

### **3. GEOCRONOLOGÍA E HISTORIA VOLCÁNICA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DEL TEIDE Y LAS DORSALES DE TENERIFE**

**J.C. Carracedo, E. Rodríguez Badiola, H. Guillou, S. Scaillet,  
M. Paterne, F.J. Pérez-Torrado, R. Paris, U. Fra-Paleo  
y A. Hansen**

## GEOCRONOLOGÍA E HISTORIA VOLCÁNICA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DEL TEIDE Y LAS DORSALES DE TENERIFE

**J.C. Carracedo<sup>1</sup>, E. Rodríguez Badiola<sup>2</sup>, H. Guillou<sup>3</sup>, S. Scaillet<sup>3</sup>, M. Paterne<sup>3</sup>,  
F.J. Pérez-Torrado<sup>4</sup>, R. Paris<sup>5</sup>, U. Fra-Paleo<sup>6</sup> y A. Hansen<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Estación Volcanológica de Canarias, CSIC, La Laguna, Tenerife, Islas Canarias, España <jcarracedo@ipna.csic.es>

<sup>2</sup>Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, 28006 Madrid, España

<sup>3</sup>Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CEA-CNRS, Francia

<sup>4</sup>Dpto. Física-Geología, ULPGC, Las Palmas de Gran Canaria

<sup>5</sup>Géolab UMR 6042 CNRS, Maison de la Recherche, Clermont-Ferrand, Francia

<sup>6</sup>Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Extremadura, España

<sup>7</sup>Dpto. Geografía, ULPGC, Las Palmas de Gran Canaria, España

### 3.1. INTRODUCCIÓN

Una cuestión trascendental a la hora de abordar el estudio de una zona volcánica activa es obtener información que permita ordenar en el tiempo los procesos geológicos implicados. En efecto, la reconstrucción de las sucesivas erupciones volcánicas, los cambios en la forma y tamaño de los edificios volcánicos y sus tasas de crecimiento, las pautas de evolución de los magmas y de los productos y formas volcánicas a que dan lugar, en definitiva, la evolución de las fases constructivas y destructivas que han originado este conjunto volcánico, integrado en gran parte en el Parque Nacional del Teide (PNT), sólo pueden comprenderse e interpretarse correctamente si se dispone de suficiente información geocronológica.

Por otra parte, además del interés científico del fenómeno volcánico existe el importante reto de definir el marco probabilístico espacial y temporal de las erupciones volcánicas futuras, así como su previsible naturaleza y efectos, información crucial para anticiparse y planificar la mitigación de sus previsible efectos. Este aspecto adquiere en este conjunto volcánico una especial relevancia por la relativamente frecuente ocurrencia en el Holoceno de erupciones fonolíticas –de mecanismos eruptivos más explosivos y potencialmente peligrosos que las habituales erupciones basálticas fisurales– y la elevada población potencialmente afectada (1 millón de habitantes en la isla de Tenerife y unos 4 millones de visitantes anuales en el PNT).

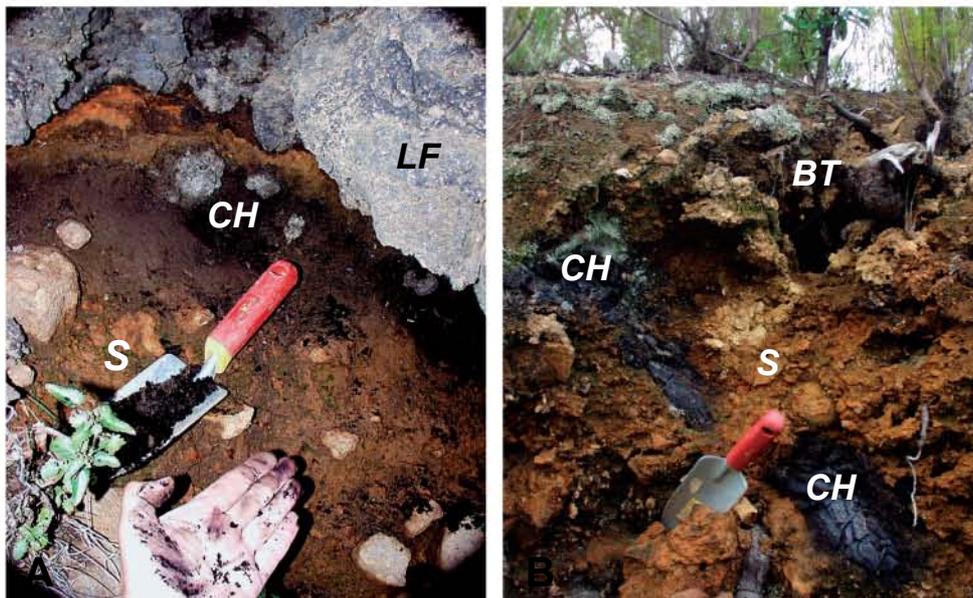
En todos estos supuestos es imprescindible la ordenación en el tiempo de los sucesivos procesos, tarea que hemos abordado en este capítulo de Geocronología. Las herramientas disponibles para este trabajo son fundamentalmente la datación absoluta o relativa de las diferentes erupciones volcánicas. La primera consiste en datar por técnicas de laboratorio el tiempo de ocurrencia de una erupción determinada, mientras que la segunda se basa en obtener a través de observaciones de campo la posición relativa de una erupción sin edad absoluta respecto a otras que sí la tienen.

La importancia de las edades radiométricas, particularmente las dataciones <sup>14</sup>C, se demostró en la reconstrucción del volcanismo reciente de la isla de Hawaii, donde se ha venido desarrollando un programa de datación de erupciones recientes que abarca los últimos 38.000 años, dentro del cual se han publicado más de 355 edades <sup>14</sup>C del volcán Mauna Loa (LOCKWOOD, 1995), y más de un centenar del Kilauea, Hualalai y Mauna Kea (RUBIN ET AL., 1987).

J. C. Carracedo

En cambio, en el caso del Teide y las dorsales activas es sorprendente constatar la casi total ausencia de edades absolutas. En lo que respecta a dataciones radiométricas del Teide, sólo se han publicado dos: la de unos 2000 años de Mña. Blanca (ABLAY ET AL., 1995), ya datada anteriormente por NAVARRO en  $2470 \pm 110$  años (1980), y una datación K/Ar de  $150 \pm 150$  ka (ARAÑA ET AL., 1989). Esta ausencia de dataciones es aún más llamativa si tenemos en cuenta el número de proyectos de investigación centrados en este conjunto volcánico a partir de 1990, al haber sido integrado el Teide como Volcán Laboratorio Europeo en el Proyecto EVOP (European Volcanological Project) de la ESF (European Science Foundation) y en el Programa de la ONU Volcanes de la Década (Decade Volcano of the UN International Decade (1990s) for Natural Disaster Reduction (IDNDR).

El limitado avance constatable en el estudio del complejo volcánico Teide-Dorsales se debe a que la mayor parte de ese esfuerzo de investigación se centró en el Edificio Las Cañadas, mucho más antiguo (ver Capítulo 2) y en el origen de la Caldera de Las Cañadas. Respecto al Teide, los estudios se restringieron básicamente a la revisión del trabajo previo de FÚSTER Y COLABORADORES (1968) y NAVARRO (1980), considerablemente mejorado sin embargo en los aspectos petrológicos y geoquímicos (ABLAY ET AL., 1998; ABLAY Y MARTÍ, 2000). Respecto a las edades del volcanismo, eran prácticamente inexistentes como se ha indicado, restringidas a la edad de Mña. Blanca, las erupciones históricas de los últimos 500 años y a vagas referencias de navegantes que se han demostrado sin relación con el volcanismo (ver Capítulo 1). Algunos autores llegaron incluso a afirmar que no podría mejorarse esta situación por la ausencia de restos orgánicos susceptibles de datar por  $C^{14}$  y la falta de precisión del K/Ar en lavas tan recientes (ARAÑA ET AL., 2000).



**Fig. 3.1.** Restos carbonizados en el flanco norte del Teide. En A, el carbón vegetal (CH) se encuentra directamente debajo de una colada fonolítica (LF), proporcionando una edad fiable de la erupción que la produjo. En B, en cambio, el carbón corresponde a raíces de un pino (del que se ve la base del tronco, BT), quemadas en un incendio reciente (apenas unos años). La combustión de estas raíces puede progresar hasta varios metros en terreno suelto y aireado (S).

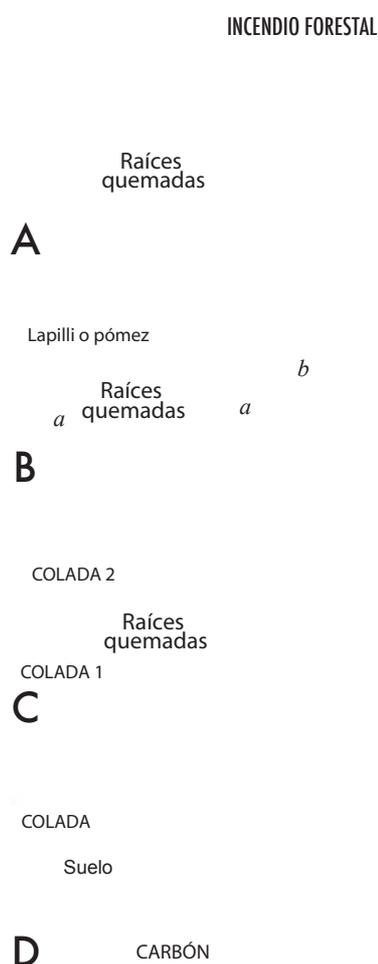
Tan pesimista afirmación se ha comprobado, afortunadamente, errónea. Sorprendentemente, se ha encontrado en los trabajos del proyecto de investigación que ha dado lugar a este libro (2001-2005) una relativa abundancia de restos carbonizados (CARRACEDO ET AL., 2003, 2004, 2006). Asimismo, la datación por el método K/Ar *unspiked* (GUILLOU ET AL., 1996) ha demostrado tener suficiente precisión para este periodo geológico. Estos hallazgos han sido consecuencia de la detallada cartografía geológica georreferenciada (SIG) del conjunto volcánico (1:10.000) realizada en este proyecto de investigación, incluyendo observaciones de las formaciones más antiguas del sistema volcánico a través de las numerosas galerías existentes en la zona, excavadas para el aprovechamiento del agua subterránea.

### 3.2. EFICACIA DE LOS DIVERSOS MÉTODOS DE DATACIÓN

El periodo abarcado por este conjunto volcánico –200.000 años– requiere de dos técnicas radiométricas complementarias: el  $^{14}\text{C}$  para las erupciones de edad inferior a 30.000 años, y el K/Ar o Ar/Ar para las de mayor antigüedad. El refinamiento de estas últimas permite, sin embargo, el solapamiento con las dataciones de radiocarbono, favoreciendo la datación por ambos métodos de erupciones comprendidas entre los 10.000 y 30.000 años.

Se han probado otros métodos de datación, especialmente técnicas paleomagnéticas de datación de corto periodo. Estos métodos, potencialmente capaces de discriminar edades inferiores a unos pocos miles de años –fundamentalmente las variaciones en la deriva secular y la paleointensidad del campo geomagnético–, no han dado, sin embargo, resultados aceptables en la datación de lavas recientes (CARRACEDO ET AL., 2003). En concreto, las determinaciones tanto de la variación secular como de las paleointensidades en lavas recientes de Canarias no han aportado datos concluyentes, ya que las estimaciones de edad realizadas con estos métodos (SOLER ET AL., 1984; QUIDELLEUR ET AL., 2001) no se han mostrado consistentes cuando se han podido datar esas mismas lavas por métodos radiométricos más fiables (CARRACEDO ET AL., 2003).

La pretendida ausencia de restos carbonizados susceptibles de ser datados era una consecuencia de la concentración de los estudios en la zona de



**Fig. 3.2.** Diversos tipos de restos carbonizados y su idoneidad y fiabilidad para datación por  $^{14}\text{C}$ . A. Raíces de un incendio que puede ser reciente. B. *Idem.* bajo un manto de piroclastos (lapilli o pómez). C. *Idem.* entre dos coladas. D. Restos bajo una colada. Sólo el escenario D es idóneo para una datación fiable.

J. C. Carracedo

la Caldera de las Cañadas y el propio Teide, donde, efectivamente, no se dan las condiciones favorables para la presencia de estos restos por la escasa vegetación, fundamentalmente hierbas y arbustos. Cuando se inspeccionaron las laderas norte del Teide y las dorsales, de condiciones climáticas mucho más idóneas, con abundantes bosques de coníferas y laurisilva, se encontraron abundantes restos carbonizados, producto de incendios forestales originados por las propias erupciones, que podían así ser datadas con gran precisión (Fig. 3.1).

Un aspecto importante era establecer criterios que evitaran datar restos poco fiables, que podrían estar relacionados con incendios forestales no asociados a erupciones volcánicas, algunos muy recientes. De las observaciones de campo y las dataciones realizadas, algunas datando en efecto incendios recientes de origen no volcánico, hemos podido definir diversos escenarios de fiabilidad de las muestras, que se indican de forma simplificada en la Fig. 3.2.

La frecuencia de incendios forestales en las Canarias occidentales, provistas de una densa masa forestal de coníferas, hace que sea muy corriente encontrar restos de raíces carbonizadas, que a veces se pueden relacionar directamente con los pinos quemados y con un incendio forestal reciente (Fig. 3.2 A). Aunque este escenario no ofrece dudas, se puede complicar si las raíces quemadas aparecen recubiertas por piroclastos (Fig. 3.2 B). En este caso puede tratarse de un incendio antiguo, que daría una edad máxima para el nivel piroclástico, o simplemente de un incendio de edad indeterminable posterior al depósito. El escenario concreto indicado por B en la Fig. 3.2 es el que más probablemente dataría el depósito piroclástico, posiblemente relacio-

### Mña. Reventada

(Variables: est. C13/C12=-25;lab. mult=1)

Laboratory number: Beta-191278

Conventional radiocarbon age<sup>1</sup>: 990±70 BP

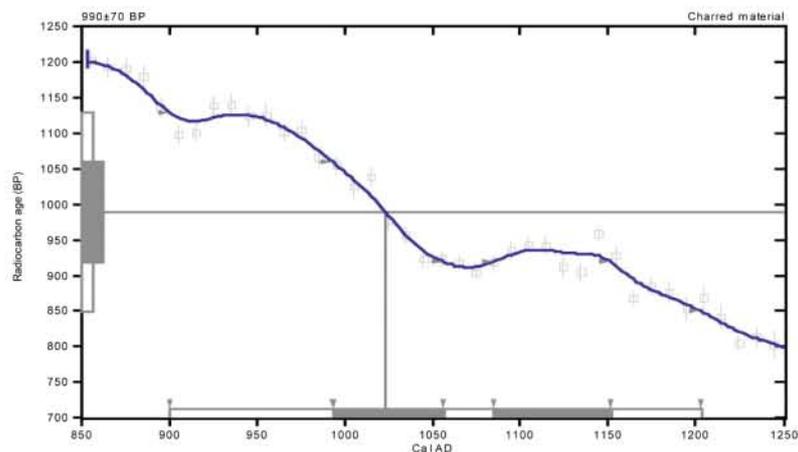
2 Sigma calibrated result: Cal AD 900 to 1200 (Cal BP 1050 to 750)  
(95% probability)

<sup>1</sup> C13/C12 ratio estimated

Intercept data

Intercept of radiocarbon age  
with calibration curve: Cal AD 1020 (Cal BP 930)

1 Sigma calibrated results: Cal AD 990 to 1060 (Cal BP 960 to 890) and  
Cal AD 1080 to 1150 (Cal BP 860 to 800)



**Fig. 3.3.** Típica curva de calibración, en este caso correspondiente a la edad del volcán Mña. Reventada, la erupción prehistórica anterior a la de Boca Cangrejo de 1492, citada por Cristóbal Colón en el primer viaje a Las Indias. La edad <sup>14</sup>C convencional es de 900±150 años.

## Los volcanes del Parque Nacional del Teide

nado con la erupción que produjo el incendio forestal y los restos carbonizados. El escenario de la Fig. 3.2 C, muy común, sirve para dar una edad mínima para la colada 1 y máxima para la 2. Finalmente, el escenario D de la Fig. 3.2 es el más favorable, ya que con toda probabilidad data los restos originados por la erupción que produjo la colada, que a su vez calentó y oxidó el suelo infrayacente.

Los restos de carbón asociados al conjunto volcánico Teide-Pico Viejo-Dorsales se dataron en el sistema Gif-Tandetron (UMS2004) del *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement*, CEA- CNRS de París y en el *Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory* (Florida, EE.UU.).

Para una mayor exactitud de las edades determinadas es preciso calibrarlas, es decir, convertir las edades  $^{14}\text{C}$  absolutas (BP) en edades de calendario calibradas (CAL BP), lo que se hizo mediante el "INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration" de STUIVER ET AL. (1998). Las pequeñas (pero significativas) diferencias entre ambas determinaciones están originadas por las fluctuaciones en la modulación heliomagnética de la radiación cósmica galáctica y, recientemente, por la contaminación originada por los combustibles fósiles y las explosiones nucleares. Estas edades muy recientes se pueden expresar en años de calendario (Fig. 3.3).

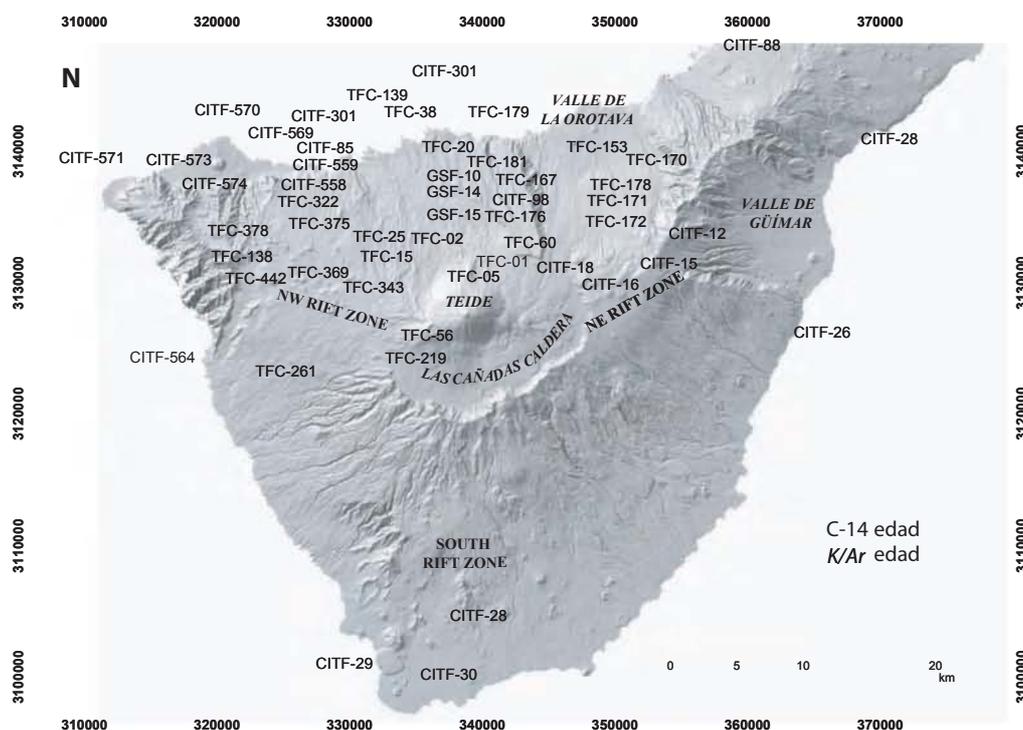


Fig. 3.4. Dataciones radiométricas  $^{14}\text{C}$  y K/Ar del conjunto volcánico Teide-Pico Viejo-Dorsales.

Tabla 3.1. Edades <sup>14</sup>C del Rift Noreste.

Muestra	Unidad y UTM	Material	Análisis	Edad radiocarbono convencional Años BP <sup>1</sup>	2σ Edad radiocarbono calibrada Años BP
TFC-172 <sup>2</sup>	Incendio forestal prehistórico 346735-3133430	Carbón en suelo debajo de pómez distal	β-counting	580±50	646 a 586 (616±30) 1304 a 1415 AD
TFC-178 <sup>2</sup>	Volcán del Portillo Superior 346699-3137920	Carbón debajo de colada	AMS	11080±160	13137 a 12873 (13.000±132)
TFC-176 <sup>2</sup>	Volcán del Portillo Inferior 345364-3134120	Carbón debajo de colada	AMS	12020±160	14052 a 13725 (13.888±163)
TFC-153 <sup>2</sup>	Mña. Guamasa 348746-3139150	Carbón en suelo debajo de colada	β-counting	>33000	—
TFC-170 <sup>2</sup>	Mña. Cerrillar 346290-3136790	Carbón en suelo debajo de colada	β-counting	>33000	—

<sup>1</sup> BP (presente) 1950 AD <sup>2</sup>LSCE-CNRS, Gif sur Yvette, Francie <sup>3</sup>Beta Analytic, Miami, Florida, USA

### 3.3. EDADES RADIOMÉTRICAS

Tanto las edades <sup>14</sup>C como las K/Ar obtenidas se indican en las Figs. 3.3 y 3.4 y las Tablas 1-4. La mayoría corresponden a formaciones volcánicas relativamente recientes (<20.000 años), aunque las etapas iniciales del crecimiento de las dorsales y los estratovolcanes se han podido asimismo datar en los afloramientos de los acantilados de la costa norte y a través de galerías subterráneas.

Se incluyen asimismo otras muestras de carbón que no se han datado (círculos blancos en la Fig. 3.4), bien por no cumplir los criterios de fiabilidad expuestos, bien por ser redundantes. Sin embargo, estas muestras pueden ser de interés en otras materias de investigación, como el análisis de la evolución de la vegetación en el cambio climático correspondiente a las fases anterior y posterior a la última glaciación, así como evaluar la importancia de esos cambios climáticos en una isla oceánica.

En algunos casos se forzaron estos criterios por el interés en datar determinadas erupciones, obteniéndose edades claramente más recientes. Estas edades, sin utilidad en la datación del volcanismo, han servido en cambio para corroborar la existencia de incendios forestales no relacionados con el volcanismo (provocados por rayos o por los pobladores prehispánicos). Es posible que estos incendios sean el motivo, junto a fenómenos meteorológicos, de las referencias de navegantes, como se discutió en el Capítulo 1.

#### 3.3.1. EDADES DE LA DORSAL O RIFT NORESTE

Este rift ha tenido una relativamente frecuente actividad eruptiva, pero la mayoría de los centros eruptivos y sus productos se han localizado a partir de los 30.000 años en el interior de la Caldera de Las Cañadas, donde las condiciones climatológicas y la altura (>2000 m) sólo permiten la existencia de vegetación herbácea y arbustiva, que no ha dejado aparentemente restos de carbón datables. Una excepción es la edad publicada de Mña. Blanca (2.470±110 años para NAVARRO, 1980; 2.000 años para ABLAY ET AL., 1995).

## Los volcanes del Parque Nacional del Teide

A esta edad hemos podido añadir 5 nuevas dataciones, una de ellas correspondiente a un incendio forestal prehistórico (Tabla 3.1).

La edad de  $616 \pm 30$  corresponde a restos de carbón localizados sobre un suelo rojo difuso bajo un manto de pómez de proyección aérea de unos 30 cm de espesor, con un área extensa de distribución en la parte alta del Valle de La Orotava. Los troncos y raíces quemados no parecen atravesar, como en otros casos, el nivel de pómez suprayacente. Sin embargo, la edad obtenida que, una vez calibrada, estaría comprendida en el periodo 1304-1364 AD, no se corresponde con la posición estratigráfica de las erupciones del entorno, por lo que muy probablemente se trata de restos de un incendio forestal de origen no volcánico.

Tabla 3.2. Edades K/Ar del Rift Noreste.

Muestra ID	Localización UTM	Weight molten (g)	K* (wt.%)	$^{40}\text{Ar}^*$ (%)	$^{40}\text{Ar}^*$ ( $10^{-12}$ mol/g)	$^{40}\text{Ar}^*$ weighted mean	Edad $\pm 2\sigma$ ka
CI TF-15	Mña. de Enmedio	1.38104	$1.577 \pm 0.016$	0.656	$8.276 \pm 0.616$	$8.610 \pm 0.406$	$31 \pm 3$
CI TF-15	349.94/3.131.9	2.09397	"....."	0.917	$8.866 \pm 0.539$		
CI TF-18	Mña. de Guamasa	1.98317	$1.527 \pm 0.015$	0.405	$8.731 \pm 0.453$	$8.780 \pm 0.324$	$33 \pm 3$
CI TF-18	346.66/3.133.3	2.14727	"....."	0.778	$8.816 \pm 0.462$		
CI TF-16	Mña. del Cerrillar	1.77942	$1.395 \pm 0.014$	0.671	$8.461 \pm 0.500$	$8.798 \pm 0.365$	$37 \pm 3$
CI TF-16	348.47/3.132.1	1.90060	"....."	0.595	$9.267 \pm 0.537$		
CI TF-26	Aut. Sur Km/ 30.8	1.52818	$1.262 \pm 0.013$	2.547	$0.670 \pm 0.007$	$0.676 \pm 0.006$	$309 \pm 8$
CI TF-26	327.12/3.109.6	1.48840	"....."	1.840	$0.688 \pm 0.009$		
CI TF-12	Izaña	1.33043	$1.527 \pm 0.015$	6.397	$1.370 \pm 0.010$	$1.357 \pm 0.007$	$513 \pm 12$
CI TF-12	353.43/3.133.3	1.17201	"....."	8.144	$1.346 \pm 0.011$		
CI TF-88	El Caletón	1.31866	$1.337 \pm 0.013$	12.550	$1.573 \pm 0.007$	$1.609 \pm 0.007$	$694 \pm 12$
CI TF-88	357.42/3.149.1	2.12823	"....."	9.994	$1.634 \pm 0.007$		
CI TF-23	Mña. Birmagen	1.98025	$1.810 \pm 0.018$	9.883	$2.474 \pm 0.014$	$2.476 \pm 0.010$	$789 \pm 17$
CI TF-23	353.77/3.110.1	2.03956	"....."	12.606	$2.478 \pm 0.013$		

Age calculations are based on the decay and abundance constants from Steiger and Jäger (1977).

Se ha citado una posible erupción del Teide en 1341 basándose en una confusa mención del viaje de 1341 de NICCOLOSO DA RECCO a que "*salía humo del Pico*" (SANTIAGO, 1848). Sin embargo, la crónica original habla claramente de una "*cosa blanca sobre su cúspide... vela que henchida por el viento afecta la forma de un escudo vuelto hacia arriba*". Esta nube en escudo invertido, relacionada con procesos adiabáticos, es común en la cima del Teide, conocida popularmente como "toca del Teide". Esta edad no puede corresponder a una erupción del Teide, ya que su última erupción ha sido datada en  $1147 \pm 140$  años, (ver Tabla 3.6).

Tabla 3.3 Edades <sup>14</sup>C del Rift Noroeste.

Muestra	Unidad y UTM	Material	Análisis	Edad <sup>14</sup> C convencional (años BP <sup>1</sup> )	2σ- Edad <sup>14</sup> C calibrada (años BP)
TFC-442 <sup>3</sup>	Mña. Boca Cangrejo 326.38/3.129.2	Carbón bajo colada	Radiométrico	350±60	520 a 290 (405±115) 1430 a 1660 AD
TFC-369 <sup>3</sup>	Mña. Reventada 327583-3132080	Carbón bajo colada	Radiométrico (ext.counting)	990±70	1050 a 750 (900±150) 900 a 1200 AD
TFC-219 <sup>2</sup>	Los Hornitos 331441-3125134	Carbón bajo colada	AMS	1930±80	1988 a 1811 (1899±88) 38 BC to 212 AD
TFC-138 <sup>2</sup>	Volcán El Ciego 324680-3133067	Carbón bajo colada	AMS	2600±160	2866 a 2452 (2659±207) 816 to 502 BC
TFC-375 <sup>3</sup>	Volcán El Ciego 325786-3133070	Carbón bajo colada	AMS	2660±40	2840 a 2740 (2790±50) 890 to 790 BC
TFC-56 <sup>2</sup>	Mña. de Chío 332526-3125920	Carbón bajo colada	AMS	3620±140	4145 a 3719 (3932±213) 2195 to 1769 BC
TFC-343 <sup>3</sup>	Mña. Cueva del Ratón 331169-3131360	Carbón bajo colada	Radiométrico	5370±50	6280 a 6000 (6140±140)
TFC-322 <sup>3</sup>	Mña. Liferfe 330460-3136360	Carbón bajo colada	AMS	7400±40	8330 a 8160 (8245±85)
TFC-378 <sup>3</sup>	Montaña del Banco 324641-3133650	Carbón bajo colada	AMS	12,810±60	15,700 a 14,430 (15,065±635)

<sup>1</sup>Presente 1950 AD <sup>2</sup>LSCE-CNRS, Gif sur Yvette, France <sup>3</sup>Beta Analytic, Miami, Florida, USA

Las coladas de los centros de emisión extra-caldera de Mña. Guamasa y Mña. del Cerrillar se extienden por el Valle de La Orotava a través de un denso bosque de pinares. Las edades <sup>14</sup>C que han aportado superan el límite de datación de este método (Tabla 3.1).

Las únicas edades <sup>14</sup>C significativas se han obtenido del Volcán del Portillo, un centro eruptivo complejo situado justo en la abertura excavada en el cantil de la Caldera de Las Cañadas por erosión y retrogradación de la cabecera del Valle de La Orotava. Este centro eruptivo ha dado edades de 13.005±132 y 13.888±162 años. Puesto que estas edades no se solapan al calibrarse (ver Tabla 3.1), es de suponer que se trata de 2 centros de emisión superpuestos, que hemos definido en la cartografía geológica como Volcán del Portillo Inferior y Superior.

Las dataciones K/Ar abarcan un periodo mucho mayor (Tabla 3.2), demostrando que este rift estaba configurado y ha venido actuando durante el desarrollo del Edificio Las Cañadas e incluso desde el comienzo de la construcción del Escudo Central mioceno, prolongándose en el proceso de crecimiento hacia el macizo mio-plioceno de Anaga (GUILLOU ET AL., 2004).

Las edades de los conos basálticos extra-caldera (Mña. del Cerillar, Guamasa y de Enmedio), con edades de 37±3, 33±3 y 31±3 ka respectivamente, coinciden con los datos aportados por las edades radiométricas.

### 3.3.2 EDADES DE LA DORSAL O RIFT NOROESTE

La dorsal noroeste debe tener una historia geológica similar, con el rift configurado y activo probablemente desde los inicios del Escudo Central mioceno, prolongándose en el proceso de crecimiento de éste hacia el macizo mioceno de Teno. Los centros eruptivos más antiguos de este rift están recubiertos por las erupciones más recientes; los que afloran lo hacen en el extremo NO más distal, en el macizo de Teno. Se están datando estas erupciones más antiguas con K/Ar.

Tabla 3.4. Edades K-Ar de muestras del Rift Noroeste de Tenerife.

MuestraID	Localización	UTM	Weight Molten (g)	K* (wt.%)	<sup>40</sup> Ar* (%)	<sup>40</sup> Ar* (10 <sup>-12</sup> mol/g)	<sup>40</sup> Ar* weighted mean (±1σ)	Edad± 2σ ka
TFC-573	Volcán del Palmar	320.407/3.139.234	1.05197	1.328 ± 0.013	3.846	0.334 ± 0.098	0.353 ± 0.052	153 ± 6
TFC-573			2.10684	"....."	5.031	0.361 ± 0.061		
TFC-571	Volcán de Teno Alto	311.850/3.138.280	1.03751	1.569 ± 0.016	2.323	0.451 ± 0.125	4.856 ± 0.058	178 ± 6
TFC-571			1.93700	"....."	5.101	0.495 ± 0.066		
TFC-569	Mña. Los Silos	321.325/3.140.370	1.27816	1.577 ± 0.016	2.762	0.512 ± 0.125	0.530 ± 0.087	194 ± 8
TFC-569			1.08304	"....."	3.314	0.547 ± 0.122		
TFC-574	Volcán Tierra del Trigo	323.200/3.138.680	1.22597	1.826 ± 0.018	6.333	0.786 ± 0.107	0.828 ± 0.078	261 ± 7
TFC-574			1.13251	"....."	3.245	0.874 ± 0.113		
TFC-558	Upper flow in the western rim of the Icod Valley (northern flank of the NW rift zone)	331.004/3.137.997	1.11669	1.644 ± 0.016	6.145	1.194 ± 0.011	1.172 ± 0.078	411 ± 10
TFC-558			1.44401	"....."	4.473	1.152 ± 0.011		
TFC-570	Mña. de Taco	321.100/3.141.420	0.95023	3.702 ± 0.037	29.554	4.463 ± 0.026	4.536 ± 0.017	706 ± 15
TFC-564	Playa de la Arena (southern flank of the NW rift zone)	319.502/3.124.753	1.09534	1.569 ± 0.016	6.779	2.400 ± 0.017	2.452 ± 0.012	901 ± 20
TFC-564			1.20229	"....."	8.809	2.502 ± 0.016		
TFC-559	Lower flow of the western rim of the Icod Valley (northern flank of the NW rift zone)	331.588/3.137.804	1.19247	2.100 ± 0.021	43.291	4.134 ± 0.023	4.202 ± 0.016	1153 ± 25
TFC-559			1.37110	"....."	30.003	4.272 ± 0.023		

Age calculations are based on the decay and abundance constants from Steiger and Jäger (1977).

Ninguna de las erupciones de este rift había sido datada con anterioridad. Las únicas edades del volcanismo del rift noroeste correspondían a las erupciones históricas. En este proyecto de investigación se han obtenido 9 dataciones <sup>14</sup>C (Tabla 3.3), que van desde los 15.065±635 años de Mña. del Banco, en el borde del macizo de Teno, a los 405±115 años del volcán Boca Cangrejo. Esta erupción es la anterior en este rift a la de la Mña. de Garachico (1706 AD) y debe corresponder a la mencionada por Colón a su paso por Tenerife en su primer viaje a América, por lo que es histórica, de 1492 AD.

Especial mención merece la erupción de Mña. Reventada, la primera prehistórica de este rift y de Tenerife, con una edad convencional de 990±60 BP que una vez calibrada sitúa la erupción entre 900 y 1200 AD.

El Volcán El Ciego ha dado en dos frentes de colada diferentes dos edades indiferenciables (2659±207 y 2790±50 años), que muestran la consistencia de las edades obtenidas.

La parte más antigua del Rift NO se ha datado con K/Ar, obteniéndose otras 8 muestras que dan una idea clara de los periodos de desarrollo y la frecuencia eruptiva de la etapa pre-colapso del rift (Tabla 3.4). Las muestras TFC-558 y TFC-559 datan la parte superior e inferior, respectivamente, del acantilado de La Culata, en el que aflora buena parte del Rift pre-colapso. Las restantes edades corresponden a centros distales del rift, todos de naturaleza basáltica excepto la Mña. de Taco, de lavas félsicas.

Tabla 3.5. Edad K/Ar de muestras de la Galería Salto del Frontón (Tenerife).

Muestra	Location	Lava	Weight molten (g)	K* (wt.%)	<sup>40</sup> Ar* (%)	<sup>40</sup> Ar* (10 <sup>-13</sup> mol/g)	<sup>40</sup> Ar* weighted mean	Edad±2σka
2 GSF	Galería Salto del Frontón 4190 m	Basanita	1.56879	2.067 ± 0.021	5.248	5.784 ± 0.007	5.655 ± 0.061	158 ± 5 <sup>1</sup>
2 GSF			0.94953	"....."	4.828	5.327 ± 0.012		
10 GSF	Galería Salto del Frontón 2700 m	Basanita	1.65487	1.503 ± 0.015	4.477	5.251 ± 0.007	5.168 ± 0.043	198 ± 5
10 GSF			2.33548	"....."	3.408	5.126 ± 0.005		
14 GSF	Galería Salto del Frontón 1500 m	Hawaiiita	1.43489	1.677 ± 0.017	2.909	3.157 ± 0.006	3.201 ± 0.004	110 ± 4
14 GSF			2.22959	"....."	2.939	3.230 ± 0.005		
15 GSF	Galería Salto del Frontón 1100 m	Fonolita	2.14574	3.179 ± 0.032	5.233	6.556 ± 0.059	6.509 ± 0.046	118 ± 3
15 GSF			2.18357	"....."	4.503	6.435 ± 0.073		

Age calculations are based on the decay and abundance constants from Steiger and Jäger (1977).  
<sup>1</sup> Edad poco fiable por corresponder a una unidad muy alterada al final de la galería.

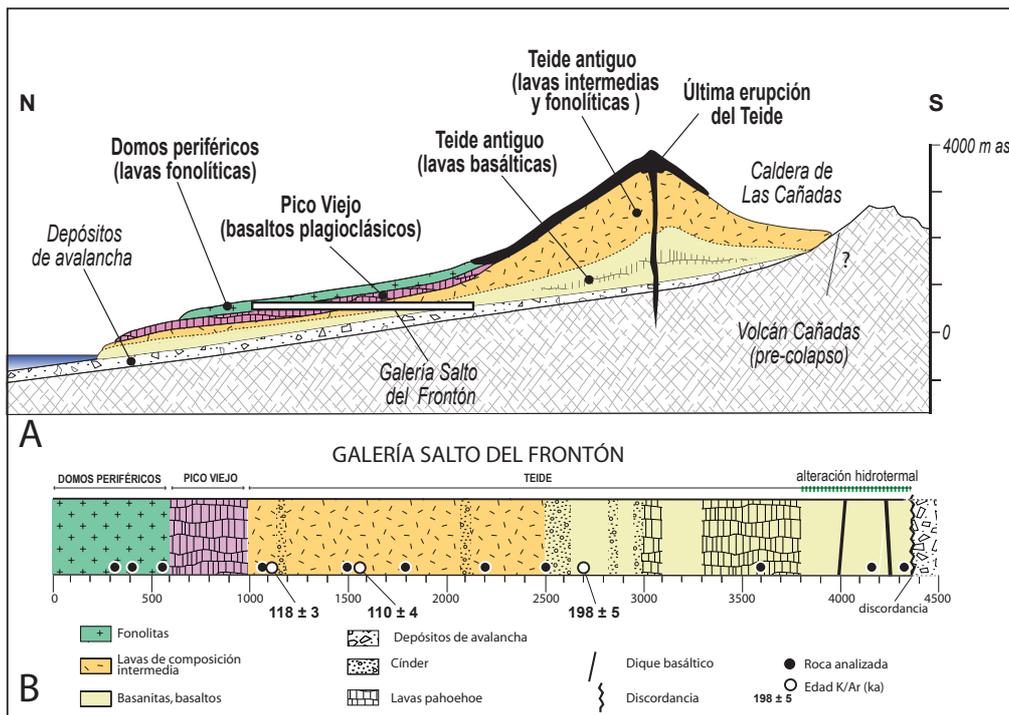


Fig. 3.5. Dataciones radiométricas (K/Ar) determinadas en la galería Salto del Frontón de las fases iniciales de relleno del valle de deslizamiento de Icod-La Guancha y de la construcción del conjunto volcánico Teide-Pico Viejo.

Tabla 3. 6. Edades <sup>14</sup>C del Teide-Pico Viejo.

Muestra	Unidad y UTM	Material	Análisis	Edad radiocarbono convencional Años BP	2σ Edad radiocarbono calibrada Años BP
TFC-05 <sup>2</sup>	Last eruption of Teide stratovolcano 338330/3132420	Charcoal under phonolitic flow	AMS	1240±60	1287 a 1007 663 a 943 AD (114±140)
TFC-261 <sup>3</sup>	Pico Viejo southern flank evolved flows 324880-3124630	Charcoal under lava flow	AMS	14630±50	17890 a 17160 (17525±365)
TFC-20 <sup>2</sup>	Pico Viejo northern flank intermediate flows 334373-3140511	Charcoal under phonolitic flow	AMS	17570±150	21613 a 20197 (20905±708)
TFC-139 <sup>2</sup>	Pico Viejo northern flank basaltic (pahoe-hoe) flows 331937-3139850	Charcoal under basaltic flow	AMS	27030±430	29700 a 31000 (30350±650)
TFC-167 <sup>2</sup>	Old Teide phonolites inside the Orotava valley 345809-3137140	Charcoal under phonolitic flow	AMS	32360±800	—

<sup>1</sup>Present 1950 AD <sup>2</sup>LSCE-CNRS, Gif sur Yvette, France <sup>3</sup>Beta Analytic, Miami, Florida, USA

Estas edades corroboran la existencia de rifts bien desarrollados anteriores al deslizamiento.

### 3.3.3. EDADES DEL CONJUNTO VOLCÁNICO TEIDE-PICO VIEJO

Las formaciones volcánicas más antiguas de este conjunto volcánico están relleno el valle de deslizamiento de Icod-La Guancha, completamente fosilizadas por las erupciones más recientes que levantaron los estratovolcanes. El acceso a estas formaciones se ha logrado en los acantilados de la costa norte y en una de las numerosas galerías que se han excavado en este valle para el aprovechamiento del agua subterránea.

La galería seleccionada para las determinaciones de K/Ar es la del Salto del Frontón, emplazada directamente en la cara norte del Teide, por encima de La Guancha (cota 800 m). Esta galería, con una longitud total de 4.5 km, atraviesa todo el relleno post-colapso, hasta alcanzar la brecha del deslizamiento (Fig. 3.5).

Las edades obtenidas (Tabla 3.5) son coherentes con las que definen la ocurrencia del colapso gravitatorio hace unos 200 ka. La edad de 158±5 es poco fiable por la intensa alteración del tramo final, cercano a la brecha. La edad de 198±5 ka corresponde a una colada situada a 2700 m en el interior de la galería, que corta lavas de relleno del deslizamiento en otros 1650 m (una secuencia de relleno de unos 290 m de potencia). Si la edad del colapso es de unos 200 ka, evidenciaría una elevada tasa eruptiva en las etapas inmediatas al colapso. Las otras edades, de 110±4 y 118±3, prácticamente similares, corresponden a 1500 y 1100 m respectivamente, en una etapa de relleno mucho más lenta y con lavas más diferenciadas.

Parte de estas formaciones de las etapas iniciales del volcanismo post-deslizamiento afloran en los acantilados de la costa norte, donde se han obtenido edades de 124±4 ka, de una colada de basalto plagioclásico del Teide aflorando en la Playa de Sto. Domingo; 88±4 ka, de otra colada

## J. C. Carracedo

similar de la base del cantil en la Playa de San Marcos;  $33 \pm 1$ , de una colada fonolítica del Teide derramándose en la cabecera del Valle de La Orotava; y  $32 \pm 1$  ka, de una colada fonolítica del Teide en la Playa de San Marcos (Tablas 3.6 y 3.7).

Una edad  $^{14}\text{C}$  del Teide de la misma colada fonolítica que discurre por la cabecera del Valle de La Orotava ha dado una edad similar de  $32360 \pm 800$  BP (Tabla 3.6). Las demás edades de  $^{14}\text{C}$  obtenidas corresponden al Pico Viejo: una edad de  $27030 \pm 430$  BP de colada de basaltos pahoe-hoe de la zona de Icod de Los Vinos; otra de  $17570 \pm 150$  BP (calibrada, 21613 a 20197 BP) en la zona de Sto. Domingo, y una tercera de  $14630 \pm 50$  BP (calibrada, 17890 a 17160 BP) de unas lavas diferenciadas discurriendo hacia el sur, por la parte de Chío.

Tabla 3.7. Edades K/Ar del Teide y Pico Viejo.

Muestra	Unidad y UTM	Weight molten (g)	K* (wt.%)	$^{40}\text{Ar}^*$ (%)	$^{40}\text{Ar}^*$ ( $10^{-13}$ mol/g)	$^{40}\text{Ar}^*$ weighted mean	Edad $\pm 2\sigma$ ka
CI TF-301	Colada fonolítica de Playa de San Marcos 346.99/3.137.9	1.71730	$4.284 \pm 0.043$	2.351	$2.431 \pm 0.089$	$2.347 \pm 0.069$	$32 \pm 1$
CI TF-301		1.65063	"....."	1.612	$2.213 \pm 0.112$		
CI TF-98	Fonolitas del Teide antiguo dentro del Valle de La Orotava 345.81/3.137.1	2.02239	$3.777 \pm 0.038$	3.366	$2.304 \pm 0.086$	$2.169 \pm 0.056$	$33 \pm 1$
CI TF-98		2.41121	"....."	4.395	$2.069 \pm 0.074$		
CI TF-85	Coladas del Teide antiguo en la base del acantilado de la Playa de San Marcos 331.13/3.140.3	1.07373	$1.544 \pm 0.015$	2.090	$2.147 \pm 0.092$	$2.316 \pm 0.052$	$88 \pm 4$
CI TF-85		1.60741	"....."	1.311	$2.436 \pm 0.062$		
CI TF-84	Coladas del Teide antiguo en la base del acantilado de la Playa de Santo Domingo 335.91/3.142.0	1.38494	$1.610 \pm 0.016$	3.241	$3.375 \pm 0.072$	$3.456 \pm 0.041$	$124 \pm 4$
CI TF-84		2.00200	"....."	2.900	$3.494 \pm 0.035$		

Mención especial requiere la edad  $^{14}\text{C}$  obtenida para las Lavas Negras, la última erupción del Teide. Esta erupción, que ha sido reiteradamente asociada a la cita de Cristóbal Colón en 1492 ha dado una edad convencional de  $1147 \pm 140$  años, que una vez calibrada corresponde al periodo 663 a 943 AD (Tabla 3.6). Como ya hemos indicado, la erupción descrita por Colón corresponde no a esta erupción, sino a la del Volcán Boca Cangrejo.

Considerando las edades de esta última erupción del Teide, y las de Mña. Reventada y Boca Cangrejo, y habida cuenta de que no existen erupciones intercaladas entre éstas, es evidente que las referencias de navegantes de actividad prehistórica en Tenerife no tienen cabida y deben corresponder a incendios forestales de origen no volcánico, actividad fumaroliana del cráter del Teide o a diversos fenómenos meteorológicos.

### 3.3.4. EDADES DE LOS DOMOS Y DOMOS COLADA PERIFÉRICOS DEL TEIDE Y PICO VIEJO

Las erupciones que formaron los domos periféricos del conjunto Teide-Pico Viejo son las que más fácilmente han podido datarse con  $^{14}\text{C}$  (Tabla 3.8), por la abundancia de restos de carbón. Esto se explica por la menor temperatura de las coladas fonolíticas (en las coladas basálticas la elevada temperatura de flujo (1100-1200 °C) tiende a eliminar en la mayoría de los casos los restos orgánicos) y la abundancia de bosques de coníferas en el flanco norte de los estratovolcanes.

La edad más antigua, de  $9171 \pm 150$  años (calibrada, 9322 a 2021 BP), corresponde al centro eruptivo de Mña. Negra, cuyas lavas, de composición intermedia, alcanzan la costa por San Juan de La Rambla. Le siguen las erupciones de la Abejera Alta, de  $5924 \pm 264$  años, y la Abejera Baja, de  $5486 \pm 162$  años (ver Tabla 3.7). Estos centros eruptivos están situados en la base E y NE del Teide.

Tabla 3.8. Edades  $^{14}\text{C}$  de los domos y centros periféricos del Teide-Pico Viejo.

Muestra	Unidad y UTM	Material	Análisis	Edad C14 convencional Años BP <sup>1</sup>	2 $\sigma$ Edad radiocarbono calibrada (Años BP)
TFC-25 <sup>2</sup>	Roques Blancos 332782-3135640	Charcoal under phonolite flow	AMS	1790 $\pm$ 60	1866 a 1559 (1713 $\pm$ 154) 84 a 391 AD
TFC-38 <sup>2</sup>	Early Roques Blancos 332498-3140540	Charcoal under phonolite flow	AMS	2010 $\pm$ 60	2117 a 1825 (1971 $\pm$ 146) 167 BC a 125 AD
TFC-02 <sup>2</sup>	Early Roques Blancos or Mña. Blanca pumice 339305-3133180	Charcoal under pumice fall	AMS	2020 $\pm$ 70	2150 a 1820 (1985 $\pm$ 165) 200 BC a 130 AD
TFC-15 <sup>2</sup>	El Boquerón 335220-3131440	Charcoal in red soil under pumice	AMS	2420 $\pm$ 70	2713 a 2342 (2528 $\pm$ 186) 763 a 392 BC
TFC-01 <sup>2</sup>	La Abejera Baja 339981-3133510	Charcoal under phonolite flow	AMS	4790 $\pm$ 70	5648 a 5324 (5468 $\pm$ 162)
CITF-60 <sup>2</sup>	La Abejera Alta 340596-3133780	Charcoal under phonolite flow	AMS	5170 $\pm$ 110	6188 a 5660 (5924 $\pm$ 264)
TFC-181 <sup>2</sup>	Mña. Negra 340110-3137680	Charcoal under phonolite flow	AMS	8220 $\pm$ 120	9322 a 9021 (9171 $\pm$ 150)

<sup>1</sup>Presente: 1950 AD <sup>2</sup>LSCE-CNRS, Gif sur Yvette, France <sup>3</sup>Beta Analytic, Miami, USA

Más recientes son las erupciones localizadas en la base occidental del Teide y del Pico Viejo: El Boquerón, ocurrida entre 763 y 392 AC; una primera fase de Roques Blancos o un criptodomo fosilizado por este aparato volcánico, ocurrida entre 167 AC y 125 AD; y la erupción que dio lugar al espectacular domo colada de Roques Blancos, que tuvo lugar entre 84 y 391 AD.

Se dató asimismo un extenso manto de pómez de proyección aérea, que recubre todo el flanco norte del Teide, excepto las coladas de Roques Blancos y de la última erupción del Teide. Por su edad, de 200 AC a 130 AD, puede corresponder a las erupciones de Mña. Blanca o a la fase inicial de Roques Blancos mencionada.



### 3.4. LA HISTORIA ERUPTIVA DEL TEIDE Y DE LAS DORSALES

#### 3.4.1. EL DESARROLLO DEL RIFT NORESTE

Como puede verse en el mapa geológico y en el corte de la Fig. 3.6, se ha formado una zona de rift orientada en la dirección NE-SO. La parte más antigua del rift, formada por conos basálticos y coladas que discurren a ambos lados de la cumbre, se localiza fuera de la Caldera de Las Cañadas. La edad de estos centros basálticos está comprendida entre 36.000 y 32.000 años. En una zona aún más distal hacia el NE, el rift se prolonga formando la cumbre alargada de la Dorsal de La Esperanza (fuera del mapa), con centros eruptivos progresivamente más antiguos, como ya se ha indicado (ver Tabla 3.2).

Este volcanismo basáltico continúa dentro de la Caldera de las Cañadas con los volcanes de Mña. de Arenas Negras, Mña. Mostaza y Mña. Escondida, erupciones que no han podido datarse pero cuyas edades están comprendidas entre los 32.000 años de Mña. de Guamasa y los 12.020 del Volcán del Portillo.

Al progresar hacia la conjunción con el Rift Noroeste, en la zona próxima al Teide, las erupciones se van diferenciando progresivamente. Los volcanes de El Portillo y Mña. de Los Corrales, de edades comprendidas entre los 9.000 y 13.000 años, son de lavas de composición intermedia. En el otro extremo del rift se localizan los centros eruptivos fonolíticos de Mña. de La Cruz y Mña. Majúa, este último formado en realidad por varias bocas eruptivas alineadas en una fractura radial al estratovolcán del Teide. En una de esas bocas se ha construido el edificio del teleférico.

El conjunto más espectacular es el grupo de Mña. Blanca, situado en la base del Teide. Como ya se ha indicado, esta erupción múltiple ha sido datada en  $2470 \pm 110$  años (NAVARRO, 1980) y en 2000 años por ABLAY ET AL. (1995). Hemos podido diferenciar hasta 8 erupciones o centros eruptivos distintos, utilizando entre otros criterios el espesor del recubrimiento de pómez de proyección aérea, aunque no ha sido posible determinar si estas erupciones están muy concentradas en el tiempo o abarcan un largo periodo. En cualquier caso, todo el conjunto tiene una edad inferior a los  $9171 \pm 150$  años de Mña. Negra, sobre cuyas lavas descansa este conjunto volcánico.

Las erupciones más recientes del Rift Noreste son las históricas de 1704-1705, que formaron los centros del Volcán de Fasnía, Volcán de Siete Fuentes y Volcán de Arafo (fuera del mapa).

En este rift se aprecia, como veremos también en el Rift Noroeste, que la tasa eruptiva aumenta hacia la conjunción de ambas estructuras, lo que explica la gran acumulación de centros eruptivos en el conjunto de Mña. Blanca, en realidad un edificio volcánico poligénico o estratovolcán incipiente adventicio del Teide en su cara oriental, en cierto modo similar, aunque de menor duración y volumen y lavas más diferenciadas, que el estratovolcán Pico Viejo, que también es en realidad un edificio volcánico poligénico adventicio (adosado) al Teide en su cara occidental.

La parte intracaldera del Rift Noreste rellena la subcaldera oriental, de las dos en que está dividida la estructura principal, separadas por los Roques de García. Esta subcaldera oriental está situada unos 150-200 m por encima de la occidental, lo que se ha interpretado como un colapso vertical diferencial (MARTÍ ET AL., 1997). Sin embargo, el Rift Noreste ha tenido mayor tasa de relleno en los últimos 30.000 años que la subcaldera occidental, apenas ha sido rrellenada por lavas desde hace unos 17.000 años, con la excepción de la erupción del Chahorra en 1798.

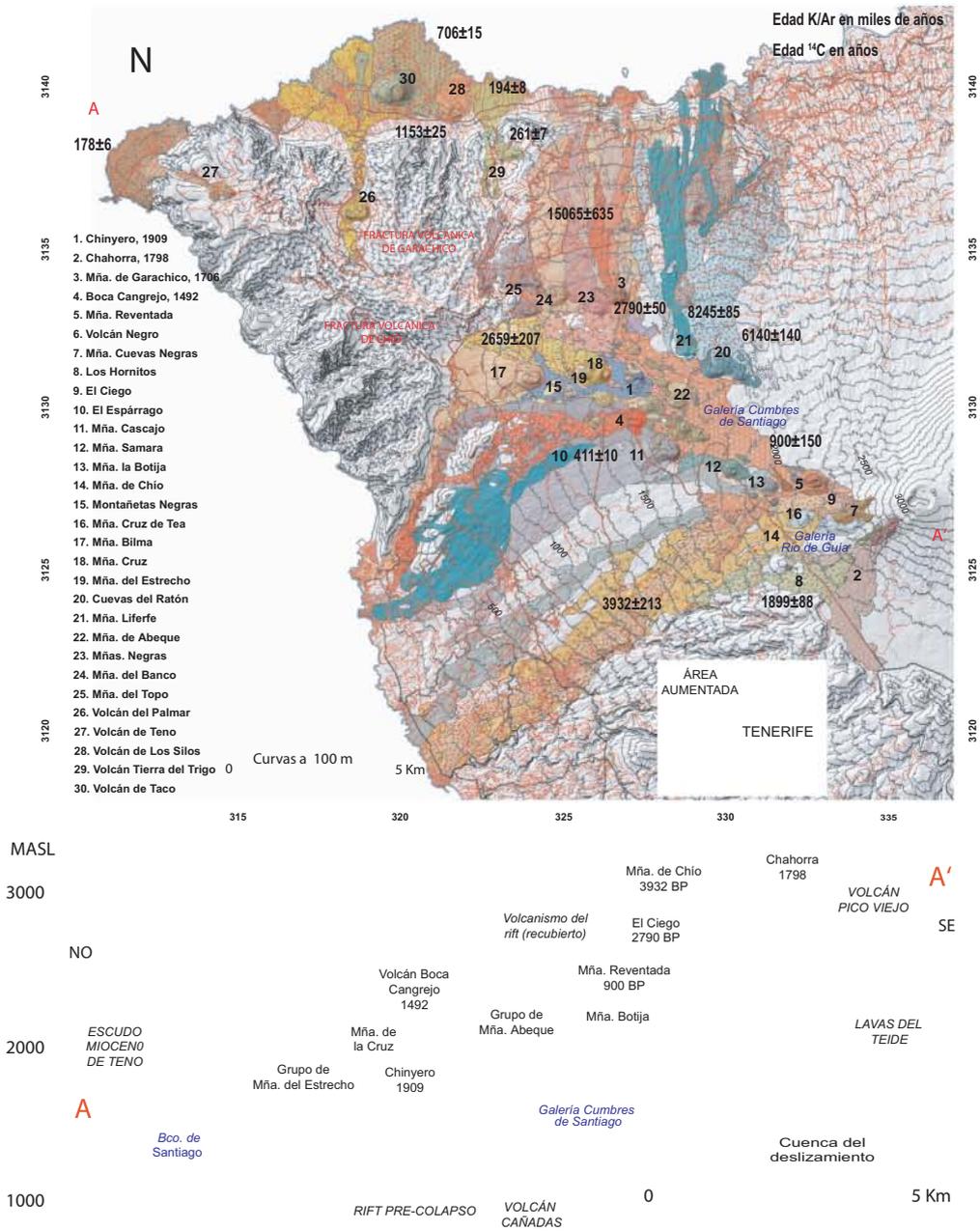


Fig. 3.7. Mapa geológico y sección NO-SE del Rift Noroeste.

### 3.4.2. EL RIFT NOROESTE

El Rift Noroeste concentra buena parte de la actividad eruptiva de la última fase volcánica de Tenerife en los últimos 15.000 años, al terminar la construcción del conjunto central Teide-Pico Viejo.

Buena parte de los centros eruptivos de la parte distal del rift es anterior al deslizamiento y a esta última fase volcánica de la isla. Algunos centros en la parte central y proximal del rift corresponden a esta fase, pero están fosilizados por la intensa actividad del rift en los últimos 15.000 años y sólo se accede a ellos a través de galerías. El conjunto del rift parece tener relativamente poco espesor, apoyándose sobre el Edificio Cañadas subyacente o en el macizo mioceno de Teno (ver corte de la Fig. 3.7).

Con la excepción de la erupción histórica (1798) del Chahorra y algunos centros eruptivos adosados al flanco sur de Pico Viejo, las erupciones del Rift Noroeste son exteriores a la Caldera de Las Cañadas y no contribuyen a su relleno. Se emplazan en dos alineaciones principales: la alineación de Chío y la de Garachico, que dejan una silla relativamente plana entre ambos (Fig. 3.6). Las erupciones de la alineación de Chío vierten sus coladas hacia el sur y las de la de Garachico hacia el norte, mientras que las emplazadas en la silla interior suelen fluir a lo largo del eje (Chinyero, Mña. Reventada, El Ciego, etc.) y, finalmente, verter a uno u otro lado, o incluso a ambos, como Mña. Reventada.

Fuera del Macizo de Teno las erupciones más antiguas son las de Mña. del Topo, Mña. del Banco (15.065±635 años), situadas en su borde. Posteriormente hay un periodo de intensa actividad eruptiva que abarca prácticamente todo el Holoceno.

En este rift se localizan 4 de las 5 erupciones históricas de Tenerife: Boca Cangrejo (1492), Garachico (1706), Chahorra (1798) y Chinyero (1909). Esta zona es, sin duda, la de mayor probabilidad de albergar una futura erupción en la isla.

Un interesante aspecto, que se tratará en detalle en el Capítulo 4 (Petrología y Geoquímica del Complejo Volcánico del Teide y las Dorsales) es la composición de los magmas de las diferentes erupciones en función de su situación relativa en el rift. Las erupciones en la parte distal son predominantemente basálticas y se van diferenciando progresivamente hacia la parte próxima a la conjunción de los rifts y a los estratovolcanes centrales. En la parte central las lavas son de composición intermedia, dándose incluso casos de mezcla de magmas, como en la erupción de Mña. Reventada.

Este interesante hecho tiene importantes derivaciones petrológicas y estructurales, y lo abordaremos en los capítulos correspondientes. Es asimismo relevante en la evaluación de los peligros eruptivos, ya que si bien no existe una pauta definida en la distribución de las erupciones en el rift en cuanto a su edad, sí existe en cuanto a su composición y, por lo tanto, en los mecanismos eruptivos esperables y, en definitiva, en el tipo de erupción probable (explosividad, tipo de coladas, velocidad de flujo, tipo y área de distribución de los piroclastos, etc.). Todas estas características pueden anticiparse con bastante probabilidad simplemente en función de la localización de las futuras erupciones en el rift.

Las erupciones de este rift son consistentemente estrombolianas y no se han observado erupciones freatomagmáticas, ni fases freatomagmáticas en las erupciones estrombolianas, como es relativamente frecuente en otros rifts de La Palma y El Hierro. La única excepción parece ser la de la Mña. de Taco (ARAÑA ET AL., 1986), situada en la plataforma costera de Buenavista.

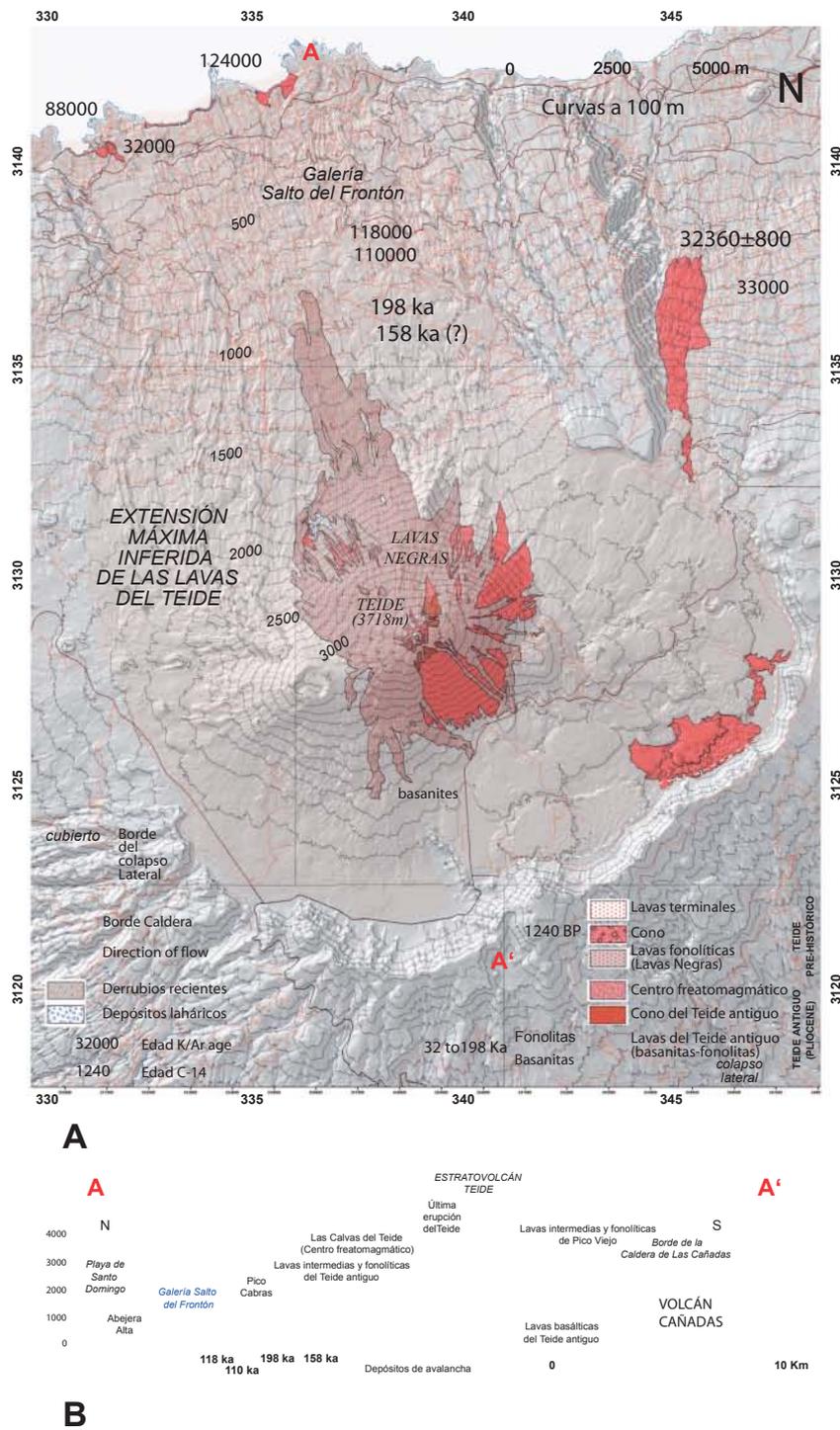


Fig. 3.8. Mapa geológico y sección N-S del estratovolcán Teide.

### 3.4.3. EL RELLENO INICIAL DEL VALLE DE DESLIZAMIENTO DE ICOD-LA GUANCHA. CONSTRUCCIÓN DEL ESTRATOVOLCÁN TEIDE

El deslizamiento del flanco norte del Edificio Cañadas se produce en un tiempo muy corto, desplazando centenares de Km<sup>3</sup> de rocas a velocidades que pudieron alcanzar los 150-300 Km/h (similares a las observadas en la erupción de 1980 del Mount St. Helens). El catastrófico proceso no sólo genera una gran cuenca – el valle de Icod-La Guancha– sino que produce una súbita descompresión, posiblemente con una gran explosión lateral, como en el Mount St. Helens en 1980. Ésta y otras posibles explosiones pueden explicar la brecha explosiva que aparece tapizando zonas del Edificio Cañadas.

En cambio, la brecha que aparece bajo la formación de relleno es la brecha de avalancha (*debris avalanche*) generada por el propio deslizamiento. La fragmentación y alteración en un ambiente a veces saturado en agua ha transformado esta brecha en una capa arcillosa plástica bien conocida por los que perforan las galerías, porque al llegar a esta capa se producen derrumbes que imposibilitan continuar la perforación. BRAVO (1952, 1962) estuvo cerca de descubrir en época muy temprana los procesos de deslizamiento lateral en islas oceánicas, por la facilidad de observación de las formaciones profundas prestada por las galerías. Sin embargo erró en la interpretación del origen de esta formación –que denominó *fanglomerado*– que explicó como la capa plástica responsable del deslizamiento y por lo tanto anterior a éste, cuando en realidad es su consecuencia (MOORE, 1964; WALKER, 1992; CARRACEDO, 1994). Posteriormente, COELLO Y BRAVO (1989) insisten en este modelo, al situar la brecha, que estos autores interpretan como explosiva, en la base del Edificio Cañadas. Sin embargo, en el mismo año (1989) NAVARRO Y COELLO sitúan correctamente la brecha en el fondo del valle de deslizamiento de Icod-La Guancha, interpretándola adecuadamente como la brecha originada por el propio colapso.

Es muy posible que el deslizamiento lateral gigante fuera disparado por un proceso eruptivo en marcha en alguno de los rifts. Eso explicaría que a la descompresión siguiera un largo periodo de erupciones efusivas de naturaleza basáltica, es decir, relacionadas con los mismos magmas primitivos (no diferenciados) que habían estado alimentando las erupciones en los rifts. Como puede apreciarse en el corte de la Fig. 3.8 no hay rastro de magmas diferenciados (fonolíticos) en la base de la formación de relleno, como sería de esperar si el deslizamiento fuese consecuencia de un colapso vertical asociado a una cámara magmática diferenciada.

La ausencia total de paleosuelos y los característicos almogres indica la elevada frecuencia y continuidad de las erupciones que rellenaron la cuenca de deslizamiento. Su carácter efusivo está indicado por la ausencia de niveles de materiales fragmentarios (lapilli o pómez). Las elevadas tasas eruptivas se ponen de manifiesto por las edades radiométricas, que indican la emisión de centenares de metros de coladas en un tiempo relativamente corto (ver Fig. 3.5 B).

Entre los 200 y 180 ka las erupciones son basálticas, de magmas primitivos y relativamente profundos. A partir de esa edad comienzan a diferenciarse dando traquibasaltos, y sólo en las fases muy tardías se empiezan a emitir lavas diferenciadas, fonolitas. El proceso que explica esta variación está relacionado con el relleno de la cuenca y la construcción de un gran estratovolcán en su centro, en la zona de conjunción de los rifts NE y NO. El aumento en altura del edificio volcánico supone una progresiva dificultad para el ascenso del magma a las bocas eruptivas. En consecuencia, éste tiende a emplazarse en cámaras más someras y a ralentizar la frecuencia de erupciones. La menor profundidad y el mayor tiempo de residencia de los magmas en estas cámaras permiten los procesos de diferenciación y cristalización fraccionada que generan los cambios en la naturaleza de las erupciones (de basálticas a fonolíticas), así como de sus mecanismos eruptivos y de los productos resultantes.

Como puede verse en la Fig. 3.8, los afloramientos de esta formación de relleno en los cantiles de la costa norte y en las galerías (Fig. 3.5 B) indican que este proceso de diferenciación es

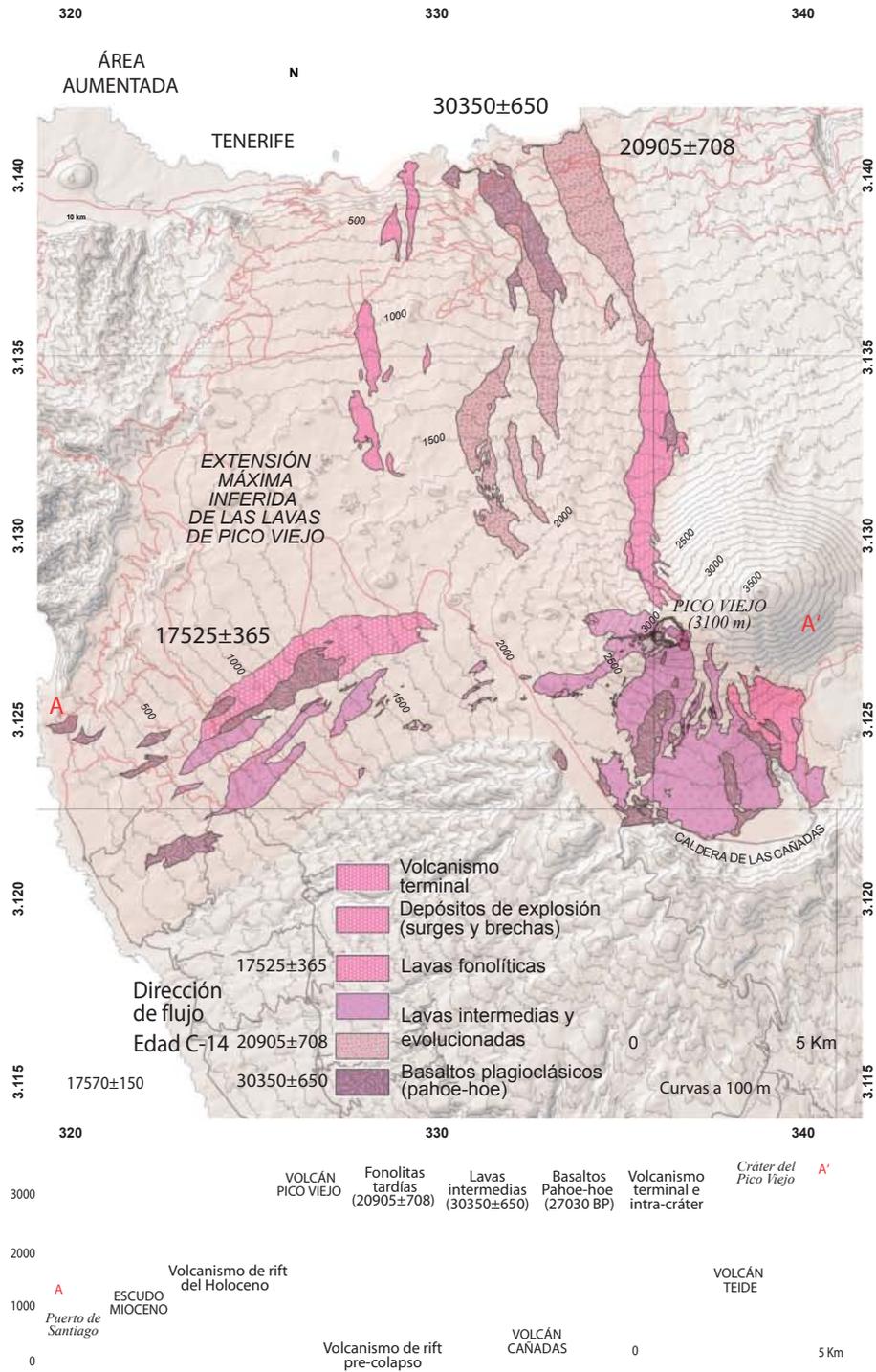


Fig. 3.9. Mapa geológico y sección NO-SE del estratovolcán Pico Viejo.

relativamente tardío, formando las coladas fonolíticas del Teide una última capa relativamente delgada. En síntesis, en la secuencia de esta galería las lavas del Teide llegan hasta los 1000 m, con predominio de lavas intermedias y evolucionadas (de tefrifonolitas a fonotefritas). De 1000 a 600 m se cortan basaltos plagioclásicos correspondientes al Pico Viejo y el tramo final corresponde a las fonolitas de los domos y domos colada de la periferia del Teide.

La extensión de las formaciones de relleno acaban ocupando prácticamente toda la cuenca, formando el edificio pre-Teide. En las fases finales el Teide rellena la Caldera de Las Cañadas hasta la altura de El Portillo, por el que desborda una de las últimas erupciones (32.360 años) hacia el Valle de La Orotava. Otra colada fonolítica alcanza la costa por la Playa de San Marcos, en la costa de Icod de Los Vinos.

El estratovolcán Teide completó su construcción hace unos 30.000 años. Después sólo tuvo una erupción, la de las Lavas Negras, de  $1147 \pm 140$  años. El estratovolcán Pico Viejo, considerado gemelo del Teide, no es sino un aparato volcánico poligénico adventicio del Teide, en cierto modo parecido al conjunto volcánico de Mña. Blanca en el Rift Noreste. En realidad, como se analiza en los Capítulos 4 y 5, es difícil marcar límites netos entre las erupciones que podríamos asignar a los rifts y a los estratovolcanes, así como entre éstos. El modelo más coherente es considerar a todos como parte de un conjunto en que los rifts son los verdaderos responsables, los que han generado el deslizamiento, su relleno y la construcción de los estratovolcanes.

No se han observado coladas del Teide en los sectores del S y SO de la isla, lo que parece indicar que el Teide no logró sobrepasar el borde de la Caldera de Las Cañadas excepto por El Portillo, lo que sí logrará más tarde el volcán Pico Viejo.

### 3.4.4. EL ESTRATOVOLCÁN PICO VIEJO

Considerado por su altura (3100 m) y extensión un estratovolcán gemelo del Teide es, sin embargo, tan sólo un edificio poligénico adosado a su cara oeste, formado en la zona más proximal del Rift Noroeste. La altura es ficticia, porque el Pico Viejo se levanta sobre el flanco del Teide a una altura cercana a los 3000 m, formando en realidad una capa relativamente delgada que se apoya sobre el estratovolcán principal y sobre el flanco occidental del Edificio Cañadas (Fig. 3.9).

Las coladas de Pico Viejo no se imbrican con las del Teide, como se ha observado en las galerías (ver Fig. 3.5 y 3.8). En realidad todo parece indicar que la construcción del Pico Viejo se inicia coincidiendo con la culminación de la construcción del Teide, hace unos 30.000 años. La altura alcanzada por éste en esa época acabó por hacer tan difícil el ascenso del magma hasta la boca sumital que favoreció las emisiones por una boca lateral o adventicia, continuando así hasta la construcción del volcán Pico Viejo, periodo en el que no habrá más actividad del Teide.

Las primeras erupciones son más evolucionadas que las primeras del Teide, extendiendo coladas de basaltos plagioclásicos (*pahoe-hoe*) hacia el norte y hacia el interior de la subcaldera occidental, que rellenan hasta el punto de permitir el desbordamiento de estas emisiones hacia el O y SO, alcanzando la costa por el norte, desde Playa de Sto. Domingo hasta la Playa de San Marcos, y el sur, desde Playa de San Juan hasta Los Gigantes (Fig. 3.9). Estas coladas han sido datadas por  $^{14}\text{C}$  en  $30350 \pm 650$  años (ver Tabla 5).

Las erupciones del Pico Viejo evolucionaron posteriormente hacia términos aún más diferenciados (tefrifonolitas). Hace unos  $20905 \pm 708$  años estas erupciones se extendieron, al igual que las anteriores, hacia el interior de la subcaldera occidental y hacia el N, O y SO.

Finalmente, hace  $17525 \pm 365$  años se producen erupciones fonolíticas que forman el recubrimiento final del Pico Viejo y discurren hacia el interior de la subcaldera occidental —e incluso alcanzan la subcaldera oriental—, así como hacia el N, S y SO.

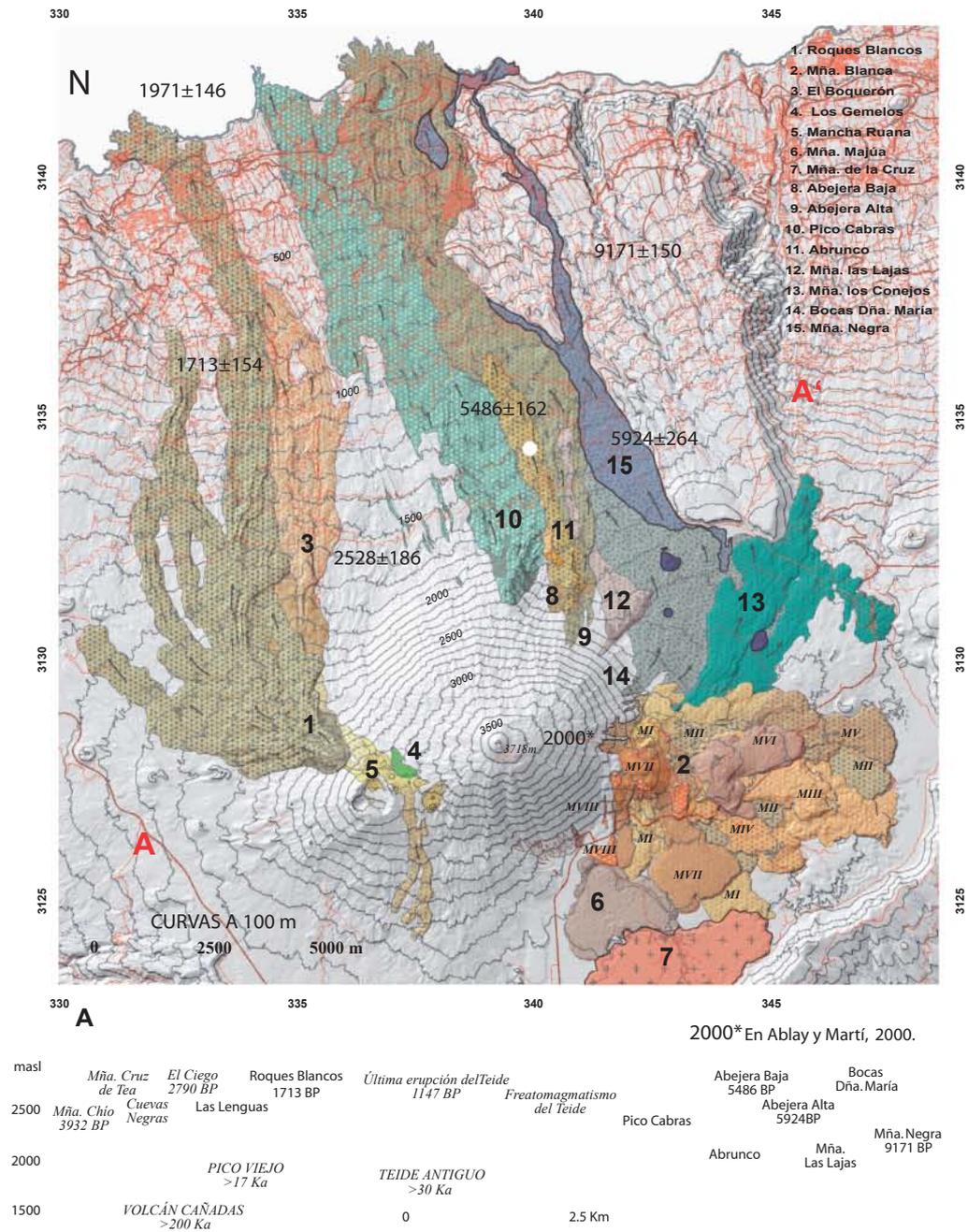


Fig. 3.10. Mapa geológico y sección NO-SE del estratovolcán Pico Viejo.

El volcán Pico Viejo mantiene una actividad residual que se prolonga hasta épocas recientes, posiblemente con erupciones de escasa entidad coetáneas de Mña. Blanca (ABLAY Y MARTÍ, 2000). En una de esas erupciones se produjeron las explosiones freatomagmáticas que destruyeron la parte sumital del Pico Viejo, formando un cráter de explosión de 1 Km de diámetro y generando un manto de brechas explosivas que tapiza la parte alta del volcán. Este episodio freatomagmático es analizado con más detalle en el Capítulo 9 (Erupciones Freatomagmáticas del Complejo Volcánico Teide-Pico Viejo).

### 3.4.5. LOS DOMOS PERIFÉRICOS

Con la culminación de la construcción del volcán Pico Viejo termina la fase principal de formación del complejo central, que sólo tendrá en adelante un volcanismo residual y esporádico, como la última erupción del Teide hace 1147 años. Desde entonces la actividad eruptiva se concentra en el Rift NO, donde se producen frecuentes erupciones fisurales de composición basáltica o intermedia, y en el perímetro basal del Teide y del Pico Viejo, donde se localizan una serie de erupciones fonolíticas que forman domos y domos coladas.

Magmas profundos y poco evolucionados alimentando el rift entran en ocasiones en contacto con los ya evolucionados, residentes en la cámara magmática somera emplazada en la zona central, reactivándola periódicamente. Se compaginan así las erupciones basálticas en la zona distal del rift, con las intermedias y más evolucionadas en las zonas centrales y proximales, explicando los ejemplos de mezclas de magmas, que se analizan en detalle en el Capítulo 4.

Las erupciones fonolíticas alimentadas por la cámara central tienen grandes dificultades en alcanzar las bocas sumitales de ambos estratovolcanes, ya excesivamente altos. Como respuesta, las erupciones se emplazan a menor altura, en bocas adventicias dispuestas generalmente en el perímetro basal de estos edificios volcánicos. El resultado es un espectacular conjunto de domos periféricos, que emiten gruesas coladas que discurren hacia la Caldera de Las Cañadas o hacia el norte, donde alcanzan la costa (Fig. 3.8).

Estas erupciones fonolíticas en forma de domos y domos colada están bien datadas (ver Tabla 3.7). Las que afloran se han producido en su mayoría en el intervalo 9322 BP a 391 AD. Este tipo de domos son frecuentes en el volcanismo andesítico, pero excepcionales en el conjunto de las islas volcánicas de intraplaca, con esta frecuencia y características. Por otra parte, apenas existen estudios publicados sobre este tipo de domos en islas oceánicas, por lo que son analizadas en detalle en el Capítulo 6 (Domos y domos colada del Complejo Volcánico del Teide).

## 3.5. TASAS ERUPTIVAS Y DE CRECIMIENTO DEL COMPLEJO VOLCÁNICO

### 3.5.1. FRECUENCIA DE LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS

Se ha especulado mucho sobre la posibilidad de predecir la fecha de la próxima erupción de Tenerife en función de los intervalos de ocurrencia de las anteriores. Incluso se han promediado todas las erupciones históricas del Archipiélago, dando un valor de unos 30 años de periodo entre erupciones (ARAÑA ET AL., 2000), cálculo absolutamente incorrecto ya que las islas funcionan como sistemas volcánicos totalmente independientes.

Estas predicciones no tenían fundamento por la inexistencia, ya mencionada, de edades absolutas del volcanismo reciente, aportando las históricas un número insuficiente para cualquier estimación fiable. Por otra parte, nada garantiza que los periodos entre erupciones sean similares, por lo que pueden acumularse varias erupciones en un corto periodo mientras que otras pueden espaciarse mucho en el tiempo.

ERUPCIONES VOLCÁNICAS OCURRIDAS EN EL HOLOCENO EN EL SISTEMA TEIDE-DORSALES

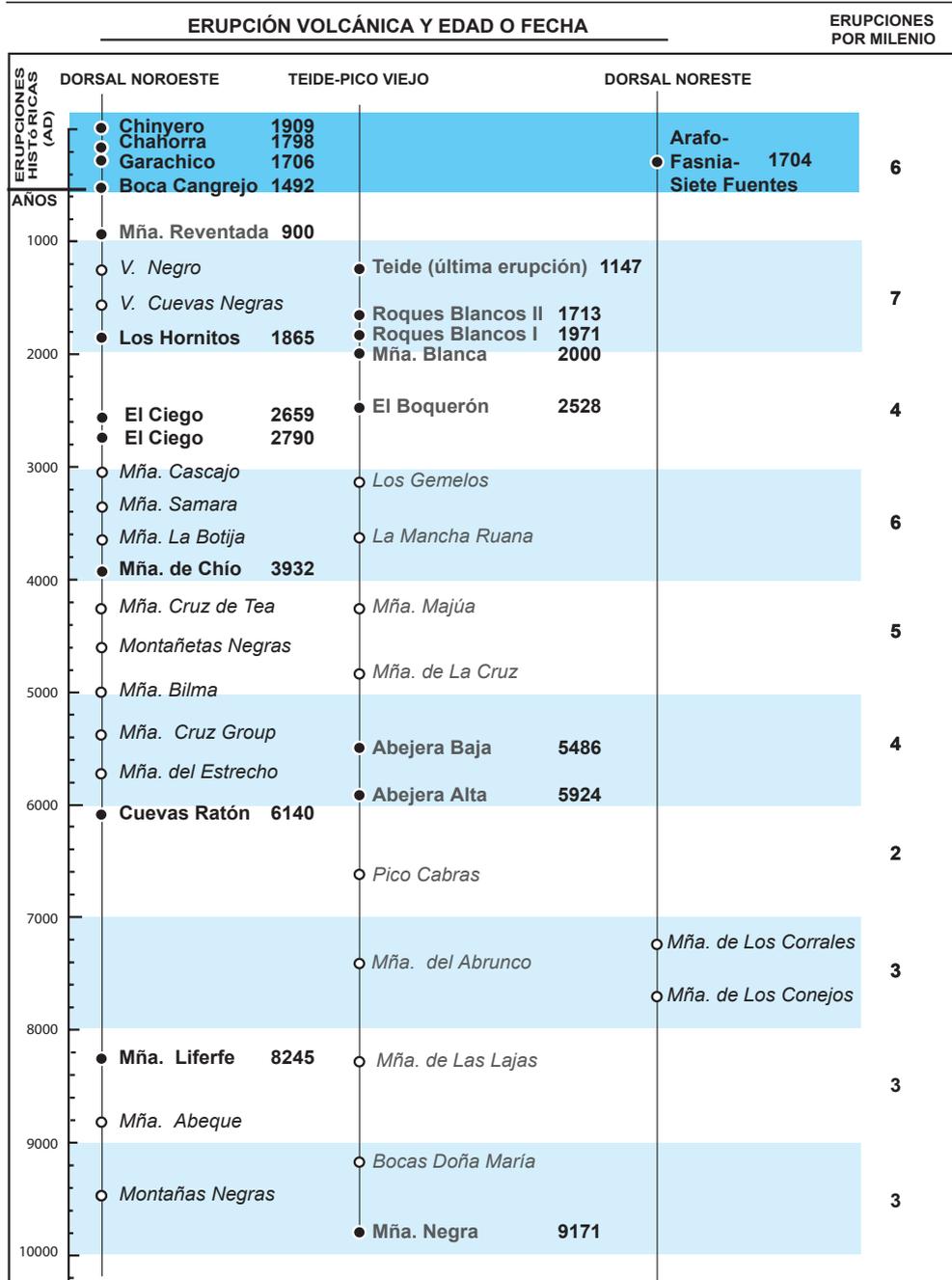
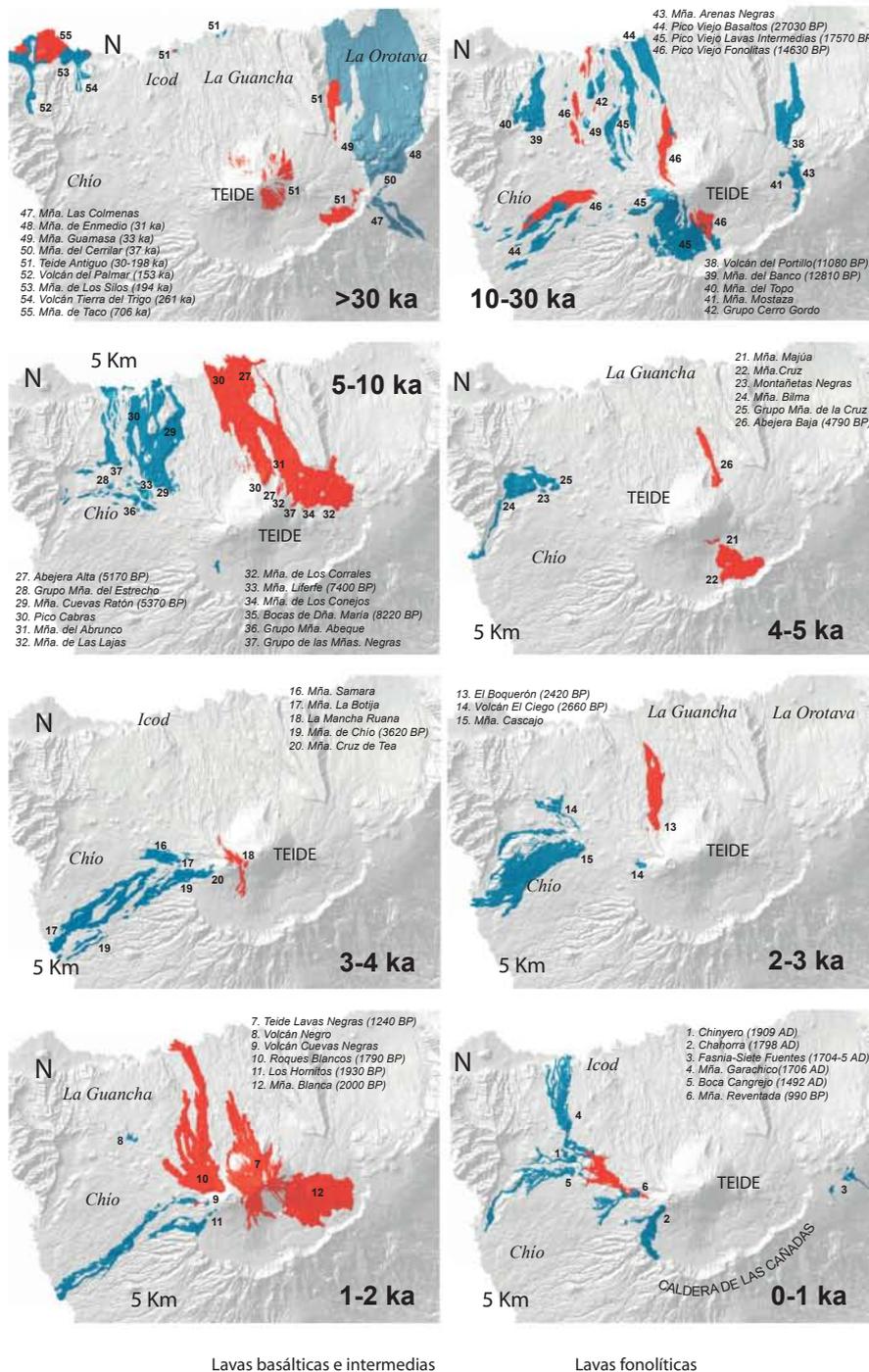
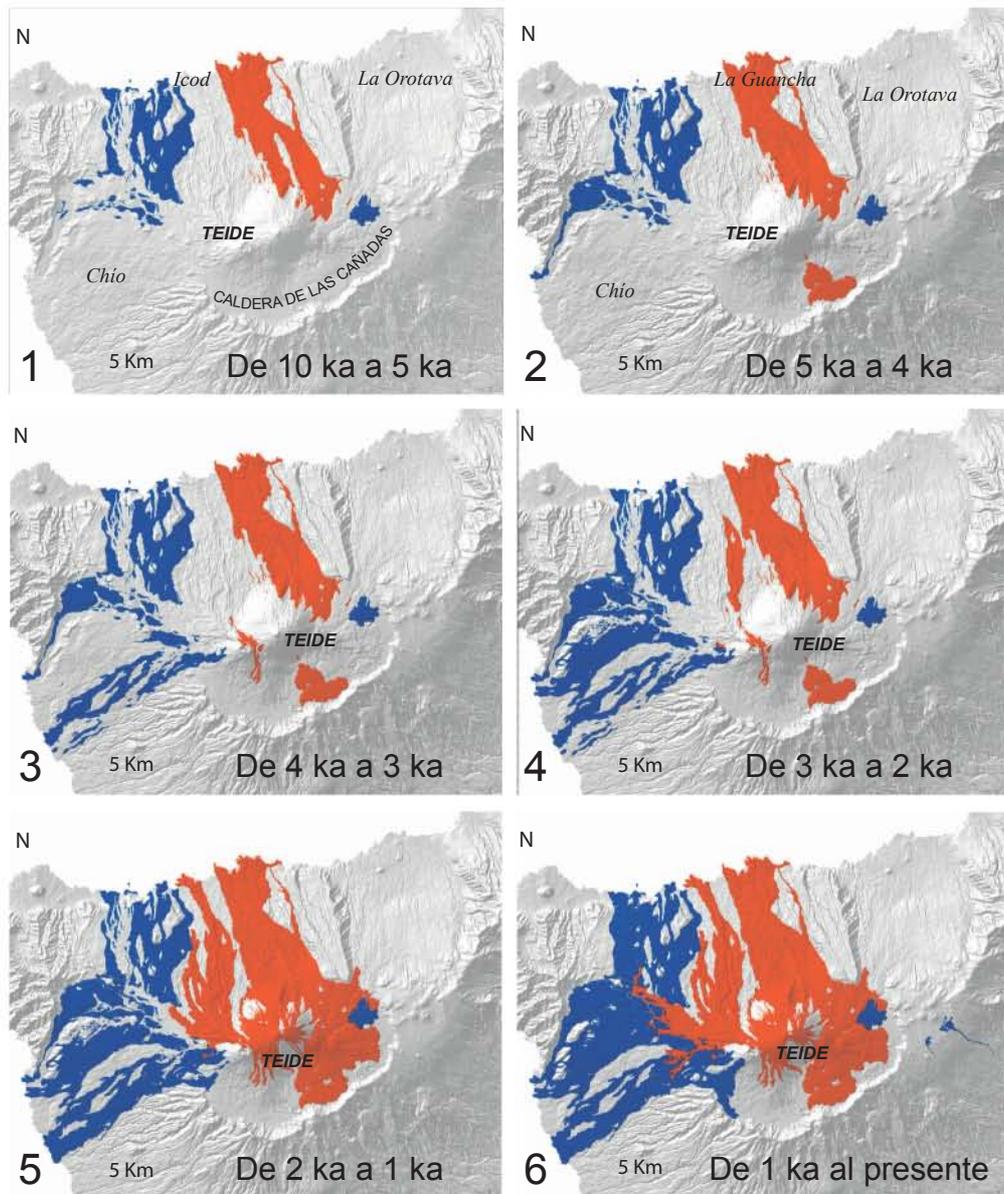


Fig. 3.11. Distribución temporal de las erupciones volcánicas del complejo Rifts-Teide-Pico Viejo en el Holoceno.

## Los volcanes del Parque Nacional del Teide



**Fig. 3.12.** Distribución en el tiempo de las erupciones volcánicas del complejo Rifts-Teide-Pico Viejo, en la zona central y occidental de la isla de Tenerife.



**Fig. 3.13.** Progresivo recubrimiento de la zona del centro y oeste de Tenerife por las sucesivas erupciones de los rifts y del sistema volcánico central durante el Holoceno. Las lavas básicas e intermedias aparecen en azul, y en rojo las fonolíticas. Obsérvese que mientras el Rift NW tiene una relativamente elevada actividad eruptiva, el NE permanece casi inactivo en este periodo. La distribución de las lavas es muy clara en lo que a su composición se refiere, predominando totalmente las erupciones basálticas e intermedias en los rifts y las fonolíticas en el sistema volcánico central. Este efecto se debe muy probablemente a la existencia de una cámara superficial con magmas diferenciados (fonolíticos), que genera una “sombra” para los magmas basálticos de origen más profundo.

En este proyecto se han individualizado por primera vez la mayoría de las erupciones volcánicas del conjunto formado por los Rifts y el sistema Teide-Pico Viejo, especialmente las ocurridas en el Holoceno. De las 41 erupciones definidas en este periodo 5 son históricas y 15 se han datado con  $^{14}\text{C}$ . Las 21 erupciones restantes están situadas en su posición estratigráfica relativa. Al no estar datadas se intercalan entre las dos datadas que las preceden y suceden (Fig. 3.11). A efectos estadísticos y para minimizar los errores, las erupciones no datadas se suponen ocurridas con un intervalo constante entre las erupciones datadas que las limitan, aunque lógicamente esta distribución será más compleja.

En la Fig. 3.12 aparecen proyectadas todas las erupciones del complejo Rifts-Teide-Pico Viejo en su escala de tiempo correspondiente. Podemos observar que la mayoría de las erupciones han ocurrido en el Rift NE y el sistema central Teide-Pico Viejo, particularmente sus aparatos adventicios periféricos. Queda muy patente asimismo la pauta ya mencionada por la que las erupciones basálticas e intermedias ocurren sólo en los rifts, mientras que en el sistema central sólo se dan erupciones fonolíticas. En la interfase entre ambos sistemas aparecen en época relativamente reciente procesos de mezcla de magmas, como en Mña. Reventada y el Volcán de Cuevas Negras, donde coexisten en la misma erupción emisiones basálticas y fonolíticas.

Hay algunas fases en las que la frecuencia de las erupciones parece mayor, aunque esto sólo puede estimarse a partir de las erupciones datadas. Una de estas fases coincide con el periodo histórico, concretamente en el siglo XVIII, en el que se produjeron 3 erupciones volcánicas. Sin embargo, los periodos intereruptivos no guardan una pauta definida, por lo que no es posible establecer estimaciones probabilísticas en relación con la próxima erupción en esta zona, salvo que es la que más probabilidades tiene de albergar la próxima erupción de la isla de Tenerife.

Con la excepción de algunos periodos de mayor frecuencia, las erupciones volcánicas se producen muy espaciadas en el tiempo, como corresponde a un sistema volcánico en una isla en estado de rejuvenecimiento post-erosivo. Como se aprecia en la Fig. 3.11, la frecuencia media es de 5-6 erupciones por milenio en los últimos 5000 años, y más baja en el Holoceno inferior, aunque esto puede deberse a una menor precisión en la definición de las erupciones de este periodo, ya que algunas pueden estar recubiertas por las más recientes.

Es evidente que la tasa eruptiva es muy inferior a la de los rifts de las islas de La Palma y El Hierro (CARRACEDO ET AL., 2001). Esta frecuencia sería mayor en las fases subsiguientes al deslizamiento, pero siempre inferior a la de las islas occidentales, actualmente en el periodo juvenil de desarrollo, muy activo.

### 3.5.2. TASAS DE RECUBRIMIENTO

Estimar la tasa de recubrimiento de una zona por la superposición de sucesivas erupciones puede ayudar a visualizar tanto el nivel de actividad de un sistema volcánico, como el nivel de peligro eruptivo que existe en la zona, aspecto que por su interés se trata en detalle en el Capítulo 10 (Evaluación de peligros volcánicos y del riesgo eruptivo asociados a la última fase eruptiva de la isla de Tenerife).

En la Fig. 3.12 se ha proyectado la extensión recubierta por las erupciones en el Holoceno, acumulando en la Fig. 3.13 el área progresivamente recubierta por los sucesivos eventos. Puede apreciarse cómo prácticamente toda la zona norte y oeste de Tenerife ha sido recubierta por las erupciones holocenas, quedando protegidas topográficamente el Macizo de Tigaiga, el de Teno y el sur de la isla por el efecto de pantalla del borde de la Caldera de Las Cañadas.

Este escenario puede cambiar en el futuro, ya que al igual que el progresivo relleno de la subcaldera oriental permitió que las lavas desbordaran hacia el Valle de La Orotava –situación que podría repetirse en el futuro–, está ocurriendo algo parecido en la subcaldera occidental,

donde existe un portillo formado por la cabecera del Bco. del Fraile, donde el borde de la Caldera de las Cañadas tiene un desnivel que no alcanza 20 m sobre el fondo de la subcaldera. Tanto El Portillo como la cabecera del Bco. del Fraile son pues vías que las futuras erupciones podrían aprovechar para amenazar con sus lavas el Valle de La Orotava y el suroeste de la isla (zona de Playa de San Juan).

El riesgo eruptivo asociado a este volcanismo se tratará con más detalle en el Capítulo 12.

## REFERENCIAS

- ABLAY, G.J., ERNST, G.G.J., MARTÍ, J., SPARKS, R.S. J., 1995. The 2 ka subplinian eruption of Mña. Blanca, Tenerife. *Bull. Volcanol.* 57: 337-355.
- ABLAY, G.J., MARTÍ, J., 2000. Stratigraphy, structure, and volcanic evolution of the Pico Teide-Pico Viejo formation, Tenerife, Canary Islands. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 103: 175-208.
- ARAÑA, V., BARBERI, F., FERRARA, G., 1989. El complejo volcánico del Teide-Pico Viejo. En: *Los Volcanes y La Caldera del Parque Nacional del Teide (Tenerife, Islas Canarias)*. V. Araña y J. Coello, (Eds.), Serie Técnica, ICONA: 85-101.
- ARAÑA, V., FELPETO, A., ASTIZ, M., GARCÍA, A., ORTIZ, R., ABELLA, R., 2000. Zonation of the main volcanic hazards (lava flows and ash falls) in Tenerife, CI. A proposal for a surveillance network. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 103: 377-391
- BRAVO, T., 1952. Aportación al estudio geomorfológico y geológico de la costa de la fosa tectónica de Valle de La Orotava, *Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.)*, 50: 5-32.
- BRAVO, T., 1962. El circo de Las Cañadas y sus dependencias. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (G)* 60: 93-108.
- CARRACEDO, J.C., 1994. The Canary Islands: an example of structural control on the growth of large oceanic island volcanoes. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 60, 3/4: 225-242.
- CARRACEDO, J.C., RODRÍGUEZ BADIOLA, E., GUILLOU, H., DE LA NUEZ, J. Y PÉREZ-TORRADO, F.J., 2001. *Geology and Volcanology of the Western Canaries: La Palma and El Hierro. Estudios Geológicos (Spec.Vol.)*, 57: 171-295.
- CARRACEDO, J.C., PATERNE, M., GUILLOU, H., PÉREZ-TORRADO, F.J., PARIS, R., RODRÍGUEZ BADIOLA, E., HANSEN, A., 2003. Dataciones radiométricas (C-14 y K-Ar) del Teide y el Rift NO, Tenerife, Islas Canarias. *Estudios Geológicos*, 59 (1-4): 15-29.
- CARRACEDO, J.C., PATERNE, M., GUILLOU, H., PÉREZ-TORRADO, F.J., PARIS, R., RODRÍGUEZ BADIOLA, E., HANSEN, A., 2004. Análisis del riesgo volcánico asociado al flujo de lavas en Tenerife (Islas Canarias): Escenarios previsibles para una futura erupción en la isla. *Estudios Geológicos*, 60: 1-34.
- CARRACEDO, J.C., RODRÍGUEZ BADIOLA, E., PÉREZ-TORRADO, F.J., FRA-PALEO, U., HANSEN MACHÍN, A., GUILLOU, H., PATERNE, M., SCAILLET, S. Y PARIS, R., *Eruptive and structural history of the Teide Volcano and the active rift zones of Tenerife, Canary Islands (en prensa)*.
- COELLO, J., 1973. Las series volcánicas en subsuelos de Tenerife. *Estudios Geológicos*, 29: 491-512.
- COELLO, J., BRAVO, T., 1989. Correlación lito-estratigráfica de perforaciones (galerías) en la región central de Tenerife. En: Araña, V., Coello, J. (Eds.), *Los Volcanes y la Caldera del Rift Parque Nacional del Teide. ICONA, Madrid*, 315-320.
- FÜSTER, J.M., ARAÑA, V., BRANDLE, J.L., NAVARRO, M., ALONSO, U., APARICIO, A., 1968. *Geología y Volcanología de las Islas Canarias: Tenerife. Instituto "Lucas Mallada", CSIC, Madrid*, 218 pp.

- GUILLOU, H., CARRACEDO, J.C., PÉREZ-TORRADO, F.J., RODRÍGUEZ BADIOLA, E., 1996. K-Ar ages and magnetic stratigraphy of a hotspot-induced, fast grown oceanic island: El Hierro, Canary Islands. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 73: 141-155.
- GUILLOU, H., CARRACEDO, J.C., PARIS, R., PÉREZ-TORRADO, F.J., 2004. Implications for the early, shield-stage evolution of Tenerife from K/Ar ages and magnetic stratigraphy. *Earth Planet. Sci. Lett.* 222: 599-614.
- LOCKWOOD, J.P., 1995. Mauna Loa Eruptive History. The preliminary radiocarbon record. En: *Mauna Loa revealed. Structure, composition, history and hazards.* AGU Geophys. Monograph 92, Rodees, J.M. and Lockwood, J.P. (Eds.): 8194.
- MARTÍ, J., HURLIMANN, M., ABLAY, G.J., GUDMUNDSSON, A., 1997. Vertical and lateral collapses on Tenerife (Canary Islands) and other volcanic ocean islands. *Geology* 25: 879-882.
- MOORE, J.G., 1964. Giant submarine landslides on the Hawaiian ridge. *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, 501-D: 95-98.
- NAVARRO, J.M., COELLO, J., 1989. Depressions originated by landslide processes in Tenerife, ESF Mtng. *Canarian Volc. Lanzarote*, 150-152.
- NAVARRO, J.M., 1980. Plano geológico del Complejo Teide-Pico Viejo. En: *Islas Canarias, Excursión 121 A+C*, Vol. Esp. dedicado al 26 Congreso Geológico Internacional, París, 1980. *Bol. Geol. y Minero* 91-2.
- QUIDELLER, X., GILLOT, P. Y., SOLER, V., LEFÉBRE, J.C., 2001. K/Ar dating extended into the last millennium: application to the youngest effusive episode of the Teide volcano. *Geophys. Res. Lett.*, 28: 3067-3070.
- RUBIN, M., GARGULINSKI, L.K., MCGEEHIN, J.P., 1987. Hawaiian radiocarbon dates. In: R.W. Decker, T.L. Wright and P.H. Stauffer (eds.), *Volcanism in Hawaii*, U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. 1350, 1, 10: 213-242.
- SOLER, V., CARRACEDO, J.C., HELLER F., 1984. Geomagnetic secular variation in historical lavas from the Canary Islands. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 78: 313-318.
- STEIGER, R.H., JÄGER, E., 1977. Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo and cosmochronology, *Earth Planet. Sci. Lett.* 5: 320-324.
- WALKER, G.P.L., 1992. Coherent intrusion complexes in large basaltic volcanoes- a new structural model. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 50: 41-54.