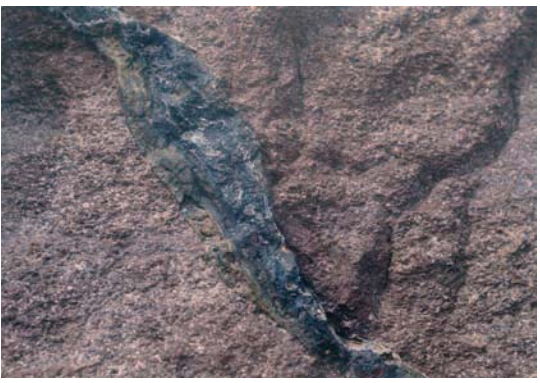

Figura 16. Venas silíceas cortando a las andesitas.

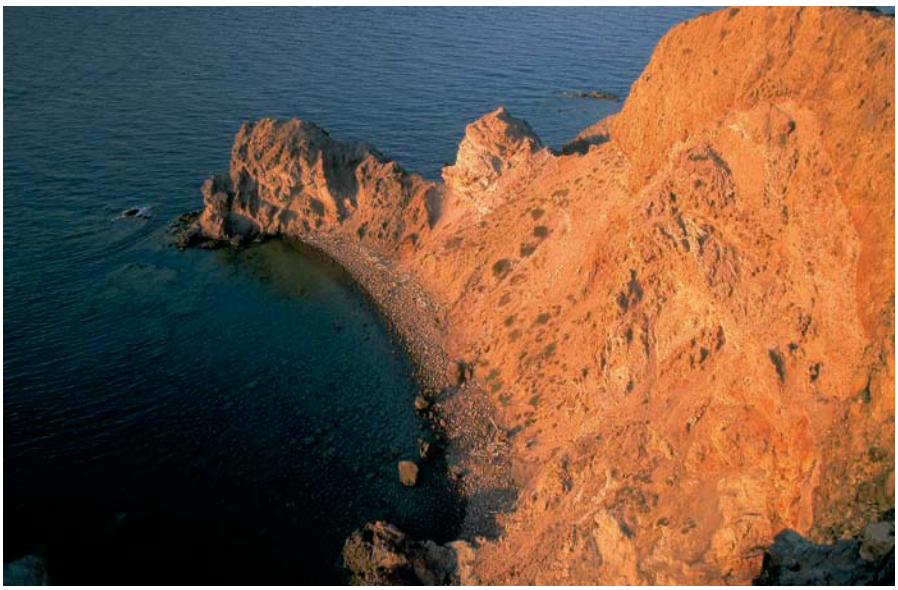

Figura 17. Panorámica de la costa acantilada oeste de isla del Congreso, en la playa de la Sangre (Fuente: GEORAMA).

Figura 18. Panorámica de la costa acantilada en la punta del faro de la isla del Congreso. La parte alta corresponde con un manto de andesitas de la unidad superior (Fuente: GEORAMA).

calidad de experto en petrografía, recibe unas muestras de las islas que le envía el farmacéutico militar destinado en ellas, Miguel Iborra, con el fin de que las estudie microscópicamente. Este fue el primer estudio petrográfico que se hizo de las rocas del archipiélago. Calderón da una clasificación petrológica que se aproximó mucho a la actual, aunque no estableció ningún tipo de cronoestratigrafía, ya que resulta bastante difícil poder hacerla sin haber ido el campo. Petrográficamente distingue cuatro tipos de rocas volcánicas: andesitas compactas oscuras, andesitas compactas rojizas, escorias y tobas. También menciona la existencia de capas de calizas compacta en Isabel II y la isla del Rey, que las supone, erróneamente, de origen marino. Su mayor acierto fue afirmar que la litología volcánica de las Chafarinas era similar a la que había en el SE español, y que su vulcanismo pertenecía a las erupciones desarrolladas en la zona de plegamiento que rodea, de manera casi continua, la cuenca del Mediterráneo. Sin embargo, el hecho de no existir bombas o lapillis en todo el archipiélago y la existencia de "sus" calizas marinas le llevó a concluir equivocadamente que las islas eran de origen submarino.

Los estudios en el siglo XX

A principios de julio de 1905, las Chafarinas reciben, durante ocho días, al primer geólogo español que pisa su suelo: Lucas Fernández Navarro (1869-1930), catedrático de Cristalografía de la Universidad Central. Fernández Navarro las visitó en viaje de estudios dentro de una expedición más amplia por las posesiones españolas del norte de África. El resultado de esa expedición fue publicado tres años más tarde en las Memorias de la RSEHN (Fernández Navarro, 1908), con importantes avances petrológicos y estructurales sobre las observaciones realizadas por Calderón. En la cima de la isla del Congreso, menciona por primera vez la existencia de basaltos. En la cantera de Isabel II reconoce que la isla está compuesta casi exclusivamente por una andesita rojiza. Entre sus observaciones también menciona una red póstuma de pequeñas venas silíceas ± carbonatos (calcita, ankerita y psilomelana) y óxidos de Fe-Mn que atraviesan sólo las andesitas. Uno de sus aciertos está en definir a la isla del Rey como un domo volcánico. También reconoció en las islas tres niveles volcánicos: uno inferior, compuesto por andesitas sin mica; un segundo de andesitas azuladas (en estado fresco) micaceo-anfibólicas, y un nivel superior de basaltos. Observó también que, en las partes altas de Isabel II y el Rey, la serie volcánica estaba cubierta por un travertino calizo. En contra de la opinión de Calderón, consideró, muy acertadamente, que las Chafarinas no eran de origen submarino sino un resto erosivo de un macizo volcánico de importancia mucho mayor.

En la primera mitad de 1921, el interés minero en la zona del protectorado español de Marruecos, principalmente en la zona de Melilla donde la Compañía Española de Minas del Rif explotaba los

yacimientos de hierro, era muy alto. En este contexto, el ingeniero de minas Agustín Marín viaja a Chafarinas y recolecta muestras volcánicas de los tres islotes, dentro de los estudios geológicos que hacía en el protectorado español la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos (Marín, 1921). Sorprende de este autor que no cite, en los antecedentes geológicos, el buen trabajo del geólogo Fernández Navarro y considere sólo el de Calderón que, sin duda, es bastante más incompleto e impreciso. Desde el punto de vista petrológico y estratigráfico, Marín no hace prácticamente ninguna aportación nueva pues su afirmación de que las tres islas constituyeron un macizo único ya lo había dicho Fernández Navarro.

Figura 19. Vista del acantilado en la costa noreste.

En 1998, un grupo de geólogos y biólogos de las universidades de Huelva y Sevilla publican un estudio del Medio Físico del archipiélago, en el que hacen un estudio geológico más completo que los anteriores. Aportan, por primera vez, un informe estructural de la fracturación frágil y de las estructuras de flujo magmático en las tres islas. También realizan un estudio petrográfico bastante completo, en el que concluyen que la mayoría de las rocas aflorantes en el archipiélago son andesitas piroxénicas. En la cima de la isla del Congreso describen, como ya lo hicieran los autores anteriores, basaltos. Igualmente hacen referencia a la existencia de enclaves pequeños de rocas plutónicas o de fragmentos no volcánicos. También a este mismo grupo de técnicos se debe la primera cartografía geológica del archipiélago realizada para el organismo autónomo Parques Nacionales (http://www.mma.es/parques/centasoc/img/geologia_chafarinas.jpg).

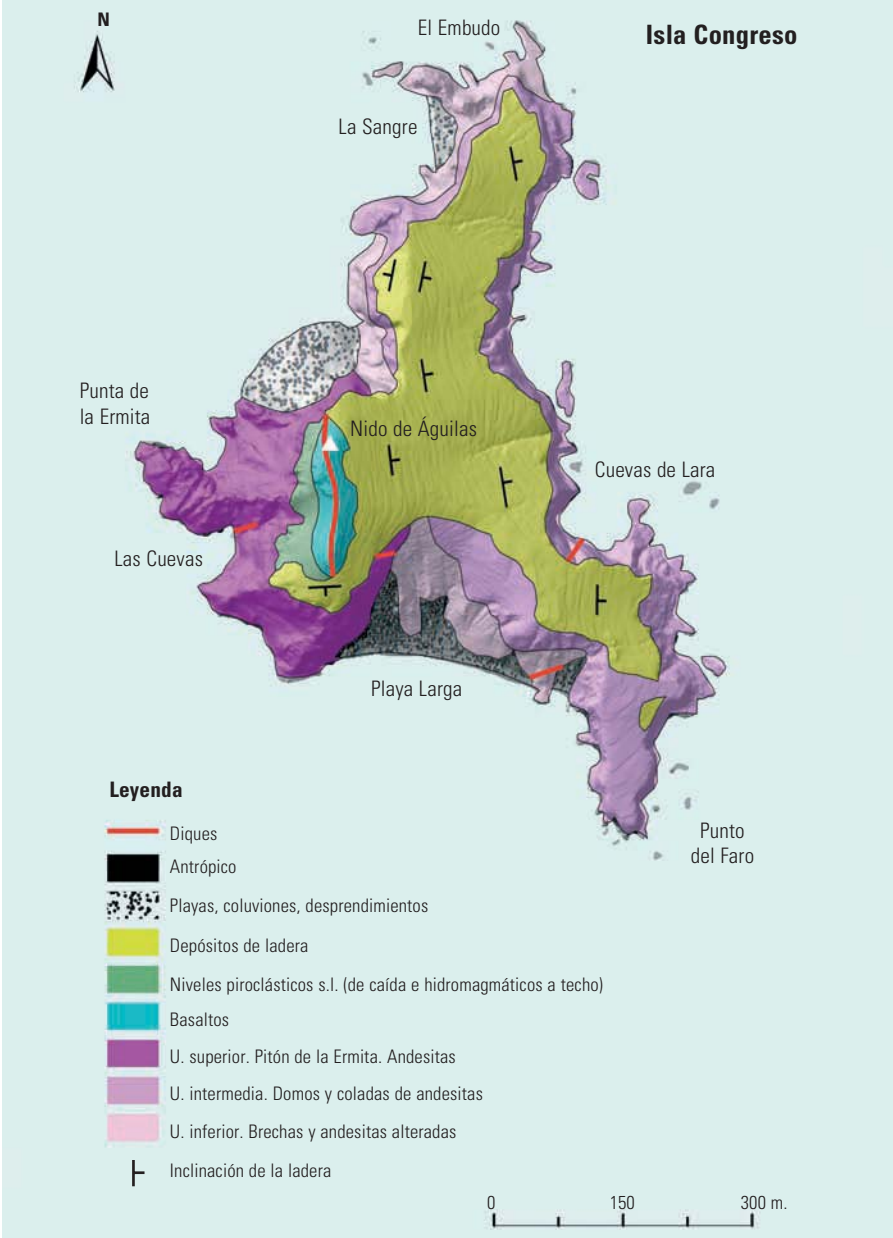

Figura 20. Mapa geológico de la isla del Congreso.

Los últimos estudios geológicos

Hasta hace sólo cuatro años, las islas Chafarinas carecían de la geología oficial elaborada por el Plan MAGNA. De hecho, junto a Ceuta, Melilla y resto de peñones españoles del norte de África, ha sido el último territorio de soberanía española en ser cartografiado geológicamente.

En septiembre de 2003 se programó la primera campaña de campo a Chafarinas.

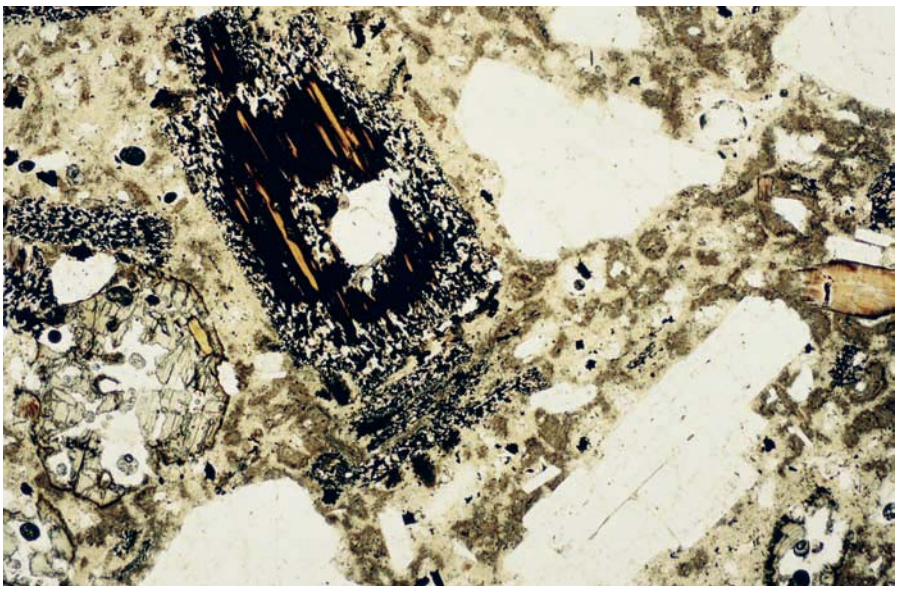

Figura 21. Textura microporfídica de la andesita: a) fenocristales de biotita muy transformada a un mosaico de opacos (nícoles paralelos).

Figura 22. Textura microporfídica de un dique de andesita, con fenocristales de biotita fresca (nícoles paralelos).

Figura 23. Vista del pitón de la Ermita, en la punta del mismo nombre. La parte superior subhorizontal corresponde a la serie alcalina de basaltos del segundo ciclo volcánico.

Los dos autores, junto con los supervisores del IGME, Roberto Rodríguez y Ángel Martín Serrano, viajamos a Melilla el 16 de septiembre con la intención de pasar a las islas al día siguiente. Por la noche, un fuerte temporal se levantó en el mar, haciendo imposible la travesía, y la campaña quedó anulada. En diciembre de ese año, volvemos solos los dos autores y logramos llegar a las islas. Realizamos prácticamente toda la cartografía geológica (Pineda, 2003) y la toma de muestras, con la ayuda de la zodiac y el técnico que la llevaba, pertenecientes ambos a la estación biológica que Parques Nacionales tiene allí.

En septiembre de 2004 volvimos nuevamente, esta vez acompañados por los dos supervisores del IGME que no pudieron ir el año anterior. En este viaje, los cuatro nos alojamos en las habitaciones del faro, y dedicamos la campaña a completar el muestreo y a perfilar detalles cartográficos de las islas.

Las aportaciones conseguidas en estas campañas al conocimiento de la geología del archipiélago son: la precisión cartográfica de varias unidades volcánicas hasta entonces no diferenciadas; el descubrimiento, cartografía y estudio petrológico de la importante red de diques presente en la isla del Congreso, la caracterización petrológica de los enclaves que tienen las andesitas, y la realización de la primera cartografía geomorfológica del archipiélago.

El contexto geológico regional del archipiélago

Las grandes unidades geológicas del entorno de las islas Chafarinas están representadas por el Dominio de Alborán localizado, en su mayor parte, en el mar del mismo nombre. Estas grandes unidades coinciden, de forma general, con las denominadas tradicionalmente Zonas Internas Bético-Rifeñas. También forma parte de él la terminación oriental de la cordillera del Rif, constituida geológicamente por el Rif externo (dominio magrebí), y su antepaís, en el continente. Ambas unidades conforman,

Figura 24. Detalle de la disyunción columnar del pitón de la Ermita.

Figura 25. Afloramiento superior de las coladas basálticas subhorizontales, discordantes sobre el Pitón de la Ermita (parte inferior).

con las cordilleras Béticas del sur y sureste de España, la cordillera Bético-Rifeña.

El macizo volcánico que constituye el archipiélago de Chafarinas está totalmente relacionado con el vulcanismo de la zona oriental del Rif. El vulcanismo neógeno y cuaternario de la cordillera Bético-Rifeña se encuentra localizado sólo en la parte oriental del mismo, tanto sobre el dominio de Alborán, como sobre el Rif externo. A menudo, está relacionado con fases tectónicas extensionales, a favor de las cuales se han generado cuencas terciarias post-orogénicas. El primer vulcanismo, el más importante volumétricamente, es de edad neógena, y se encuentra en las zonas del cabo de Gata y de Mazarrón-Cartagena, en las cordilleras Béticas. En el norte de África, se extiende desde el macizo costero de Ras Tarf, al Oeste de Melilla, y parece haber emigrado de oeste hacia este.

Con menor importancia, hay un vulcanismo basáltico-alcalino, con edades comprendidas entre 5,6 y 1,5 Ma. (El Bakkali et al., 1998) que, sin embargo, no es exclusivo de la parte oriental de la cordillera Bético-Rifeña, ya que sus manifestaciones aparecen también más al noreste (Cofrentes, Valencia) y, sobre todo, se prolongan hacia el suroeste según las directrices NE-SO del Atlas. En la parte oriental del Rif este vulcanismo alcalino puede superponerse al volcanismo anterior, en los mismos centros de emisión como ocurre en el macizo del Gurugú y satélites (sur de Melilla).

El vulcanismo de las islas

En la *figura 15* está representado el mapa geológico de las islas, según datos adaptados de Pineda (2003). Mucha de la información geológica que se expone en este artículo está tomada, fundamentalmente, del Plan MAGNA, realizado por el IGME en 2003, aunque ya Pineda y Barrera (2004) avanzaron parte de la misma en la ponencia presentada en el VI Congreso Geológico de España celebrado en Zaragoza.

Las rocas volcánicas de las islas Chafarinas corresponden a dos momentos eruptivos muy diferentes. Las erupciones más antiguas emitieron magmas andesíticos calcoalcalinos, mientras que las posteriores y últimas son emisiones basálticas-traquibasálticas alcalinas. Ambos episodios tienen carácter subaéreo, no habiéndose encontrado ningún material volcánico submarino como insinuaba Calderón. Eso significa que si hubo un primer episodio submarino, el nivel actual del mar lo oculta.

Aunque no se poseen datos geocronológicos ni geoquímicos de ninguno de los afloramientos del archipiélago, se puede suponer que, dada la similitud magmática del vulcanismo de estas islas con el resto de la provincia volcánica norteafricana, el primer episodio se produjo durante el mioceno superior, mientras que el segundo sería plioceno. Según esto, puede suponerse que el vulcanismo se inició hace 9-8 millones de años, aproximadamente, y, después de un periodo erosivo prolongado, se reactivó en el plioceno.