

APÉNDICE

R. Ortiz.

Dpto. de Volcanología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid

CUESTIONES, PROBLEMAS Y EJERCICIOS

A 1 Calcular el modelo de viscosidad para las lavas del conjunto Teide – Cañadas. Clasificar las rocas y comentar los resultados (datos en Alonso y Quesada, 1989)

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	44.05	55.85	58.62	60.78	47.85	53.78	59.60	60.24
Al ₂ O ₃	16.60	19.01	18.40	17.00	17.49	18.65	18.53	16.95
Fe ₂ O ₃	6.74	3.38	2.58	3.45	3.43	2.79	2.34	3.68
FeO	5.30	1.51	1.92	0.75	6.25	3.27	1.29	0.76
MnO	0.17	0.17	0.20	0.17	0.19	0.22	0.19	0.28
MgO	5.42	1.48	1.57	1.03	4.25	2.39	0.94	0.66
CaO	10.39	4.23	2.91	1.36	8.47	4.68	2.04	1.14
Na ₂ O	3.14	5.80	6.82	7.20	4.66	6.55	7.75	8.04
K ₂ O	1.76	4.09	4.05	5.28	2.40	3.63	4.97	5.56
TiO ₂	3.69	1.39	1.19	0.82	2.81	1.78	0.90	0.81
P ₂ O ₅	0.96	0.30	0.29	0.11	1.05	0.56	0.16	0.03
H ₂ O	1.32	2.49	0.95	1.98	0.99	1.22	1.13	1.72

A 2 Calcular el modelo de viscosidad para las erupciones de Lanzarote de 1730-36 y 1824. Propiedades de las lavas (Ortiz et al., 1986):

	Erupción 1730-36					Erupción 1824		
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	48.50	49.64	49.05	50.85	52.01	43.7	44.0	44.1
Al ₂ O ₃	12.98	13.57	12.59	12.52	12.93	11.80	12.40	11.85
Fe ₂ O ₃	3.00	2.93	2.31	1.99	0.84	4.48	4.41	4.16
FeO	7.71	7.71	8.02	8.56	9.03	7.32	7.19	7.39
MnO	0.15	0.14	0.15	0.14	0.13	0.17	0.17	0.17
MgO	10.70	10.14	10.69	9.88	9.84	13.55	11.75	12.40
CaO	9.99	9.40	9.59	9.86	9.48	11.50	11.70	11.95
Na ₂ O	2.87	2.87	2.62	2.93	2.97	2.60	2.84	3.01
K ₂ O	0.75	0.57	0.82	0.55	0.57	2.38	2.52	2.30
TiO ₂	2.30	2.44	2.39	2.22	1.87	1.10	1.12	1.08
P ₂ O ₅	0.63	0.43	0.53	0.42	0.32	0.80	0.84	0.85
H ₂ O	0.07	-	0.10	-	-	0.28	0.83	0.68

1 Colada aa (Pico Partido) Zona Centro-NE de la fractura efusiva. 2 Colada aa (Timanfaya) Zona Centro-SO de la fractura efusiva. 3 Colada aa. Extremo SO de la fractura. Alto contenido enclaves. 4 Colada aa. Extremo NE de la fractura. Alto contenido enclaves. 5 Colada pahoehoe. Erupciones finales en la zona centro. 6 Colada inicial aa Montaña Negra. 7 Colada aa del Volcán Tinguatón. 8 Colada aa final Volcán Duarte.

Contenido en cristales 0.1. Temperatura emisión 1150°C

A 3 En base a los datos obtenidos en los modelos de descarga de la erupción fisural de Timanfaya (Lanzarote) estudiar las columnas eruptivas asociadas. Suponer

Viento hasta 4 km de altura	5 m/s W
Viento alta cota	15 m/s S
Contenido en gas	0.5 %
Contenido en material fino	10%

A 4 Calcular la velocidad de ascenso del magma de la erupciones de Lanzarote de 1730-36 y 1824.

Características enclaves (Ortiz et al., 1986): densidad 3.3 g/cm³ a 3.4 g/cm³.
Dimensión característica: más abundantes 1 cm; mayores más frecuentes 20 cm; muy grandes (muy escasos) 50 cm

A 5 Ajustar un modelo de descarga para las erupciones del Hekla y Parícutín (datos en Wadge, 1981).

Hekla		Parícutín	
Días	m ³ /s	Años	m ³ /s
0.1	1800	1943	17
.5	800	1944	8
1	500	1945	5
2	160	1946	4
3	150	1947	3.8
4	110	1948	2.7
5	50	1949	1.8
7	20	1950	1.6
10	5	1951	1.4
40	1	1952	1.2

A 6 Modelizar el ritmo de descarga de las erupciones ocurridas en Lanzarote. Introducir para la erupción de 1730-36 diversos periodos de actividad y reposo. Utilizar la información histórica existente.

ERUPCIÓN	1730-36	1824
Longitud fracturas	20 km	15 km
Altura sobre el nivel del mar	300 m	300 m
Altura del mayor edificio cónico	300 m	60 m
Centros eruptivos importantes	25	3
Volumen de lavas emitidas	2000x10 ⁶ m ³	20x10 ⁶ m ³
Densidad	2.8-3 g cm ⁻³	3.02 g cm ⁻³
Duración (con interrupciones)	6 años	3 meses

A 7 Analizar la forma de una colada en base a sus propiedades físicas (Hulme, 1974). Aplicarlo a coladas de Lanzarote y del Teide.

A 8 Calcular cuál sería el alcance máximo que podrían recorrer las lavas de la erupción de Lanzarote de 1730-36. Utilizar como datos los obtenidos en el modelizado de los ritmos de emisión de la erupción.

A 9 Calcular el tiempo que tardan en caer desde la base de la estratosfera (altura 13 km) partículas de clases Φ 1 a 5
Atmósfera estándar (Wilson y Walker, 1987)

Altura km	Densidad kg/m ³	Temperatura K
0	1.3	280
5	0.77	254
10	0.42	219
15	0.21	217
20	0.089	216
25	0.039	215
30	0.018	217
35	0.0083	227
40	0.0045	240
45	0.0020	260
50	0.0010	265

A 10 Estudiar la columna correspondiente a la erupción del Vesubio en el año 79 (datos basados en Macedonio et al., 1990)

Total masa erupción	2×10^{11} kg.
Flujo emisión	$0.4 - 2.0 \times 10^7$ kg/s
Duración	3 - 12 horas.
Contenido en gas (peso)	5 - 10 %
Contenido en líticos	20 %
Difusión horizontal	$3000 \text{ m}^2/\text{s}$
Temperatura emisión	1000 °C
Temperatura líticos	15 °C
Viento hasta 10 km	crece linealmente de 0 a 30 m/s girando S a W
Viento superior a 10 km	15 m/s E

Tamaño líticos	32	16	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16
%	5	6	9	10	11	12	7	6	2	12
Densidad	1.8 g/cm ³									

Nota: los tamaños 32 y 1/16 engloban respectivamente a las partículas de tamaños mayores y menores respectivamente.

A 11 Comparar los alcances de bombas proyectadas bajo un ángulo de 45° con velocidades iniciales de 1, 5, 10, 20, 100, 200, 300 y 400 m/s sin y con rozamiento en aire a 20 °C y 1 atmósfera.

A 12 Se ha comprobado que es posible la proyección de grandes fragmentos masivos ($l = 1$ m, $\rho = 2.5$) a distancias de 4 o 5 km. Calcular la velocidad de proyección.

A 13 Estudiar la velocidad del sonido en una mezcla de vapor de agua a 800 °C y un contenido en pequeñas partículas de capacidad calorífica 0.25 cal g/K que varía en peso desde 0 hasta 99%.

A 14 Un flujo piroclástico permanece fluidizado durante relativamente mucho tiempo. Ello es debido a la emisión del gas contenido en las propias partículas (Sparks, 1977). Estudiar este proceso considerando que la emisión de gas por una partícula responde a un proceso elemental de difusión. Considerar el flujo de un determinado espesor. Admitir que el flujo se detiene cuando la velocidad de emisión del gas es menor que la velocidad terminal de las partículas.

Datos correspondientes a un magma rico en sílice a 800 °C, contenido en agua 1-5% en peso, difusividad del vapor 10^{-7} cm²/s

Dimensión μm	Esfericidad	Densidad g/cm ³	Vacuidad
350	0.79	1.96	0.57
175	0.69	2.06	0.63
80	0.67	2.12	0.71

A 15 Estudiar dos flujos piroclásticos del Mt. St. Helens en base a los datos de velocidad obtenidos fotográficamente durante la erupción del 7 de Agosto de 1980 (Hoblitt, 1986).

Distancia m	Altura m	Flujo 1 m/s	Flujo 2 m/s
1500	1701	9	13
1750	1670	3	8
2000	1665	16	19
2200	1596	21	28
2500	1566	24	29
2800	1520	18	22
3200	1466	19	26
3400	1366	27	34
3800	1252	20	24
4000	1205	14	20
4200	1202	15	19
4400	1180	13	18
4600	1178	3	8
4800	1175	8	12
5000	1170	6	11
5200	1158	5	9
5400	1136	5	8
5600	1122	0	3

A 16 Calcular la velocidad de emisión en la explosión de un magma con 1% de contenido en volátiles, a 700 °C con una expansión p_0/p de 100.

A 17 Modelizar una serie de domos, con y sin talud utilizando el modelo de Iverson (1990).

A 18 Realizar un modelo de gota de agua para simular una colada lávica. Probar sobre un modelo topográfico sintético.

A 19 Estimar el tiempo que un lahar tarda en recorrer una barranca. Se supone que la barranca es un canal de sección trapezoidal y se pueden utilizar las fórmulas habituales de hidráulica. La barranca tiene una anchura en el fondo de 10 m y las paredes laterales están a 45° con una rugosidad de 0.03. Suponer un caudal inicial de 900 m³/s durante 10 minutos. El perfil corresponde a la barranca Tlamacas en el volcán Popocatepetl (México)

Cota	Longitud	Cota	Longitud
4400	75	3500	566
4300	112	3400	570
4200	229	3300	693
4100	387	3200	869
4000	668	3100	995
3900	642	3000	1095
3800	1171	2900	1271
3700	794	2800	1622
3600	819	2700	1597

La longitud corresponde a la proyección horizontal de cada tramo

$$V = C \sqrt{R \alpha}$$

V velocidad media, R radio hidráulico, α pendiente. C es un coeficiente que en canales abiertos y en función de la rugosidad n es

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

A 20 Con los mismos datos del problema anterior, calcular la cantidad de sólidos que el lahar arrastra hasta la salida de la barranca. El tamaño de partículas se supone de 1 mm, pues, aunque el lahar arrastra grandes bloques, lo hace inmerso en una matriz fina que representa más del 90% de la carga. La capacidad de arrastre de sólidos viene dada por

$$Q_{\text{sólido}} = (0.05 V^2 \rho (R\alpha)^{3/2}) / (g^2(\rho_s - \rho)^2 d)$$

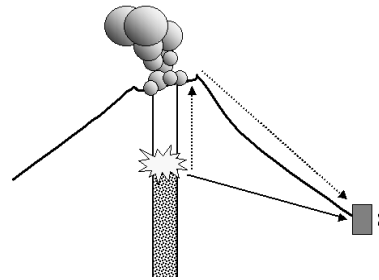
Siendo $Q_{\text{sólido}}$ el caudal de sólidos en m³/s, V la velocidad en m/s, R el radio hidráulico, α la pendiente del canal, g la gravedad, ρ la densidad del agua (1000 kg/cm³), ρ_s la densidad de los sólidos (2600 kg/cm³) y d dimensión característica de los sólidos en m.

A 21 Al llegar a la zona baja, el flujo disminuye su velocidad aumentando en altura (resalte hidráulico). Estimar la altura que alcanzará el nivel del lahar de los problemas A19 y A 20.

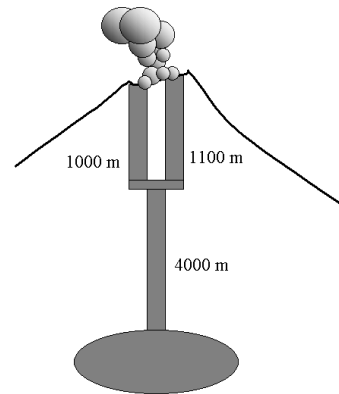
Utilizar las fórmulas de la hidráulica elemental (q caudal, l anchura, g gravedad, h_1 altura inicial y h_2 altura final del flujo, $h_2 - h_1$ resalte hidráulico)

$$\frac{1}{g} \frac{q}{l} = \frac{1}{2} h_1 h_2 (h_1 + h_2)$$

A 22 Un volcán tiene una columna de magma situada a 1 km de profundidad debajo del cráter. A esa profundidad se producen las explosiones producidas por la expansión del gas. Se dispone de una estación sísmica situada en la base del volcán, 2 km por debajo del cráter y a 5 km en horizontal. Calcular la diferencia de tiempos existente entre la onda sísmica (onda P a 3.3 km/s) y la onda de aire (1500 m/s en el conducto y 330 m/s en el aire).



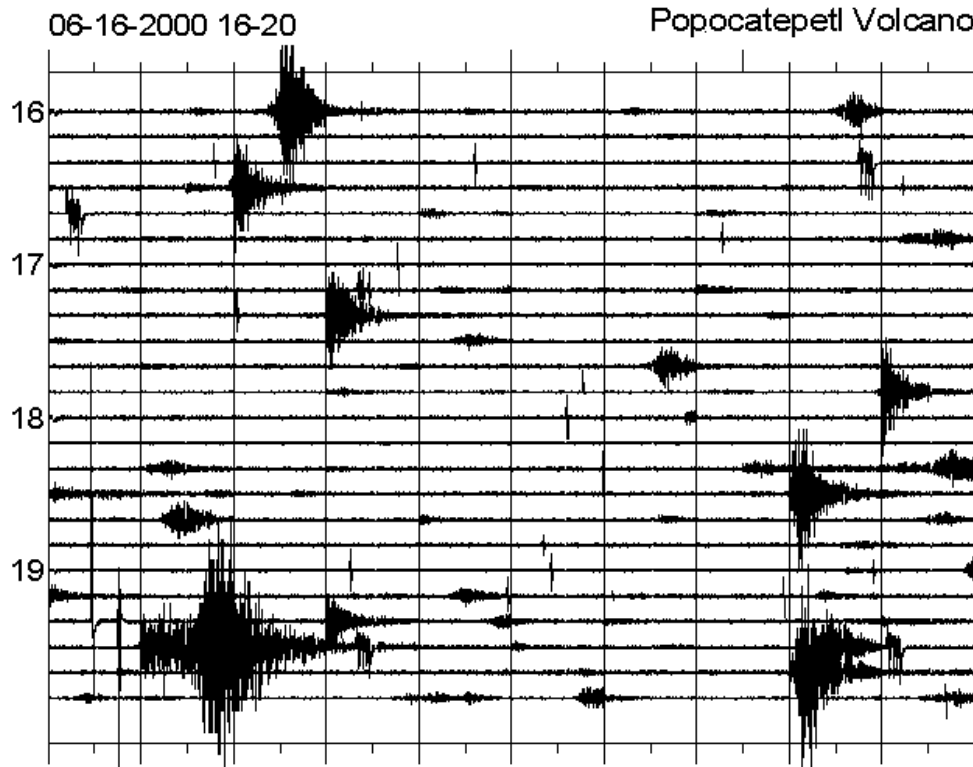
A 23 La salida de los gases por los conductos superiores del sistema volcánico es una de las fuentes del tremor volcánico, actuando los distintos conductos como resonadores. El espectro de la señal sísmica continua presente en el volcán, dando información de su estructura superficial. Aplicando las fórmulas elementales de los tubos de órgano, obtener las frecuencias características del sistema volcánico de la figura. Obtener un sismograma sintético del tremor. Suponer que la emisión es vapor de agua y se admite una velocidad del sonido de 1500 m/s. Considerar los conductos superiores como tubos de órgano abiertos por un extremo y el conducto inferior como un tubo cerrado por ambos extremos.



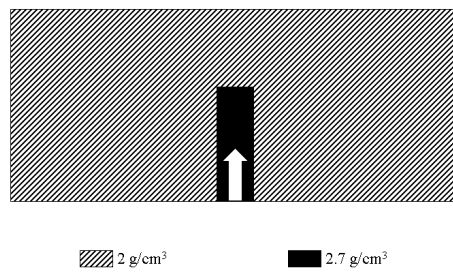
A 24 Analizar la relación entre las secuencias sísmicas y las erupciones en el flanco del volcán Etna (1974-1991). Cualificar la actividad sísmica como precursor de las erupciones. Comparar el resultado con el que se obtendría mediante dos series aleatorias con similar número de eventos. Datos en Mulargia et al., 1991.

Actividad sísmica	Actividad eruptiva
1974 01 21	1974 01 31
1976 05 01	1978 04 29
1978 02 23	1978 08 23
1978 05 17	1978 11 23
1978 11 27	1979 08 03
1979 08 05	1981 03 17 (al anochecer)
1981 03 17 (de madrugada)	1983 03 28
1983 03 27	1985 03 10
1986 10 05	1985 12 25
1987 08 13	1986 10 30
1989 08 21	1989 09 28
1990 03 16	

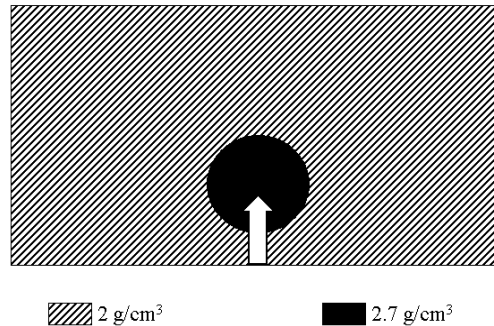
A 25 Caracterizar el siguiente registro sísmico de cuatro horas del volcán Popocatepetl. Tratar de asignar magnitudes. Discutir los criterios adoptados.



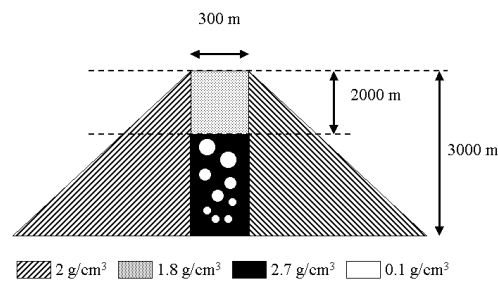
A 26 Calcular la anomalía gravimétrica producida por la intrusión de un dique de 1 m de espesor y una longitud de 5 km. Suponer que la intrusión se inicia desde un reservorio suficientemente grande con respecto a las otras dimensiones que se encuentra situado a 10 km de profundidad. Calcular las anomalías gravimétricas cuando la cabeza del dique se encuentra a 5, 2 y 1 km. Estimar el perfil de deformación. Para mayor sencillez calcular el perfil de forma que corte al dique perpendicularmente por su centro (roca 2 g/cm^3 , magma 2.72 g/cm^3).



A 27 Calcular la anomalía gravimétrica producida por una cámara magmática esférica cuyo centro se encuentra a 5 km de profundidad. El radio de la cámara es de 1 km. En un determinado momento se produce una inyección magmática de 10^8 m^3 . Calcular la variación de la anomalía gravimétrica y el perfil de deformación basándose en un modelo elemental de Mogi (roca 2 g/cm^3 , magma 2.72 g/cm^3).



A 28 Estudiar la aplicación de la gravimetría para controlar la evolución de un lago de lava. Suponer variaciones en la altura de la columna magmática de 1, 10 y 100 m y vesiculación del magma de 0.5%, 1% y 2% en peso. Suponer el gravímetro situado sobre la vertical del cono. Pendiente del edificio volcánico 35° . Se puede simplificar considerando sólo la anomalía producida por un cilindro vertical. Esto equivale a admitir que el resto de la estructura no varía. (Roca 2, magma 2.72, relleno cono 1.8, gas 0.1 g/cm^3).

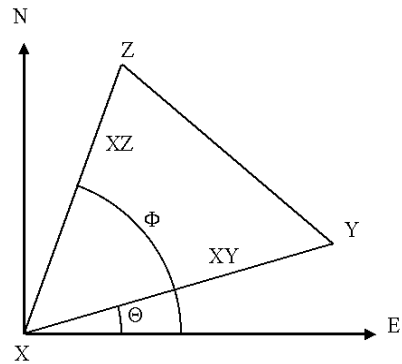


A 29 Partiendo del modelo de Mogi, establecer que relación liga la deformación y la variación de gravedad para un punto situado encima de una intrusión esférica. Discutir las precisiones requeridas en ambas técnicas.

A 30 Una red geodésica tiene un límite de detectabilidad de la deformación horizontal de 1 mm/km . ¿Cuál es el volumen mínimo que debe tener una intrusión magmática para poderse detectar a 1 km de profundidad?

A 31 Una cámara magmática tienen un radio de 1 km y su centro se encuentra a 4 km de profundidad. Calcular el emplazamiento ideal de un sistema de inclinómetros para detectar una reactivación de la cámara. Discutir la sensibilidad de los instrumentos en función del % de deformación de la cámara.

A 32 Se presentan las medidas obtenidas en un triángulo de nivelación (*dry-tilt*). Se pide calcular el vector de deformación entre la primera y la segunda serie de medidas. Se debe también estimar el error. Ejemplo construido sintéticamente a partir de datos de Yamashita, (1993). Resolverlo aplicando las fórmulas habituales de la trigonometría y las fórmulas prácticas que dan la deformación en microrradiares en función de las distancias en m y las diferencias de alturas en cm.



$$\tau_N = \left[\left(\frac{-\cos \Phi}{X Y} \operatorname{sen}(\Phi - \Theta) \right) \Delta(Y - X) - \left(\frac{\cos \Theta}{X Z} \operatorname{sen}(\Phi - \Theta) \right) \Delta(X - Z) \right] 10^4$$

$$\tau_E = \left[\left(\frac{\operatorname{sen} \Phi}{X Y \operatorname{sen}(\Phi - \Theta)} \right) \Delta(Y - X) - \left(\frac{\sin \Theta}{X Z \operatorname{sen}(\Phi - \Theta)} \right) \Delta(X - Z) \right] 10^4$$

XY	XZ	YZ
40.20 m	40.08 m	40.14

Φ	Θ
74.5°	14.5°

Primera medida		Segunda medida	
Lectura mira	Lectura mira	Lectura mira	Lectura mira
Y	X	Y	X
108.273	238.923	108.268	238.927
108.277	238.926	108.271	238.930
108.268	238.916	108.262	238.920
X	Z	X	Z
238.916	205.615	238.920	205.639
238.914	205.613	238.917	205.639
238.914	205.612	238.919	205.637
Z	Y	Z	Y
205.612	108.262	205.637	108.257
205.614	108.263	205.639	108.257
205.616	108.264	205.641	108.258

A 33 Gestionar un semáforo basándose en la siguiente serie de datos de deformación en centímetros (datos sintéticos).

Días	Defor.	Días	Defor.	Días	Defor.	Días	Defor.	Días	Defor.	Días	Defor.
0	3	114	10	186	19	233	71	258	120	281	167
25	2	121	12	196	24	238	77	260	125	284	171
50	2	128	12	199	29	239	82	261	130	288	173
65	4	135	13	207	33	242	85	265	136	292	176
72	3	142	12	211	38	243	90	266	141	296	177
79	5	149	10	212	43	245	92	268	146	300	180
86	2	156	9	216	52	246	96	272	150	308	180
93	7	161	9	220	57	248	101	273	154	314	183
100	5	169	14	227	61	253	109	275	159	324	184
107	8	183	14	228	65	256	114	281	167	330	107

A 34 Estudiar las variaciones de la anomalía magnética presente en White Island y determinar a que distancia se debe situar una pareja de magnetómetros con sensibilidad de 0.2 nT para que sea útil a efectos de vigilancia. La isla es un pequeño volcán de 1 km de diámetro que presenta una emisión continua de vapor, con frecuentes explosiones freáticas. Una intrusión magmática está muy próxima a la superficie, cualquier pequeña variación en el sistema de transferencia térmica origina una serie de explosiones. Un incremento de la temperatura de sólo 50°C en el intervalo entre 350 °C y 580 °C se traduce en una disminución de la magnetización de hasta el 20% (0.7 A/m). La estructura activa se puede asociar a una esfera de 125 m de radio situada a 200 m de profundidad. Basado en Hurst y Christoffel, (1973). Utilizar la aproximación de un dipolo magnético en la dirección del campo local.

Campo Magnético en la zona	
Campo total	55000 nT
Inclinación	60° S
Declinación	S 20° W
Propiedades magnéticas	
Susceptibilidad	$6.5 \cdot 10^{-3}$ a $1.3 \cdot 10^{-2}$ SI
Magnetización	3.7 a 10.1 A/m

A 35 Estudiar la anomalía magnética creada por un dique vertical de 8 km de altura, 500 m de longitud, 3 m de anchura, en dirección N 30° W. Suponer que se comporta como un prisma no magnetizado. Obtener el mapa de anomalías cuando el dique esta a 1, 2 y 5 km de profundidad. Experimentalmente se midieron 10nT a 7 km de distancia. Discutir los resultados obtenidos (Basado en Del Negro et al., 1995).

Campo Magnético en la zona	
Campo total	41000 nT
Inclinación	53.1°N
Declinación	N 1.2° E
Propiedades magnéticas	
Susceptibilidad	$2 \cdot 10^{-3}$ SI
Magnetización	9.0 A/m

A 36 En la tabla se recogen análisis de gases en varios volcanes. Ensayar el cálculo de temperaturas de equilibrio. Discutir los resultados obtenidos (datos en Martini, 1996).

	Momotombo	Nevado del Ruiz	Tacaná	Poás	Vulcano
Temperatura	83.5	85.5	89.3	117	540
H ₂ O	94.00	96.80	98.70	88.46	86.90
CO ₂	57.00	52.80	82.31	42.37	87.60
H ₂ S	5.00	2.80	11.54	11.61	3.02
SO ₂	22.33	36.80	-	34.14	4.19
HCl	5.83	3.70	-	11.26	1.56
HF	0.30	0.62	-	0.25	1.37
B	0.082	0.0021	0.0015	0.0056	0.012
Br	0.0088	0.00030	-	0.0066	0.0010
NH ₄	0.0088	0.018	0.0028	0.00034	0.0052
H ₂	8.50	0.65	0.063	0.26	1.36
O ₂	0.0017	0.028	0.0012	0.00013	0.0015
N ₂	0.78	0.75	1.46	0.0028	0.80
CO	0.25	0.00005	-	0.00003	0.054
CH ₄	-	-	0.011	0.00009	-

Nota: H₂O es % en volumen total. Los demás componentes en % en volumen de la parte seca. Hay que reducir el análisis a fracciones molares antes de aplicar los termómetros.

Se asume que las fugacidades son equivalentes a las concentraciones molares. Ejemplo de termómetros donde el símbolo químico representa la fracción molar. (en Giggenbach, 1996)

$$\log\left(\frac{SO_2 H_2^3}{H_2 H_2 O^2}\right) = 3.66 - \frac{10744}{T} \quad \log\left(\frac{CO H_2 O}{CO_2 H_2}\right) = 2.49 - \frac{2248}{T}$$

A 37 Durante el cuaternario (1.6 Ma) se han producido en una zona 8 erupciones. La última hace 10.000 años. Se tiene una datación absoluta de una de las más antiguas que corresponde a 1.2 Ma. Determinar la probabilidad de una erupción en la zona.

A 38 Determinar el periodo de retorno del volcán Villarrica (Chile) en el que ocurrieron erupciones en 1558, 1562, 1594, 1640, 1647, 1657, 1688, 1716, 1730, 1737, 1742, 1745, 1751, 1759, 1777, 1780, 1787, 1790, 1806, 1815, 1822, 1832, 1837, 1853, 1859, 1864, 1869, 1874, 1879, 1883, 1893, 1897, 1904, 1906, 1907, 1908, 1909, 1915, 1920, 1933, 1935, 1938, 1948, 1963, 1964, 1971, 1977, 1980, 1983. NOTA Las erupciones anteriores a 1800 pueden ser dudosas. Datos en Petit-Breuilh y Lobato, 1994

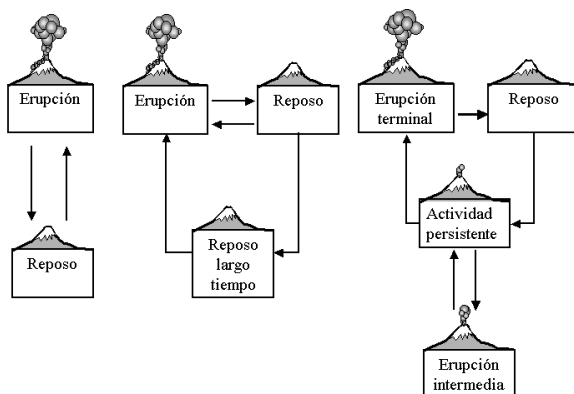
A 39 Tratar de desarrollar un modelo Poisson para Canarias como archipiélago y para Lanzarote (tomar los datos de Romero et al., este volumen).

A 40 En Lanzarote la actividad volcánica empezó hace más de 20 millones de años. Las últimas erupciones ocurrieron en 1730 y 1824. Calcular cuál es la probabilidad de que estas erupciones sean las últimas que ocurran en la isla.

A 41 La tabla siguiente recoge las erupciones del volcán Pitón de la Fournaise (Dubois y Cheminee, 1991). Caracterizar su comportamiento estadístico. Establecer un modelo de Markov. Comprobar si responde a una distribución fractal. Ensayar una distribución en Polvo de Cantor (Barnsley, 1988). 99 en días significa fecha aproximada

n	Inicio	Fin	n	Inicio	Fin
1	22.01.1931	24.05.1930	18	30.05.1952	20.07.1952
2	22.01.1931	30.06.1931	19	13.03.1953	15.04.1953
3	21.07.1931	19.08.1931	20	16.06.1953	08.07.1953
4	07.06.1933	15.06.1933	21	06.07.1955	15.10.1955
5	11.11.1933	13.11.1933	22	99.01.1956	99.01.1956
6	12.02.1934	23.02.1934		08.03.1956	99.03.1956
	30.03.1934	01.04.1934		01.04.1956	09.09.1956
7	12.08.1937	12.09.1937	23	22.11.1956	23.11.1956
8	07.12.1938	11.01.1939	24	30.12.1956	16.03.1957
9	16.10.1942	16.10.1942	25	02.09.1957	09.09.1957
10	30.03.1943	15.05.1943	26	21.10.1957	20.11.1957
11	16.04.1944	16.04.1944	27	30.05.1958	31.05.1958
12	15.04.1945	06.05.1945	28	06.08.1958	20.09.1958
13	18.06.1946	05.07.1946	29	11.03.1959	20.04.1959
14	15.02.1948	05.03.1948	30	04.08.1959	06.08.1959
15	08.03.1950	15.04.1950	31	11.01.1960	11.01.1960
16	13.08.1950	30.09.1950	32	08.02.1960	10.03.1960
17	15.06.1951	15.06.1951	33	99.04.1961	99.04.1961

A 42 Construir un modelo de Markov de un volcán (Wickman, 1976) en el que se alternen varios tipos de erupción. Utilizar el modelo para construir columnas estratigráficas.



Modelar un volcán que presenta los siguientes valores medios: las erupciones duran .1 año; presenta periodos breves de reposo de 5 años. También presenta periodos de reposos de larga duración de 360 años. Otro volcán presenta periodos medios de reposo de 800 años, periodos medios de actividad persistente de 3 años, que alternan con erupciones intermedias más importantes que duran como media 30 días. La actividad termina con una gran erupción que dura como media 2 días.

A 43 La fotografía terrestre puede utilizarse para realizar medidas cuantitativas midiendo directamente sobre el negativo o transparencia. Esta técnica puede utilizarse para calcular la altura de una emanación o la velocidad de ascenso de una columna. Para ello se utiliza la fórmula

$$\frac{Xf}{F} = \frac{X}{d}$$

donde Xf es la medida sobre el negativo, F la distancia focal del objetivo utilizado, d la distancia al objeto y X la dimensión del objeto real.



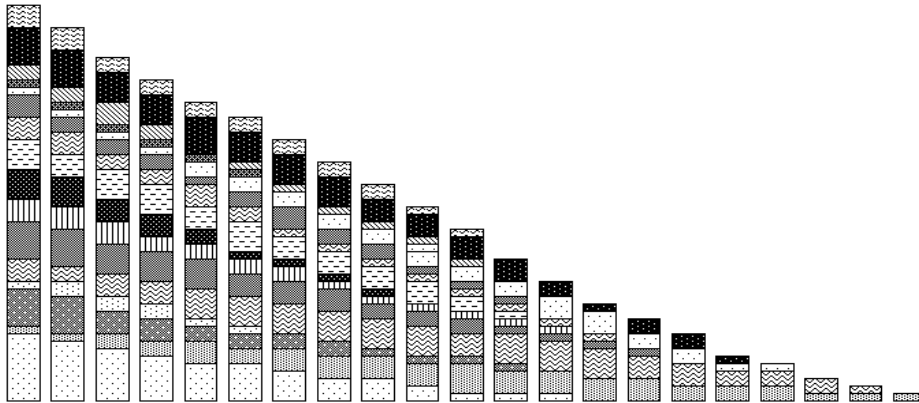
Fotografía de una pequeña explosión en el volcán Arenal (Costa Rica) tomada con un objetivo de 200 mm a 3.7 km de distancia.

A 44 Diseñar un programa de alertamiento a la población y la gestión de una posible evacuación por sectores de un volcán activo. Hacer los diagramas de tiempos y recursos, considerando una población afectada de 1000, 10000 y 100000 habitantes, distribuida en varios núcleos poblacionales y en viviendas unifamiliares dispersas. Tener presente que los accesos en los grandes volcanes activos no soportan una gran capacidad de tráfico, son a lo sumo de dos carriles y plagados de curvas. Introducir centros de reunión y las rutas de acceso y evacuación. Considerar la posibilidad de evacuaciones anticipadas de sectores específicos de la población (niños, ancianos, enfermos etc.).

A 45 Preparar un folleto explicativo de un programa de evacuación en caso de crisis volcánica. Utilizar el concepto del semáforo del volcán. Hacer una versión específica para la población turística.

A 46 Organizar un programa de atención de una crisis volcánica para un volcán que conozcas. Se debe considerar el personal, en todas sus categorías, la instrumentación necesaria y el equipamiento auxiliar así como las relaciones con los otros estamentos. Valorar el coste por día de crisis.

A 47 Suponemos un volcán que ha emitido flujos piroclásticos durante los últimos 1000 años, cuya estratigrafía se recoge en la figura y estando las columnas separadas un kilómetro. Se pide caracterizar estos flujos mediante un modelo de línea de energía y calcular la peligrosidad a 2, 5 y 10 km.



A 48 Analizar el desastre de origen volcánico en función de

- La descripción del fenómeno natural.
- La causa del desastre. Características generales.
- Los efectos secundarios del desastre.
- Los factores que contribuyen a la vulnerabilidad.
- El impacto en la sociedad y en el ambiente (por sectores).
- La respuesta apropiada: local, nacional, internacional.
- Historias típicas de escenarios.
- Vinculación entre desarrollo y desastres.

A 49 Una crisis volcánica se prolonga más de tres meses. Se ha instalado un Centro de Atención Permanente en una zona próxima al volcán donde se reciben los datos por telemetría radio. Estudiar el número de personas necesarias y las posibles distribuciones de guardias suponiendo que el personal tarda más de una hora en llegar desde las zonas residenciales al observatorio. Téngase presente que por la larga duración de la crisis no se pueden sobrepasar las 40 horas semanales, debiéndose respetar los descansos, vacaciones y ausencias justificadas.

A 50 Realizar el mapa de riesgo de un volcán que entra en erupción cada 30 años, presentando actividad explosiva aproximadamente una de cada cuatro erupciones, emitiendo en esos casos flujos piroclásticos que cubren sectores de 90°, recorriendo el 10% de ellos distancias superiores a 5 km. La mitad descienden por el flanco norte del volcán. En el flanco sur, a 3 km del volcán, se encuentra un núcleo turístico que en los tres meses de verano alcanza 200000 habitantes, mientras que el resto del año son escasamente 5000. El valor de las infraestructuras es superior a 300.000.000 \$, obteniendo 200.000.000\$ de beneficios al año. En los sectores este y oeste existen pequeños núcleos poblados, con un total de 10.000 personas dedicadas a la agricultura, que están distribuidos homogéneamente por las laderas del volcán a partir de 1 km del cráter, con una infraestructura valorada en 1000\$ por persona, obtienen una rentabilidad anual de 5.000\$. El sector norte es parque nacional y no está poblado.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, J.; QUESADA, M. L. (1989). *Síntesis geoquímica de las rocas del Parque nacional del Teide*. En Los Volcanes y la Caldera del Parque Nacional del Teide. Tenerife, Islas Canarias. Araña, V. y Coello, J. editores. ICONA. Madrid: 101-126
- BARNESLEY, M. (1988). *Fractals everywhere*. Academic Press Inc., Boston: 396 pp.
- DUBOIS, J.; CHEMINEE, J.L. (1991). *Fractal analysis of eruptive activity of some basaltic volcanoes*, J. Volcanol. Geotherm. Res., **45**: 197-208
- DEL NEGRO, C.; FERRUCCI, F.; NAPOLI, R. (1995). *Retrieval of large volcanomagnetic effects observed during the 1981 eruption of Mt. Etna*, Annali di Geofisica, **XL 2**: 547-362
- GIGGENBACH, W. F. (1996). *Chemical composition of volcanic gases*. En Monitoring and mitigation of volcano hazards. Scarpa, R. y Tilling, R. editors. Springer-Verlag. Berlin: 221-256
- HOBLITT, R. (1986). *Observations of the eruptions of July 22 and August 7, 1980, at Mount St. Helens, Washington*, U.S Geological Survey. Prof. Paper, **1335**: 1-44.
- HULME, G. (1974). *The interpretation of lava flows morphology*, R. Astron. Soc. Geophys. J., **39**: 361-383
- HURST, A.W.; CHRISTOFFEL, D.A. (1973). *Surveillance of White Island Volcano. 1968-1972. Part 3.- Thermo magnetic effects due to volcanic activity*, N. Z. Jl. Geol. Geophys., **16**: 965-972.
- IVERSON, R. M. (1990). *Lava domes modeled as a brittle shells that enclose pressurized magma, with application to Mount St. Helens*, en Lava Flows and Domes, Fink, J. editores. Springer-Verlag. N.Y. 46-69.
- MACEDONIO, G.; PARESCHI, T.; SANTACROCE, R. (1990). *Renewal of explosive activity at Vesuvius models for the expected tephra fallout*, J. Volcanol. Geotherm. Res. **40**: 327-342.
- MARTINI, M. (1996). *Chemical characters of the gaseous phase in different stages of volcanism. Precursors and volcanic activity*, en Monitoring and mitigation of volcano hazards. Scarpa, R. y Tilling, R. editors. Springer-Verlag. Berlin. 199-220.
- MULARGIA, F.; GASPERINI, P.; MARZOCCHI, W. (1991). *Pattern recognition applied to volcanic activity Identification of the precursory patterns to Etna recent flank eruptions and periods of rest*, J. Volcanol. Geotherm. Res. **45**: 187-196.
- ORTIZ R.; ARAÑA, V. VALVERDE C. (1986). *Aproximación al conocimiento del mecanismo de la erupción de 1730-36 en Lanzarote*, Anales de Física **B82**: 127-142

- PETIT-BREUILH M. E.; J. LOBATO, (1994). *Análisis comparativo de la cronología eruptiva histórica de los volcanes Llaima y Villarrica*, Actas 7º Congreso Geológico Chileno. **1**: 366-370.
- SPARKS, R. S. (1977). *Gas release rates from pyroclastic flows a assessment of the role of fluidization in their emplacement*, Bull. Volc. **41(1)**: 1-9.
- WADGE, G. (1981). *The variation of magma discharge during basaltic eruptions*, J. Volcanol. Geotherm. Res. **7**: 271-293.
- WICKMAN, F. (1976). *Markov models of repose-period patterns of volcanoes*, en Random processes in geology. Springer-Verlag, N.Y. 135-161.
- WILSON, L.; WALKER, G. P. L. (1987). *Explosive volcanic eruptions. VI. Eject dispersal in plinian eruptions the control of eruption conditions and atmospheric propertie*, Geophys. J. R. Soc. **89**: 657-679.
- YAMASHITA, K. (1993). *Nivelación de montaje único para vigilar el desplazamiento vertical (inclinación) en los volcanes de los Cascades*, en Vigilando volcanes: técnicas y estrategias empleadas por el personal del Observatorio Volcanológico Cascades 1980-90. Ewert J. y Swanson editores, U.S. Geological Survey Bulletin 1966. Cascades Volcano Observatory 5400 MacArthur Blvd. Vancouver 98661 U.S.A. 163-170.