



Modelos geológicos en 3D de la isla de Tenerife

Ilazkiñe Iribarren Rodríguez

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) i a través del Dipòsit Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) y a través del Repositorio Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service and by the UB Digital Repository (diposit.ub.edu) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

MODELOS GEOLÓGICOS EN 3D DE LA ISLA DE TENERIFE

Itzkiñe Iribarren Rodríguez

Programa de Doctorado de Ciencias de la Tierra

Departamento de Geodinámica y Geofísica

Universitat de Barcelona

Joan Martí Molist
Director

Joan Manuel Vilaplana
Tutor



Barcelona 2014

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

Esta Tesis Doctoral tiene por objeto presentar un modelo tridimensional de la estructura geológica interna de la isla. La aplicación de los nuevos softwares de visualización y modelización geológica 3D al campo de la volcanología nos abre la posibilidad de fusionar la topografía, geofísica y geología tanto de superficie como del subsuelo, para dar forma a los modelos geológicos. Con ello, podemos modelizar por primera vez y de manera conjunta toda la información geológica y geofísica del subsuelo de Tenerife, y de esta forma contribuir al conocimiento sobre el origen de los grandes accidentes morfológicos, los valles de deslizamiento de Güímar, La Orotava e Icod y la caldera de Las Cañadas, que caracterizan esta isla volcánica oceánica. Del mismo modo, se pretende contribuir a la mejora de la vigilancia volcánica en la isla, ya que ésta se basa en la detección de variaciones del sistema volcánico. Al objeto de prevenir riesgos y dada la estrecha vinculación de la prevención con el monitoreo, se requiere un modelo geológico tridimensional, para la óptima localización instrumental y su afinada interpretación.

En la presente Tesis Doctoral se ha combinado la geología de superficie con la observación geológica de los más de 1700 km de galerías horizontales que perforan la isla y de los casi 400 pozos para captación de aguas, así como de estudios de geofísica estructural. Todo ello tratado conjuntamente con modernos softwares de visualización geológica tridimensional, que en los últimos años han sido de uso frecuente en la industria petrolífera, de yacimientos minerales y estudios de cuencas sedimentarias, pero todavía desconocidos en estudios volcanológicos. Tenerife, al igual que otras islas Canarias en las que la búsqueda de recursos hídricos ha conllevado la realización de un número importante de galerías y pozos, ofrece una oportunidad única para la aplicación de estas nuevas técnicas de tratamiento y visualización de la información geológica y geofísica por primera vez al estudio de la estructura interna de un edificio volcánico complejo y de interpretación controvertida.

Los distintos episodios constructivos y destructivos que han configurado el presente edificio volcánico de la isla de Tenerife son bien conocidos, pero su extensión, edad relativa y significado geológico han creado y siguen creando una de las polémicas geológicas y volcanológicas internacionales más importantes de los últimos

años. La razón es la imposibilidad de una observación directa de las estructuras resultantes de los grandes episodios destructivos (calderas de colapso y grandes deslizamientos), por estar parcial o totalmente cubiertas por los productos del complejo Teide-Pico Viejo, razón por la cual la interpretación de dichos procesos se basa en evidencias indirectas, no siempre objetivas, lo que introduce un alto grado de incertidumbre en la misma. Además de la propia importancia científica de esta controversia, principalmente centrada en el origen de la caldera de Las Cañadas y de los grandes valles de deslizamiento, la correcta identificación del origen y alcance de estos procesos catastróficos tiene implicaciones significativas en la evaluación de la peligrosidad en la zona e incluso en la estimación y localización de los recursos hidrogeológicos de Tenerife. Por esta razón el modelo geológico 3D que se presenta tiene una especial relevancia para contribuir de manera definitiva a la resolución de la discusión sobre el origen de Las Cañadas y de los grandes valles de deslizamiento de Tenerife, así como en la identificación del acuífero de Las Cañadas y mejora del sistema de vigilancia de la isla mediante la interpretación de la estructura geológica interna de la misma.

1.1 MARCO GEOGRÁFICO

Tenerife es la isla volcánica de mayor superficie del archipiélago canario (2034 km²), situándose al W de África, frente a la costa marroquí (Figura 1.1). Ubicada entre los 28° y 28°35'N de latitud y 16°8'E y 16°46'E de longitud, su punto más elevado corresponde al pico del Teide, con 3718 m de altitud, aunque la base de la isla está a casi 4000m bajo la superficie del mar. El Complejo Volcánico Teide-Pico Viejo se eleva sobre la depresión de Las Cañadas y parte superior del Valle de Icod. La última erupción ocurrida en la isla data de 1909, tratándose de un volcán de origen basáltico situado en la parte NW, el Chinyero. La isla de Tenerife, en el año 2012 tenía una población de 908.555 habitantes, y un turismo que ascendía a los 500.000 personas/mes.

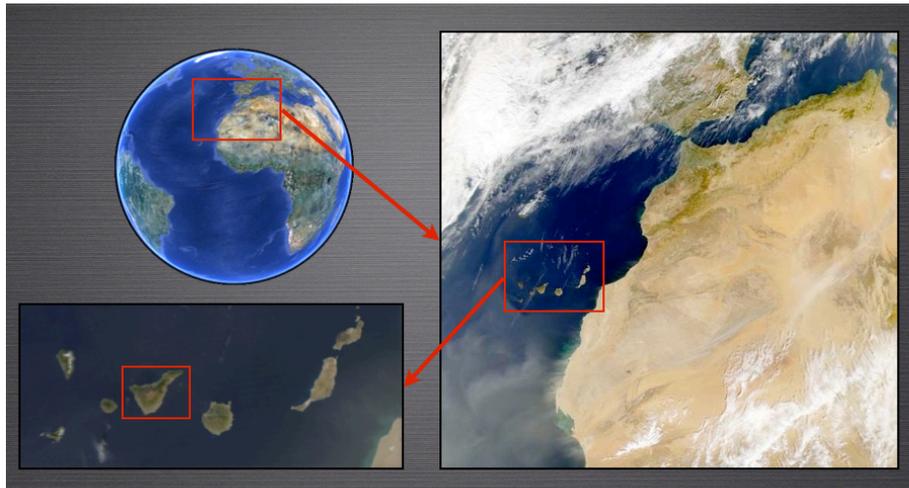


Figura 1.1 Situación geográfica de Tenerife, junto con el resto de islas canarias.

1.2 MARCO GEODINÁMICO

Las Islas Canarias emergen al Este del Atlántico. La corteza oceánica de la zona sobre la que se sitúan comienza a formarse durante el Jurásico (ver escala de tiempo en la Figura 1.2), cuando el continente de Pangea inicia su división. La edad de la corteza en esta área está comprendida entre los 170 y 156 M.a., correspondiendo a la Zona de Calma Magnética del Jurásico (JMQZ), que está limitada por las isocronas de las anomalías magnéticas S1 y M25 (Figura 1.3) (Roest et al., 1992). La isocrona S1, que está al Este del archipiélago, contiene una serie de diapiros salinos que indican la proximidad con la corteza continental africana (Verhoef et al., 1991). En el occidente, la isla de La Palma es la única que queda sobre la corteza formada durante el Cretácico (Figura 1.2), más al W de la anomalía M25. Cabe decir, que existe un patrón de fracturas con dirección aproximada W-E entre las anomalías M34 y M25 (Figura 1.3), que en la JMQZ no se observa tan marcado (Verhoef et al., 1991).

EAÓN	ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	FACIES/LOCAL	M.a.	P.O.	FASES TECTÓNICAS
FANEROZOICO	CENOZOICO	IVº	Holoceno	(Actual)		0.01		
			Pleistoceno	Calabriense	Villafrañguense	1.8		IberoManchega2
			Plioceno	Placenzense	Rusciniense	3.4		Iberomanchega1
				Zanclayense	Turcolense	5.3		IntraZanclay...
	Messiniense	Vallesense		6.5		IntraMessin... BÉTICA		
	Mioceno	Tortonense		11				
		Serravallense		14.5				
		Langhiense		16				
		Burdigaliense		20		Neocastellana		
		Aquitaniense		23.5				
		Oligoceno	Chattense		28		Castellana	
			Rupeliense		34		Pirenaica 2ª	
			Priabonense		37		Pirenaica 1ª	
		Eoceno	Bartoniense		40		Prepirenaica	
			Luteciense		46		Neolarámica	
	Ypresiense			53				
	Thanetiense			59				
	Paleoceno	Daniense		65		PALEOLARÁMICA		
		Mastrichtense		72				
		Campaniense		83				
		Samtoniense		87				
		Coniaciense		88				
		Turonense		91				
		Cenomaniense		96				
		Albiense		108		AÚSTRICA 1ª f		
		Aptiense		114				
		Barremiense		116				
		Hauteriviense		122				
		Valanginiense		130				
		Berriasiense		135		NEOKIMÉRICA		
	Jurásico	Superior		141		NEOKIMÉRICA 1ª f		
		Malm		146				
		Medio		154				
		Dogger		160				
		Bathoniense		167				
		Bajociense		176				
		Aalenense		180				
		Toarciense		187				
		Pliensbachiense		194				
		Sinemuriense		201				
	Triásico	Superior		205		PALEOKIMÉRICA 2		
		Retiense		220		PALEOKIMÉRICA 1		
		Noriense		230				
		Carniense		235				
	Medio	Ladiniense		245				
		Anisiense		245				
		Scytiense		250				
Pérmico	Lopingiense		253					
	Guadalupiense		264		PALATINA (Pfalzica)			
	Cisuraliense		272					
	Artinskiense		280					
	Saxoniense		280					
	Autuniense		300		SAÁLICA			

Figura 1.2 Escala de tiempo geológico para el eón Fanerozoico (imagen parcial obtenida del IGME)

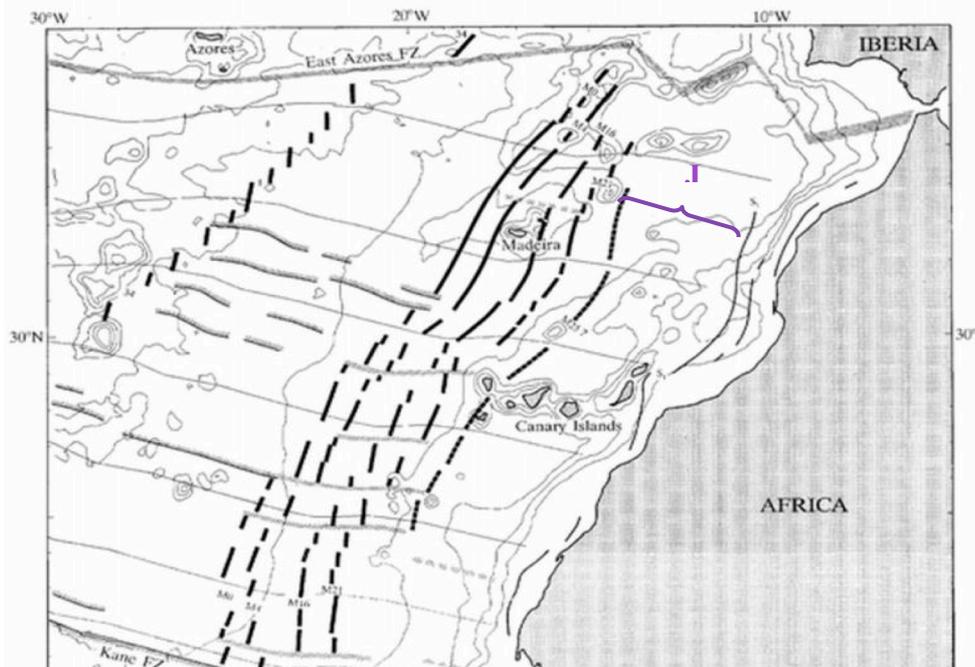


Figura 1.3 Esquema de las anomalías magnéticas y fracturación en la corteza oceánica al W de África. (Verhoef et al., 1991)

A comienzos del Terciario (Figura 1.2), hace unos 60 M.a., la placa africana colisiona con la euro-asiática (Figura 1.4), y esto da lugar a un freno y giro de la placa africana, generando un estado de esfuerzos compresivo ahí donde hoy se encuentran las Islas Canarias (Araña et al., 2000) y los montes del Atlas.

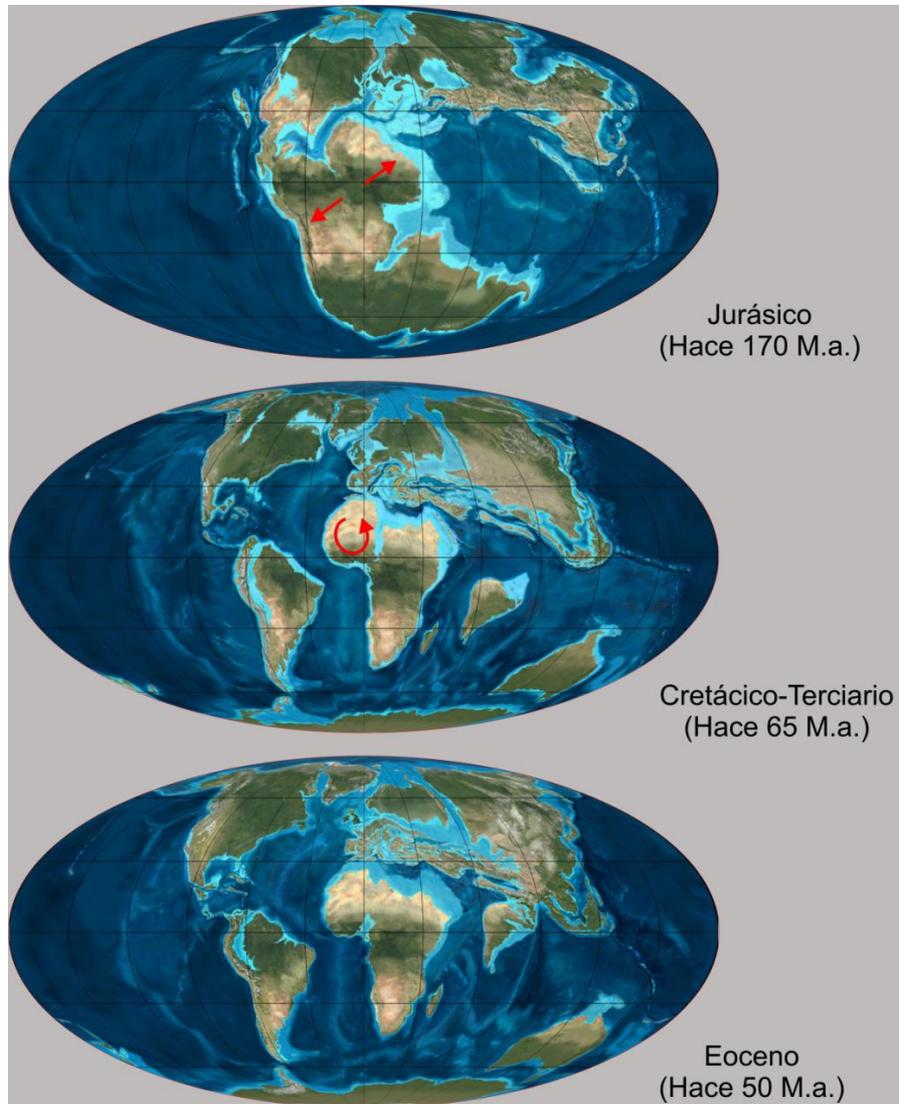


Figura 1.4 Evolución de las placas tectónicas. Modificado de (Bakley, 2014)

El volcanismo parece que comenzó en las islas más orientales durante el Cretáceo superior. Emergió entre el Eoceno y Mioceno en las islas más orientales, y hace unos 3-4 M.a. en las occidentales (Blanco-Montenegro et al., 2008).

En los años 60 comenzó el debate sobre el origen de estas islas y hoy en día aún no existe un acuerdo en la comunidad científica al respecto. Existen al menos seis hipótesis diferentes para explicar el origen del archipiélago canario. Algunas de éstas están basadas en criterios tectónicos, otras en torno a un punto caliente y finalmente en

Anguita y Hernán (2000) presentan un modelo unificado (Figura 1.5), el cual toma ideas de varios de los anteriores.

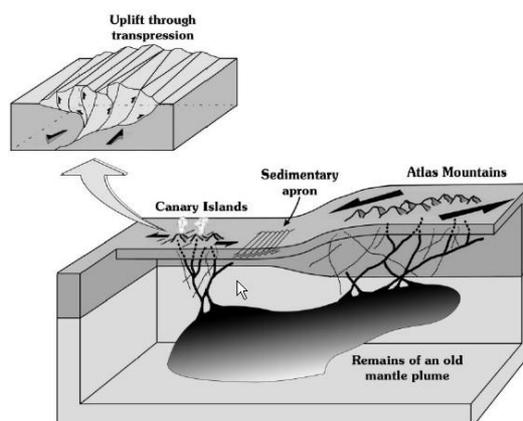


Figura 1.5 Modelo de hipótesis unificadora para explicar el origen de las islas canarias. La ilustración representa una fase transpresiva, donde las islas emergerían con estructuras de tipo flor. (Anguita and Hernán, 2000)

1.3 RASGOS GEOLÓGICOS PRINCIPALES

Tenerife muestra una diversidad de rocas que pertenecen a un volcanismo de naturaleza alcalina de tipo intraplaca. Alberga términos poco evolucionados como son los basaltos y basanitas, pasando por traquitas, traquifonolitas y llegando hasta términos más diferenciados como las fonolitas.

La isla comienza a formarse como un escudo basáltico. Al emerger, las emisiones basálticas se localizan en torno a dos estructuras de rift con direcciones NE-SW y NW-SE, siendo los afloramientos más antiguos los macizos de Teno al NW (6.7-4.5 Ma) y Anaga al NE (6.5-3.5 Ma) en los extremos de la isla y el Roque del Conde al S (12-6.4 Ma) (Figura 1.6). Algunos autores consideran los tres afloramientos basálticos antiguos islotes individuales (Ancochea et al., 1990; Carracedo, 2008), mientras otros indican que hay evidencias de que el escudo basáltico se encuentra bajo la cobertura del complejo central (Blanco-Montenegro, 1997; Gottsmann et al., 2008; Geyer and Martí, 2010). Dicho complejo central sería un complejo volcánico formado posteriormente en el centro actual de la isla (>3.5 Ma hasta el presente, (Ablay and Martí, 2000)), que incluye la construcción del edificio Cañadas, la destrucción de la parte superior del mismo durante la formación de la caldera de Las Cañadas, y la posterior construcción en su interior del complejo activo Teide-Pico Viejo.

El rift del NW-SE (también llamada Dorsal de Santiago del Teide, DNW) y el del NE-SW (Dorsal de La Esperanza, DNE) conectan los macizos de Teno y Anaga (respectivamente) con la parte central de la isla (Figura 1.6). A lo largo de ellos se alinean un número de volcanes. En la zona de intersección de ambos rifts es donde se forma el complejo central (edificios Cañadas y Teide-Pico Viejo). Como consecuencia de estas dos estructuras distensivas tiene lugar un campo de volcanes que ocupa una área en forma de abanico en el Sur de Tenerife (ZVS) (Figura 1.6).

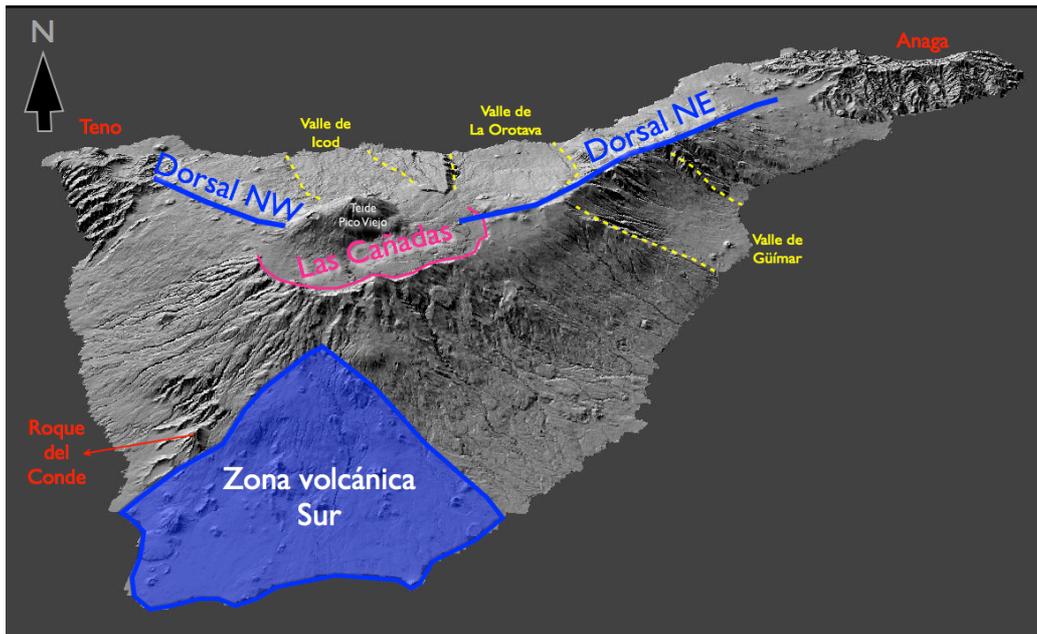


Figura 1.6 Vista 3D de las estructuras principales de la isla de Tenerife

Esta tercera zona de extensión meridional se puede explicar a través de modelos estructurales y numéricos como consecuencia de las zonas de extensión de las dos dorsales (Geyer and Martí, 2010). La densidad de los diques es mayor en los materiales más antiguos (Coello, 1973) en las zonas de rift. (Figura 1.7)

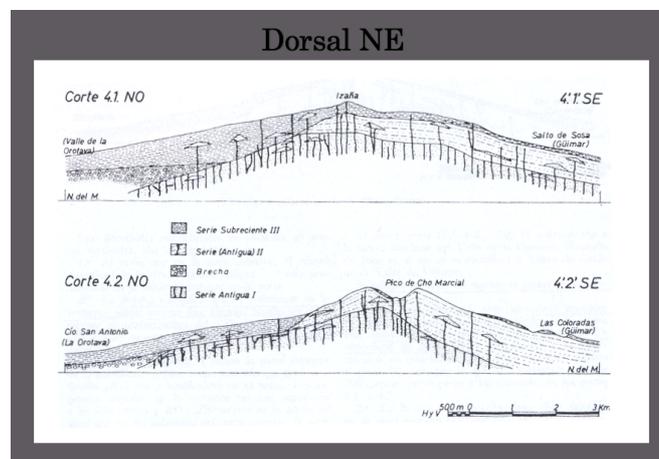


Figura 1.7 Corte transversal de la Dorsal NE. Extraído de Coello (1973)

Otro rasgo geológico y morfológico característico de Tenerife es la presencia de tres grandes valles, Güímar, La Orotava e Icod (Figura 1.6), cuya formación se debe a procesos de deslizamiento de ladera a gran escala. Cabe destacar que en los valles de La Orotava, Güímar e Icod y bajo el macizo de Tigaiga se perforan materiales que no se observan en superficie, de tipo arcilloso con bloques poligénicos y estructura caótica. Se trata de depósitos de avalancha (Bravo, 1962; Fúster et al., 1968; Coello, 1973; Navarro et al., 1989b) formados por grandes deslizamientos y desmantelamiento erosivo de relieves jóvenes.

La extensión lateral de los deslizamientos queda marcada por las paredes verticales que los limitan, pero las cabeceras en algunos casos son más complicadas de ubicar. En el caso del Valle de La Orotava la cabecera se halla en la parte más oriental de la depresión de Las Cañadas. En el caso de la de Güímar, se interpreta como una zona de fractura (Coppo et al., 2010). Sin embargo, no se ha dado todavía con la localización de la cabecera del Valle de Icod, ni por medios directos ni indirectos. Esto ha generado cierta controversia sobre su emplazamiento, ya que hay autores que la sitúan en la pared Sur de la depresión de Las Cañadas, mientras que otros abogan por que está oculta bajo el complejo Teide-Pico Viejo.

Para explicar la formación de la depresión de Las Cañadas existen dos hipótesis. La depresión podría ser la consecuencia de un gran deslizamiento o bien, el resultado de una serie de calderas volcánicas de colapso. Según la primera hipótesis, el mismo deslizamiento que dio lugar al Valle de Icod, tendría su cabecera en la pared Sur de Las Cañadas (Bravo, 1962; Coello, 1973; Navarro et al., 1989b; Carracedo, 1994). De acuerdo con la segunda teoría, la depresión es la consecuencia de una serie de calderas de colapso de la parte superior del edificio Cañadas (Fúster et al., 1968; Araña, 1971; Martí et al., 1994; Araña et al., 2000) que formarían las calderas de Ucanca, Guajara y Diego Hernández, con una migración de W a E y durante un periodo de tiempo que va de 1 Ma a 0.2 Ma. (Figura 1.8b)

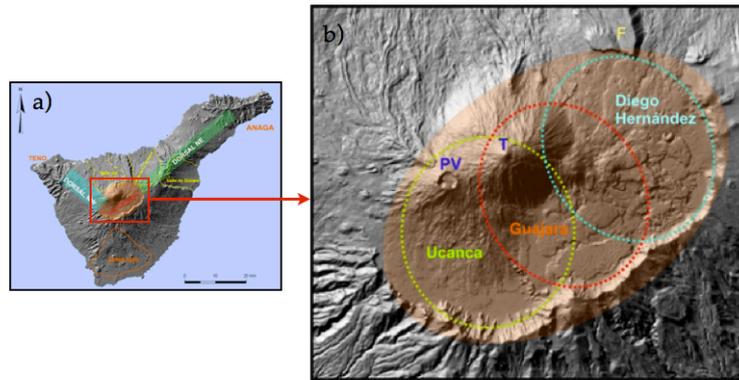


Figura 1.8 a) Estructuras tectónicas y morfológicas principales de Tenerife. b) Caldera de Las Cañadas con la ubicación de las calderas de Ucanca, Guajara y Diego Hernández. T: pico del Teide. PV: Pico Viejo. Según Martí et al, 1994; Martí and Gudmundsson, 2000; Coppo et al., 2008.

El complejo Teide-Pico Viejo crece sobre el cambio de pendiente que se forma entre la depresión de Las Cañadas y el Valle de Icod. Las lavas de naturaleza entre basáltica y fonolítica de estos estratovolcanes, cubren gran parte de la depresión de Las Cañadas, Valle de Icod (Bravo, 1962) y parte oeste del Valle de La Orotava.

Bajo dicho complejo hay un núcleo de alteración, como se ve ilustrado en la Figura 1.8 (Marrero, 2010), y se observa por medio de microgravimetría un cuerpo cilíndrico central, que se interpreta como su sistema de conducto de alimentación (Gottsmann et al., 2008).

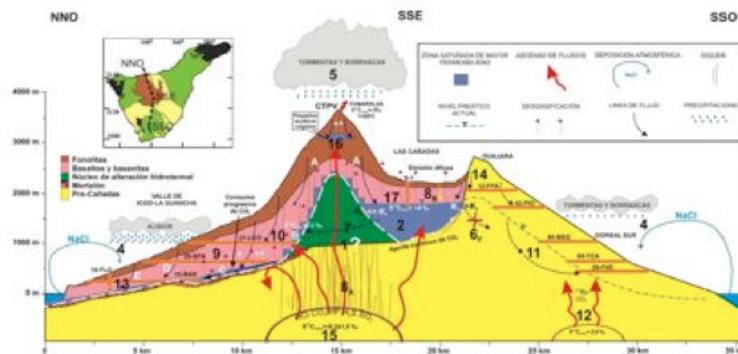


Figura 1.9 Corte transversal de Tenerife con el modelo hidrogeoquímico del acuífero de Las Cañadas (Marrero, 2010)

1.4 TRABAJOS PREVIOS

Son numerosos los estudios realizados en base a la geología y geofísica de la isla. Los trabajos previos a la década de 1990 fueron esporádicos y de investigadores independientes. Así existen los trabajos geológicos de Bravo (1962) y Araña (1971)

sobre el edificio y la caldera de Las Cañadas. La estratigrafía de la isla de Tenerife realizada por Fúster et al. (1968), con la que continuó Coello (1973) centrándose éste segundo más en los valles. De ésta época son también los trabajos de McFarlane y Ridley (1968) que muestran los tres sistemas de fracturas principales. Por entonces ya comienzan los trabajos petrológicos en la isla con Ridley (1970) observando varios ciclos de actividad en el entorno de Las Cañadas. Se utiliza la técnica magnetoteléurica para esclarecer la estructura superficial de la parte central de Tenerife, bajo el complejo Teide-Pico Viejo (Ortiz et al., 1986).

En 1990 el Teide fue uno de los volcanes seleccionados para el estudio del “Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales” y en 1992 como uno de los Volcanes Laboratorio Europeos. Esto hizo que aumentase el interés científico en torno a la volcanología de Tenerife. Como consecuencia de un workshop de la IAVCEI celebrado en el año 1995 se publica una guía de campo geológica (Martí and Mitjavila, 1995). Unos años después (1998) se celebra un nuevo workshop, pero en este caso multidisciplinar, donde se abarca tanto la geología como la geofísica de la isla de Tenerife, dando lugar a un número especial del Journal of Volcanology and Geothermal Research en el año 2000 (Martí et al., 2000). Durante la década de los 90, y culminando con ese número especial del JVGR, queda claramente abierto el debate sobre el origen de Las Cañadas y los Valles de Icod y La Orotava. Las dos hipótesis que se barajan sobre el proceso de creación de la caldera de Las Cañadas son, por un lado la formación debida a grandes deslizamientos, siendo la cabecera de tales eventos la pared sur de Las Cañadas (Ancochea et al., 1999; Cantagrel et al., 1999). Por otro existe la hipótesis que explica la caldera de Las Cañadas como consecuencia de ciclos de colapsos verticales, habiendo al menos tres sucesivos, y en cuyo caso la cabecera del deslizamiento de Icod quedaría oculta bajo el complejo Teide-Pico Viejo (Vieira et al., 1986; Martí et al., 1994; Ablay and Martí, 1995; Ablay et al., 1998; Bryan et al., 1998; Ablay and Kearey, 2000; Ablay and Martí, 2000; Bryan et al., 2000; Wolff et al., 2000). Esta es la razón por lo que muchos de los trabajos irán orientados a esclarecer esta controversia por medio de diferentes técnicas, ya sean estratigráficas, petrológicas, datacionales, estructurales, como geofísicas del entorno subaéreo y submarino circundante a la isla. (Canales et al., 2000; Giordano et al., 2000; Hürlimann et al., 2000; Marinoni et al., 2000; Neumann et al., 2000; Martínez-Frías et al., 2000; Romero Ruiz, et al., 2000; Simonsen et al., 2000; Palomo et al., 1997; Thirlwall et al., 2000; Watts et al., 1995;

Watts et al., 1998). En lo que se refiere al origen del archipiélago, se recogen las diversas hipótesis previas (punto caliente, pompas de magma, anomalía térmica laminar, bloques elevados, fractura propagante) y además aportan una nueva basada en la síntesis de algunas de las anteriores (Anguita and Hernán 2000).

En estos últimos años, destacan los trabajos de Hürlimann et al. (2004) fundamentados en aspectos morfológicos y geológicos del Valle de La Orotava, los de Pittari et al. (2006) que a través de un análisis de la ignimbrita de El Abrigo muestran los mecanismos eruptivos de una de las últimas fases de Diego Hernández, y los trabajos más recientes de Boulesteix et al., (2012 y 2013) sobre megadeslizamientos en las islas canarias. En lo que se refiere a geofísica, continúan los trabajos de magnetotelúrica (Pous et al., 2002). También se analiza el fenómeno de los colapsos de caldera basándose en la conductividad eléctrica y resistividad (Coppo et al., 2008; Coppo et al., 2010) y se vuelven a realizar trabajos de gravimetría para estudios estructurales y de monitorización de la reactivación del complejo volcánico central en 2004 (Gottsmann et al., 2008). En relación con la dinámica de los sistemas de rifts, los autores (Geyer and Martí, 2010) concluyen que los ubicados al NE y NW de la isla son la expresión superficial de la tectónica de la corteza y han sido activos durante toda la evolución de Tenerife. Sin embargo la zona volcánica del sur sería la consecuencia de un campo de esfuerzos extensional (Geyer and Martí, 2010).

1.5 LA SINGULARIDAD QUE FAVORECE EL ESTUDIO

El subsuelo de la isla alberga un sistema acuífero que es el que abastece el consumo hídrico tanto a la población como al sector agrario. Para la extracción del agua, se lleva desarrollando desde 1850 una red de galerías (sondeos horizontales) y pozos que suman más de 1730 km de perforación. He aquí la singularidad de la isla, una red de sondeos que aporta una visión directa de la geología interior. Aprovechando este recurso tan particular, Bravo (1962) propuso su uso como complemento a la geología de superficie y así comprender mejor la estructura geológica. Coello (1973) siguió avanzando en esta idea, considerando además las temperaturas y quimismos de las aguas extraídas. Navarro et al. (1989b) también muestran una serie de cortes geológicos basados en las galerías. Márquez et al. (2008) nos hablan de la inestabilidad del Teide y muestran la estructura interna del estratovolcán basándose en el registro de algunas

galerías de los valles de Icod y La Orotava. Uno de los últimos trabajos realizados con este tipo de información muestra un modelo de la paleotopografía de Icod y la evolución del posterior relleno con los materiales provenientes del Teide-Pico Viejo (Boulestiex et al., 2012).

Ahora, siguiendo esta línea de trabajo y haciendo uso de nuevas tecnologías informáticas y de representación geológica tridimensional, se han realizado modelos geológicos digitales en tres dimensiones de la isla de Tenerife. Una de las ventajas de los softwares disponibles en la actualidad, es que son capaces de modelizar en 3D usando datos geológicos del subsuelo y combinarlos con los datos geofísicos disponibles, lo que además de dar mayor precisión a los datos geológicos, permite comprobar el valor de las interpretaciones geofísicas.

1.6 OBJETIVOS

Tenerife, al igual que la mayoría de las islas volcánicas, está sujeta a una serie de peligros geológicos, la mayoría de ellos de origen volcánico o asociado, que suponen un riesgo considerable para su población y entorno ambiental. El hecho de ser una isla densamente poblada y con una tasa de turismo de las más importantes a nivel mundial, incrementa considerablemente el riesgo potencial causado por fenómenos geológicos de carácter catastrófico. Entre éstos, cabe destacar en la historia geológica de Tenerife el volcanismo explosivo, en ocasiones de condiciones extremas con la formación de calderas de colapso, y los grandes deslizamientos de ladera que implican la removilización instantánea de decenas de kilómetros cúbicos de material de tierra hacia mar y la potencialidad de desencadenar grandes tsunamis.

Ante esta situación, necesitamos incrementar nuestro conocimiento en torno a los riesgos geológicos relacionados con esta isla que contiene un complejo volcánico activo tan importante como el formado por Teide-Pico Viejo. Debemos tener en cuenta que se trata de uno de los complejos volcánicos más peligrosos a nivel europeo junto con el Vesubio, y también a nivel mundial.

Por lo tanto, el **objetivo general** de la presente Tesis Doctoral es la mejora de la comprensión de los riesgos geológicos a gran escala relacionados con eventos catastróficos como son las erupciones explosivas caldéricas o los grandes

deslizamientos. Tras décadas de controversia, en la actualidad todavía no se ha esclarecido el origen de la depresión de Las Cañadas, que resulta de gran importancia para evaluar los riesgos a los que se exponen tanto Tenerife como el resto de las islas canarias y el NW de África. La razón de esta controversia radica en que hasta ahora no ha sido posible cuantificar de manera inequívoca ni el origen de estos procesos catastróficos, ni su extensión e impacto potencial, debido en gran parte a que las estructuras resultantes han quedado cubiertas por los productos del complejo Teide-Pico Viejo y que parte de los depósitos consiguientes han sido emplazados en el mar. La aproximación que proponemos está basada en la combinación de la geología de superficie y del subsuelo con estudios geofísicos. Tiene el fin de obtener modelos geológicos 3D de la estructura interna de Tenerife, ofreciendo la vía adecuada para poder determinar de forma más precisa y definitiva tanto de extensión de estos procesos como su relación temporal, contribuyendo a su vez a una mejora significativa del conocimiento actual sobre su origen. Para ello se analiza la geología actual (visible) de Tenerife, comparando los datos geológicos de superficie y de subsuelo y geofísicos disponibles, y a partir de dicha información se construyen los modelos teóricos de cómo debería ser dicha geología en el caso de cada una de las hipótesis de formación de la caldera de Las Cañadas y los valles de deslizamiento.

Por esta razón los **objetivos específicos** perseguidos son: 1) Revisión y síntesis de la estratigrafía de la isla de Tenerife. 2) Elaboración de una base de datos con la información geológica y geofísica disponible y en el formato adecuado para la construcción del modelo geológico 3D. 3) Representación de la geología actual de Tenerife a partir de los datos observados. 4) Reproducción de modelos geológicos teóricos 3D de la estructura geológica interna de la isla de Tenerife. 5) Determinación de la geometría interna de la caldera de Las Cañadas y comparación de ambas hipótesis principales (colapso vertical o lateral) con la geometría obtenida. 6) Contribución a la mejora del conocimiento de la evolución estratigráfica y volcanológica de la isla. 7) Aportación del nuevo modelo geológico a la vigilancia, sobre todo para métodos geofísicos que requieran inversión u otras técnicas que precisen de una base geológica a gran escala.

1.7 ESTRUCTURA DE LA TESIS

Capítulo 1: Introducción

Se enmarca geográfica y geodinámicamente la isla de Tenerife, que es el área de trabajo. Le sigue una descripción de los rasgos geológicos principales de la isla. Se expone la singularidad que alberga Tenerife, de la cual se vale este trabajo y que consiste en una red de perforaciones horizontales y verticales con registro geológico. Finalmente se enumeran los objetivos del trabajo.

Capítulo 2: Geología y volcanología de Tenerife

Este capítulo comienza con un resumen de la geología descrita por algunos autores. Comprende también una descripción de las unidades volcano-estratigráficas que forman la isla de Tenerife.

Capítulo 3: Presentación de los datos

Aquí mostramos los diversos datos en los que se basó la construcción de los modelos teóricos. Se exponen los archivos shapefile de las perforaciones de la isla, así como el formato de sus registros geológicos y los mapas geológicos que se emplearon. Presentamos también, los trabajos geofísicos utilizado, sin faltar los datos topográficos y batimétricos de Tenerife y su entorno marino.

Capítulo 4: Metodología

La sección de metodología se inicia con la descripción de los softwares utilizados para el desarrollo de este trabajo. Además se exponen los criterios en los que se basa la definición de las unidades volcano-estratigráficas con las que se trabajó. Por otro lado alberga las pautas seguidas para la construcción de la base de datos, cómo se generaron las vistas en 2D y en 3D de la geología y por último, la forma en que se construyeron los modelos geológicos con el programa 3D Geomodeller.

Capítulo 5: Modelo 3D de la geología del subsuelo

Contiene los resultados de los dos modelos construidos y su análisis. Este capítulo está dividido en vistas 2D y 3D, con imágenes de las secciones más relevantes

de los modelos en 2D y vistas volumétricas de las unidades volcano-estratigráficas (3D).

Capítulo 6: Discusión

Incluye un análisis sobre los datos utilizados así como su adaptabilidad al trabajo desarrollado. También se estudia la modelización en 3D en terrenos volcánicos, y finalmente se realiza un análisis de los resultados del subsuelo obtenidos según las unidades volcano-estratigráficas con las que se trabajó.

Capítulo 7: Conclusiones y trabajo futuro

Recoge las conclusiones más relevantes que se deducen del trabajo realizado y se presentan unas líneas de futuros posibles trabajos a realizar.

