sobre el trozo del curso del Barranco de Tirajana, que cruza longitudinalmente el circo del mismo nombre, cada once años y más intensamente cada

treinta y tres, está ciertamente expuesto a sufrir esta clase de fenómenos.

Las consecuencias, pues, que se deducen de todo esto son inmediatas. "Sólo cabe en esta zona proyectar obras amortizables dentro de un período de treinta y tres años, y si ello no es posible hay que decidirse a orientar los proyectos hacia otras soluciones que cludan sus relaciones con el fondo de la Caldera de subsidencia de Tirajana."

Ni el puente, ni la carretera han durado tanto tiempo sin tener que acudir en su ayuda, y aun al terraplén le falta mucho para poder adquirir un coeficiente de seguridad que le garantice contra las saturaciones de agua, que con toda seguridad se irán reproduciendo a intervalos de años múltiples de once y con mayor probabilidad cada treinta y tres años. Su talud medio actual de 13° habría que bajar por lo menos hasta 5° 30', lo que equivale a un descenso del orden de los 120 m. de altura en su ladera izquierda sobre la fonolita, la misma magnitud de estas cifras de alturas, volúmenes y tiempos con relación a la exigua escala humana, creemos nos relevan de momento de hacer más hipótesis sobre estas realidades.

#### Bibliografía.

- Leopold von Buch: *Description Physique des Iles Canaries*. 1856.
- L. Fernández Navarro: *Islas Canarias*. Memorias del XIV Congreso Geológico Internacional. Madrid, 1926.
- L. Fernández Navarro: *Las erupciones de fecha histórica en Canarias*. Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Tomo XI. 1918-1924.
- Simón Benítez Padilla: *Ensayo de síntesis geológica del Conferencias mecanografiadas en el Museo Canario de Las Palmas de Gran Canaria*. 1941.
- Howell Williams: *Calderas and their Origin*. Los Angeles, 1941.
- Karl Terzaghi: *Mecánica teórica de los suelos*. 1945.
- Simón Benítez Padilla: *Ensayo de síntesis geológica del Archipiélago Canario*. Estudios Geológicos, núm. 2. Madrid, 1946.
- *Plan de Obras Hidráulicas del Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria*. 1947.
- T. A. Jaggar: "Origin and development of Craters". Memoria 21. *The Geological Society of América*. 1947.
- Simón Benítez Padilla: "La erupción de Las Manchas en la Isla de La Palma y el volcanismo canario" (24 junio-31 julio 1949). *El Museo Canario*, núms. 41-44. 1952.
- Alphonse Berget: *Le Ciel*.
- G. Part et P. Londe: *Barrages en terre compacte*. Paris, 1953.
- T. Bravo: *Geografía de Canarias*. Santa Cruz de Tenerife, 1955.
- Karl Terzaghi and Ralph B. Peck: *Soils mechanics in engineering practice*. 1955.