



## **ESTUDIO DE LA COMPOSICION PETROGRÁFICA DE LAS ARENAS EN PLAYAS DE GRAN CANARIA Y LA GRACIOSA (ISLAS CANARIAS, ESPAÑA)**



**Yorana da Lomba Barros**

Supervisión académica por

**Dr. José Mangas Viñuela**

Julio, 2020

Tesis presentada para obtener el título del Master Interuniversitario en Oceanografía (ULPGC)

**ESTUDIO DE LA COMPOSICION PETROGRÁFICA DE LAS  
ARENAS EN PLAYAS DE GRAN CANARIA Y LA GRACIOSA  
(ISLAS CANARIAS, ESPAÑA)**

por

**Yorana da Lomba Barros**

Tutor

**Dr. José Mangas Viñuela**

Instituto de Oceanografía y Cambio Global, IOCAG  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria  
Facultad Ciencias del Mar

---

Dr. José Mangas Viñuela  
Facultad Ciencias del Mar  
Instituto de Oceanografía y  
Cambio Global, IOCAG  
Universidad Las Palmas  
de Gran Canaria

Yorana da Lomba Barros  
Facultad Ciencias del Mar  
Master Interuniversitario en  
Oceanografía  
Universidad Las Palmas  
de Gran Canaria

**A mis amados padres**

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN.....  | iv |
| 1) INTRODUCCIÓN .....   | 1  |
| 2) ANTECEDENTES.....  | 2  |
| 3) OBJETIVOS, AREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA .....                 | 4  |
| 4) MARCO GEOLÓGICO DE LAS ISLAS DE GRAN CANARIA Y LA GRACIOSA.... | 7  |
| 5) RESULTADOS.....  | 11 |
| 5.1) Bahía del Confital .....                                     | 14 |
| 5.2) Telde .....  | 19 |
| 5.3) San Bartolomé de Tirajana.....                               | 20 |
| 5.4) Isla de La Graciosa.....                                     | 27 |
| 6) DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....                                  | 28 |
| 7) CONCLUSIONES .....   | 35 |
| 8) AGRADECIMIENTOS .....  | 37 |
| 9) BIBLIOGRAFIA.....  | 37 |

## RESUMEN

Las playas son un recurso importante en Canarias desde el punto de vista social y principalmente económico. Constituyen ecosistemas naturales que presentan singularidades y una alta geodiversidad y biodiversidad. A su vez, muestran una notable fragilidad ante procesos naturales y también ante las actuaciones antrópicas.

Desde hace varios años, los sistemas playa-duna de las islas de Gran Canaria y La Graciosa han sido objeto de interés por parte de varios grupos de investigación del IOCAG, Instituto de Oceanografía y Cambio Global (<http://iocag.ulpgc.es>), principalmente el de Geología Aplicada y Regional (GEOGAR), y el de Geografía Física y Medioambiente (GEOFISMA), donde dentro de las distintas investigaciones desarrolladas, se han hecho estudios de petrografía. El objetivo principal de este trabajo, es la revisión de los trabajos petrográficos que existen en la bibliografía sobre la composición de las arenas de algunas de las playas más representativas de las islas de Gran Canaria y La Graciosa, para conocer la procedencia de sus sedimentos arenosos, su composición y su abundancia relativa. En este sentido, el área de estudio se ha centrado en 22 playas, 17 en Gran Canaria y 5 en La Graciosa.

En nuestro estudio, se analizaron los resultados llevados a cabo sobre unas 50 láminas delgadas de muestras de arena, que están recogidas en distintas publicaciones correspondientes a diferentes investigaciones y realizadas a lo largo de casi tres décadas, ya que no se han llevado a cabo estudios de laboratorio petrográficos, por motivos de la pandemia del coronavirus. Estos estudios petrográficos se efectuaron con un microscopio petrográfico *Leitz Wetzlar Leitz-Orthoplan*, y el contador de puntos *PETROLIG*, junto con microfotografías de los materiales.

El tratamiento de los datos y su contextualización, han permitido relacionar los sedimentos arenosos con el área fuente, vinculándolos con las distintas etapas constructivas de las islas. Así que, obtenemos las conclusiones de que, la composición litológica de los granos de arena en Gran Canaria y la Graciosa, predominan los componentes terrígenos volcánicos: fragmentos de rocas máficas basálticas y félsicas traqui-fonolíticas, junto con minerales ferromagnesianos como olivino, piroxeno, óxidos de Fe-Ti, y anfíboles, y leucocráticos como los feldespatos. Con respecto a los porcentajes de abundancia de los distintos componentes, se ha comprobado que varían en cada playa, o en cada sector que aglutina varias playas. Su variabilidad depende de factores geológicos y geomorfológicos. Las islas Canarias, al ser islas volcánicas asociadas a un punto caliente, muestran una génesis y evolución geológica singular, pues constituyen un ambiente geotectónico particular. Por lo tanto, los resultados petrográficos en las arenas de playas canarias son difíciles de comparar con los obtenidos en otros ambientes geotectónicos (playas en márgenes continentales, en islas de zonas de subducción o de origen tectónico, entre otros), sobre todo de la composición de los terrígenos.

## 1) INTRODUCCIÓN

Las playas son un recurso fundamental en Canarias desde el punto de vista social y económico. Buena parte del modelo económico actual en el archipiélago se fundamenta en el negocio turístico de sol y playa. En paralelo, las playas constituyen unos ecosistemas naturales que presentan singularidades y una alta geodiversidad y biodiversidad. A su vez, muestran una notable fragilidad ante procesos naturales como, por ejemplo, los grandes temporales marinos, y también ante las actuaciones antrópicas. Algunos de los sistemas playa-duna de Canarias están protegidos por legislación insular, regional, nacional e internacional, pero las amenazas son continuas.

Desde hace varios años, los sistemas playa-duna de las islas de Gran Canaria y La Graciosa han sido objeto de interés por parte de varios grupos de investigación del IOCAG, Instituto de Oceanografía y Cambio Global (<http://iocag.ulpgc.es>), principalmente el de Geología Aplicada y Regional (GEOGAR), y el de Geografía Física y Medioambiente (GEOFISMA). Dentro de las distintas líneas de estudio desarrolladas por estos equipos, una ha sido la de analizar y conocer la composición de los granos de arena, tanto desde el punto de vista mineralógico y petrológico (estudios de petrografía).

En este contexto, la finalidad de este trabajo de fin de master ha sido la de hacer una revisión de las investigaciones petrográficas que se han ido ejecutando, particularmente en estas últimas décadas, en diversas playas y sistemas eólicos de las islas Canarias orientales (principalmente, en La Graciosa, Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria). Para este estudio se han seleccionado una serie de playas en las islas de Gran Canaria y La Graciosa (Fig. 1), por su diferente historia y evolución geológica. Con esta revisión de publicaciones petrográficas de los sedimentos arenosos se pretende determinar de forma integrada y global, si hay semejanzas o diferencias en la naturaleza de los granos de arena, tanto en playas de una misma zona costera (sector), como dentro de una isla o entre islas de historias geológicas distintas. Por otra parte, analizando la geología y la geografía de estas playas seleccionadas se puede realizar una aproximación a los factores de la gea que pueden condicionar la variabilidad o semejanza composicional de estas costas arenosas. Es evidente que en ello influyen otros condicionantes como, por ejemplo, climáticos, oceanográficos, biológicos, antrópicos, históricos, pero estos no se van a considerar aquí, pues es necesario delimitar el objeto de estudio.

Así pues, con la revisión bibliográfica se pretende realizar una aproximación de la procedencia de los sedimentos arenosos costeros, lo que permitirá conocer el área fuente de las arenas de las playas y que parámetros geológicos-geográficos pueden producir variabilidad en la composición de los sedimentos de las playas seleccionadas. Los datos que se obtengan se pueden

correlacionar entre sí y con otros resultados obtenidos en otras playas, con el fin de ver las especificidades de las playas en distintos entornos.



Figura 1. Localización geográfica de las islas de Gran Canaria (A) y La Graciosa (B) en el Archipiélago Canario, que son objeto de estudio de este trabajo (fuente: modificado de Google Earth).

## 2) ANTECEDENTES

Los estudios petrográficos para determinar la naturaleza de los sedimentos son una herramienta interesante para conocer el origen de los componentes detríticos, el entorno geográfico y geológico donde se formaron y movilizaron, y cómo evolucionan en el espacio y en el tiempo en los distintos ambientes deposicionales. Los análisis petrográficos al microscopio óptico de muestras de sedimentos y rocas sedimentarias son una línea de investigación clásica en petrología sedimentaria y sedimentología, y se ha usado frecuentemente en trabajos de geología aplicada sobre caracterización de sedimentos continentales y marinos de distintos ambientes sedimentarios, el análisis de cuencas sedimentarias actuales y pasadas, en exploración de combustibles fósiles (petróleo y gas natural) y de recursos minerales terrestres y marinos (como en áridos, placeres, fosforitas, etc.), o en la regeneración de playas naturales degradadas de forma natural o antrópica, o en la creación de playas artificiales. En este sentido, indicamos que los grupos de investigación que trabajan en estos temas se concentran en departamentos e instituciones de Mineralogía, Petrología, Estratigrafía, Geomorfología o Recursos mineros. La mineralogía óptica es la ciencia que usa el microscopio geológico para identificar, caracterizar y clasificar los materiales geológicos. Además, la herramienta del contaje de puntos en los análisis petrográficos es fundamental para conocer los porcentajes de los distintos componentes y con ellos hacer las interpretaciones correctas de forma numérica. También, el empleo de métodos matemáticos e ingenieriles para interpretar los datos son metodologías usuales en estos estudios petrográficos pues tratan estadísticamente los resultados y modelizan los sistemas sedimentarios desde las etapas de meteorización y erosión, a la de transporte, a la sedimentación y la diagénesis. A lo largo del tiempo, se han estudiado materiales geológicos muy diversos tanto sedimentos

detrítico sueltos actuales de ríos, playas, dunas, etc., como rocas sedimentarias de areniscas, limonitas y conglomerados de distintas épocas geológicas, con el fin de conocer las áreas fuentes de las partículas y su selección en los procesos de transporte y sedimentación. Igualmente, las muestras estudiadas en las publicaciones petrográficas proceden de variados ambientes geotectónicos y sedimentarios como, por ejemplo, rocas del interior de los continentes de distintas edades, de márgenes continentales activos o pasivos, de costas en distintos océanos, de ambientes insulares, etc. Por ello, las áreas fuentes de sedimentos detríticos es muy diversa y pueden proceder de la erosión de rocas de carácter magmático (volcánica o plutónica), metamórfica y sedimentaria. Por consiguiente, la variabilidad de resultados petrográficos es grande y las interpretaciones son particulares en cada zona estudiada, pero significativas para correlacionar y discernir distintos ambientes sedimentarios en variadas zonas geotectónicas globales. Estas investigaciones metodológicas sobre procedencia de sedimentos y estudios aplicados comenzaron a publicarse en la bibliografía internacional a lo largo del siglo XX, pero sobre todo en la segunda mitad del siglo pasado hasta la actualidad (Galehouse, 1975; Basu, 1976 y 1985; Basu et al., 1976; Dickinson y Suczek, 1979; Dickinson, 1985; Zuffa, 1985; Johnsson, 1993; Nesbitt et al., 1996 y 1997; Kasper-Zubillaga y Dickinson, 2001; Weltje, 2001; von Eynatten, et al., 2003; Noda, 2005; Arribas 2010, entre otras muchas).

Por otra parte, se señala que hay equipos de investigadores europeos que trabajan sobre procedencia de sedimentos en universidades y centros de investigación de Italia, España, Alemania, Bélgica, Reino Unido, Irlanda, entre otros, y organizan congresos europeos cada cuatro años sobre este tema, dentro del “Working Group on Sediment Generation (WGSG)”. En otras partes del mundo, también existen equipos multidisciplinarios en varios continentes, que estudian esta materia como, por ejemplo, en México, USA, Brasil, Japón, China, Nepal, Nueva Zelanda, etc. Así, encontramos en la bibliografía multitud de trabajos como, por ejemplo, los de Dickinson et al., 1983; Dorsey, 1988; Johnsson, 1989; Critelli y Ingersoll, 1994; Weltje, 1995; McBride et al., 1996; Critelli et al., 1997; Carranza-Edwards et al., 1998; Di Giulio et al., 1999; Garzanti et al., 2002; Kwon y Boggs 2002; Wong, 2002; Kasper-Zubillaga y Carranza-Edwards, 2003; Kasper-Zubillaga et al., 2005; Abe-Cisneros, 2011, etc.).

Por otro lado, conviene resaltar que el grupo del Departamento de Petrología de la universidad Complutense de Madrid fue el pionero en estos estudios de procedencia de sedimentos y rocas sedimentarias en España. Está liderado el equipo por el profesor J. Arribas y sus colaboradores, y han trabajado sobre todo en sedimentos y rocas sedimentarias continentales de distintas cuencas peninsulares y de países cercanos y, en menor medida, sobre materiales de zonas costeras y marinas (Arribas et al., 1990; Palomares y Arribas, 1993; Moral Cardona et al., 1997; Arribas et al., 2000; La Pera et al., 2001; Arribas y Tortosa, 2003; Critelli et al., 2003; Laila Filla et al., 2005; La Pera y Arribas 2005; Arribas, 2010; Arribas et al., 2010 etc.)



Por lo que respecta a Canarias, el grupo de investigación GEOGAR, adscrito al IOGAG (Instituto de Oceanografía y Cambio Global) de la Universidad de Las Palmas ha sido el encargado de llevar a cabo trabajos de sedimentología, geomorfología y petrografía de sedimentos y rocas sedimentarias en el archipiélago, sobre todo en sistemas playa-duna actuales y fósiles de las islas orientales de Gran Canaria, Fuerteventura, Lanzarote y La Graciosa. Este equipo se ha centrado en paleoniveles costeros y sedimentos actuales de estos sistemas arenosos litorales, orientando sus investigaciones hacia estudios mineralógicos, petrográficos, geomorfológicos, geoquímicos y geocronológicos. Así pues, se han estudiado paleoplayas (*beachrock*), paleodunas (eolianitas), paleosuelos, y sedimentos arenosos costeros actuales de zonas submareales, intermareales y supramareales, y actualmente en medios de plataforma insular. En este sentido, se ha analizado la procedencia de arenas de playa, dunas y mantos eólicos actuales, su transporte y sedimentación, así como la caracterización geológica de rocas como, por ejemplo, calcarenitas, conglomerados y limonitas de paleoplayas, paleosuelos y paleodunas cuaternarias en Lanzarote (Famara) y el Archipiélago Chinijo en La Graciosa (Mangas et al., 2008b, 2012 y 2017; Pérez-Chacón et al., 2010 y 2012). Parecidos materiales aparecen en el sistema playa-duna actual y fósil del Parque Natural de Corralejo en Fuerteventura (García-Sanjosé, 2013). Por último, se han estudiado en los últimos treinta años arenas litorales, más calcarenitas, areniscas, conglomerados, limonitas de paleoniveles marinos cuaternarios en Gran Canaria. Estos materiales afloran en zonas costeras actuales o en áreas próximas, tanto en playas del noreste (Bahía del Confital-Las Canteras), este (playas del municipio de Telde) y sur (playas y dunas del municipio de San Bartolomé de Tirajana). Así, destacan las publicaciones de Alonso-Bilbao y Pérez-Torrado, 1992; Alonso-Bilbao, 1993; Pérez-Torrado y Mangas, 1994; Hernández-Calvento, 2002; Hernández-Calvento y Mangas, 2004; Pérez-Chacón et al., 2007; Alonso-Bilbao et al., 2008 a y b; Mangas et al., 2008 a; Sánchez-Pérez et al., 2008; Juliá-Miralles y Mangas, 2015; Mangas et al., 2015 y 2018; Herrera-Holguín et al., 2019 y Menéndez et al., 2020, entre otras. A su vez, se han llevado a cabo en los últimos años en la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, varios trabajos de fin de Grado, Master y Doctorado sobre la caracterización geológica de los sistemas playa-duna insulares.

### **3) OBJETIVOS, AREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA**

El objetivo principal de este Trabajo del Fin del Master Interuniversitario de Oceanografía, es la revisión de los trabajos petrográficos que existen en la bibliografía sobre la composición de las arenas de algunas de las playas más representativas de las islas de Gran Canaria y La Graciosa, para conocer la procedencia de sus sedimentos arenosos, su composición y su abundancia relativa. En este sentido, el área de estudio se ha centrado en 22 playas, 17 en Gran Canaria y 5 en La Graciosa (Fig. 2). En Gran Canaria se han seleccionado los sectores costeros de la Bahía del

Confital-Canteras en el municipio de Las Palmas de Gran Canaria, en el término municipal de Telde y en el municipio de San Bartolomé de Tirajana, mientras que en La Graciosa se han escogido playas en los sectores Norte, Este y Sur. Por otro lado, un objetivo secundario es determinar la relación que existe entre los elementos geográficos y geológicos de las geoformas y depósitos que aparecen en las playas seleccionadas y en sus entornos, para intentar reconocer el área fuente de granos de arena, principalmente de los litoclastos (fragmentos de rocas y minerales de origen diverso). Por último, otro de los objetivos parciales es ver similitudes y diferencias entre los datos petrográficos de muestras de una misma playa, o entre playas de un mismo sector costero, o de una misma isla, o entre islas. Con ello, se pueden comparar los resultados petrográficos de las playas canarias, con los que hay publicados en otras playas peninsulares o en otros países. Por consiguiente, este trabajo es integrador al correlacionar datos petrográficos de playas distintas, siendo la primera vez que se hace esto para el archipiélago canario. Por eso resulta ser un análisis original y novedoso de datos petrográficos ya publicados.

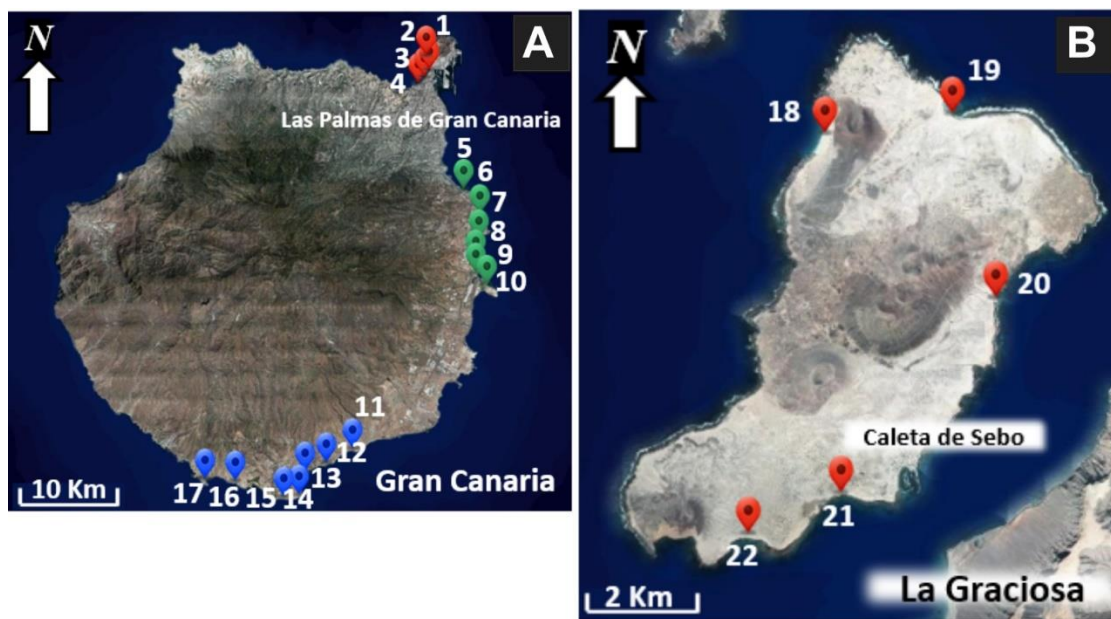


Figura 2. Situación de las 22 playas estudiadas petrográficamente por distintos autores en las islas de Gran Canaria (A) y La Graciosa (B) (modificadas de Google Earth).

Con respecto a la metodología, señalaremos primeramente que en general los estudios petrográficos se llevan a cabo con el microscopio geológico y utilizando láminas delgadas de las muestras geológicas (Fig. 3 A y B), permitiendo identificar y analizar los componentes de los materiales con el microscopio petrográfico y las láminas delgadas se identifican los componentes que constituyen las rocas o los sedimentos sueltos (Fig. 3 B). Para ello, se analiza las propiedades ópticas de los minerales y rocas, tanto con luz polarizada como analizada (usando dos lentes denominadas nicoles, Fig. 4 A y B, respectivamente). Por otro lado, en los estudios petrográficos

se utiliza un contador de puntos (*PETROLIG*, Fig. 3 A), que se instala sobre la platina del microscopio, con el objeto de calcular el porcentaje (%) de los diferentes elementos presentes en la muestra geológica a estudiar. Con todo ello, la identificación mineralógica-petroológica y el conteo de puntos, se puede llegar a determinar el origen geológico de los distintos componentes de las rocas y sedimentos, su abundancia relativa e interpretar los resultados (Fig. 4).

En el caso particular de esta tesis de master, no se han llevado a cabo estudios de laboratorio petrográficos, por motivos de la pandemia del coronavirus, pero nos hemos centrado en datos petrográficos publicados sobre playas arenosas de Gran Canaria y La Graciosa. Así, en nuestro estudio se analizaron los resultados llevados a cabo sobre unas 50 láminas delgadas de muestras de arena, que están recogidas en distintas publicaciones correspondientes a diferentes investigaciones y realizadas a lo largo de casi tres décadas. Estos estudios petrográficos se efectuaron con un microscopio petrográfico *Leitz Wetzlar Leitz-Orthoplan*, localizado en el laboratorio de Geología del grupo GEOGAR y el contador de puntos *PETROLIG*, junto con microfotografías de los materiales y que se hicieron con una cámara Leica adaptada al microscopio (Fig. 3).

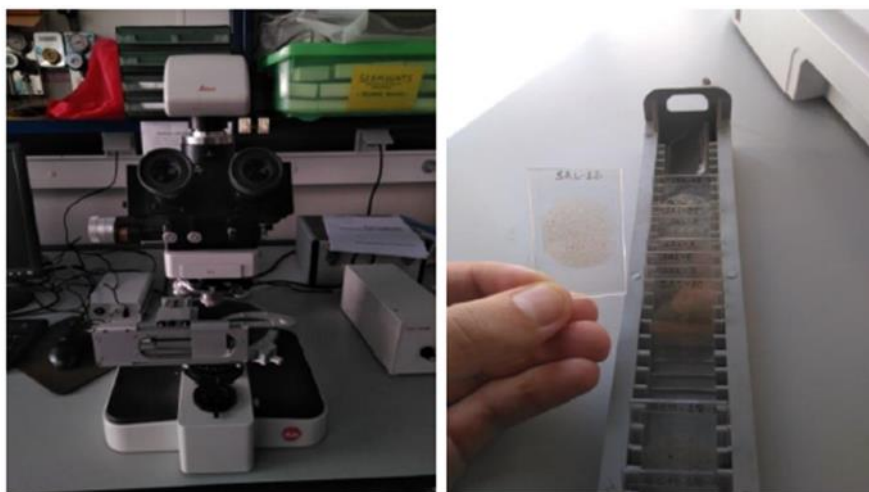


Figura 3. Microscopio petrográfico *Leitz-Orthoplan* del laboratorio de Geología del grupo GEOGAR (IOCAG) en la fotografía de la izquierda, equipado con la platina contadora de puntos (*PETROLIG*) sobre la platina del microscopio y una cámara de microfotografía Leica en el tercer ocular. En la fotografía de la derecha, es un carro con láminas delgadas de arenas cementadas con epoxi de las playas de Telde y que se usaron para el estudio petrográfico (tomada de Burgoa-Torrentegui, 2019).

Por otro lado, los datos petrográficos que aparecen en las distintas publicaciones científicas usadas en este trabajo, se metieron en hojas *excell*, para poder tratar los valores, y realizar distintas gráficas y cálculos. Además, se han confeccionado otras tablas con información geográfica y geológica de las distintas playas seleccionadas en Gran Canaria y La Graciosa. En este sentido, los datos espaciales proceden del sistema de Información Territorial de Canarias - IDECanarias- ([www.idecanarias.visor.grafcan.es](http://www.idecanarias.visor.grafcan.es)). Así, de esta página web pública, se tomaron

las coordenadas UTM de la parte central de cada playa, sus dimensiones de longitud y anchura media, se estudiaron los elementos geográficos (orientación de la playa, barrancos o laderas presentes, topografía subaérea y submarina cercana, presencia de cabos o bahías, urbanizaciones cercanas, etc.) y geológicos (tipo de sustrato rocoso en la playa, en acantilados cercanos; en los barrancos que desembocan en la playa, en otras morfologías y estructuras próximas, etc.). Estos datos geológicos y geográficos van a servir para la interpretación de los resultados petrográficos y conocer la procedencia de las arenas. Por último, se han confeccionado gráficos binarios del tipo histograma y diagramas ternarios, con los valores petrográficos de abundancia de cada playa o sector costero, calculando valores promedio y su desviación estándar, conocer datos máximos o mínimos, predominio de granos, tendencias en sus componentes, etc., y de esta forma hacer comparaciones, determinando diferencias y similitudes entre muestras y playas.

#### **4) MARCO GEOLÓGICO DE LAS ISLAS DE GRAN CANARIA Y LA GRACIOSA**

Con el objeto de caracterizar geológicamente los materiales que, una vez erosionados por agentes geológicos externos, pueden generar granos líticos o terrígenos (fragmentos de rocas volcánicas y sedimentarias, más minerales) de las playas seleccionadas en Gran Canaria y La Graciosa, explicaremos a continuación la génesis y evolución geológica de estas islas, dentro de entorno del archipiélago canario. En este sentido el archipiélago canario está compuesto por ocho islas (Fig. 1), algunos islotes y una veintena de montañas submarinas, y se localizan cerca del margen continental noroeste del continente africano, y sobre una placa de litosfera oceánica. La actividad magmática submarina más antigua de canarias, datada en unos 35 millones de años -Ma-, se sitúa en el edificio insular de Fuerteventura, emitiéndose materiales volcánicos sobre una litosfera oceánica del Jurásico inferior (de unos 165 Ma). Después de las erupciones submarinas, que constituyen la base de los edificios insulares, le siguen otras etapas de emisión de rocas volcánicas subaéreas que se forman a lo largo de varios millones de años. Así, las erupciones subaéreas, que se suelen relacionar con las etapas del modelo de formación de las islas hawaianas, comprende las fases de: construcción en escudo, declive alcalino, inactividad volcánica y reactivación volcánica, para terminar con el hundimiento de las islas, en las fases de atolón y guyot (Mangas, 2005).

La historia geológica de la isla Gran Canaria es larga y compleja, y sus fases de formación siguen “*grosso modo*” el modelo hawaiano. Esta isla es la tercera más grande del archipiélago, con una superficie de 1.532 km<sup>2</sup> y su máxima altitud es de 1.950 m sobre el nivel del mar.



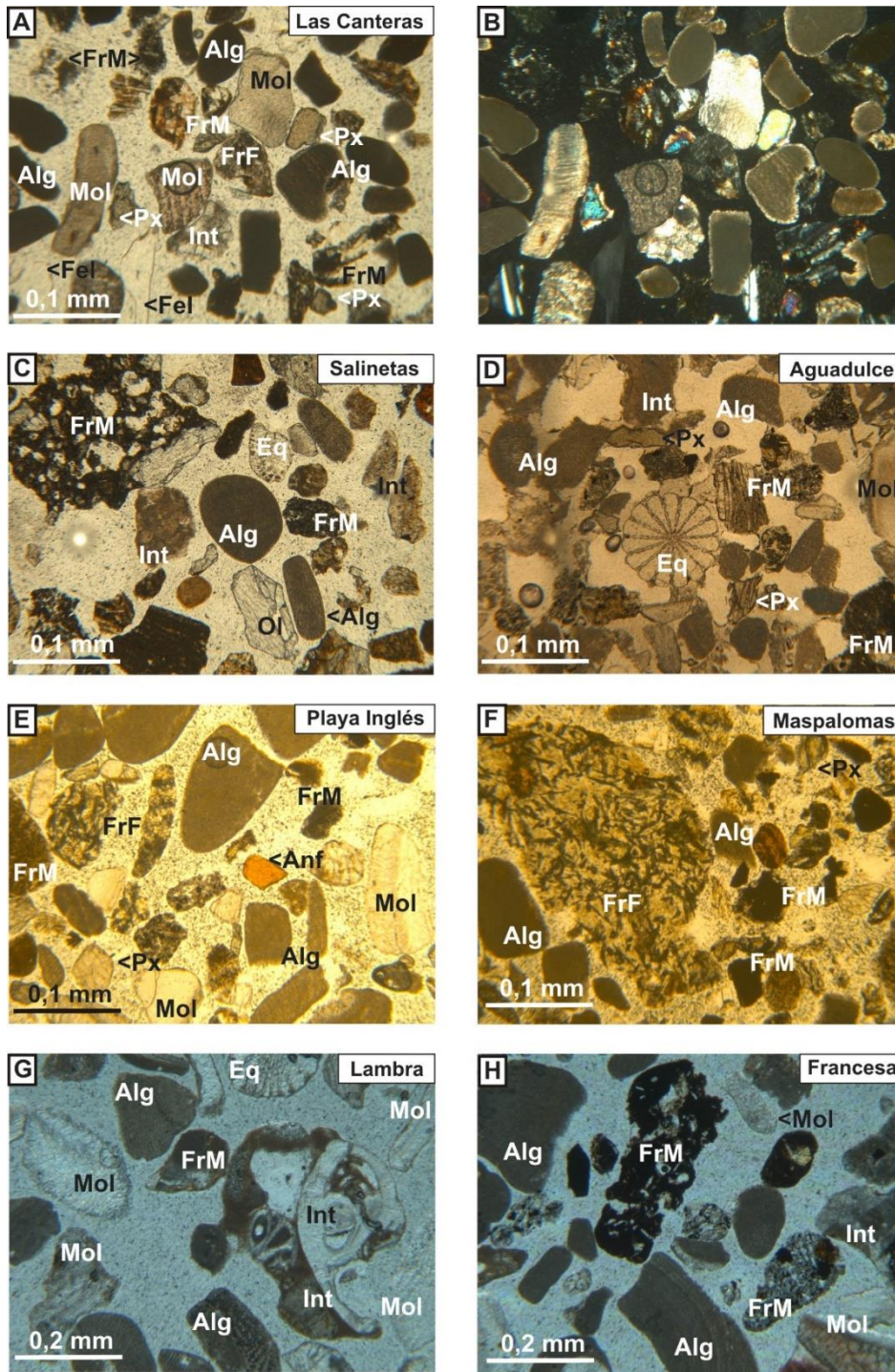


Figura 4. Fotografías al microscopio petrográfico de granos de arenas de algunas de las playas analizadas en este trabajo. Muestra de la playa de Las Canteras, A) con luz polarizada (nicos paralelos) y la misma B) con luz analizada (nicos cruzados). De C a H, muestras son luz polarizada. Identificación de granos detríticos: Alg: algas rojas; Mol: moluscos; Eq: equinodermos; Int: intraclastos; Ol: olivino; Px: piroxeno; Anf: anfíbol, Fel: feldespato; Fr M: fragmento de roca máfico; FRF: fragmento de roca félsica.

Desde el punto de vista geológico, la isla de Gran Canaria comienza a crecer en el Mioceno medio (>14,5 Ma), con la emisión de materiales volcánicos sobre el fondo marino jurásico. Le sigue la actividad volcánica subaérea, con las etapas de construcción en escudo con predominio de coladas máficas basálticas (de 14,5 a 14,1 Ma) y la de declive alcalino, entre 14,1 y 7,3 Ma (con la emisión de materiales félsicos de traquitas, fonolitas, riolitas y sienitas), formando ambas fases el estratovolcán mioceno de Cruz Grande y su caldera volcánica de Tejeda. Más tarde, acaeció la fase de inactividad volcánica insular (entre 7,3 y 5,3 Ma), durante la cual se originaron geformas erosivas notables (por ejemplo, las cuencas del Guinigüada y de Arguineguín), por los que se canalizaron depósitos aluviales de conglomerados y areniscas de la Formación Detrítica de Las Palmas (Miembro inferior), además de depósitos detríticos marinos en las desembocaduras, clasificados como Miembro medio de dicha formación. Por último, la fase de reactivación volcánica plio-cuaternaria (entre 5,3 Ma y la actualidad) está caracterizada por la existencia de dos cámaras magmáticas independientes (Grupo Roque Nublo, activo entre 5,3 y 2,8 Ma, y Grupo Post-Roque Nublo, entre 3,9 Ma y la actualidad). La cámara Roque Nublo emitió materiales volcánicos de composición variable entre ultramáfica y félsica (basanitas, basaltos, traquitas y fonolitas) para formar el denominado estratovolcán Roque Nublo. La segunda cámara, al principio originó erupciones que siguieron una directriz estructural NO-SE, y luego se generaron un gran número de erupciones dispersas, formando conos estrombolianos y, en menor medida, freatomagmáticos, y emitiéndose rocas ultramáficas y máficas de basanitas, basaltos y tefritas-fonolitas. Por otro lado, durante los últimos estadios del estratovolcán Roque Nublo se originaron depósitos vulcano-clásticos (conglomerados, areniscas, lahares, etc.) que se han agrupado en el Miembro superior de la FDLP. También, durante el Cuaternario (<2,6 Ma) los procesos geológicos externos generaron diversas y significativas geformas que constituyen parte del paisaje insular, con la formación de abundantes barrancos, interfluvios, costas arenosas y rocosas, etc., junto con depósitos sedimentarios variados como playas, aluviones, coluviones, paleosuelos, *beachrock*, eolianitas, etc. Con respecto a las playas grancanarias, según Alonso-Bilbao et al. (2019), estas están presentes en todo su perímetro, pero dominan en las zonas litorales del este y sur. No obstante, hay excepciones como, por ejemplo, las playas del Confital-Las Canteras al estar resguardadas de la dinámica marina por el conjunto volcánico cuaternario de La Isleta. Por otro lado, las playas arenosas suelen presentarse en la desembocadura de los barrancos (Menéndez et al., 2008) pero hay otras desarrolladas en ensenadas y bahías por la dinámica marina. Si consideramos datos numéricos (Alonso-Bilbao et al., 2019), señalamos que la isla con un perímetro costero de 256 km, contiene 62 playas principales que alcanzan una longitud total de casi 35 km, lo que representa un 13,6% del perímetro. En este trabajo de master se han seleccionado 17 playas de la costa noreste, este y sur de la isla.

Con respecto a la isla de La Graciosa, que también va a ser objeto de estudio en este trabajo, esta se sitúa al noreste de la isla de Lanzarote, junto con otros islotes que constituyen el Archipiélago de Chinijo (Pérez-Chacón y Suárez-Rodríguez, 1993; Pérez-Chacón et al, 2010; Pérez-Chacón et. al, 2012). La Graciosa tiene una superficie de 27,05 km<sup>2</sup>, es muy plana con altitudes inferiores a los 267 m (Agujas Grandes). Desde el punto de vista geológico, La Graciosa se formó por la acumulación de materiales volcánicos subaéreos máficos sobre una plataforma marina somera, durante el Pleistoceno medio-superior, más rocas sedimentarias y sedimentos holocenos. El sustrato submarino del Archipiélago Chinijo se originó por un deslizamiento gravitacional gigante del estratovolcán de Famara (N de Lanzarote), que estuvo activo entre 10,2 y 3,7 Ma. Los agentes geológicos exógenos (aguas superficiales, viento y mar) actuaron en la isla durante el cuaternario, dando lugar a formaciones de rocas sedimentarias como, por ejemplo, paleosuelos, eolianitas y *beachrock*, y existen depósitos detríticos actuales, como son playas de cantos y arenas, mantos eólicos, aluviones, coluviones, suelos, entre otros (Pérez-Chacón et al., 2010; Pérez-Chacón et al., 2012; Mangas et al., 2012 y 2017; Casado-Hernández, 2017). Resalta en el paisaje actual de la isla los conos volcánicos y, sus coladas y piroclastos de caída, rodeados de mantos eólicos y en la costa se apoyan sobre sustratos de rocas sedimentarias y volcánicas cuaternarias. Los materiales volcánicos pleistocenos que conforman la isla están asociados a erupciones estrombolianas con conos de piroclastos y lavas asociadas, junto con erupciones hidromagmáticas. Con respecto a los sedimentos recientes, sobresalen por toda la isla los depósitos arenosos eólicos, que están relacionados con ambientes sedimentarios playa-duna actuales, situados uno al norte en las playas de Las Conchas y Lambra, y otro al sur de la isla que está alimentado por arenas de las playas del barranco de Los Conejos y Las Caletas, saliendo las arenas por las playas del sur Salado y Francesa (Mangas et al., 2012 y 2017). Por último, señalar que en las últimas décadas, las actividades humanas en la isla han aumentado, a pesar de su pequeña población (unos 746 habitantes), sin embargo la isla presenta, en términos generales, un buen estado de conservación y un valor de alta calidad para la conservación.

Por otro lado, resaltamos que los sistemas playa-duna en las islas canarias orientales (Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote, más el archipiélago Chinijo), muestran una notable problemática ambiental, debida sobre todo a acciones antrópicas desarrolladas en ellos desde épocas históricas (Pérez-Chacón et al., 2007; Pérez-Chacón et al., 2010 y 2012; Mangas et al., 2017). Por ello, estos ambientes presentan actualmente un déficit sedimentario, que está caracterizado tanto por la erosión de sus playas donde afloran los sustratos rocosos volcánicos y sedimentarios, como por el incremento de la vegetación que estabiliza los mantos eólicos. Por este motivo, si hubiera que hacer regeneración de estos sistemas deficitarios, sería necesario conocer la naturaleza y procedencia de las arenas, para pensar en extracciones de áridos similares, con características petrográficas y en zonas próximas.

## 5) RESULTADOS

Los resultados petrográficos de las playas arenosas canarias seleccionadas se van a tratar atendiendo a los cuatro sectores definidos en este trabajo, y que son: Bahía del Confital, Telde y San Bartolomé de Tirajana en la isla de Gran Canaria y, por otra parte, sectores norte, este y sur de la isla de La Graciosa. Primeramente, se describe los datos geográficos y geológicos más destacables en cada sector (Tablas 1 y 2), obtenidos de la IDE de las islas Canarias ([www.idecanarias.visor.grafcan.es](http://www.idecanarias.visor.grafcan.es)). Posteriormente, los valores petrográficos de composición de los granos de arenas y porcentajes de abundancia (%) de cada componente identificado, obtenidos de las publicaciones de distintos autores que han trabajado en los últimos 30 años.

Desde la década de los 60 del siglo pasado hasta la actualidad, se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre los materiales geológicos y geomorfologías que aparecen en las islas de Gran Canaria y La Graciosa, y por lo tanto los elementos geológicos presentes en los sectores de las playas escogidas en este trabajo. Las publicaciones son muy abundantes y se han desarrollado desde distintos puntos de vista como, por ejemplo, vulcanológico, petrológico, sedimentológico, geomorfológico, paleontológico, cartográfico y geocronológico. Para no repetir continuamente esta bibliografía en los diferentes subapartados de los resultados, indicamos a continuación cuales, de una forma u otra, tratan sobre aspectos de la geología costera insular y de los sectores escogidos, y que son cronológicamente: Alonso-Bilbao y Pérez-Torrado, 1992; Alonso-Bilbao, 1993; Hernández-Calvento, 2002; Hernández-Calvento y Mangas, 2004; Pérez-Chacón et al., 2007; Alonso-Bilbao et al., 2008 a y b; Mangas et al., 2008 a y b; Pérez-Chacón et al., 2010; Pérez-Chacón et. al, 2012; Meco et al. 2015; Mangas y Juliá-Miralles, 2015; Casado-Hernández, 2017; Mangas et al., 2017; Ferrer-Valero, 2018; Mangas et al., 2018; Alonso-Bilbao et al., 2019; Burgoa-Torrentegui et al., 2019; Menendez et al., 2020; entre otros muchos.



| <b>PLAYAS DE G.C.</b>    | <b>Longitud O</b> | <b>Latitud N</b> | <b>Orient.</b> | <b>Long. (m)</b> | <b>Anch. med. (m)</b> | <b>Barranco (B.) / Ladera (L.)</b> | <b>Geo. S.</b> | <b>Geo. B./L.</b>         |
|--------------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| <b>B. DEL CONFITAL</b>   |                   |                  |                |                  |                       |                                    | I, III         | I, II, III, S, B, E, A, C |
| El Confital              | 457.412           | 3.114.793        | SO             | 600              | 10                    | L. Alto del Confital               |                |                           |
| Arco NE                  | 457.526           | 3.113.266        | NO             | 900              | 59                    | X                                  |                |                           |
| Arco Central             | 457.101           | 3.112.708        | NO             | 835              | 33                    | X                                  |                |                           |
| Cicer                    | 456.448           | 3.112.025        | NO             | 1032             | 55                    | B. Ballena-Tamaraceite             |                |                           |
| <b>TELDE</b>             |                   |                  |                |                  |                       |                                    | II, III        | I, II, III, S, B, E, A, C |
| Malpaso                  | 461.544           | 3.100.472        | NE             | 300              | 54                    | L. Bocabarranco                    |                |                           |
| La Garita                | 462.915           | 3.097.981        | NE             | 260              | 46                    | X                                  |                |                           |
| Salinetas                | 462.799           | 3.095.455        | ESE            | 340              | 23                    | B. Sacateclas                      |                |                           |
| Aguadulce                | 462.433           | 3.093.244        | NNE            | 110              | 17                    | B. Esquila                         |                |                           |
| Ojos de Garza            | 462.500           | 3.091.810        | E              | 280              | 3                     | B. Ojos de Garza y Draguillo       |                |                           |
| Ámbar                    | 463.668           | 3.090.541        | NE             | 292              | 21                    | L. Montaña del Ámbar               |                |                           |
| <b>S. B. DE TIRAJANA</b> |                   |                  |                |                  |                       |                                    | I, II          | I, II, S, B, E, A, C      |
| Tarajalillo              | 449.410           | 3.073.139        | NO             | 240              | 36                    | B. Majadilla, Cazuela, Berriel     |                |                           |
| San Agustín              | 446.677           | 3.071.739        | SE             | 650              | 58                    | B. de San Agustín                  |                |                           |
| Playa del Ingles         | 444.138           | 3.070.322        | SE             | 2100             | 44                    | B. Buenavista                      |                |                           |
| Punta La Bajeta          | 443.757           | 3.068.279        | SE             | 500              | 20                    | X                                  |                |                           |
| Playa de Maspalomas      | 441.862           | 3.068.149        | SE             | 2800             | 30                    | B. Fataga                          |                |                           |
| Montaña de Arena         | 437.069           | 3.069.750        | SO             | 220              | 38                    | L. Montaña de Arena                |                |                           |
| El Pajar                 | 433.778           | 3.069.944        | SE             | 210              | 15                    | L. El Pajar                        |                |                           |

Tabla 1. Datos geográficos y geológicos de las 17 playas seleccionadas en la isla de Gran Canaria, obtenidos de la IDE de Canarias. Geo. S. Es el sustrato rocoso volcánico de las playas arenosas y corresponden a materiales de las fases miocenas en escudo y declive alcalino (I), del Grupo Roque Nublo plioceno (II), y del Grupo Post-Roque Nublo plio-cuaternario III). Geo B./L. son los materiales del sustrato con rocas sedimentarias en las playas, más los que se encuentran en los barrancos y laderas próximas a las playas estudiadas. I,II y III son los periodos constructivos de la isla del mioceno a la actualidad, S: suelos y paleosuelos; B: paleoplayas-*beachrock* ; E: eolianitas; A: aluviones y C: coluviones.

| <b>PLAYAS LA GRACIOSA</b> | <b>Longitud O</b> | <b>Latitud N</b> | <b>Orient.</b> | <b>Long.(m)</b> | <b>Anch. Med. (m)</b> | <b>Barranco (B.) / Ladera (L.)</b> | <b>Geo. S.</b> | <b>Geo. B./L.</b> |
|---------------------------|-------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------|------------------------------------|----------------|-------------------|
| <b>NORTE</b>              |                   |                  |                |                 |                       |                                    |                |                   |
| Las Conchas               | 644.209           | 3.239.495        | NO             | 550             | 97                    | L. Montaña Bermeja                 | Pm, Ps         | S, B, E, C        |
| Lambra                    | 646.177           | 3.239.825        | NE             | 350             | 54                    | X                                  |                |                   |
| <b>ESTE</b>               |                   |                  |                |                 |                       |                                    |                |                   |
| Barranco de Los Conejos   | 646.838           | 3.236.995        | E              | 45              | 13                    | B. de Los Conejos                  | Pm             | S, B, E, C        |
| <b>SUR</b>                |                   |                  |                |                 |                       |                                    |                |                   |
| Salado                    | 644.423           | 3.233.967        | S              | 844             | 28                    | L. El Mojón                        | Pm             | S, B, E, C        |
| Francesa                  | 643.037           | 3.233.333        | SE             | 450             | 26                    | L. Mña. Amarilla                   |                |                   |

Tabla 2. Datos geográficos y geológicos de las cinco playas seleccionadas en la isla de La Graciosa, obtenidos de la IDE de Canarias. Geo. S.. rocas volcánicas del Pleistoceno medio (Pm) y del Pleistoceno superior (Ps); S: suelos y paleosuelos; B: paleoplayas-*beachrock*; E: eolianitas; C: coluviones.

### 5.1) Bahía del Confital

En esta zona del noreste de la isla de Gran Canaria, dentro del término municipal de Las Palmas de Gran Canaria, están incluidas las playas del Confital y Las Canteras, con sus sectores arco del noreste, arco central y Cicer (Tabla 1, Figs. 5 de A a D). Con respecto a la geología del entorno de esta bahía, destaca el conjunto volcánico de la Isleta en el norte, con materiales plio-cuaternarios volcánicos del Grupo Post-Roque Nublo y sedimentarios (<3,9 Ma). En la Isleta y, concretamente, en la playa del Confital aparecen tobas hialoclastíticas máficas (basálticas) submarinas en el sustrato de la playa y en la ladera del Alto del Confital se encuentran apilamientos de lavas y piroclásticos máficos de basaltos. En sus zonas intermareales y supramareales arenosas se encuentran varios niveles de paleoplayas (conglomerados y calcareniscas) fosilíferos plio-cuaternarios. A lo largo de la playa de Las Canteras y en sustrato del istmo de Guanarteme existen afloramientos de calcarenitas y conglomerados de paleoplayas (*beachrock*) del pleistoceno superior (<125.000 años) y holoceno (<11,700 años) como, por ejemplo, en la barra de Las Canteras, playa Chica y en el arco central, junto con depósitos de limonitas de paleosuelos holocenos (datados en 6.600 años antes del presente) y calcarenitas de eolianitas holocenas más modernas. Ocasionalmente, hay restos erosivos de un sustrato volcánico como, por ejemplo, Peña La Vieja, constituidos de ignimbritas fonolíticas del mioceno superior (<10,2 Ma) similares a las bajas que aparecen cerca de El Rincón. En la zona de la Cicer y hacia el sur, pasado el auditorio, existen dos desembocaduras de barranco, el de La Ballena y Tamaraceite, con depósitos de aluviales recientes. Por último, al sur de la bahía del Confital sobresale la pared del acantilado de El Rincón, donde hay una secuencia vulcano-sedimentaria muy completa de la mayor parte de la historia geológica de la isla. Así, en la base del acantilado aparecen ignimbritas fonolíticas félsicas, de 10,2 Ma, con intercalaciones de conglomerados; le siguen varias capas de conglomerados y areniscas de la Formación Detrítica de Las Palmas (FDLP), con edades entre 7,3 y 5,3 Ma; encima hay flujos lávicos del Grupo Roque Nublo, con estructuras de lavas almohadilladas e hialoclastitas, y coladas subaéreas de composición máfica basáltica, datadas entre 4,4 a 4,8 Ma; y termina la secuencia con lavas y piroclastos basálticos del Grupo Post-Roque Nublo, de menos de 1 Ma. En este acantilado también aparecen coluviones adosados a las laderas y aluviales en los barrancos de los Matos y la Cocina. Por lo tanto, la bahía del Confital tiene una geodiversidad muy variada y se han definido varios Lugares de interés geológico (LIG) con interés insular y regional, pues presenta particulares y significativos materiales volcánicos y sedimentarios, que afloran en sus partes rocosas configurando variadas geoformas.

Por otra parte, las longitudes de las dos playas arenosas de este sector del noreste de la isla oscilan entre unos 600 metros en la del Confital y sobrepasa los 2.500 m la de Las Canteras. La primera playa está abierta hacia el suroeste y la segunda hacia el noroeste, pero ambas están

resguardadas de la dinámica marina del conjunto volcánico de La Isleta al norte y de la Barra de Las Canteras al noroeste. La anchura media de la parte arenosa visible en las ortofotos de estas playas es inferior a 10 m en El Confital y en los sectores de Las Canteras son inferiores a los 60 m.

Con respecto a los datos petrográficos de cuatro muestras publicados (Figs. 5 de E a L y 6) para la playa del Confital (Alonso-Bilbao, 1993; Juliá-Miralles y Mangas, 2014; Mangas y Juliá-Miralles, 2015), se observa que predominan los fragmentos de roca volcánica de composición máfica (basaltos) y algunos minerales ferromagnesianos (piroxenos) por parte de litoclastos (terrígenos), y los fragmentos de mallas de algas rojas coralinas (rodolitos) y moluscos en relación con los granos de bioclastos (Fig. 5 E). Los otros componentes terrígenos y biogénicos son minoritarios. En las muestras estudiadas del Confital el valor máximo de litoclastos totales (volcánicos, minerales, e intraclastos) es de 87%, con un promedio en las cuatro analizadas de 52,5% y una desviación estandar de 32,3, mientras que el valor máximo de bioclastos totales (fauna y flora marina) es de 78% (con un promedio de 48,6 para las cuatro muestras tratadas y una desviación estandar de 21,6). Por esto, se corrobora en los histogramas y en los triángulos que hay una heterogeneidad en la distribución de la abundancia de litoclastos y bioclastos en las cuatro muestras estudiadas, pues en algunas son predominantes los litoclastos, en otras los bioclastos y en dos de ellas son similares los porcentajes (Fig. 5 F).

En relación a los resultados petrográficos de la playa de Las Canteras y en sus tres sectores, no se han podido homogenizar los datos bibliográficos, puesto que Alonso-Bilbao y Pérez-Torrado, 1992, y Alonso-Bilbao (1993) sólo citan valores de bioclastos totales en sus trabajos, sin especificar a que organismos corresponden, y los otros autores que han trabajado en esta zona, si los tratan según su naturaleza (Juliá-Miralles y Mangas, 2014; Mangas y Juliá-Miralles, 2015; y Herrera-Holguín, 2019, Menéndez et al., 2020). En líneas generales, en los tres sectores de Las Canteras son más abundantes los litoclastos que los bioclastos (Fig. 4 A y B, 5 H, J y L), con pocas diferencias en los valores, menos en la zona de la Cicer. Si nos fijamos en la composición particular de los granos de arena de estos tres sectores (Fig. 5 G, I y H), predominan entre los litoclastos los fragmentos de roca máfica (coladas y piroclastos basálticos), los de roca félsica (coladas y piroclastos fonolíticos) y minerales del grupo de los feldespatos y, localmente, los piroxenos en el área de la Cicer. Por otro lado, los bioclastos tienen mayores valores de abundancia los granos de mallas de algas rojas coralinas (rodolitos), le siguen los moluscos, y son muy escasos los foraminíferos, equinodermos y briozoos. Por último, los intraclastos de rocas sedimentarias, ocupan una posición intermedia de abundancia, y señalar que es mínima la presencia de minerales ferromagnesianos como, por ejemplo, olivino, piroxenos, opacos y anfíbol (Fig. 5 G, I y K).

Los triángulos hechos para estas playas de la bahía del Confital (Fig. 6, parte izquierda), indican que las cuatro muestras del Confital presentan datos muy dispersos en los valores petrográficos de sus distintos componentes (LvM, BT, LvF, LvT, Int, Fl y Fa, siglas explicadas en el pie de Figura 6). Mientras que en los triángulos de Las Canteras para sus tres sectores (Fig. 6, parte derecha), se ve que las muestras de el arco del noreste y la Cicer están agrupados, con valores parecidos en los componentes tratados (LvM, BT, LvF, LvT, Int, Fl, Fa), sin embargo, los datos del sector central se encuentran desplazados con relación a la anterior agrupación.

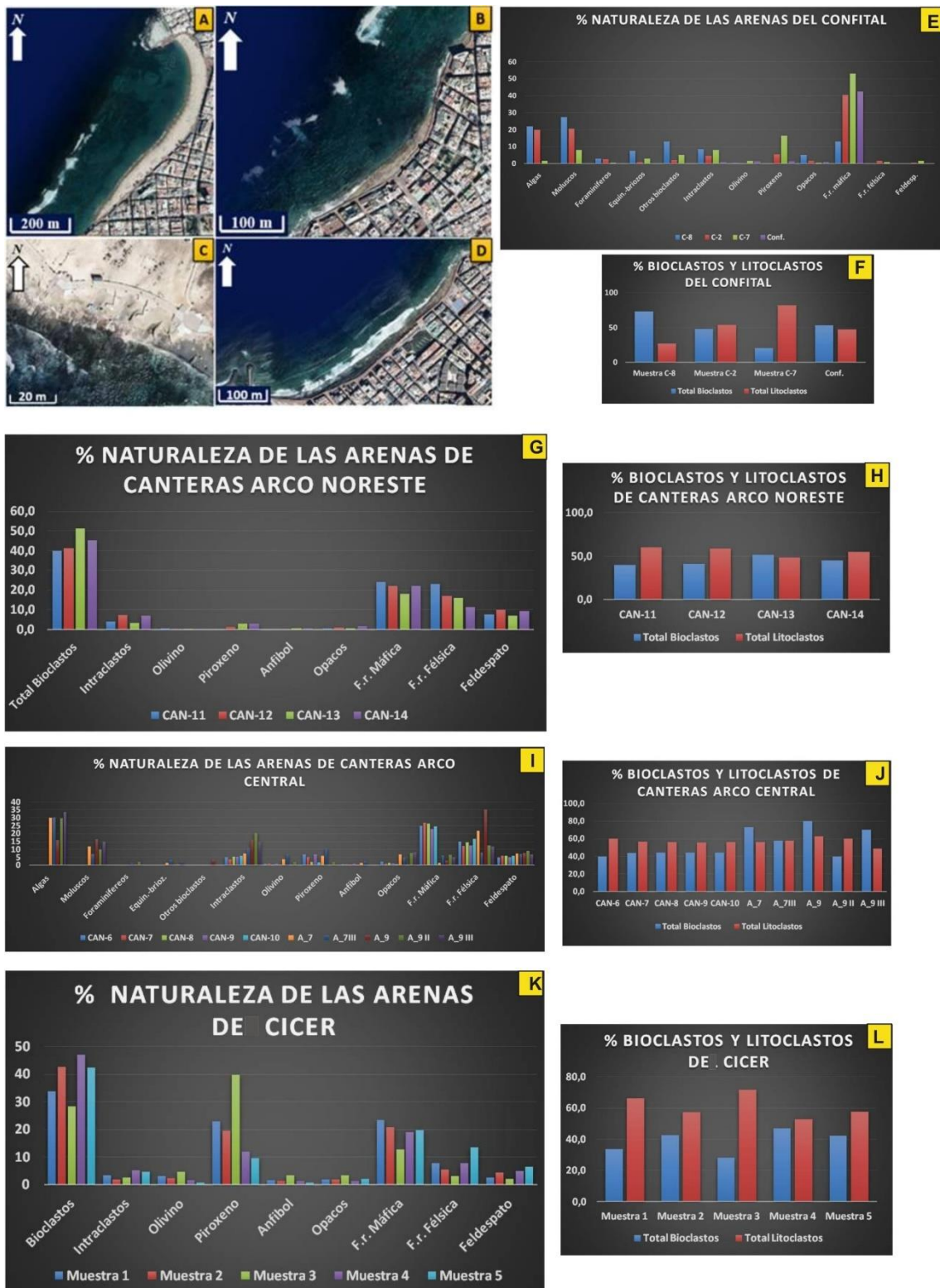
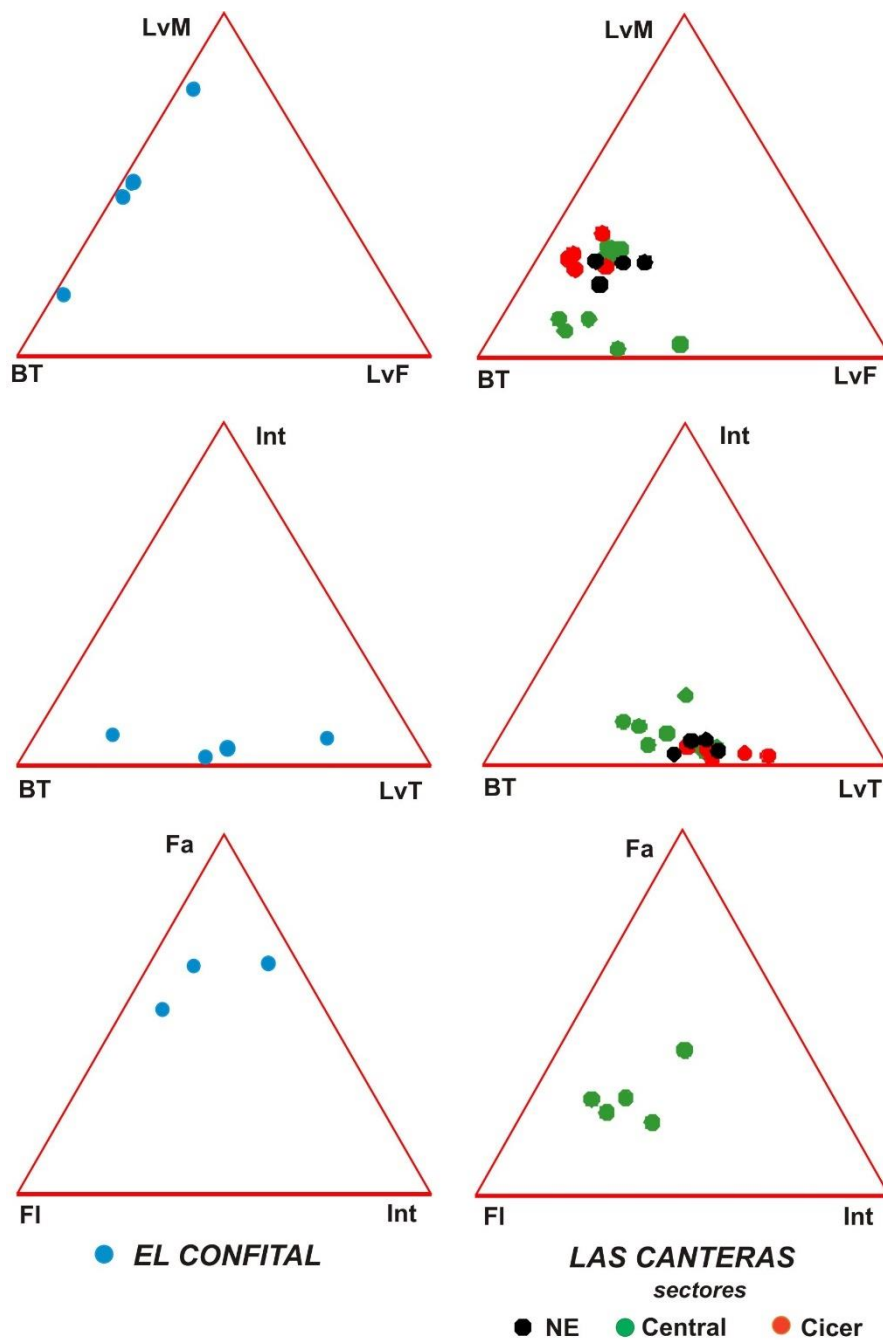


Figura 5. Ortofotos de las playas seleccionadas en la Bahía del Confital del municipio de Las Palmas de Gran Canaria: Las Canteras (A, B y D) y El Confital (C) (modificadas de la Idecánarias, <https://visor.grafcan.es>). Histogramas con datos de naturaleza de los granos de arenas generales (E, G, I y K) y porcentajes (%) de bioclastos y litoclastos totales (F, H, J, L), que se han tomado de las publicaciones de Alonso-Bilbao y Pérez-Torrado, 1992; Alonso-Bilbao, 1993; Juliá-Miralles y Mangas, 2014; Mangas y Juliá-Miralles, 2015; y Herrera-Holguín, 2019.



**BT: bioclastos totales; FI: Flora; Fa: fauna**  
**LvM: líticos volcánicos máficos; LvF: líticos volcánicos félsicos**  
**Int: intraclastos; LvT: líticos volcánicos totales**

Figura 6. Triángulos con los datos petrográficos de las muestras de arenas del Confital (parte izquierda) y La Canteras (parte derecha) según los datos publicados por Alonso-Bilbao y Pérez-Torrado, 1992; Alonso-Bilbao, 1993; Juliá-Miralles y Mangas, 2014, y Mangas y Juliá-Miralles, 2015 Herrera-Holguín, 2019).

## 5.2) Telde

En la costa del término municipal de Telde, al este de la isla de Gran de Canaria, se han escogido, de norte a sur, las playas de Malpaso, la Garita, Salinetas, Aguadulce, Ojos de Garza y Ámbar (Tabla 1, Figs. 7 de A a F). Si nos centramos en los materiales geológicos que aparecen en este litoral teldense, resaltamos que los materiales volcánicos predominantes son las coladas y piroclastos plio-cuaternarios del Grupo Post-Roque Nublo (<3,9 Ma) y, solamente, hay unos afloramientos rocosos reducidos del Grupo Roque Nublo (entre 5,3 a 2,8 Ma) en el norte, en las playas de Jinamar y Malpaso. En este sentido, a lo largo del litoral podemos encontrar apilamientos de coladas basálticas en pequeños acantilados y algún cono volcánico estromboliano como, por ejemplo, en las penínsulas de Tufia y de Gando. Por último, señalar que en el cauce del barranco Real de Telde, en el norte, cerca de la playa de Malpaso, aparecen algunos afloramientos miocenos de rocas félsicas (fonolitas), representativos de la fase de declive alcalino insular. En referencia a las rocas sedimentarias, como sustrato rocoso de las playas o cerca de ellas, aparecen algunos niveles de paleoplayas-*beachrock* holocenos (con conglomerados y calcareniscas, ligeramente fosilíferos), como se aprecian en las playas de Salinetas, Aguadulce y Ámbar. Igualmente, hay capas de calcarenitas asociadas a eolianitas del Pleistoceno superior (<125.000 años) en puntos aislados, como La Restinga en la playa de Malpaso, o muy significativos como los que se encuentran en Aguadulce y la zona protegida de Tufia, y los que aparecen en toda la península de Gando. A lo largo de la costa teldense podemos encontrar niveles de calcretas relacionadas con paleosuelos desarrollados sobre capas de lavas y piroclastos. Además, entre los niveles de rocas volcánicas plio-cuaternarias y las rocas sedimentarias pleistocenas es normal encontrar estratos de paleosuelos rojizos. Por último, asociados a los cauces de los barrancos que desembocan en casi todas las playas estudiadas en Telde, hay depósitos de aluviones y escasos coluviones.

Con respecto a las playas de Telde estudiadas, estas se presentan en pequeñas bahías de menos de 300 m de longitud y anchuras medias de arena visible en ortofotos inferiores a 55 m, y sus ensenadas están abiertas a direcciones variables comprendidas entre el NNE y el ESE (Tabla 1, Fig. 7 de A a F). Casi todas ellas están situadas en la desembocadura de pequeños barrancos, menos las playas de la Garita y Ámbar, que están rodeadas de acantilados o en laderas pendientes constituidas por el apilamiento de varios flujos de lava y piroclastos basálticos, junto con niveles de eolianitas, paleosuelos y calcretas.

Si analizamos los datos petrográficos en los histogramas y los triángulos confeccionados para las playas de Telde (Figs. 7 G y H, y 8), se comprueba que en las del norte, como Malpaso, La Garita y Salinetas (Fig. 4 C) predominan sus granos de arena de mallas de algas coralinas-rodolitos (algunos valores sobrepasan el 50% de abundancia), mientras que en Ámbar, situada más al sur, abundan los fragmentos de rocas máficas (basálticas) con datos similares. Las playas



de la zona central del litoral teldense, Aguadulce y Ojos de Garza, hay más granos de rodolitos que fragmentos de rocas máficas, y tienen proporciones intermedias alrededor del 30% (Fig. 4 D). Esta tendencia de abundancia se observa muy bien en la Figuras 7 H, puesto que el porcentaje total de litoclastos (granos de fragmentos de rocas volcánicas máficas y félsicas, más minerales ferromagnesianos como olivino, piroxeno y opacos, junto con minerales claros como los feldespatos, más los intraclastos sedimentarios) sobresalen en el norte (playa de Malpaso) con resultados de un 90% de abundancia, y también en La Garita y Salientas (media 57,4% y desviación estándar 20,8), disminuyendo estos litoclastos hacia las playas del sur, con valores del 10% (Ámbar). Es decir que pasamos de máximos de 90% de litoclastos a 10%, de norte a sur. Un comportamiento contrario lo tienen los datos de bioclastos totales (fauna y flora marina), donde alcanzan valores de casi el 80% en el sur, disminuyendo a menos del 10% en el norte. La abundancia de los componentes particulares de bioclastos sigue el patrón de predominar los granos de rodolitos, le siguen los datos de moluscos y, en menor proporción, están los de equinodermos, foraminíferos y briozoos. Con respecto a los terrígenos, tienen valores máximos de abundancia los fragmentos de rocas máficas, le siguen los resultados de intraclastos y olivinos y, en menor proporción, están los fragmentos de rocas félsicas, piroxenos, anfíboles, opacos y feldespatos. Por todo ello, las playas del norte de la costa de Telde ricas en litoclastos volcánicos tienen tonalidades negruzcas, mientras que las del sur con preponderancias de los granos de flora y fauna marinas más intraclastos son de colores cremas.

En los diagramas triangulares de la Figura 8, se aprecia la misma tendencia que la descrita para los histogramas, con el aumento progresivo de arenas bioclásticas totales de las playas del norte hacia las del sur, y lo contrario con los granos de litoclastos volcánicos máficos, que disminuyen de norte a sur. Además, se observa en los triángulos que los intraclastos sedimentarios tienen valores bajos de abundancia, siendo los más altos en Ojos de Garza y en Ámbar, moderados en Aguadulce y Salinetas, y mínimos en La Garita y Malpaso. También, con respecto a los bioclastos, predominan más los granos de flora que los de fauna, excepto en Aguadulce donde hay más restos de moluscos que de rodolitos.

### **5.3) San Bartolomé de Tirajana**

En la zona sur de la isla y en la costa del municipio de San Bartolomé de Tirajana, se han seleccionado siete playas arenosas, que de norte a sur serían las de Tarajalillo, San Agustín, Playa del Inglés, Punta de La Bajeta, Maspalomas, Montaña de Arena y El Pajar (Tabla 1, Figs. 9 de A a G). Con respecto a la geología de este sector sur insular, indicamos que los materiales que predominan, como sustrato volcánico en estas playas, son coladas (lávicas y piroclásticas) félsicas de la fase miocena de declive alcalino (Formación fonolítica, de edades alrededor de 10,4 Ma). De forma localizada afloran en la costa lavas basálticas del Grupo Roque Nublo como, por ejemplo, en la playa del Tarajalillo con lavas provenientes del volcán Tabaibas (datado en 5,3

Ma), al norte, y aparecen depósitos de facies deslizadas de brechas volcánicas y materiales epiclásticos del mismo grupo, con edades alrededor de 3,5 Ma, en las playas de Montaña de Arena y el Pajar, al suroeste.

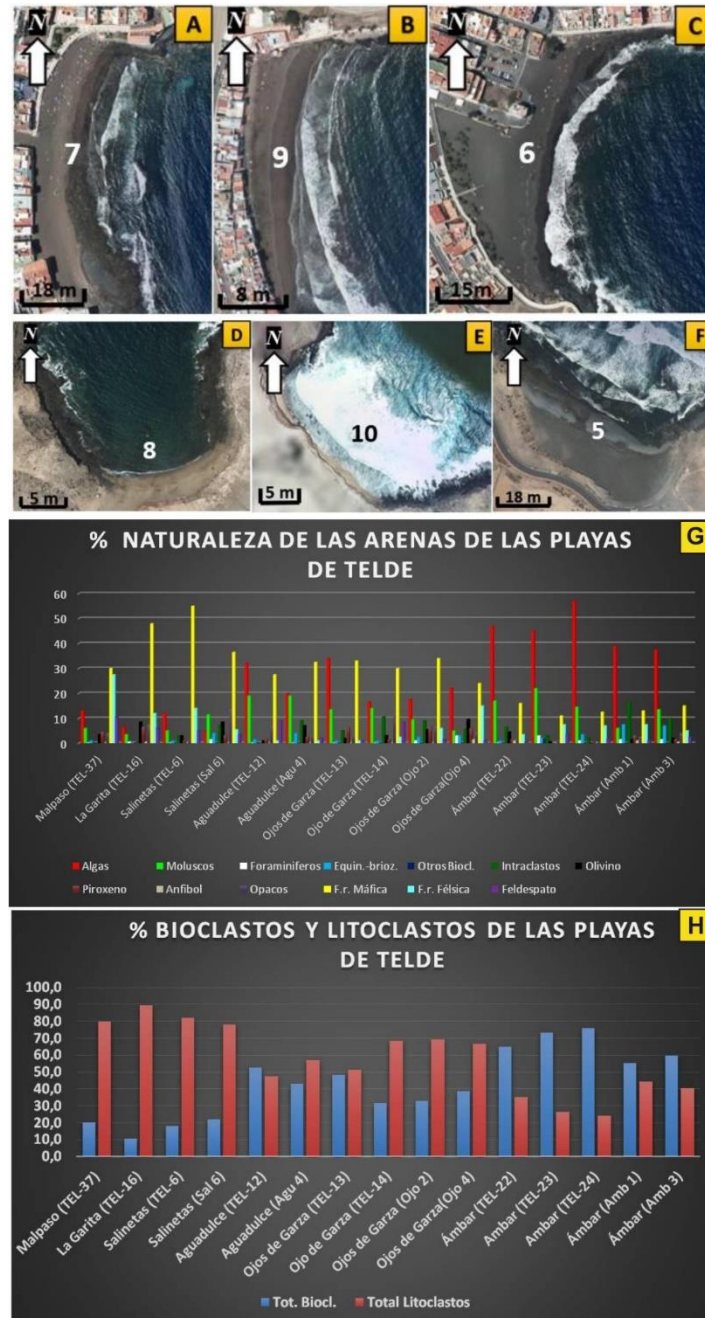


Figura 7. Ortofotos de las playas seleccionadas en la costa del término municipal de Telde (de A a F, los números corresponden a la Figura 2) (tomadas y modificadas de la Idecánarias, <https://visor.grafcan.es>). Histogramas con datos de naturaleza de los granos de arenas generales (G) y porcentajes (%) de bioclastos y litoclastos totales (H), que se han tomado de las publicaciones de Mangas et al., 2008 a, Mangas et al., 2016 y 2018; Burgoa-Torrentegui, 2019, Mangas et al., 2019.

Con respecto a rocas sedimentarias, estas afloran en esta zona suroeste, y son depósitos de conglomerados aluviales miocenos, del Miembro inferior de la FDLP (entre 7,3 Ma y 5,3 Ma) y del Miembro superior (ambas pertenecientes a la fase erosiva insular sin actividad volcánica). Por último, entre los materiales geológicos aparecen depósitos sedimentarios cuaternarios como, por ejemplo, las terrazas aluviales conglomeráticas del barranco de Fataga, en la zona norte del campo de las dunas de Maspalomas, y también existen paleoniveles marinos de conglomerados, areniscas y paleosuelos del pleistoceno superior (<125.000 años) y holocenos (<11,700 años), como sustrato rocoso de este campo dunar. Destaca a nivel regional el sistema playa-duna de Maspalomas y, con menor importancia, el de Montaña de Arena con dunas rampantes.

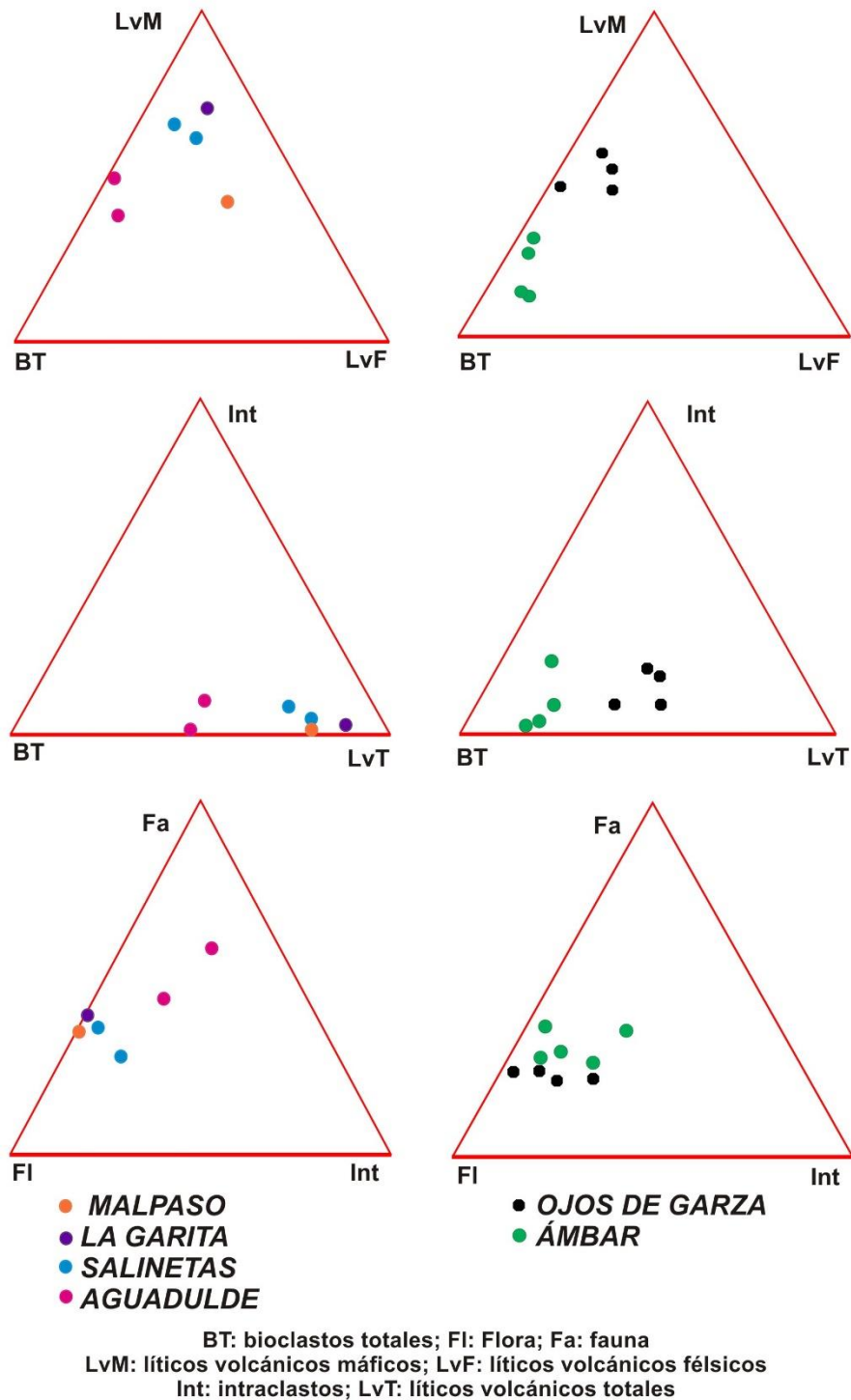


Figura 8. Diagramas ternarios con los datos petrográficos de las muestras de arenas de la costa de Telde, tomados de la bibliografía como, por ejemplo, Mangas et al., 2008 a, Mangas et al., 2016 y 2018; Burgoa-Torrontegui, 2019, Mangas et al., 2019.

Por otro lado, de las siete playas arenosas tratadas en el sector sur de la isla, destaca por su longitud total las del campo dunar de Maspalomas (playas del Inglés, Punta de la Bajeta y Maspalomas) que alcanzan casi los 6 kilómetros (Tabla 1, Fig. 9 de A a G). El resto son bahías o ensenadas de menos de 650 metros, siendo la más pequeña la del Pajar con 210 m de longitud.

Todas las playas están abiertas hacia el sureste-sur, menos la de Montaña de Arena hacia el suroeste. Igualmente, en la cartografía de este sector se observa que las playas están asociadas a la desembocadura de barrancos, menos la punta de la Bajeta, Montaña de Arena y El Pajar. En estas dos últimas, existen laderas con materiales volcánicos fonolíticos félsicos miocenos, brechas volcánicas pliocenas del Grupo Roque Nublo y depósitos sedimentarios de la Formación Detrítica de Las Palmas.

Con relación a los datos petrográficos, estos se han tomado de varias publicaciones científicas realizados en la primera década del siglo XXI (Hernández-Calvento, 2002; Hernández-Calvento y Mangas, 2004; Pérez-Chacón et al., 2007; Alonso-Bilbao et al., 2008; Sánchez-Pérez et al., 2008). Se han realizado histogramas y triángulos con los porcentajes de abundancia (%) publicados y estos están plasmados en las Figuras 9 H e I, y 10. Así, en la Figura 9 H se aprecia que entre los componentes terrígenos, los que sobresalen son especialmente los fragmentos de rocas félsicas (Fig. 4 E y F), con valores que alcanzan casi el 50% de las muestras, le siguen los de rocas máficas, con valores por debajo del 30% y, en menor medida, están los minerales félsicos como los feldespatos, con datos alrededor del 10% y, con valores variables, pero bajos según las playas, los datos de los minerales ferromagnesianos. No obstante, hay un valor anómalo de altos contenidos en minerales ferromagnesianos en la playa de San Agustín, con valores cercanos al 30%. Por otra parte, cabe resaltar que la playa del Pajar tiene la mayor proporción de litoclastos totales, con valores de casi el 90% (media de 74,8% y desviación estándar de 12,4). Por su parte, los intraclastos sedimentarios son mínimos y presentan valores alrededor del 3 % (Fig. 9 H). Con respecto a los bioclastos, los fragmentos de rodolitos son más abundantes que los de moluscos, y casi despreciables la presencia de granos de foraminíferos, equinodermos y briozoos. Entre todas las playas del sur, sobresalen los datos de flora de la Punta de la Bajeta, con valores cercanos al 30% (media de 15,2% y desviación estándar 9,6). En el histograma general de abundancia total de bioclastos y litoclastos (Fig. 9 I), se ve que los valores de litoclastos (volcánicos y sedimentarios) son superiores a los de bioclastos (fragmentos de flora y fauna marina) en todas las playas, exceptuando las playas del Inglés y Maspalomas. A su vez, en la Figura 10, con los diagramas ternarios elaborados, se aprecia que los datos de cada playa varían su proporción, al tener en cuenta los valores de bioclastos totales, líticos volcánicos máficos y félsicos, puesto que los puntos aparecen dispersos y sin orden aparente en las partes centrales del triángulo. Igualmente, en los otros dos triángulos que se consideran, los datos de intraclastos contra el total de líticos volcánicos y los de fauna y flora marina, se aprecia que los valores de abundancia de restos de rocas sedimentarias (intraclastos) es bajo en las siete playas, siendo los resultados más altos los del campo dunar de Maspalomas. También, se observa un aumento de los valores de terrígenos volcánicos totales y los datos de fauna, desde las playas del campo dunar de Maspalomas, que muestran los mínimos porcentajes, hacia las otras playas del sureste y suroeste.



Figura 9. Ortofotos de la A a la G de las playas seleccionadas en el sector costero sur de la isla (los números corresponden con la Figura 2), dentro del término municipal de San Bartolomé de Tirajana (modificadas de la Idecnarias, <https://visor.grafcan.es>). Histogramas con datos de naturaleza de los granos de arenas



generales (H) y porcentajes (%) de bioclastos y litoclastos totales (I), que se han tomado de las publicaciones de Hernández, 2002; Hernández-Calvento y Mangas, 2004; Pérez-Chacón et al., 2007; Alonso-Bilbao et al., 2008 b; Sánchez-Pérez et al., 2008.

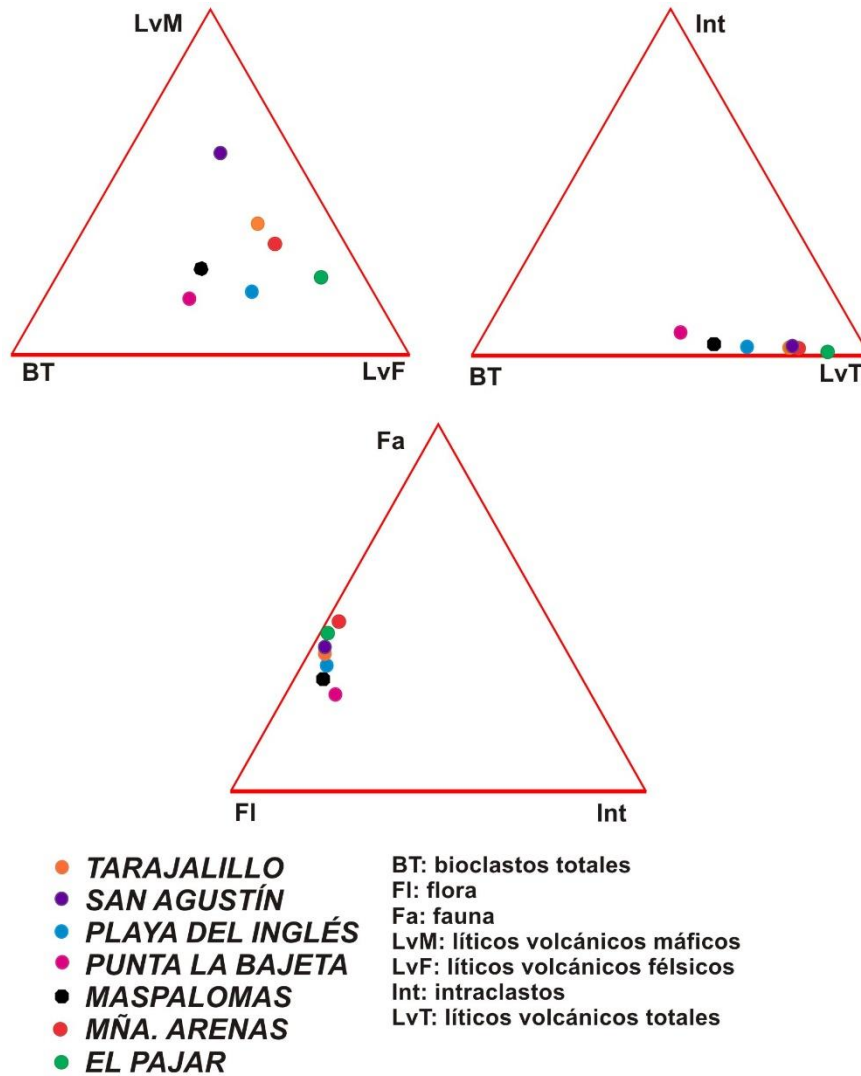


Figura 10. Triángulos con los datos petrográficos, tomados de la bibliografía existente (Hernández, 2002; Hernández-Calvento y Mangas, 2004; Pérez-Chacón et al., 2007; Alonso-Bilbao et al., 2008 a; Sánchez-Pérez et al., 2008), de muestras de arenas en siete playas en el municipio de San Bartolomé de Tirajana.

#### 5.4) Isla de La Graciosa

En la isla de La Graciosa, que es la más grande del archipiélago Chinijo y la que está habitada de continuo todo el año, se han escogido cinco playas en tres sectores distintos. El del norte con las playas de Las Conchas y Lambra, el del este con la del barranco de Los Conejos y las del sur de Salado y Francesa (Tabla 2, Fig. 11 de A a E). Con relación a la geología insular alrededor de estas playas, los sustratos volcánicos que aparecen son coladas y piroclastos de caída basálticos de distintos edificios estrombolianos e hidromagmáticos que presentan edades del Pleistoceno medio (entre 800.000 años antes del presente y 125.000 años) y superior (menos de 125.000 años). Así, la playa de Las Conchas se apoya sobre coladas y piroclastos máficos basálticos de Montaña Bermeja, del Pleistoceno superior; mientras que Lambra aparece sobre flujos lávicos máficos basálticos del edificio de las Agujas, del Pleistoceno medio. El sector este donde está playa del barranco de los Conejos, se localiza un sustrato rocoso de lavas y piroclastos del edificio estromboliano de Morro Negro, del Pleistoceno medio. Por su parte, las playas del Salado y Francesa se sitúan sobre materiales lávicos basálticos de los edificios El Mojón y Montaña Amarilla, respectivamente, datados como Pleistoceno medio. Con respecto a las rocas sedimentarias, en todas las playas y en sus alrededores, aparecen depósitos calcareníticos y conglomeráticos de paleoplayas-*beachrock*, paleosuelos y eolianitas, tanto del Pleistoceno como del Holoceno. Igualmente, asociados a las laderas de los conos volcánicos hay escasos depósitos coluvionares. Por otro lado, el elemento geológico más característico asociado a materiales sedimentarios recientes, aparte de las playas arenosas, son los mantos eólicos que cubren la mayor parte de la isla.

Por otro lado, si se señala los rasgos geográficos de las cinco playas gracioseras, se observa en la Tabla 2 que son más bien calas pequeñas, con longitudes de varios centenares de metros, menos la del barranco de Los Conejos que muestra solo una cincuentena de metros. La anchura media de arena visible en ortofoto oscila entre el valor máximo en la playa de Las Conchas, de casi 100 m, a la mínima de barranco de Los Conejos, de una docena de metros. La orientación de las playas es muy variable en esta isla, y cada una de ellas está abierta a una dirección distinta.

Tratando los datos petrográficos de las publicaciones científicas realizadas en sedimentos arenosos de La Graciosa (Pérez-Chacón et al., 2010 y 2012; Mangas et al., 2012; Casado-Hernández, 2017 y Mangas et al., 2017), se han confeccionado diagramas binarios y ternarios para ver los valores de abundancia publicados y su distribución (Figs. 11 y 12). En los histogramas de porcentaje (en %) de los distintos componentes terrígenos y bioclásticos de las arenas de las playas, se comprueba que hay una abundancia notable de las algas rojas coralinas-rodolitos en todas ellas, le siguen los datos de los granos de moluscos, en cantidades bajas están los fragmentos de rocas máficas y son mínimos los datos de otros bioclastos como foraminíferos, equinodermos



y briozoos, al igual que de minerales. El máximo valor de rodolitos es de un 53% y está en la playa de Lambra (media 51,8% y desviación estándar de 3), mientras que de fragmentos de moluscos tiene una abundancia Máxima de 38%, en la playa de barranco de Los Conejos. Los bioclastos totales predominan en todas las playas siendo el de mayor porcentaje el de barranco de Los Conejos, con un 85%. Con respecto al histograma de valores de total bioclastos y litoclastos, destaca la importancia de los primeros y la mínima presencia de los segundos. También se aprecia que hay una disminución de los granos de las arenas bioclásticas de las playas del norte y este, hasta las playas del sur (Fig. 4 G y H). Esta tendencia se observa mejor en los diagramas ternarios (Fig. 12), donde los puntos tienen una alineación de pérdidas de bioclastos totales desde las playas del norte hacia las del sur. Al mismo tiempo, en el triángulo donde se tratan datos de flora, fauna e intraclastos, se observa que disminuye los granos de rodolitos de norte a sur, y los valores de intraclastos son bajos con respecto a los bioclastos y fragmentos volcánicos máficos.

#### **4) DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

La discusión de los resultados, al igual que en el capítulo anterior, se hará por los sectores de playas seleccionadas, para facilitar el tratamiento de los datos, dejando para el final una interrelación entre los datos de naturaleza de los granos de las playas estudiadas en las dos islas y una comparativa de datos canarios con otras playas arenosas peninsulares o de otros países.

##### **Sector de la Bahía del Confital**

Con respecto a la playa del Confital, los datos petrográficos están relacionadas con cuatro muestras tomadas en varias pequeñas caletas con arena y relacionadas con pasillos de erosión desarrollados en el sustrato de las tobas hialoclásticas, de composición máfica basáltica (Fig. 5 C). Los histogramas y los triángulos de esta playa muestran que hay una abundancia e litoclastos máficos, pero con porcentajes distintos según las caletas (Figs. 5 E y F, y 6 parte izquierda). Además, hay abundancia de bioclastos de rodolitos y moluscos, pero con valores variables según las muestras. Los demás granos de arena tienen datos bajos de abundancia y son poco significativos. Por ello, estos valores nos indican que los granos de arena identificados como fragmentos de roca volcánica máfica, proceden de la erosión tanto del sustrato de la playa constituido de tobas hialoclásticas mi-pliocenas y, del apilamiento de capas de lavas y piroclastos pleistocenos en los acantilados de la playa, denominados Altos del Confital, ambos relacionados con los Grupos Roque Nublo y Post-Roque Nublo. Mientras que el área fuente de los bioclastos marinos está en biota de la zona submareal actual y se supone que una ínfima parte procede de la erosión de los fósiles que se encuentran en los niveles marinos del mio-plioceno y pleistoceno. Esta suposición se fundamenta en que los moluscos y los rodolitos fósiles están muy cementados, tanto en la toba hialoclástica mio-pliocena como en los conglomerados pleistocenos.

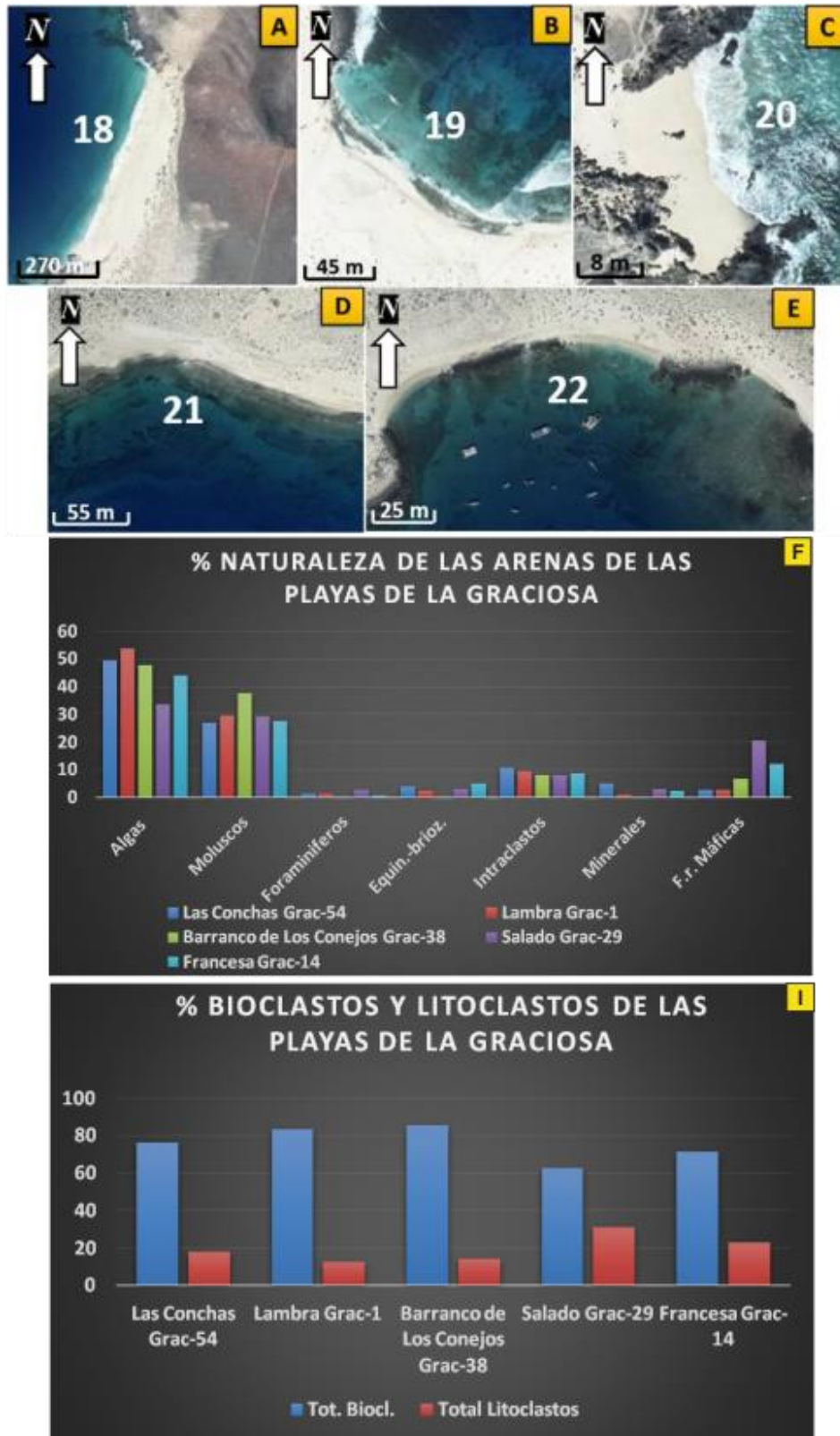


Figura 11. Ortofotos de la A a la E relativas a las playas escogidas en la isla de La Graciosa (modificadas de la Idecnarias, <https://visor.grafcan.es>) y los números que aparecen en ellas corresponden con los de la Figura 2. Histogramas con datos de abundancia (%) de los distintos granos identificados en las arenas (F), y porcentajes (%) de bioclastos y litoclastos totales (G), que se han tomado de las publicaciones realizadas por Pérez-Chacón et al., 2010 y 2012; Mangas et al., 2012; Casado-Hernández, 2017 y Mangas et al., 2017.

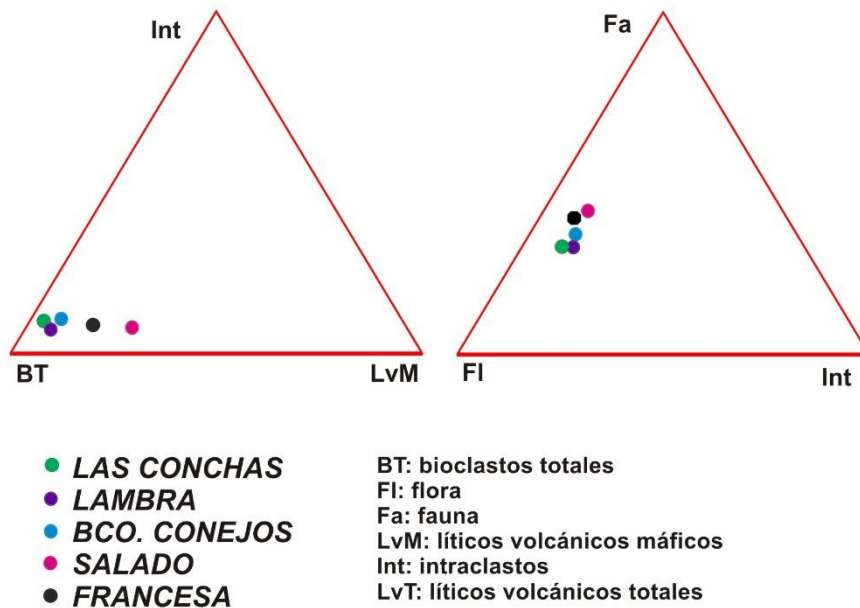


Figura 12. Triángulos con los datos petrográficos, tomados de las publicaciones realizadas en La Graciosa por Pérez-Chacón et al., 2010 y 2012; Mangas et al., 2012; Casado-Hernández, 2017 y Mangas et al., 2017, en muestras de arenas de las cinco playas escogidas para este trabajo.

Por otro lado, los pocos intraclastos que aparecen como granos de arena proceden de la erosión de estas paleoplayas que afloran a lo largo de pequeños resaltes en la zona intermareal. Con respecto a la heterogeneidad de los datos petrográficos que se observa en las gráficas del total de litoclastos y bioclastos, junto con los tres triángulos, se explica porque las arenas no tienen conexión entre los distintos canales erosivos. Así, la dinámica marina de corrientes, mareas y oleaje no es capaz de homogeneizar la composición de los granos de arena en esta playa, pues no hay transferencia entre calas de la zona intermareal ni en el sustrato de tobas de la zona submareal.

Las muestras de arena estudiadas en la Playa de Las Canteras por varios autores presentan en las figuras confeccionadas binarias y ternarias (Figs. 5 E a L, 6 parte derecha) que valores de abundancia son parecidos entre los bioclastos y litoclastos totales, aunque los arcos del noreste y central hay una preponderancia ligera de los bioclastos totales con respecto a los litoclastos totales volcánicos y sedimentarios, mientras que en la Cicer sucede lo contrario son un poco más abundantes los litoclastos que los bioclastos totales. Por otro lado, la proporción de terrígenos de rocas máficas (basálticas) y félsicas (fonolíticas) en los arcos central y Cicer es similar, pero disminuyen los máficos en el arco central a costa de crecer ligeramente los intraclastos sedimentarios (Fig. 6, parte derecha, triángulos superior y medio), aunque estos tienen porcentajes bajos en las tres áreas. También sobresale el valor de abundancia de granos de piroxenos que proceden de rocas basálticas en la zona de la Cicer. Por todo ello, y teniendo en cuenta la geología local de la bahía, el área fuente de los litoclastos volcánicos máficos y félsicos está relacionada con las coladas basálticas que aparecen en la Puntilla, en el arco del noreste, en las cuencas y

desembocaduras de los barrancos de La Ballena y Tamaraceite, y en la parte media y alta del acantilado del Rincón. Estos basaltos son de los Grupos Roque Nublo y Post-Roque Nublo. Con relación a la fuente de los terrígenos félsicos, estos proceden de la erosión de los restos erosivos del sustrato de las Canteras como la Peña la Vieja y otros emergidos y sumergidos, y las coladas piroclásticas fonolíticas que afloran en los dos barrancos que desembocan en la playa, y en la base del acantilado del Rincón. Los intraclastos, que son poco representativos por tener bajas abundancia en los tres sectores, provienen de la erosión de la Barra y de los afloramientos de paleoplayas, paleosuelos y eolianitas de la zona intermareal del arco central. De los pocos datos que se tienen de la composición de los distintos granos bioclásticos, se indica que hay un predominio de los fragmentos de rodolitos sobre los moluscos y otras conchas de foraminíferos, equinodermos y briozoos, como se ve en los porcentajes del arco central (Fig. 6, triangulo inferior derecho). Al comprobar que los datos de los componentes principales de las arenas muestran porcentajes parecidos, nos está indicando que la dinámica marina es capaz de homogenizar los distintos granos de arena en los tres sectores, habiendo ciertas anomalías por la presencia de la Barra de Las Canteras y paleoniveles litorales en el arco central con el aumento de los intraclastos, o como la presencia de minerales del grupo de los piroxenos en la Cicer y arco central por la cercanía de la desembocadura de los barrancos conteniendo rocas máficas basálticas. Con respecto a los bioclastos, estos proceden de la fracturación de las partes duras de los organismos de fauna y flora actuales o recientes, y alguno puede proceder de los niveles de rocas sedimentarios. Estos últimos son pocos pues la cantidad de intraclastos en general es pequeña. Además, cuando los granos bioclastos proceden de estos estratos, suelen tener las conchas o los rodolitos cementos carbonatados o limolitas (cutanes en los paleosuelos) en sus bordes o suelen tener conchas oxidadas rojizas, y en nuestro caso son ínfimos.

### **Sector Telde**

En relación con las seis playas estudiadas en la costa de Telde, los resultados petrográficos de las 15 muestras analizadas y representados en varias gráficas (Figs. 7 y 8), nos indican que las arenas litoclásticas (fragmentos de rocas volcánicas y sedimentarias, y minerales) son más abundantes en las playas del norte (Malpaso, La Garita y Salinetas) que las del Sur (Aguadulce, Ojos de Garza y Ámbar). Sucede lo contrario con los porcentajes de granos de bioclastos totales (restos de flora y fauna), predominando más en las playas del sur y reduciendo sus porcentajes en las del norte. Además, si nos fijamos en el tipo de litoclastos, los granos de rocas máficas (basálticas) y minerales ferromagnesianos (olivino, piroxenos, opacos y anfíbol) predominan en las playas del norte y son más escasos en el sur (Figs. 7, G y H, y 8 los dos triángulos superiores). También, los granos de rocas félsicas (fonolitas y traquitas) y minerales félsicos, como los feldespatos, son más abundantes en las playas del norte y casi ausentes en las del sur. Desde el punto de vista genético, estas tendencias se pueden interpretar por la geología local de la costa

teldense y zonas próximas a las playas. Así, como indicamos en los resultados, en la zona norte de Telde está el importante barranco Real de Telde, que atraviesa en su cuenca afloramientos de fonolitas miocenas, por lo que es normal que tenga más granos de arena de fragmentos de rocas félsicas y feldespatos en las playas de Malpaso, La Garita y Salinetas. Este hecho se ve bien en el triángulo superior izquierdo (Fig. 8), donde los granos félsicos dominan en estas playas del norte. Además, las corrientes pueden llevar estos granos félsicos de norte hacia el sur, desapareciendo progresivamente en este sentido. Por otro lado, como a lo largo de toda la costa hay afloramientos de rocas basálticas (lavas y piroclastos en conos y depósitos de dispersión) del Grupo Post-Roque Nublo, y en el norte del Roque Nublo, y aparecen en los acantilados y barrancos que alimentan las playas de Telde (Tabla 1), es normal que aparezcan líticos volcánicos máficos con porcentajes moderados en todas las playas, disminuyendo ligeramente en las playas del sur, del Ámbar, Ojos de Garza y Aguadulce, a consta del aumento de las arenas bioclásticas (Fig. 8, triángulos superior derecho y los dos centrales). Por otra parte, los porcentajes de intraclastos, que proceden de la erosión de paleoniveles de rocas sedimentarias de eolianitas, *beachrock*, y paleosuelos, son bajos en todas las muestras, por lo que los agentes geológicos externos (aguas superficiales, viento y mar) no son capaces de romper estas rocas para generar este tipo de grano de arena. Por lo que respecta a las arenas bioclásticas de rodolitos y moluscos, se observa en la Figura 8, triángulos inferiores, que hay más granos de mallas de algas coralinas que de moluscos y otros bioclastos, exceptuando la playa de Aguadulce. Este hecho puede explicarse si existe una erosión de las eolianitas y de los mantos eólicos actuales que conteniendo abundantes moluscos terrestres y que afloran en las laderas cercanas a esta playa, la cual está orientada al norte y a la acción de los vientos alisios y corrientes de deriva litoral norte-sur.

### **Sector San Bartolomé de Tirajana**

Por lo que respecta a las siete playas arenosas analizadas de la costa del municipio de San Bartolomé, los datos petrográficos tratados están recogidos en la Figuras 9 y 10. Así, en relación con la abundancia de bioclastos y litoclastos totales se aprecia que las playas del norte del municipio, Tarajalillo y San Agustín, y las del suroeste Montaña de Arena y El Pajar, muestran más arenas litoclásticas que bioclásticas, mientras que forman un conjunto a parte las tres del campo dunar de Maspalomas, con más bioclastos que litoclastos (Figs. 9 H e I). Además, en todas las playas predominan los granos de rocas félsicas (fonolitas y traquitas) como se observa en las Figuras 9 H e I y 10 en su triángulo superior izquierda, destacando la muestra de El Pajar. Este pico de El Pajar se explica por la presencia de coladas de ignimbritas de cenizas y pómez poco soldadas en los acantilados cercanos a la playa y al ser esta playa una ensenada pequeña y bastante abrigada. Aunque todas las playas de San Bartolomé tienen fragmentos de rocas máficas (basaltos), hay máximos de abundancia en las playas del norte, Tarajalillo y San Agustín, y en el suroeste, Montaña la Arena (Figs. 9 H e I, 10 triangulo superior izquierdo). También hay un valor

máximo de minerales ferromagnesianos (olivino, piroxeno y opacos) asociadas a las rocas máficas en la playa de San Agustín. Con relación a la abundancia de granos félsicos y, en menor medida, cristales de feldespatos asociados a estas rocas, se explica con que en este sector afloran numerosas rocas félsicas (coladas e ignimbritas) de la etapa de declive alcalino de la isla (Formación Fonolítica o Fataga, con edades en sus rocas entre 13 y 9 Ma). La presencia de rocas máficas y minerales ferromagnesianos, se debe a la existencia de varias áreas fuente como, por ejemplo, los afloramientos de lavas y piroclastos basálticos asociados al volcán de Tabaibas, del Grupo plioceno Roque Nublo, apareciendo así en las muestras un repunte de granos máficos en las playas del norte. Igualmente, el aporte de granos máficos que hace el barranco de Fataga a las tres playas del campo dunar de Maspalomas, y que se generan por tener un área fuente en las coladas y piroclastos máficos del volcán El Tablero en el cauce del barranco. También, y en relación a los granos volcánicos máficos y ferromagnesianos de Montaña de Arena, se deben a la presencia en las zonas cercanas a la playa de depósitos de las facies deslizadas del estratovolcán Roque Nublo, que contienen coladas basálticas.

Con respecto a los granos de arena bioclástica en este sector, se aprecia en los gráficos que son más abundantes en el campo dunar de Maspalomas y predominan más los fragmentos de rodolitos que los moluscos, siendo insignificantes los otros bioclastos de fauna (Fig. 10, triángulos superior derecho e inferior). Además, en todas las playas del sur de Gran Canaria dominan los granos de rodolitos sobre los de fauna marina. En general estos restos de partes duras de la biota marina son de organismos actuales y recientes, y la dinámica marina es la que se encarga de pasarlos de las zonas submareales a las zonas intermareales de las playas. Con respecto a los intraclastos, en este sector tienen valores de abundancia bajos y sólo destaca la acumulación de los mismos en la Punta de La Bajeta, desconociendo el motivo, pues allí no hay sustrato de rocas sedimentarias. Esta mínima presencia de intraclastos en todas las playas se debe a que son escasos los afloramientos de rocas sedimentarias (paleoplayas, eolianitas y paleosuelos) en las playas o en zonas próximas. Que se sepa, en la playa de Maspalomas hay depósitos de paleoplayas del Pleistoceno superior (125.000 años) con fauna senegalesa, pero sólo afloran en épocas de temporales marinos, quedando después tapados, por lo que la acción marina para formar intraclastos es reducida.

### **Sector de la isla de La Graciosa**

Los estudios petrogenéticos de las arenas de las cinco playas de La Graciosa confirman que está asociada a la fase reactivación volcánica de la isla de Lanzarote, ya que no hay ni fase en escudo, ni declive alcalino, ni de inactividad volcánica con erosión, pero sí aparecen conos volcánicos con piroclastos y lavas basálticas asociadas del Pleistoceno medio y superior, distribuidos de forma dispersa a lo largo de la superficie insular. Por consiguiente, la erosión de estos materiales basálticos dará lugar a granos máficos y minerales ferromagnesianos, y no existen

granos de rocas volcánicas félsicas ni feldespatos. Este hecho se observa perfectamente en las figuras de los datos de abundancia en las playas estudiadas (Fig. 11 F y G), y se ve la tendencia de ganar litoclastos volcánicos desde las playas del norte al sur, a consta de la pérdida de bioclastos. En este sentido, lo que predomina de verdad en esta isla son los bioclastos de flora marina-rodolitos y, en menor medida, de moluscos, siendo mínimos los valores de abundancia de los granos de otros bioclastos como foraminíferos, briozoos y equinodermos (Fig. 12). Así, las playas se pueden decir que son esencialmente bioclásticas y sus áreas fuentes están en los restos de vida marina de zonas submareales que pasan a las intermareales por la acción del oleaje y corrientes marinas, y los provenientes de los moluscos terrestres arrastrados por el viento. En todas las muestras hay intraclastos, pero con valores bajos, estos proceden de la erosión de las eolianitas que son frecuentes de encontrar en casi todas las playas, junto con niveles de beachrock y paleosuelos. Como se dijo en el apartado de resultados, hay una tendencia a ganar las playas granos de litoclastos de las playas del norte, al este y aumentando sobre todo al sur. Esto es debido a que las aguas de escorrentía producen coluviones que alcanzan el mar. Así, los granos de fragmentos de roca máfica provendrían de la erosión de los conos volcánicos del cono volcánico del Mojón, para la playa Salado y Francesa. Igualmente, se observa una ganancia de moluscos de las playas del norte hacia las del sur, debido a la erosión de numerosos moluscos terrestres que abundan en los mantos eólicos del interior de la isla y que son transportados por el viento hasta las zonas costeras.

#### **Datos petrográficos de otras playas**

Cuando describimos el apartado de los antecedentes, señalando los trabajos petrográficos que se han llevado a cabo desde la década de los 70 del pasado siglo, indicamos que se han estudiado playas en distintos ambientes geológicos. Las playas peninsulares estudiadas están en las comunidades de Galicia y Andalucía, y han sido investigadas por el grupo de Petrología de Madrid. También este equipo ha realizado estudios en sedimentos fluviales y en cuencas sedimentarias del interior peninsular. Los resultados de sus publicaciones no son comparables a las de las islas Canarias. Así, el archipiélago canario son islas volcánicas localizadas en el interior de una placa oceánica y sigue el proceso de formación en fases de las islas hawaianas. Como hemos indicado en los párrafos anteriores, nuestros litoclastos son volcánicos máficos y félsicos, principalmente, y los intraclastos proceden de la erosión de rocas sedimentarias detríticas carbonatadas costeras. Por lo que respecta a las playas de la península ibérica, las rocas son continentales, por lo que hay abundancia de rocas graníticas, metamórficas y sedimentarias detríticas y carbonatadas. Por consiguiente, las áreas fuente de los granos de arena son completamente distintas y los ríos las transportan y las acumulan en sus cauces y en sus desembocaduras. Así, las áreas fuente son rocas plutónicas graníticas y granodioríticas, etc.; de rocas metamórficas como, por ejemplo, gneises, esquistos, pizarras, calizas dolomías, mármoles,

entre otras, y de materiales sedimentarios como areniscas, grauvacas, arcosas, etc. Por lo tanto, cuando los agentes externos erosionan estas rocas, los granos de arena son fundamentalmente minerales como, por ejemplo, cuarzos, feldespatos, micas, calcitas, dolomitas, turmalinas, granates, etc., junto con fragmentos de rocas muy variadas en su naturaleza (granos de cuarcitas, esquistos, granitos, calizas, dolomías, arenisca, grauvacas), y los intraclastos con detríticos con cementos silíceos, carbonatados, ferruginosos, fosfatados, etc. Por ello, es imposible comparar los datos petrográficos publicados en Canarias y los de estas zonas peninsulares. Lo mismo sucede con la bibliografía de otros continentes y de islas de zonas de subducción u originadas por procesos de tectónicos. Los granos son muy diferentes a los que hemos descrito para las islas Canarias.

No conocemos trabajos de petrografía de playas en otros archipiélagos asociados a punto caliente, por lo que es una asignatura pendiente para los equipos internacionales que trabajan en esta línea de investigación. Si se han realizado estudios petrográficos en las playas de Famara en Lanzarote (Mangas et al. 2008, b) y de Corralejo en Fuerteventura (García-Sanjosé, 2013), pero no era el objetivo de esta revisión bibliográfica. No obstante, en líneas generales, los granos de la playa de Famara muestran datos medios de bioclastos del 58,5 % y de litoclastos volcánicos máficos y sedimentarios de 41,5%. Con respecto al estudio petrográfico de las playas de Corralejo, aquí predominan los bioclastos con valores entre el 70 y el 80%, los intraclastos son abundantes con porcentajes de abundancia inferiores al 26% y de líticos volcánicos máficos inferiores al 8%. Por todo ello, nuestro archipiélago canario es peculiar por su situación geotectónica y muestra una singularidad notable en la naturaleza de las arenas de sus playas. Se ha corroborado con esta revisión, que a partir de los análisis petrográficos es posible conocer las áreas fuente de las arenas y su naturaleza. Así, la composición de los terrígenos está directamente relacionada de los elementos geológicos volcánicos y sedimentarios de distintos periodos que se presentan en las playas o en sus alrededores, y los bioclastos con la geodiversidad marina y terrestre existente actualmente o en el pasado, en cada sector costero de la isla.

## **5) CONCLUSIONES**

Este Trabajo de Fin del Master Interuniversitario de Oceanografía que se centró en la revisión de los datos petrográficos publicados sobre las arenas procedentes de 22 playas en las islas de Gran Canaria y La Graciosa, ha cumplido con los objetivos previstos. Se ha conseguido relacionar la composición de los granos de arena y su abundancia relativa en cada una de las playas seleccionadas (Bahía del Confital, Telde, San Bartolomé de Tirajana y isla de La Graciosa). El tratamiento de los datos y su contextualización, en los entornos geográfico y geológico, han permitido relacionar los sedimentos arenosos con el área fuente, vinculándolos con las distintas



etapas constructivas de las islas. A continuación, se resumen las principales conclusiones alcanzadas:

- 1) En la composición litológica de los granos de arena en Gran Canaria y la Graciosa, predominan los componentes terrígenos volcánicos: fragmentos de rocas máficas basálticas y félsicas traqui-fonolíticas, junto con minerales ferromagnesianos como olivino, piroxeno, óxidos de Fe-Ti, y anfíboles, y leucocráticos como los feldespatos.
- 2) Los granos bioclásticos marinos son principalmente fragmentos de mallas de algas coralinas-rodolitos (flora), junto con moluscos, equinodermos, foraminíferos y briozoos (fauna).
- 3) Los granos de intraclastos son restos de rocas sedimentarias que están relacionados con la erosión de afloramientos costeros de niveles de paleoplayas-*beachrock*, eolianitas y paleosuelos.
- 4) Los porcentajes de abundancia de estas arenas dependen por una parte de factores petrológicos y, por otra, de la localización de la playa. En este sentido, va a influir la presencia de materiales volcánicos y/o sedimentarios en el sistema costero, así como la localización o proximidad de desembocadura de barrancos, acantilados, laderas, etc.
- 5) Gran Canaria es una isla madura, que tiene una historia geológica larga y compleja, de unos 14,5 Ma. Los litoclastos volcánicos máficos y félsicos que aparecen en los tres sectores de playas estudiadas, están relacionados con la presencia de rocas félsicas miocenas de la fase de declive alcalino; rocas máficas y félsicas del estratovolcán plioceno Roque Nublo, y materiales máficos del Grupo Roque Nublo, estos últimos de la fase de reactivación volcánica insular.
- 6) En la Graciosa predominan las arenas bioclásticas y, en segundo lugar, los terrígenos basálticos. Esto se debe a que es una isla joven, con una historia corta que va desde el Pleistoceno Medio-Superior (<0.8 Ma) hasta la actualidad, asociada a la etapa de reactivación volcánica de Lanzarote. Por ello, los líticos volcánicos félsicos no aparecen como granos de arena.
- 7) Con respecto a los porcentajes de abundancia de los distintos componentes, se ha comprobado que varían en cada playa, o en cada sector que aglutina varias playas. Su variabilidad depende de factores geológicos y geomorfológicos como, por ejemplo, la presencia de afloramientos rocosos volcánicos y sedimentarios de los sustratos, acantilados, laderas y barrancos asociados a cada uno de ellos, y de aspectos geomorfológicos como el tamaño de la playa, su orientación, la presencia o ausencia de salientes, islotes, barras, acantilados, barras, etc.. Así, los porcentajes de los granos de arena de terrígenos y bioclastos varían en las muestras analizadas de la playa del Confital; hay ligeras diferencias de estos componentes en los tres sectores de Las Canteras por la gran variabilidad de rocas volcánicas y sedimentarias presentes en la playa y los

alrededores, y que están relacionadas con las distintas etapas de la construcción de la isla desde el mioceno hasta la actualidad; existen variaciones progresivas en las playas de la costa de Telde, pues los litoclastos son más abundantes en las playas del norte mientras que los bioclastos lo son en las del sur; las playas de San Bartolomé de Tirajana, se caracterizan por tener más abundancia de granos de rocas félsicas y minerales claros, procedentes de numerosos afloramientos de la fase de declive alcalino de la isla, con relación a los otros sectores analizados en Gran Canaria.

- 8) Las islas Canarias, al ser islas volcánicas asociadas a un punto caliente, muestran una génesis y evolución geológica singular, pues constituyen un ambiente geotectónico particular. Por lo tanto, los resultados petrográficos en las arenas de playas canarias son difíciles de comparar con los obtenidos en otros ambientes geotectónicos (playas en márgenes continentales, en islas de zonas de subducción o de origen tectónico, entre otros), sobre todo desde el punto de vista de la composición de los terrígenos.

## **6) AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Creador de todas las cosas que me dio la oportunidad de realizar uno de mis sueños y saber más sobre las maravillosas obras de Su mano en este vasto, misterioso y hermoso océano. Por haberme dado la vida, la salud y por las preciosas e impredecibles bendiciones que me ha dado a lo largo de mi vida y en mis estudios.

A mis amados y eternos padres que siempre y aún luchan por mí y creyeron en mis sueños y en mi futuro. A mis hermanos que siempre me apoyaron y oraron por mí, a mi novio que siempre me dio fuerzas y me ayudó mucho. A mi tutor y profesor José Mangas por su disponibilidad y atención a lo largo de este trabajo final y al Gobierno de Canarias por la oportunidad de obtener una beca y título de máster.

## **7) BIBLIOGRAFIA**

Abe-Cisneros R. (2011). Provenance and origin of holocene beach ridge and modern beach sands from the costa de Nayarit, western México. Tesis de Master Louisiana State University. USA. 179 pp.

Alonso-Bilbao, I. (1993). Procesos sedimentarios en la playa de Las Canteras (Gran Canaria). Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Alonso, I., Casamayor, M., García, M. J. S., y Montoya-Montes, I. (2019). Classification and Characteristics of Beaches at Tenerife and Gran Canaria Islands. In *The Spanish Coastal Systems* (pp. 361-383). Springer, Cham.

Alonso-Bilbao I., L. Hernández-Calvento, Mangas J. y Medina R. (2008b). Sedimentología, hidrología y geomorfología del campo dunar de Maspalomas. Geo-guías 5. Itinerarios geológicos por las Islas Canarias. Gran Canaria (F.J. Pérez-Torrado y M.C. Cabrera, Eds). Sociedad Geológica de España. 121-136.

Alonso-Bilbao, I. y Pérez-Torrado, F. J. (1992). Estudio sedimentológico de la Playa de las Canteras, Gran Canaria. Datos preliminares. III Congreso Geológico de España, 2, 131-135.

Alonso-Bilbao, I., Sánchez Pérez, I., Mangas, J., Rodríguez, S., Medina, R., y Hernández Calvento, L. (2008a). Caracterización textural y composicional de las playas del sector meridional de Gran Canaria. Consideraciones sobre el transporte de sedimentos. Geotemas, 10, 496-498.

Arribas, J. (2010). Análisis de la procedencia en depósitos arenosos. En: “Sedimentología: del proceso físico a la cuenca sedimentaria (Ed. A. Arche). Servicio de publicaciones del CSIC, pp. 397-441.

Arribas J., Alonso A., Pagés J.L. y González-Acebrón L. (2010). Holocene transgression recorded by sand composition in the mesotidal Galician coastline (NW Spain). *The Holocene* 20(3), 375-393.

Arribas, J., Critelli, S., Le Pera, E. y Tortosa, A. (2000). Composition of modern stream sand derived from a mixture of sedimentary and metamorphic source rocks (Henares River, Central Spain). *Sed. Geol.*, 133, 27-48.

Arribas, J., Gómez-Gras, D., Rossel, J. y Tortosa, A. (1990). Estudio comparativo de las areniscas de la isla de Menorca: evidencias de su reciclado. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 3: 105-116.

Arribas, J. y Tortosa, A. (2003). Detrital modes in sedimentoclastic sands from low-order streams in the Iberian Range, Spain: the potential for sand generation by different sedimentary rocks. *Sed. Geol.* 159, 275–303.

Basu, A. (1976). Petrology of Holocene sands derived from plutonic source rocks; implications to the paleoclimatic interpretation. *Journal of Sedimentary Petrology* 46, 694–709.

Basu, A. (1985). Influence of climate and relief on compositions of sands released at source areas. En: Zuffa, G. G. (ed.) *Provenance of Arenites: North Atlantic Treaty Organization Advanced Study Institute Series 148D*. Reidel, Dordrecht, Holland. 1-18

Burgoa-Torrentegui, I. (2019). Provenance analysis of submerged and emerged sands of five beaches in Telde southern coast (E of Gran Canaria Island, Spain). Master de Oceanografía, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Carranza-Edwards A, Bocanegra-García G, Rosales-Hoz L, de Pablo Galán L. (1998). Beach sands from Baja California Peninsula, Mexico. *Sedimentary Geology* 119: 263-274.

Casado-Hernández, J. F., (2017). Provenance analysis of the subtidal sands in the island of La Graciosa (Canary Islands). Relations between submerged and emerged areas of beach-dune systems. *Grado Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria*.

Critelli, S., Arribas, J., Le Pera, E., Tortosa, A., Marsaglia, K. M. y Latter, K. K. (2003). The recycled orogenic sand provenance from an uplifted thrust belt, Betic Cordillera, southern Spain. *Journal of Sedimentary Research* 73, 72–81.

Critelli, S., y Ingersoll, R. V. (1994). Sandstone petrology and provenance of the Siwalik Group (northwestern Pakistan and western-southeastern Nepal). *Journal of Sedimentary Research*, 64(4a), 815-823.

Critelli, S., Le Pera, E. y Ingersoll, R. V. (1997). The effects of source lithology, transport, deposition and sampling scale on the composition of southern California sand. *Sedimentology* 44, 653–671.

Di Giulio, A., Tribuzio, R., Ceriani, A., Riccardi, M. P. (1999). Integrated analyses constraining the provenance of sandstones, a case study: the Section Peak Formation (Beacon Supergroup, Antarctica). *Sedimentary Geology* 124: 169-183.

Dickinson, W. R, Beard, L. S., Brakemidge, G. R, Eljavec, Ferguson, R. C, Inman, K. F., Knepp, RA, Lindberg, F. A. y Ryberg, R. T. (1983). Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of America, Bulletin* 94, 222-235.

Dickinson, W. R. y Suczek, C. A. (1979). Plate tectonics and sandstone composition. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 63, 2164–2182.

Dickinson, W. R. (1985). Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. En: Zuffa, G.G. (ed.), *Provenance of Arenites: North Atlantic Treaty Organization Advanced Study Institute Series 148*, Dordrecht, The Netherlands, D. Reidel, p. 333–361.

Dorsey, R. J. 1988. Provenance evolution and unroofing history of a modern arc-continent collision: evidence from petrography of Plio-Pleistocene sandstone, eastern Taiwan. *Journal of Sedimentary Petrology* 58, 208–218.

Ferrer-Valero, N. (2018). Measuring geomorphological diversity on coastal environments: A new approach to geodiversity. *Geomorphology*, 318, 217-229.

- Galehouse, J. S. (1971). Point counting. In: Carver RE ed. *Procedures in sedimentary petrology*. Wiley-Interscience. 385-407.
- García-Sanjosé, P. (2013). Caracterización sedimentológica y petrográfica de los materiales que afloran en la costa del parque natural de Corralejo (Fuerteventura), y su puesta en valor. TFM de Gestión Costera. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Facultad Ciencias del Mar. 58pp.
- Garzanti, E., Canclini, S., Foggia, F. M. y Petrella, N. (2002). Unraveling magmatic and orogenic provenance in modern sand; the back-arc side of the Apennine thrust belt, Italy. *Journal of Sedimentary Research* 72, 2–17.
- Hernández-Calvento, L. (2002). Análisis de la evolución del sistema de dunas de Maspalomas, Gran Canaria, Islas Canarias (1960-2000). Tesis Doctoral en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 425 pp.
- Hernández-Calvento, L., y Mangas, J. (2004). Caracterización de los materiales sedimentarios aflorantes en el sistema de dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias). En: *Procesos geomorfológicos y evolución costera: actas de la II Reunión de Geomorfología Litoral*, Santiago de Compostela. Universidad de Santiago de Compostela. 67-82.
- Herrera-Holguín A. C., Menéndez, I. y Mangas, J. (2019). Beachrock, paleosuelo y aeolianita holocenas en el arco central de la playa de Las Canteras (NE de Gran Canaria, España). *Resúmenes XV Reunión Nacional del Cuaternario*, Bilbao, 243-246.
- Johnsson, M. J., (1993). The system controlling the composition of clastic sediments. En: Johnsson, M.J., and Basu, A., eds., *Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments*: Geological Society of America, Special Paper 284, p. 1–19.
- Johnsson, M. J. (1989). Physiographic controls on the composition of sediments derived from volcanic and sedimentary terrains on Barro Colorado Island, Panama. *Journal of Sedimentary Petrology* 59, 768–781.
- Juliá-Miralles, M. y Mangas, J. (2014): Geologic characterization of sedimentary rocks and sediments associated to shallows of El Confital Bay (NE of Gran Canaria island, Canary Islands). Master de Oceanografía, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 30 pp.
- Kasper-Zubillaga J. J. y Carranza-Edwards, A. (2003). Modern sands of the Gulf of Mexico: Discriminating fluvial and coastal sand composition Arenas actuales del Golfo de México: Discriminación entre la composición de arenas fluviales y costeras. *Ciencias Marinas* 29 (4B), 621–630.

- Kasper-Zubillaga, J. J. y Dickinson, W. W. (2001). Discriminating depositional environments from modern source terranes using modal analysis. *Sedim. Geol.*, 143: 149–167.
- Kasper-Zubillaga, J. J., Dickinson, W. W., Carranza-Edwards, A., y Hornelas-Orozco, Y. (2005). Petrography of quartz grains in beach and dune sands of Northland, North Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, vol. 48: 649-660
- Kwon, Y. I., y Boggs, Jr. S. (2002). Provenance interpretation of Tertiary sandstones from the Cheju Basin (NE East China Sea): a comparison of conventional petrographic and scanning cathodoluminescence techniques. *Sedimentary Geology*, 152(1-2), 29-43.
- Laila Fillá, P., Garzón, G. y Arribas, J. (2005). Petrografía de los depósitos arenosos fluviales y costeros en la península de Tanager: Implicaciones sobre la dinámica fluvial y litoral. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 18(3-4).
- La Pera, E., Arribas, J., Critelli, S. y Tortosa, A. (2001). The effects of source rocks and chemical weathering on the petrogenesis of siliciclastic sand (Calabria, Italy): implications for provenance studies. *Sedimentology* 48, 357–78.
- Le Pera, E. y Arribas J. (2005). Sand composition in an Iberian passive-margin fluvial course: the Tajo River. *Sedimentary Geology* 171, 261–81.
- Mangas, J., Alonso-Bilbao, I., Betancort, J. F., Casamayor, F., Menéndez González, I., Montoya, I., Quevedo, L. A., Rodríguez, I., Sánchez García, M. J. y Yepes, J. (2018). Sistemas playa-duna actuales y fósiles en la costa sur de Telde (este de Gran Canaria): Registro de cambios globales del nivel del mar en tiempos geológicos recientes. Informe final del convenio entre Ayuntamiento de Telde-ULPGC-FCPTC con fondos FDECAN. 275pp.
- Mangas, J., Cabrera Vega, L. L., Menéndez González, I. y Alonso-Bilbao, I. (2008b). Beachrock, biolitita y sedimentos arenosos costeros en la playa de Famara (NE de Lanzarote). *Geotemas*, 10, 559-562.
- Mangas, J., Cabrera Vega, L. L., Menéndez González, I. y Alonso-Bilbao, I. (2008b). Beachrock, biolitita y sedimentos arenosos costeros en la playa de Famara (NE de Lanzarote). *Geotemas*, 10, 559-562.
- Mangas, J., Casado, J. F., Pérez-Chacón E., Romero, L. G., y Menéndez-González, I. (2017). La procedencia de arenas submareales asociadas a sistemas playa-duna en la isla de La Graciosa (Islas Canarias). *Geotemas*, 17, 295-298.
- Mangas, J. y Juliá-Miralles, M. (2015). Geomorfología y naturaleza de las Bajas submareales de Bajo Fernando, Los Roquerillos y La Zabala (NE de Gran Canaria). *Geotemas* 15: 37-40.

- Mangas, J., Menéndez González, I., Ortiz, J. E., y Torres, T. (2008a). Eolianitas costeras del Pleistoceno superior en el Sitio de Interés Científico de Tufia (Gran Canaria): sedimentología, petrografía y aminocronología. *Geotemas*, 10, 1405-1408.
- Mangas, J., Pérez-Chacón, E., Hernández-Calvento, L., Menéndez, I. y Rodríguez, S. (2012). Procedencia y características texturales de las arenas eólicas costeras en la isla de la Graciosa (Islas Canarias). *Geotemas*, 577-580.
- Mangas, J., Rodríguez, S. y Casamayor, M. (2015). Caracterización sedimentológica de las playas de la costa de Telde (Gran Canaria). Informe convenio entre ULPGC y Concejalía de Playas del Ayuntamiento de Telde. 59 pp.
- Mangas, J. (2005). Rasgos geológicos principales del archipiélago canario y de la isla de Gran Canaria. Universidad Las Palmas de Gran Canaria.
- McBride, E. F., Abel-Wahab, A. y McGilvery, T. A. (1996). Loss of sand-size feldspar and rock fragments along the South Texas Barrier Island, USA. *Sedimentary Geology* 107, 37–44.
- Menéndez, I., Herrera-Holguín, A. C. y Mangas, J. (2020). Upper Quaternary coastal palaeoenvironments and palaeosea-levels in Las Canteras beach, Gran Canaria (Canary Islands, Spain). *Marine Geology* (aceptado MARGO-D-19-00023).
- Moral Cardona, J. P., Gutiérrez-Mas, J. M., Sánchez-Bellón, A., López-Aguayo, F., Caballero, M. A. (1997). Provenance of multicycle quartz arenites of Pliocene age at Arcos southwestern Spain. *Sedimentary Geology* 112: 251-261.
- Nesbitt, H.W., Fedo, CM. y Young, G.M. (1997). Quartz and feldspar stability, steady and non-steady-state weathering, and petrogenesis of siliciclastic sands and muds. *Journal of Geology* 105, 173-91.
- Nesbitt, H. W., Young, G. M., McLennan, S. M. y Keays, R. R. (1996). Effects of chemical weathering and sorting on the petrogenesis of siliciclastic sediments, with implications for provenance studies. *Journal of Geology* 104, 525–542.
- Noda, A. (2005). Texture and petrology of modern river, beach and shelf sands in a volcanic back-arc setting, northeastern Japan. *Island Arc*, 14(4), 687-707.
- Palomares, M. y Arribas, J. (1993). Modern stream sands from compound crystalline sources: composition and sand generation index. En: Johnsson, M.J. and Basu, A., editors, *Processes controlling the composition of clastic sediments*. Geological Society of America, Special Paper 284, 313–22.

Pérez-Chacón Espino, E., Hernández-Calvento, L., Fernández-Negrín, E., Máyer Suárez, P., Cabrera- Vega, L., Cruz Averó, N., Fernández-Cabrera, E., García-Romero, L., Hernández-Cordero, A., Peña-Alonso, C., Santana-Cordero, A., Mangas, J., y Rodríguez-Valido, S. (2012). Evolución reciente del sistema sedimentario eólico de la graciosa (archipiélago canario): claves para su diagnóstico ambiental. Informe final para el Organismo Autónomo de Parques Nacionales. 151 pp.

Pérez-Chacón, E., Hernández-Calvento, L., Fernández-Negrín, E., Romero, L., Máyer, P., Hernández Cordero, A., ... & Mangas, J. (2010). Caracterización del sistema sedimentario eólico de La Graciosa (archipiélago Canario). Informe final. Centro 'Isla de La Graciosa' (OAPN-Ministerio de MAMRM). Las Palmas de Gran Canaria: Universidad Las Palmas de Gran Canaria.

Pérez-Torrado, F. J. y Mangas, J. (1994). Origen y evolución geológica de la barra de Las Canteras (Las Palmas de Gran Canaria). *Vector Plus*. 1, 4-13.

Pérez-Chacón, E., Hernández-Calvento, I., Hernández-Cordero, A., Máyer, P., Romero, I., Alonso-Bilbao, I., Mangas, J., Menéndez, I., Sánchez-Pérez, I., Ojeda, J., Ruiz, P. y J. Alcántara (2007). Maspalomas: Claves científicas para el análisis de su problemática ambiental. Editado por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 38 pp.

Sánchez-Pérez, I., Alonso Bilbao, I., Mangas, J., Rodríguez, S., Cearreta, A., y Medina, R. (2008). Characteristics of the underlying sediments in the Natural Special Reserve of Maspalomas Dunefield. Preliminary considerations about the origin of this system. *Geotemas*, 10, 579-582.

von Eynatten, H., Barceló-Vidal, C. y Pawlowsky-Glahn, V. (2003). Sandstone composition and discrimination: a statistical evaluation of different analytical methods. *Journal of Sedimentary Research* 73, 47-57.

Weltje, G. J. (2001). Quantitative analysis of detrital modes: Statistically rigorous confidence regions in ternary diagrams and their use in sedimentary petrology. *Earth Sci. Rev.*, 57: 211-253.

Weltje, G. J. (1995). Unravelling mixed provenance of coastal sands: the Po Delta and adjacent beaches of the northern Adriatic Sea as a test case. EN: Oti, M. N. & Postma, G. (eds.) *Geology of deltas*, pp. 181-202, Balkema, Rotterdam.

Wong, F. L. (2002). Heavy mineral provinces of the Palos Verdes margin, south California. *Continental Shelf Research* 22, 899-910.

Zuffa, G. G. (1985). Optical analyses of arenites: influence of methodology on compositional results. En Zuffa, G.G., (Ed), *Provenance of arenites*. Reidel, 165-169.



## **VALORACIÓN PERSONAL**

### **i) Descripción detallada de las actividades desarrolladas durante la realización del TFM**

Para el trabajo final del master solicité al Dr. José Mangas Viñuela la posibilidad de que fuera mi tutor, donde fue estipulado el papel de estudiar la petrografía de los sedimentos arenosos de las islas de Cabo Verde y que está relacionado con los trabajos actuales con el grupo GEOGAR-GEOFISMA en sistemas playa-duna de Canarias, pertenecientes ambos al IOCAG (Instituto de Oceanografía y Cambio Climático) de la ULPGC. El tema fue muy interesante y particularmente me llamo la atención a principio, puesto que era un trabajo que todavía no fue realizado en mi país. Pero debido al surgimiento inesperado y de la circunstancia de la pandemia, tendríamos que suspender las clases prácticas en laboratorio para las actividades petrográficas con el microscopio geológico con láminas delgadas para la identificación y caracterización de muestras de arenas.

Y así, el tema fue cambiado en términos geográficos, o sea, lo decidimos hacer el estudio de composición de arenas en las islas Canarias con base en las investigaciones hechas en los años anteriores y haciendo comparación de datos en diferentes islas viendo las similitudes y diferencias.

Comenzamos las actividades con muchas clases teórico-prácticas a nivel virtual por zoom sobre el tratamiento de datos de todas las muestras detríticas de los trabajos petrográficos anteriores de las islas Canarias, haciendo tablas, figuras, histogramas, triángulos trabajadas en Excel y también trabajando con el programa IDE de Canarias manejando características geológicas, cálculos geomorfológicos y las coordenadas geográficas de cada una de las playas muestreadas. Durante todo el tiempo transcurrido realicé diversas búsquedas bibliográficas de los temas abordados en el TFM, analizando el contenido y interpretando los datos con la ayuda del tutor.

Una vez acabado el tratamiento de datos, empecé a redactar el documento ya con tablas confeccionadas, histogramas y triángulos representadas de forma más clara con todos los distintos componentes petrográficos la abundancia y tendencia de la zona intermareal de las playas de Gran Canaria y La Graciosa recibiendo correcciones y retroalimentación del tutor continuamente a lo largo de varias semanas.

### **ii) Formación recibida (cursos, programas informáticos, etc.)**

- Formación recibida para la elaboración de triangulares y diagramas mediante Excel;
- Familiarización con el Programa IDE de Canarias para tratamiento de datos geomorfológicos y geográficos de las playas muestreadas.

**iii) Nivel de integración e implicación dentro del departamento y relaciones con el personal**

He tenido la oportunidad de conocer de forma personal a los integrantes del departamento y la mayoría de ellos en uno u otro momento me han colaborado académicamente. Mis relaciones con el personal han sido de respeto, colaboración y de aprendizaje a lo largo de toda mi trayectoria.

**iv) Aspectos positivos y negativos más significativos relacionados con el desarrollo del TFM**

Mi trabajo final del master obtuve aspectos positivos con el tutor Dr. José Mangas, donde aprendí a trabajar mejor de forma autónoma, organizada y tuve la oportunidad de conocer un poco más sobre este tema de investigación, o sea, fue gratificante.

Y, este trabajo hace parte de un componente nuevo en mi experiencia de vida que fue con mucho esfuerzo y determinación a lo largo de todo el periodo de máster y aprendiendo un idioma extranjero.

**v) Valoración personal del aprendizaje conseguido a lo largo del TFM**

Este TFM acredito que me ayudara futuramente para un trabajo futuramente a nivel petrográfico en las islas de Cabo Verde que seguramente tendrán resultados positivos y servirán como un punto de partida para otros trabajos científicos. En otras palabras, valoró positivamente el aprendizaje obtenido en investigaciones de Geología Marina y en el desarrollo de competencias y habilidades.