



**Universidad
de La Laguna**

GRADO EN BIOLOGÍA

Curso Académico 2021/2022

Trabajo de Fin de Grado

**ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL
SIGNIFICADO CIENTÍFICO DE LAS ROCAS QUE FORMAN
PARTE DEL COMPLEJO BASAL DE FUERTEVENTURA**

*ANALYSIS OF THE HISTORICAL EVOLUTION OF THE
SCIENTIFIC MEANING OF THE ROCKS THAT ARE PART OF THE
BASAL COMPLEX OF FUERTEVENTURA*

AUTORA: ÁNGELA MORALES CRUZ

**TUTORES: RAMÓN CASILLAS RUIZ
Y MARGARITA JAMBRINA ENRÍQUEZ**

CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| 1. RESUMEN..... | 2 |
| 2. INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| 2.1. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE FUERTEVENTURA..... | 3 |
| 2.2. ¿QUÉ ES EL COMPLEJO BASAL? | 3 |
| 3. OBJETIVOS. | 5 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 5 |
| 4.1. 1ª ETAPA: HASTA LA DÉCADA DE LOS AÑOS SESENTA DEL SIGLO XX: CONTROVERSA ESTRATIGRÁFICA ENTRE LAS ROCAS VOLCÁNICAS Y PLUTÓNICAS. | 6 |
| 4.2. 2ª ETAPA: DÉCADA DE LOS SESENTA. EL INICIO DEL ESTUDIO DETALLADO DEL COMPLEJO BASAL. | 8 |
| 4.3. 3ª ETAPA: DÉCADA DE LOS SETENTA. UN CAMBIO PROFUNDO EN LA INTERPRETACIÓN DEL SIGNIFICADO DEL COMPLEJO BASAL..... | 10 |
| 4.4. 4ª ETAPA: DÉCADA DE LOS AÑOS OCHENTA. LA CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMACIONES PLUTÓNICAS Y DEL COMPLEJO FILONIANO..... | 12 |
| 4.5. 5ª ETAPA: DE LA DÉCADA DE LOS AÑOS NOVENTA HASTA LA ACTUALIDAD. DEFINICIÓN DE LAS PRINCIPALES UNIDADES DEL COMPLEJO BASAL DE FUERTEVENTURA..... | 15 |
| 4.5.1. LA CORTEZA OCEÁNICA AFLORANTE..... | 15 |
| 4.5.3. LAS ROCAS VOLCÁNICAS SUBAÉREAS RELACIONADAS CON LA EMERSIÓN DE LA ISLA. | 19 |
| 4.5.4. LAS ROCAS PLUTÓNICAS Y LOS COMPLEJOS DE DIQUES ASOCIADOS A LOS PRIMEROS EDIFICIOS SUBAÉREOS..... | 20 |
| 4.5.5. LOS DEPÓSITOS DE AVALANCHA DE LOS EDIFICIOS SUBAÉREOS..... | 21 |
| 4.5.6. SOBRE LAS DEFORMACIONES TECTÓNICAS QUE AFECTAN AL COMPLEJO BASAL. | 21 |
| 5. CONCLUSIONES. | 23 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA..... | 27 |

1. RESUMEN.

El Complejo Basal de Fuerteventura es el más antiguo y extenso del Archipiélago canario, por ello, el estudio de su formación y significado geológico se inició a mediados del siglo XIX y hasta la actualidad ha sido objeto de una intensa actividad investigadora.

Hasta la década de los años sesenta del siglo XX los estudios sobre el Complejo Basal planteaban la controversia sobre la estratigrafía entre las formaciones plutónicas y las formaciones volcánicas. Desde la década de los sesenta del siglo pasado se inician los estudios petrográficos, geoquímicos, isotópicos, estratigráficos y paleontológicos del Complejo Basal de Fuerteventura. Como resultado de estos trabajos en la actualidad se diferencia cinco unidades litológicas que por orden cronológico son las siguientes: la Corteza oceánica aflorante, los restos de los edificios volcánicos submarinos, los primeros edificios subaéreos, las rocas plutónicas y el complejo filoniano asociados a los edificios subaéreos y los depósitos de avalancha asociados a la destrucción de los edificios subaéreos.

De este modo, los más de 150 años de estudio e investigaciones del Complejo Basal de Fuerteventura han permitido comprender mejor los procesos de formación de una isla volcánica.

Palabras clave: Complejo Basal, Corteza oceánica, edificios volcánicos, depósitos de avalancha, Fuerteventura.

The Basal Complex of Fuerteventura is the oldest and most extensive of the Canary Archipelago, therefore, the study of its formation and geological significance began in the mid-nineteenth century and until today has been the subject of intense research activity.

Until the decade of the sixties of the twentieth century studies on the Basal Complex raised the controversy about the stratigraphy between plutonic formations and volcanic formations. Since the sixties of the last century, petrographic, geochemical, isotopic, stratigraphic and paleontological studies of the Basal Complex of Fuerteventura began. As a result of these works, five lithological units are currently differentiated, which in chronological order are the following: outcropping oceanic Crust, the remains of submarine volcanic edifices, the first subaerial volcanic edifices, the plutonic rocks and

dike complex associated with subaerial volcanic edifices and the avalanche deposits of related to the destruction of the subaerial edifices.

In this way, the more than 150 years of study and research of the Basal Complex of Fuerteventura have allowed us to better understand the processes of formation of a volcanic island.

Keywords: *Basal Complex, oceanic Crust, volcanic edifices, avalanche deposits, Fuerteventura.*

2. INTRODUCCIÓN.

2.1. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE FUERTEVENTURA.

Fuerteventura se encuentra situada en la placa africana a unos 100 km de la costa del continente africano (Fig. 1). Tiene una superficie de 1662 km² y más de 100 km de largo en dirección NNE – SSO. La montaña más alta es el Pico de la Zarza, cuya altitud alcanza los 807 metros, situado en la península de Jandía.

Fuerteventura presenta un registro geológico completo de los materiales geológicos que intervienen en la formación de una isla volcánica desde los basaltos de la Corteza oceánica hasta los depósitos sedimentarios más recientes.

Desde el punto de vista geomorfológico (Fig. 1) se distinguen varias unidades que definen el relieve de la isla. La parte Septentrional constituida por conos volcánicos y coladas de lavas formadas en erupciones recientes, la llanura central, los cuchillos y valles en la parte oriental que representan los restos de los primeros edificios subaéreos volcánicos de la Isla, el Macizo de Betancuria, en la parte occidental de la Isla, donde se encuentran los materiales que forman parte del Complejo Basal, y, por último, la Península de Jandía. Aunque el Complejo Basal también aflora en la isla de La Gomera y en La Palma, es Fuerteventura la isla que presenta en superficie una mayor extensión de esta formación geológica.

2.2. ¿QUÉ ES EL COMPLEJO BASAL?

La definición de Complejo Basal ha ido cambiando a lo largo del tiempo a medida que ha ido aumentando su conocimiento científico. De este modo, para Bravo (1964)

se trata de un conjunto de diques, intrusiones y apófisis de rocas hipoabisales, holocristalinas, granudas o microgranudas que forman el núcleo de la isla de La Gomera y, que, aparece sobre el nivel del mar hasta una altura de 1450 metros.

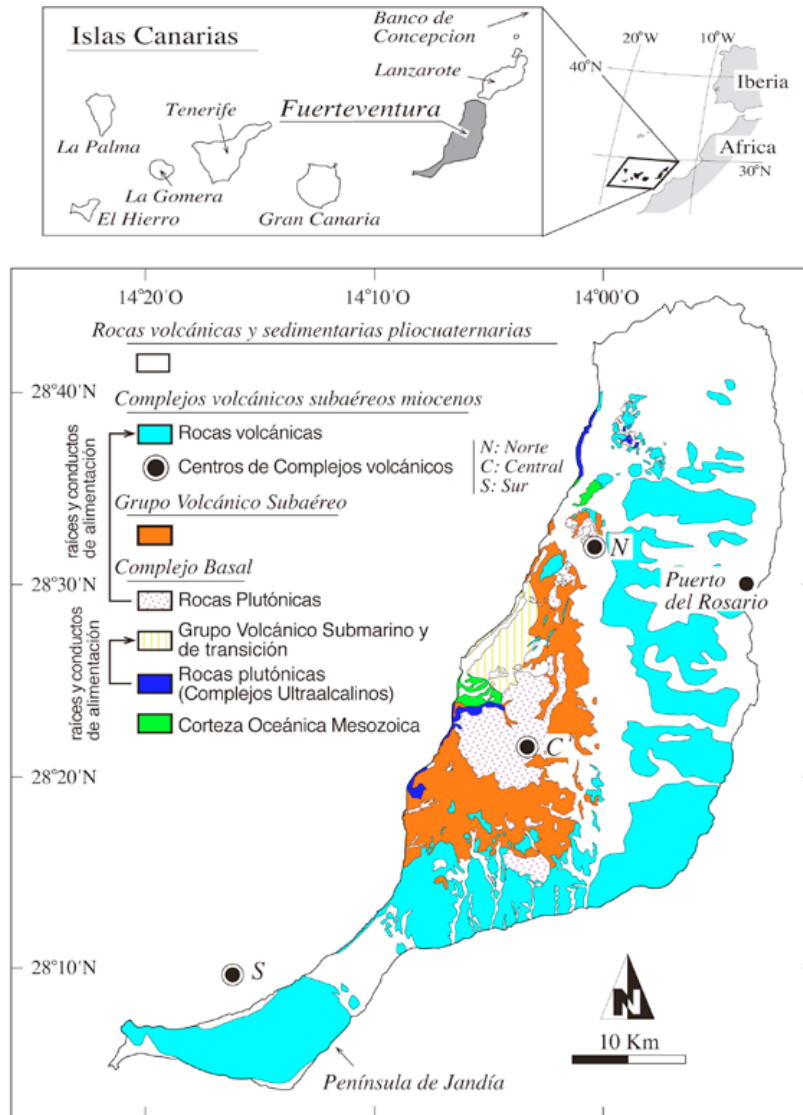


Figura 1: Esquema geológico de la Isla de Fuerteventura. El Complejo Basal se sitúa en la zona centro – occidental de la isla (Casillas, et al., 2008).

Posteriormente, Hernández – Pacheco (1973) lo define como un conjunto de millones de diques de todo tipo, casi siempre básicos, aunque también existen de tipo ácido entre los que aparecen rocas plutónicas máficas y ultramáficas holocristalinas, generalmente de grano grueso hasta “pegmatitoides”.

Asimismo, tanto Fúster y Aguilar (1965) como Gastesi (1969) definen el Complejo Basal de Fuerteventura como un complejo plutónico de carácter básico y ultrabásico

de características estructurales texturales y mineralógicas y geoquímicas peculiares que nos hacen interpretarlo como un complejo estratiforme. Estas rocas fueron posteriormente transformadas por intrusiones de rocas alcalinas, traquitas, sienitas y carbonatitas.

Además, Cendrero (1971), para La Gomera, define el Complejo Basal como un conjunto de rocas plutónicas básicas y ultrabásicas, rocas volcánicas y sedimentarias, atravesadas por una gran densidad de diques.

Finalmente, en la actualidad, se entiende como Complejo Basal al conjunto de rocas volcánicas submarinas apoyadas sobre la Corteza oceánica, materiales todos estos intruidos por una secuencia de cuerpos plutónicos y un importante haz filoniano (Casillas y Torres, 2011).

3. OBJETIVOS.

El objetivo general de este trabajo consiste en obtener una visión global actual del Complejo Basal de Fuerteventura, identificando las distintas hipótesis, que, a lo largo de los años, se han planteado para explicar su origen, permitiendo así obtener un conocimiento más detallado de las características geológicas y el origen de las distintas formaciones rocosas que componen el Complejo Basal de Fuerteventura.

Por tanto, los objetivos específicos son:

- Revisar la evolución histórica del conocimiento científico sobre el Complejo Basal de Fuerteventura.
- Resumir el conocimiento científico que se tiene en la actualidad de las principales unidades litológicas del Complejo Basal de Fuerteventura.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Para analizar la evolución de los conocimientos científicos sobre el Complejo Basal de Fuerteventura seguiremos un orden cronológico, estableciendo diversas etapas. En cada etapa profundizaremos en las explicaciones científicas que se dieron para establecer el origen de las formaciones rocosas definidas en el Complejo Basal.

4.1. 1ª ETAPA: HASTA LA DÉCADA DE LOS AÑOS SESENTA DEL SIGLO XX: CONTROVERSIAS ESTRATIGRÁFICAS ENTRE LAS ROCAS VOLCÁNICAS Y PLUTÓNICAS.

Desde los primeros estudios de la geología de Fuerteventura realizados a mediados del siglo XIX hasta la década de los sesenta del siglo XX se plantea una controversia sobre el significado de las rocas plutónicas y volcánicas.

Hartung (1857) fue el primer autor que estableció una sucesión temporal de unidades geológicas en Fuerteventura. Como unidad más antigua señala un complejo de rocas al que llamó formación de sienitas y formación “trapp” (trappformation), ambas litologías atravesadas profusamente por diques basálticos de color verde oscuro (de dirección N – S y NNE – SSO) y diques traquíticos. La formación de sienitas estaría formada por rocas holocristalinas básica y ácidas. La formación “trapp” se caracteriza por la ausencia de escorias y la describe con aspecto traquítico y porfídico. Este autor considera las rocas plutónicas anteriores a la formación “trapp”.

Además, Finckh (1908) realiza el análisis e inventario petrográfico de las rocas del “trapp”, formado por basanitas, basaltos muy alterados, traquibasaltos y picritas, en posición vertical, y señala el carácter intrusivo de las sienitas en la formación “trapp” en la parte central del Macizo de Betancuria.

Para Fernández Navarro (1926) el conjunto de rocas volcánicas se apoya en un zócalo plutónico (sienitas, dioritas y granitos) cuyas rocas han sido desnudadas por la erosión. Es decir, coincide con Hartung (1857) en que las rocas volcánicas son posteriores a las rocas plutónicas. Además, considera que las rocas sedimentarias, esquistos arcillosos y calcáreos, que según Finckh (1908) estarían intercaladas en las sienitas, son traquitas de aspecto arenoso y de colores claros que suelen formar cúpulas o volcanes homogéneos.

Años más tarde, Boucart y Jeremie (1938) consideran a la formación “trapp” como la más antigua de la Isla (formado por espilitas, piroclastos y diques de sienitas, traquitas y basaltos) y establecen que las rocas granudas (sienitas, dioritas, gabros y piroxenitas) son intrusivas en esta formación; por tanto, consideran las formaciones volcánicas anteriores a las formaciones plutónicas. Además, clasificaron como “espilitas” las muestras recogidas por Boucart en la formación de los “trapps”, que,

según estos autores, son una formación basáltica que ha sufrido deformaciones y metamorfismo debidos a las intrusiones de rocas gabroides y sieníticas.

Los trabajos de Hausen (1958) introducen una nueva visión del Complejo Basal ya que entiende el “trapp” como una acumulación de una sucesión monótona de coladas de poco espesor, penetradas por diques – capa. Estas coladas de carácter espilítico, (aunque no cita lavas almohadilladas), pudieran ser efusiones geosinclinales que sufrieron procesos de alteración apomagmática, que posteriormente fueron basculadas debido a plegamientos asociados al borde del escudo sahariano. Hausen (1958) relaciona esta flexión o plegamiento con la fase de intrusión de diques – capa de rocas traquíticas a las que llamó “queratófitos”. Como consecuencia de fuerzas tensionales posteriores se inició la intrusión de magma básico originando los complejos plutónicos básicos y ultrabásicos. Más tarde, se produjeron las intrusiones de sienitas, por tanto, entiende que las rocas plutónicas son posteriores a las volcánicas que originaron la formación “trapp”. Además, considera la posición vertical de las estructuras del “trapp” como consecuencia de los fenómenos de flexión o plegamiento. Estos fenómenos de plegamiento podrían ser de edad hercínica (finales del Paleozoico) por coincidir sus directrices con la formación próxima a la zona del antiatlás africano.

Blumenthal (1961) llamó a la formación “trapp” como “formación de espilitas”. Según este autor, estas “espilitas” presentan una roca verdosa – azul grisácea que al romper es de color azul oscuro casi negro, debido a la presencia de clorita, epidota y a veces zeolita; indicando, esta mineralogía, que la roca es producto de una intensa alteración. Mientras que para Hausen (1958), las rocas del “trapp” son traquibasaltos transformados en basanitas, tanto para Blumenthal (1961) como para Boucart y Jeremie (1938) las “espilitas”, rocas microcristalinas ricas en plagioclasa (albita – oligoclasa), constituirían toda la formación “trapp”. Además, Blumenthal (1961) describe esta formación “trapp” como una estructura de capas en posición concordante de 20 – 25 cm, de espesor, frecuentemente perturbados, dislocados y traspuestos. El núcleo intrusivo del Macizo de Betancuria, predominantemente ácido, es la formación más reciente y las rocas básicas y ultrabásicas, las formaciones intrusivas más antiguas, que forman parte de la envoltura de la formación “trapp” estrecha por el norte, y que se ensancha por el suroeste.

Para Blumenthal (1961) el complejo antiguo de “espilitas” ya plegado, se fracturó, formando grabens y horsts, lo que provocó la emisión de magmas basálticos (basaltos horizontales) en el Cretácico o anteriormente. En una fase posterior (previa al Micoceno medio) se producen las intrusiones plutónicas.

Como hemos indicado anteriormente, y, como conclusión, en este periodo existe una controversia en la relación estratigráfica existente entre las rocas volcánicas y las rocas plutónicas. Unas hipótesis plantean que las rocas plutónicas son intrusivas a las rocas volcánicas (Finckh, 1908; Boucart y Jeremie, 1938; Hausen, 1958; Blumenthal, 1961) y en otros que las rocas plutónicas forman un zócalo más antiguo sobre el que sitúan las rocas volcánicas (Hartung, 1857 y Fernández Navarro, 1926).

4.2. 2ª ETAPA: DÉCADA DE LOS SESENTA. EL INICIO DEL ESTUDIO DETALLADO DEL COMPLEJO BASAL.

En la década de 1960 se inician los estudios detallados de la geología de Fuerteventura por el Departamento de Petrología y Geoquímica de la Universidad Complutense de Madrid, el Instituto Lucas Mallada del Consejo Superior de Investigación Científicas (CSIC) y el Departamento de Geología de la Universidad de La Laguna.

En este periodo se desarrollan importantes avances en el conocimiento de la geología de Fuerteventura:

- Se realizan las primeras cartografías geológicas a escala 1:50.000 de la isla.
- Se establecen las principales unidades geológicas y las relaciones entre ellas.
- Se realiza el descubrimiento de las carbonatitas de Fuerteventura.
- Se establece la edad y significado de los sedimentos de fondo oceánico presentes en Fuerteventura.

Para Fúster et al., (1968) la hipótesis más acertada es la que las rocas plutónicas forman un zócalo arrasado sobre el que se depositaron y acumularon distintos materiales no plutónicos del Macizo de Betancuria.

Existen varios motivos por las que llega a esta hipótesis:

- La red filoniana atraviesa a las rocas plutónicas dejando entre los diques retazos de forma y tamaño de éstas muy variable lo que ha podido hacer pensar que eran intrusivas en la formación espilítica.
- Nunca observaron que las rocas granudas penetraran en los conjuntos sedimentarios, ignimbríticos y de coladas submarinas que forman la parte no plutónica del Complejo Basal. Sin embargo, estas rocas granudas se han visto atravesadas por diques del complejo filoniano.

Fuster et al., (1968) consideran que, la antigua formación “trapp – sienita” de Hartung (1857), en realidad, está constituida por las siguientes unidades:

- 1) **Complejo estratiforme** de rocas bandeadas básicas y ultrabásicas.
- 2) **Rocas sedimentarias silíceas:** sedimentos detríticos químicos y organógenos muy replegados que aparecen sobre la anterior formación en discordancia erosiva.
- 3) **Lavas y tobas submarinas:** se trata de lavas almohadilladas y tobas que reposan en discordancia erosiva sobre las rocas plutónicas de la formación más antigua. Entre estos materiales submarinas aparecen calizas marmóreas recifales de edad helveciense – burdigaliense.
- 4) **Tobas y aglomerados subaéreos:** aparecen por encima de la formación anterior y tienen composición basáltica y traquítica.
- 5) **Enjambre de diques** de diferente composición y orientación que atraviesa a todas las formaciones anteriores.

De este modo, Fuster et al., (1968) consideran que el término de formación espilítica no es válido para definir la formación del “trapp”. Por tanto, concluyen que la formación denominada “trapp” no es una unidad estratigráfica, sino una fase especial caracterizada por una intensa penetración filoniana que atraviesa materiales de edad y naturaleza muy diferente. La intensa penetración de diques indistintamente en materiales tan diferentes es la causa de que en la zona donde esto se produce presenten un aspecto externo muy similar, sea cual sea la naturaleza y composición de las rocas encajantes de los diques.

La repetición a pequeña escala de los diques ha hecho que se confundan estas estructuras de penetración subverticales con estructuras de superposición horizontal de coladas después verticalizadas por procesos tectónicos.

El estudio del complejo filoniano realizado por López Ruiz (1970) diferencia tres episodios de formación de diques (episodios intrusivos). El primero de ellos, con una alineación de diques NNE – SSO lo relaciona con un episodio de distensión durante la formación del Atlántico. Los otros dos los relaciona con procesos volcánicos posteriores.

Muñoz (1969) realiza un estudio del Complejo Circular de Vega de Río Palmas que incluye varios diques anulares de gabros, sienitas y traquitas. Además, establece su origen por procesos de cristalización fraccionada de un magma basáltico de procedencia profunda.

Por tanto, en esta 2ª etapa, se establecen las siguientes conclusiones sobre la formación de las rocas del Complejo Basal:

- Las rocas plutónicas máficas y ultramáficas son las rocas más antiguas y forman un Complejo Estratiforme.
- El Complejo Basal es un fragmento de Corteza oceánica elevado y muy erosionado.
- El Complejo Basal representa el sustrato de una antigua zona de rift, formado, probablemente, en relación con el origen de la cuenca atlántica.

4.3. 3ª ETAPA: DÉCADA DE LOS SETENTA. UN CAMBIO PROFUNDO EN LA INTERPRETACIÓN DEL SIGNIFICADO DEL COMPLEJO BASAL.

En la década de los años 70 del siglo pasado se realizan una serie de estudios que van a suponer un importante cambio en la interpretación del Complejo Basal y de los procesos que han contribuido a su formación en relación con los fundamentos de la tectónica de placas ya aceptada de forma generalizada. Las aportaciones más importantes de este periodo son:

- Se establecen las principales unidades geológicas y las relaciones entre ellas.

- Se establece la edad y significado de los sedimentos de fondo oceánico presentes en Fuerteventura.
- Se realizan las primeras dataciones radiométricas en las rocas del Complejo Basal, encontrándose edades generalmente comprendidas entre 23 – 17 Ma.

Hernández – Pacheco (1973) considera que las rocas granudas gabroides de los complejos basales no pueden considerarse como pertenecientes a un sustrato antiguo de fondo oceánico ya no común a todo el archipiélago, ni siquiera de cada isla. Representan, por el contrario, múltiples intrusiones intra y subvolcánicas de magmas análogos a los que originaron el vulcanismo Cenozoico subaéreo de cada isla. En ella estarían representadas tanto fases profundas de los complejos filonianos como pequeñas apófisis plutónicas y hasta posiblemente verdaderos restos de raíces o cámaras magmáticas de edificios volcánicos ya destruidos por la erosión. En el emplazamiento de estas rocas han actuado todo tipo de mecanismos intrusivos, así como procesos de cristalización y transformaciones metasomáticas.

En lo que respecta a su significado geotectónico, Hernández – Pacheco (1973) considera que estas intrusiones representan fenómenos magmáticos de edad terciaria, conectados tanto con la tectónica local atlántica en el ámbito del archipiélago como con las dislocaciones tectónicas originadas por el plegamiento alpino que afectó al vecino zócalo continental.

Por otra parte, los fenómenos de metamorfismo de contacto asociado a las formaciones plutónicas permiten a Muñoz y Sagredo (1975) considerar el carácter intrusivo las rocas plutónicas máficas y ultramáficas en rocas sedimentarias y volcánicas submarinas.

Estos planteamientos también son integrados en los estudios realizados como resultado de la colaboración de la Open University y el Instituto Lucas Mallada (Stillman et al., 1975; Stillman y Roberston, 1977) que suponen cambio importante en la interpretación del Complejo Basal, especialmente en lo concerniente a:

- a) Los caracteres estratigráficos y sedimentológicos de la formación sedimentaria, así como su contenido paleontológico, su edad, su estructura tectónica y su relación espacio – temporal con el vulcanismo submarino.

- b) La secuencia de episodios plutónicos y la edad absoluta de intrusión de los diversos episodios.
- c) La asociación de la fase intrusiva con la posible formación de rift relacionados con la expansión del fondo oceánico en el terciario medio.

Por tanto, en esta 3ª etapa, la conclusión más relevante sobre la sobre la formación de las rocas del Complejo Basal es el carácter intrusivo de las rocas máficas y ultramáficas plutónicas en las formaciones sedimentarias y volcánicas del mismo.

4.4. 4ª ETAPA: DÉCADA DE LOS AÑOS OCHENTA. LA CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMACIONES PLUTÓNICAS Y DEL COMPLEJO FILONIANO.

En la década de los años ochenta continúan los estudios petrológicos, estratigráficos y vulcanológicos iniciados en la década anterior como resultado de la colaboración de la Open University y el Instituto Lucas Mallada. Estos estudios se centran en:

- a) La cartografía geológica más detallada de las rocas del Complejo Basal.
- b) La caracterización geocronológica, isotópica, petrológica y geoquímica de las rocas plutónicas.
- c) Estudios isotópicos centrados en el esclarecimiento de las condiciones de Presión, Temperatura y la naturaleza de los fluidos involucrados en el metamorfismo hidrotermal de baja temperatura que afecta a todas las rocas del Complejo Basal y la naturaleza y características geoquímicas del Manto involucrado en la generación de las rocas ígneas del Complejo Basal.

La realización de la cartografía geológica a escala 1:25.000 de las hojas de Pájara y Betancuria a cargo de Fúster et al., (1984a y 1984b) implica un mayor detalle en el conocimiento de las formaciones del Complejo Basal del macizo de Betancuria.

Asimismo, Fúster et al., (1980) consideran que todas las rocas plutónicas que aparecen en el Complejo Basal tienen un origen intrusivo y diferencia cuatro series plutónicas desde un punto de vista cronológico y petrológico de acuerdo con las relaciones de corte:

- **Serie ultraalcalina inicial (Serie plutónica 1):** se localiza desde el sur del El Cotillo hasta cerca de la desembocadura del barranco de Amanay, formando un eje intrusivo paralelo a la costa occidental. Los tipos de rocas primarias son ultraalcalinos (piroxenitas alcalinas, piroxenitas apatíticas, gabros alcalinos anfibólicos, sienitas nefelínicas y carbonatitas). En la última fase de esta serie se produce la intrusión de sienitas nefelínicas y carbonatitas que originan fenómenos de hibridación en las piroxenitas y gabros preexistentes, produciendo además fenómenos de fenitización en las formaciones encajantes.
- **Serie gabroide-piroxenítica (Serie plutónica 2):** en esta serie dominan los gabros sobre las piroxenitas. Ambas rocas forman plutones diversos, aunque es difícil reconocer cuerpos intrusivos independientes. La intrusión de esta serie plutónica da lugar a un intenso metamorfismo de contacto de la roca caja (serie submarina y serie plutónica 1).
- **Serie ultramáfica (Serie plutónica 3):** está formada por plutones independientes en disposición alargada y compuesta por gabros olivínicos y gabros con clinopiroxenos. En ocasiones se han emplazado dentro de conjuntos plutónicos de la serie 2, lo que les ha provocado un intenso metamorfismo de contacto. Cuando los plutones de esta serie intruyen en los de la serie plutónica 1 se llega a producir un intenso metamorfismo de contacto que da lugar a la formación de anatexitas.
- **Complejo circular de Vega de Río Palmas (Serie plutónica 4):** está constituido por un núcleo de gabros alcalinos intruidos en la serie plutónica 2 y en las brechas traquíticas submarinas. Alrededor de este núcleo básico se intruyen masas de sienitas en disposición circular.

Estas series plutónicas definidas por Fúster et al., (1980) son modificadas parcialmente por Le Bas (1981) y Le Bas et al., (1986), pues diferencian dos formaciones en la serie ultraalcalina (serie plutónica 1): una serie más antigua formada por gabros, piroxenitas y sienitas que se ha intruido por una serie más reciente formada por sienitas y carbonatitas.

En relación a esta serie ultraalcalina inicial, Barrera et al., (1981), estudiaron petrográfica y geoquímicamente las rocas plutónicas alcalinas y carbonatíticas asociadas, que afloran en el norte de Fuerteventura (Esquinzo). Este complejo

plutónico presenta ijolitas y sienitas de tipo intermedio ricas en nefelina, aunque hay algunas sin este mineral. En general, tanto ijolitas como sienitas están enriquecidas en Ba, Ce, La, Rb, V y Zr. De las características de campo y geoquímicas, parece deducirse que las rocas ijolíticas y sieníticas guardan una estrecha relación genética. Las carbonatitas son alvikitas egrinicas, feldespáticas y biotíticas con altas concentraciones de Ce, La e Y, también muy altas en Sr. Se generan a partir de un diferenciado rico en CO₂ que sufre contaminación cortical durante su ascenso.

Cantagrel (1985) realiza diversas dataciones geocronológicas en rocas del Complejo Basal: el Complejo Circular de Castillo de Lara, 35 Ma; el Complejo Circular de Vega del Río Palmas, 23 Ma; y, el Macizo de Betancuria (gabros y sienitas), 12 Ma.

Según Cantagrel (1985) la datación de los materiales magmáticos del Complejo Basal de Fuerteventura parece bastante difícil empleando el procedimiento del K/Ar, la dificultad se debe a que la datación (obtenida sobre la red filoniana y los complejos intrusivos) no nos muestran la edad de las mismas sino el momento en el que se produce la finalización del metamorfismo térmico. Por otra parte, algunas edades contradictorias (20 Ma y 150 Ma en unas mismas rocas) parecen indicar la incorporación de Ar heredado en las muestras, lo que nos proporciona edades muy antiguas incompatibles con las dataciones relativas.

Stillman (1987) realiza el estudio de los enjambres de diques del Complejo Basal (Complejo Filoniano). Estima una distensión E – O del 80% del edificio insular durante la intrusión de los mismos, que se produjo durante 35 millones de años (desde el Paleógeno hasta el Mioceno).

Los avances en los estudios del Complejo Basal en esta 4ª etapa se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- Se realiza caracterización petrológica y cronológica de las rocas plutónicas del Complejo Basal. Se definen las diferentes series plutónicas.
- Se amplían sustancialmente las dataciones absolutas sobre las rocas del Complejo Basal las cuales presentan problemas de interpretación derivados de las alteraciones del Ar radiogénico debido posiblemente a los eventos metamórficos y tectónicos. Para Le Bas et al., (1986), Stillman (1987) y Hoernle y Tilton (1991) la actividad magmática responsable de la formación

de la Isla de Fuerteventura comenzaría en el Cretácico Superior, postulando así una historia larga para la Isla, mientras que para Cantagrel et al., (1993), el comienzo podría fijarse hacia el Oligoceno (alrededor de hace 30 Ma).

- Se continua con el estudio detallado del Complejo Filoniano del Complejo Basal y sus implicaciones en la formación del edificio insular.

4.5. 5ª ETAPA: DE LA DÉCADA DE LOS AÑOS NOVENTA HASTA LA ACTUALIDAD. DEFINICIÓN DE LAS PRINCIPALES UNIDADES DEL COMPLEJO BASAL DE FUERTEVENTURA.

En esta etapa se sigue avanzando en la caracterización de las unidades que forman el Complejo Basal de Fuerteventura mediante estudios tectónicos, petrográficos, isotópicos, estratigráficos y paleontológicos.

Como resultado de estos estudios se describen a continuación las características de las principales unidades estratigráficas que constituyen el Complejo Basal: la Corteza oceánica aflorante, los restos de los edificios volcánicos submarinos, los restos de los primeros edificios volcánicos subaéreos, las rocas plutónicas y los complejos filonianos asociados a los edificios submarinos y subaéreos y los depósitos de avalancha producidos por los deslizamientos de flanco de los edificios volcánicos subaéreos.

4.5.1. LA CORTEZA OCEÁNICA AFLORANTE.

La Corteza oceánica mesozoica aparece en dos sectores de la costa occidental de la isla (Fig. 1):

- Entre la Punta de La Laja y la costa de Jarubio donde se encuentra muy fracturada e hidrotermalizada (Fúster et al., 1968).
- Entre el Puerto de la Peña y la caleta de la Peña Vieja en Ajuy. La cual tiene un espesor aproximado de 1600 metros.

Steiner et al., (1998) diferenció 5 unidades estratigráficas en los materiales de la Corteza oceánica aflorante:

- **Unidad basal.** (Jurásico inferior). Está formada por basaltos toleíticos originados durante el Jurásico inferior en la dorsal centroatlántica (Fig. 2) y son los materiales más antiguos de la Corteza oceánica del atlántico central (184 millones de años).



Figura 2: Lavas almohadilladas de basalto toleítico formado en la dorsal centro – atlántica atravesado por un dique (Comisianes – Ajuy).

- **Unidad de calizas con bivalvos pelágicos.** (Jurásico inferior – Jurásico superior). Está formada por calizas, argilitas y margas y tiene un espesor aproximado de 150 metros. Las margas presentan moldes del bivalvo *Bositra buchi* y *Posidonia bronni*, identificadas por Rothe (1968). La sedimentación de esta unidad se produjo por encima del nivel de compensación de los carbonatos, es decir, en la parte media del talud continental y la llanura abisal, por encima del nivel de compensación de carbonatos.
- **Unidad clástica mixta** (Jurásico superior – Cretácico inferior). Está formada por arenas y limos turbidíticos, con margas y pizarras negras depositadas en un ambiente marino profundo. Tiene un espesor de aproximadamente 470 metros. Estos materiales presentan foraminíferos del Jurásico – Cretácico inferior (*Nautiloculina sp.*, *Mesoendothyra sp.* y *Ophatalmidium sp.*) y Oxfordiense a Valanginiense (*Salpingoporella pygmaea*).
- **Unidad clástica principal.** (Valanginiense – Hauteriviense – Berrasiense – Albiense). Está formada por dos niveles:

- Arenas turbidíticas (Valangiense – Hauteriviense) de aproximadamente 500 metros de espesor datadas por la presencia del amonite *Neocomites sp.*.
- Pizarras negras (Berrasiense – Albiense) formadas por eventos anóxicos del Cretácico.
- **Unidad de calizas pelágicas.** (Albiense – Cenomaniense). Está formada principalmente de margas de depósito de talud y tiene un espesor aproximado de 150 metros. Su edad es del Albiense – Cenomaniense inferior ya que presenta los amonites *Parstschiceras cf. Whiteavesi* y los foraminíferos plantónicos *Schakoina galdolfii*, *Rotalipora sp.* y *Hedbergella sp.*.

En conclusión, en los materiales de la Corteza oceánica se puede distinguir la capa más antigua formada por basaltos formados en el dorsal centro – atlántica hace unos 184 millones de años sobre la que se han depositado diferentes niveles de materiales sedimentarios (Fig. 3), desde hace 180 millones de años hasta hace 80 millones de años, procedentes de la erosión de las rocas de los materiales continentales (Casillas y Torres, 2011).



Figura 3: Sedimentos oceánicos en posición invertida y atravesados por diques de basaltos y traquitas (Playa de Ajuy).

4.5.2. LOS RESTOS DE LOS EDIFICIOS SUBMARINOS: ROCAS VOLCÁNICAS SUBMARINAS Y COMPLEJOS FILONIANOS Y PLUTÓNICOS ASOCIADOS.

Sobre la Corteza oceánica se depositaron los materiales formados por las erupciones que dieron lugar a los edificios volcánicos submarinos y posteriormente los edificios volcánicos subaéreos. Gutiérrez (2000) identifica y cartografía tres grandes unidades estratigráficas:

- El grupo volcánico submarino (GVS), que representa la etapa de construcción submarina de la isla.
- El grupo volcánico de transición (GVT), que representa el tránsito entre la actividad volcánica submarina y subaérea.
- El grupo volcánico subaéreo (GVSA), que corresponde con los niveles más bajos de los edificios subaéreos central y/o septentrional inferior.

La primera unidad estratigráfica, el grupo volcánico submarino (GVS), será tratada en este apartado, mientras que el resto de las unidades estratigráficas en los apartados siguientes.

Para Gutiérrez (2000), la formación del edificio volcánico submarino, que corresponde con el grupo volcánico submarino (GVS), posiblemente ocurrió en el Oligoceno medio – superior hace 30 – 23 millones de años. Está formado por rocas basálticas y en menor proporción traquíticas submarinas que forman lavas almohadilladas y brechas de almohadillas, más o menos resedimentadas. También se hay brechas, areniscas y limolitas volcánicas depositadas a través de flujos gravitatorios en relación con la destrucción parcial de los edificios volcánicos.

Por tanto, desde el punto de vista geoquímico y petrográfico, Gutiérrez (2000) diferencia dos series:

- Una **serie ultraalcalina** formada por metanefilinitas y nefelinitas y fonolitas nefelíticas y sus equivalentes plutónicos (ijolitas, melteigitas, sienitas nefelíticas y carbonatitas).

- Una **serie alcalina** solapada con la anterior y constituida por diversos tipos de basaltos/basanitas olivínicos y piroxénicos y fonolitas. Estas rocas presentan enclaves de piroxenitas y anfibololitas del mismo origen magmático e ijolitas relacionadas con la serie ultraalcalina que podrán ser fragmentos de la roca encajante arrastrados por el magma en su ascenso. En esta serie también se han diferenciado fonolitas que tienen algunos enclaves de sienitas.

En la costa occidental de la Isla, desde Tostón – Cotillo al norte hasta la desembocadura del barranco de Amanay al Sur, aflora esporádicamente una serie ultraalcalina asociada genética y temporalmente con el grupo volcánico submarino. Se trata fundamentalmente de intrusiones piroxeníticas, gabros anfibólicos, ijolitas – melteigitas – urtitas, sienitas nefelínicas y carbonatitas. Las carbonatitas aparecen en tres emplazamientos: Punta del Peñón Blanco, Caleta de la Cruz – Punta de la Nao y Esquinzo (Barrera et al., 1981; Hernández – Pacheco, 1989; Ahijado y Hernández – Pacheco, 1992; Ahijado, 1999; Mangas, J. y Pérez Torrado, F. J., 1993; Mangas et al., 1996).

4.5.3. LAS ROCAS VOLCÁNICAS SUBAÉREAS RELACIONADAS CON LA EMERSIÓN DE LA ISLA.

Esta unidad estratigráfica se corresponde, como se había mencionado anteriormente, al grupo volcánico de transición (GVT) y marca el tránsito del crecimiento submarino hacia el crecimiento subaéreo.

En esta unidad estratigráfica se distinguen según Gutiérrez (2000) diferentes formaciones:

- **Formación de traquita en la Caleta del Barco.** Formada por brechas piroclásticas generadas en erupciones altamente explosivas (G1) y coladas sálicas masivas formadas durante periodos de emisión efusivas (G2).
- **Formación de Camptonitas de Piedra de Fuera (G3).** Formada por coladas subaéreas que ocasionalmente llegan al mar y forman lavas almohadilladas escoriáceas. Se encuentra atravesada por diques de gran espesor.

- **Formación de conglomerados de areniscas de Janey (G4).** Formada por conglomerados y areniscas depositadas flujos gravitatorios que transportaron la arena de playas de la parte emergida de la isla. Presenta clastos de formaciones y unidades estratigráficas anteriores.
- **Formación de calcirruditas y calcarenitas del barranco de la Fuente Blanca (G5).** Formada por conglomerados, calcirruditas y calcarenitas originadas por la destrucción del arrecife coralino que rodeaba la isla. Corresponden con los niveles estudiados por Robertson y Stillman (1979).

Sobre esta formación de transición entre la actividad volcánica submarina y subaérea se sitúa el primer edificio volcánico subaéreo que se corresponde con la unidad del grupo volcánico subaéreo (GVSA) definido por Gutiérrez (2000). Esta formación geológica forma parte de una gran dorsal volcánica que se originó en los primeros momentos de emersión de la isla hace aproximadamente 22 millones de años (Casillas y Torres, 2011). Esta unidad está formada por coladas basálticas y traquibasálticas intensamente intruidas por diques del complejo filoniano.

4.5.4. LAS ROCAS PLUTÓNICAS Y LOS COMPLEJOS DE DIQUES ASOCIADOS A LOS PRIMEROS EDIFICIOS SUBAÉREOS.

Además de las formaciones plutónicas asociadas a la actividad volcánica submarina, las rocas de la Corteza oceánica Mesozoica y de los grupos volcánico submarino, de transición y subaéreo están atravesados por formaciones plutónicas, pequeños cuerpos independientes que están relacionados con los edificios subaéreos tempranos. Casillas et al., (2008) diferencia dos series de rocas plutónicas:

- **Serie gabroide – piroxenítica** relacionada con la dorsal volcánica subaérea. Son plutones alargados en la dirección NNE – SSO y NO – SE que originan un intenso metamorfismo de contacto dando lugar a la fusión parcial de las rocas encajantes.
- **Complejos circulares con intrusiones anulares de gabros y sienitas** como Vega de Río Palmas que se relaciona con la formación del edificio

subaéreo de la parte central de la isla. Estos corresponden con la serie plutónica 4 definida por Fuster et al., (1980).

Por otra parte, los millones de diques que forman el Complejo Basal de Fuerteventura atraviesan las rocas sedimentarias, volcánicas submarinas y plutónicas con una densidad que puede alcanzar el 95 – 99% del afloramiento rocoso. Casillas et al., (2008) asocia estos enjambres filonianos con las partes internas de los edificios subaéreos tempranos (dorsal volcánica) dejada al descubierto por la erosión y por los grandes deslizamientos gravitacionales que afectaron a esta dorsal inicial de la Isla.

4.5.5. LOS DEPÓSITOS DE AVALANCHA DE LOS EDIFICIOS SUBAÉREOS.

La parte más reciente del Complejo Basal de Fuerteventura lo forman los depósitos formados por brechas y conglomerados volcánicos constituidos por clastos de composición variada. Según Casillas (2008) se trata de depósitos de avalancha, que estarían asociados a los grandes deslizamientos que afectaron a los primeros edificios volcánicos subaéreos, y coladas de derrubios y depósitos aluviales que se formarían como relleno del relieve resultante de esos deslizamientos.

Estos depósitos de avalancha se formaron en la primera dorsal o en los edificios volcánicos en escudo miocenos y en ocasiones están intruidos por diques y rocas plutónicas. Una parte de los materiales de esos deslizamientos formaron depósitos en el fondo del océano (*debris avalanche*) con grandes bloques deslizados (Acosta et al., 2003) y otros quedaron formando parte del Complejo Basal (Brecha de Salinas) o se encuentran intercalados en los restos de los edificios subaéreos (Formación Ampuyenta).

4.5.6. SOBRE LAS DEFORMACIONES TECTÓNICAS QUE AFECTAN AL COMPLEJO BASAL.

Debido a la presencia en la superficie de rocas de la Corteza oceánica, de rocas volcánicas submarinas y de rocas plutónicas se deduce que se ha producido fenómenos de levantamiento de los edificios insulares que luego ha quedado al

desnudo debido a la acción de la erosión y los grandes deslizamientos gravitacionales de los edificios subaéreos. Esto indica que los edificios insulares desde el inicio han estado sometidos a tensiones y esfuerzos cuya orientación y esfuerzo ha cambiado a lo largo del tiempo.

De acuerdo con esto, Fernández et al., (2006) detallan las etapas en el que las rocas se ha visto afectadas por las distintas fases de deformación tectónica:

- **Primera fase (Oligoceno).** Ocurre a la misma vez en el grupo volcánico submarino y de transición. Se produce la formación de un pliegue sobre una gran falla con alto buzamiento extensional de dirección ONO – ESE.

Estos esfuerzos tectónicos contribuyen a la iniciación de importantes deslizamientos gravitacionales que darían lugar a la destrucción parcial del edificio submarino produciendo los depósitos de avalancha de derrubios.
- **Segunda fase (Oligoceno).** Debido al efecto de una fase tectónica contractiva se provoca la inversión del movimiento de la gran falla con alto buzamiento dando lugar a la formación de una falla inversa que produce el levantamiento y volcado del basamento oceánico.
- **Tercera fase (Mioceno, 25 – 20 Ma).** Tiene lugar después de la formación del grupo volcánico de transición y afecta a la parte baja de los edificios subaéreos. Es una fase distensiva de dirección NNE – SSO que generó un enjambre de diques paralelos orientados en la dirección NNE – SSO asociados a la formación de una gran dorsal volcánica (grupo volcánico subaéreo) que se prolongó hacia Lanzarote y el banco de la Concepción hace unos 25 – 20 millones de años.
- **Cuarta fase (Mioceno, 20 – 17.2 Ma).** Es una fase distensiva de orientación NNE – SSO que coincide con el comienzo de la formación de los tres grandes edificios volcánicos subaéreos en escudo.
- **Quinta fase (Mioceno, 17.2 – 12 Ma).** Se caracteriza por una dirección de extensión ENE – OSO y acortamiento en la dirección NNO – SSE que coincide con el de las trayectorias de los esfuerzos que predicen los

modelos de tectónica de placas para la placa africana durante ese periodo de tiempo.

Los esfuerzos tectónicos desarrollados en estas fases también serían los responsables de importantes deslizamientos gravitacionales que darían lugar a la destrucción parcial de la dorsal volcánica produciendo los depósitos de avalancha de derrubios.

5. CONCLUSIONES.

De este trabajo de revisión bibliográfica sobre la evolución histórica del conocimiento científico de las rocas del del Complejo Basal de Fuerteventura se extraen las siguientes conclusiones:

- Desde mediados del siglo XIX hasta antes de la década de los sesenta del siglo XX existe una controversia en la relación estratigráfica existente entre las rocas volcánicas y las rocas plutónicas. Unas hipótesis plantean que las rocas plutónicas son posteriores a las rocas volcánicas mientras que otras sostienen que las rocas plutónicas forman un zócalo más antiguo sobre el que sitúan las rocas volcánicas.
- En la década de los sesenta del siglo XX se acepta que las rocas plutónicas máficas y ultramáficas (Complejo Estratiforme) son las rocas más antiguas y anteriores a las rocas volcánicas. Se interpreta que el Complejo Basal es un fragmento de Corteza oceánica elevada y muy erosionada y se establece, por algunos autores, una relación entre los periodos eruptivos con procesos distensivos asociados a la formación del océano Atlántico.
- En la década de los setenta se descarta que todo el Complejo Basal de Fuerteventura sea un sustrato del fondo oceánico. Se confirma el carácter intrusivo de las rocas máficas y ultramáficas en las rocas volcánicas submarinas lo cual desencadena importantes procesos de metamorfismo de contacto. Esta fase intrusiva en el Complejo Basal de Fuerteventura se asocia con un proceso de “rifting” como consecuencia de la expansión del fondo oceánico.
- En la década de los años ochenta se producen importantes avances en la caracterización petrológica y geoquímica de las rocas plutónicas del Complejo

Basal en la que se diferencian cuatro series plutónicas. Se realizan las primeras dataciones de las rocas del Complejo Basal las cuales presentan problemas de interpretación derivados a las alteraciones del Ar radiogénico asociadas posiblemente a los eventos metamórficos y tectónicos. Se realiza un estudio detallado del complejo filoniano del Complejo Basal y sus implicaciones en la formación del edificio insular.

- Desde la década de los años noventa del siglo XX hasta la actualidad se realizan numerosos estudios tectónicos, petrológicos, geoquímicos, isotópicos, estratigráficos y paleontológicos del Complejo Basal de Fuerteventura que contribuyen a definir su naturaleza y formación.
- De esta manera, actualmente, se diferencian cinco unidades estratigráficas en el Complejo Basal de Fuerteventura ordenadas por orden de antigüedad: la Corteza oceánica aflorante, los edificios volcánicos submarinos y sus rocas plutónicas asociadas, los primeros edificios subaéreos, las rocas plutónicas y complejo filoniano asociados a los edificios subaéreos y los depósitos de avalancha relacionados con la destrucción de los edificios subaéreos.
- La unidad estratigráfica más antigua del Complejo Basal de Fuerteventura es la Corteza oceánica aflorante. En ella se diferencia una capa formada por basaltos formados en el dorsal centro – atlántica hace 184 millones de años sobre la que se han depositado diferentes niveles de materiales sedimentarios, desde hace 180 millones de años hasta hace 80 millones de años, procedentes de la erosión de las rocas de los materiales continentales.
- El edificio volcánico submarino se originó entre hace 30 – 22 millones de años y está formado por rocas volcánicas y plutónicas de diversa composición y están cortadas por diques asociados a erupciones volcánicas posteriores.
- Los primeros edificios subaéreos originados hace 25 – 20 millones de años están formados por rocas volcánicas, rocas plutónicas y rocas sedimentarias con restos de corales originados durante las primeras etapas de emersión de la isla y se encuentran atravesadas por numerosos diques.

- Las formaciones plutónicas y el complejo de diques asociado a la formación de los edificios volcánicos subaéreos intruyen en las rocas de la Corteza oceánica, en las rocas del edificio volcánico submarino y de los edificios subaéreos más tempranos.
- La unidad estratigráfica más reciente del Complejo Basal son los depósitos formados por brechas y aglomerados volcánicos originados por los grandes deslizamientos que afectaron a los primeros edificios volcánicos subaéreos.
- Se diferencia cinco fases de deformaciones tectónicas a las que han estado sometido el Complejo Basal y que ha afectado a la disposición de los materiales rocosos, a las etapas de actividad volcánica y a la generación de los grandes deslizamientos gravitacionales de los edificios volcánicos.

From this work of bibliographic review on the historical evolution of the scientific knowledge of the rocks of the Basal Complex of Fuerteventura the following conclusions are drawn:

- *From the mid-nineteenth century to before the sixties of the twentieth century there is a controversy in the stratigraphic relationship between volcanic rocks and plutonic rocks. Some hypotheses suggest that plutonic rocks are later than volcanic rocks while others maintain that plutonic rocks form an older plinth on which volcanic rocks are located.*
- *In the sixties of the twentieth century, it is accepted that the mafic and ultramafic plutonic rocks (Stratiform Complex) are the oldest rocks and predate the volcanic rocks. It is interpreted that the Basal Complex is a fragment of elevated and heavily eroded oceanic Crust and establishes, by some authors, a relationship between the eruptive periods with distensive processes associated with the formation of the Atlantic Ocean.*
- *In the seventies it was ruled out that the entire Basal Complex of Fuerteventura is a substrate of the ocean floor. The intrusive nature of maficas and ultramafic rocks in submarine volcanic rocks is confirmed, which triggers important processes of contact metamorphism. This intrusive phase in the Basal Complex of*

Fuerteventura is associated with a "rifting" process as a result of the expansion of the ocean floor.

- *In the decade of the eighties there are important advances in the petrological and geochemical characterization of the plutonic rocks of the Basal Complex in which four plutonic series are differentiated. The first dating of the rocks of the Basal Complex is carried out, which presents interpretation problems derived from the radiogenic Ar alterations possibly associated with metamorphic and tectonic events. A detailed study of the dike complex of the Basal Complex and its implications for the formation of the island edifices is carried out.*
- *From the nineties of the twentieth century to the present day, numerous tectonic, petrological, geochemical, isotopic, stratigraphic and paleontological studies of the Basal Complex of Fuerteventura are carried out that contribute to define its nature and formation.*
- *In this way, currently, five stratigraphic units are differentiated in the Basal Complex of Fuerteventura ordered in order of antiquity: the outcropping oceanic Crust, the submarine volcanic edifices and their associated plutonic rocks, the first subaerial volcanic edifices, the plutonic rocks and Philonian complex associated with the subaerial edifices and the avalanche deposits related to the destruction of subaerial edifices.*
- *The oldest stratigraphic unit of the Basal Complex of Fuerteventura is the outcropping oceanic Crust. It differentiates one more layer formed by basalts formed in the central-Atlantic ridge 184 million years ago on which different levels of sedimentary materials have been deposited, from 180 million years ago to 80 million years ago, from the erosion of rocks from continental materials.*
- *The submarine volcanic edifices originated between 30 – 22 million years ago and is formed by volcanic and plutonic rocks of diverse composition and are cut by dikes associated with later volcanic eruptions.*
- *The first subaerial volcanic edifices originated 25 – 20 million years ago are formed by volcanic rocks, plutonic rocks and sedimentary rocks with remains of*

corals originated during the early stages of emersion of the island and are crossed by numerous dikes.

- *Plutonic formations and the complex of dikes associated with the formation of subaerial volcanic edifices intrude on the rocks of the oceanic Crust, on the rocks of submarine volcanic edifices and of the earliest subaerial volcanic edifices.*
- *The most recent stratigraphic unit of the Basal Complex are the deposits formed by volcanic breccias and agglomerates originated by the large landslides that affected the first subaerial volcanic edifices.*
- *It differentiates five phases of tectonic deformations to which the Basal Complex has been subjected and which has affected the arrangement of rocky materials, the stages of volcanic activity and the generation of large gravitational landslides of volcanic edifices.*

6. BIBLIOGRAFÍA.

Acosta, J., et al. 2003. *Geologic evolution of the Canarian Islands of Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria and La Gomera and comparison of landslides at these islands with those at Tenerife, La Palma and El Hierro.* Netherlands : Marine Geophysical Researches, 2003. pp. 1 - 40. Vol. 24.

Ahijado, A. and Hernández - Pacheco, A. 1992. *El complejo ultramáfico - carbonatítico del Macizo de Amanay, Fuerteventura (Islas Canarias).* Salamanca : Actas del III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología, 1992. pp. 315 - 318. Vol. 1.

Ahijado, A. 1999. *Las intrusiones plutónicas e hipoabisales del sector meridional del Complejo Basal de Fuerteventura (Tesis Doctoral).* Madrid : Universidad Complutense de Madrid, 1999.

Ahijado, A., Hernández - Pacheco, A. and Mata, J. 1992. *Características geoquímicas de las carbonatitas de la Punta del Peñon Blanco.* Madrid : Geogaceta, 1992. pp. 120 - 122. Vol. 11.

Barrera, J. L., et al. 1981. *Ijolitas - Sienitas - Carbonatitas de los macizos del norte del Complejo Plutónico Basal de Fuerteventura (Islas Canarias).* Madrid : Boletín Geológico y Minero, 1981. pp. 309 - 321. Vols. XCII - IV.

Blumenthal, M. M. 1961. *Rasgos principales de la geología de las Islas Canarias con datos sobre Madera.* Madrid : Instituto Geológico y Minero de España, 1961. pp. 1 - 130. Vol. 77.

- Boucart, J. and Jeremie, E. 1938.** *Fuerteventura*. Germany : Bulletin of Volcanology, 1938. pp. 51 - 109. Vols. II-4.
- Bravo, T. 1964.** *Geografía general de las Islas Canarias*. Santa Cruz de Tenerife : Goya Ediciones, 1964.
- Cantagrel, J. M. 1985.** *¿Cuál es la edad de las Islas Canarias?: Datos geocronológicos actuales*. Santa Cruz de Tenerife : Seminario sobre la evolución vulcanológica del Atlántico Central (Madeira, Azores y Canarias), 1985.
- Cantagrel, J. M., et al. 1993.** *Age Mocène inférieur des carbonatites de Fuerteventura*. París : Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 1993. pp. 1147 - 1153. Vol. 316.
- Casillas Ruiz, R. 2008.** *Crecimiento submarino y emersión de las islas Canarias: los complejos basales*. San Cristóbal de La Laguna : El Productor - Técnicas Gráficas, 2008. pp. 313 - 344. 1887-0783.
- Casillas, R. and Torres, J. M. 2011.** *Inventario de recursos vulcanológicos de Fuerteventura*. Puerto del Rosario : Cabildo de Fuerteventura, 2011. 84-96017-91-7.
- Casillas, R., et al. 2008.** Excursión postcongreso nº 2: crecimiento temprano y evolución tectónica de la Isla de Fuerteventura. [book auth.] F. Pérez - Torrado and M. C. Cabrera. [ed.] Sociedad Geológica de España. *Itinerarios geológicos por las Islas Canarias: Fuerteventura, Lanzarote, La Gomera y El Hierro*. Madrid : Geoguías, 2008, Vol. 6, 59 - 86.
- Cendrero, A. 1971.** *Estudio geológico y petrológico del complejo Basal de La Gomera*. Madrid : Estudios Geológicos, 1971. pp. 3 - 73. Vol. 27.
- Fernández Navarro, L. 1926.** *Iles Canaries. Excursión A-7*. Madrid : XIV Congreso Geológico Internacional, 1926.
- Fernández, C., et al. 2006.** *Miocene rifting of Fuerteventura (Canary Islands)*. United States of America : Tectonics, 2006. pp. 127 - 140. Vol. 5 (6).
- Finkh, L. 1908.** *Tiefen-und Ganges steine von Fuerteventura*. Berlin : German Journal of Geology, 1908. pp. 76 - 80. Vol. 60.
- Fúster, J. M. and Aguilar, M. 1965.** *Nota previa sobre la Geología del Macizo de Betancuria, Fuerteventura (Islas Canarias)*. Madrid : Estudios Geológicos, 1965. pp. 181 - 197. Vol. 21.
- Fúster, J. M., et al. 1980.** *Excursión nº 121 A + c del 26º I.G.C. a las Islas Canarias*. Madrid : Instituto Geológico y Minero, 1980. pp. 351 - 390. Vols. XCII-II.
- Fúster, J. M., et al. 1968.** *Geología y vulcanología de las Islas Canarias (Fuerteventura)*. Madrid : Instituto "Lucas Mallada", 1968.
- Fúster, J. M., et al. 1984a.** *Mapa y memoria explicativa de la hoja de Betancuria del Mapa Geológico Nacional a escala 1:25.000*. Madrid : Instituto Geológico y Minero de España, 1984a.

Fúster, J. M., et al. 1984b. *Mapa y memoria explicativa de la hoja de Pájara del Mapa Geológico Nacional a escala 1:25.000.* Madrid : Instituto Geológico y Minero de España, 1984b.

Gastesi, P. 1969. *El complejo básico y ultrabásico de Betancuria, fuerteventura (Islas Canarias): estudio petrológico.* Madrid : Estudios Geológicos, 1969. pp. 1 - 51. Vol. 25.

Gutiérrez, M. 2000. *Estudio petrológico, geoquímico y estructural de la serie volcánica submarina del Complejo Basal de Fuerteventura (Islas Canarias): caracterización del crecimiento submarino y de la emersión de la isla (Tesis Doctoral).* San Cristóbal de La Laguna : Universidad de La Laguna, 2000.

Hartung, G. 1857. *Die geologischen Verhältnisse der Inseln Lanzarote und Fuerteventura.* Zürich : Neue Denkschriften der allgermeinen Schreizerischen Gesellschaft für die gesamteten Naturwissenschaften, 1857.

Hausen, H. 1958. *On the geology of Fuerteventura (Canary Islands).* Finland : Soc. Sci. Fennica Com. Phys. Math., 1958.

Hernández - Pacheco, A. 1989. *DATos sobre la Geología y Petrología del Macizo de Amanay, Fuerteventura, Canarias.* Madrid : Geogaceta, 1989. págs. 40 - 43. Vol. 6.

—. **1973.** *Sobre el significado de las rocas granudas gabroides de los Complejos Basales de las islas de Fuerteventura, La Palma y La Gomera (Archipiélago Canario).* Madrid : Instituto "Lucas Mallada", 1973. pp. 549 - 557. Vol. XXIX.

Hoernle, K. and Tilton, G. R. 1991. *Sr - Nd - Pb isotope data for Fuerteventura basal complex and subaereal vulcanism application to magma genesis.* Switzerland : Swiss Bulletin of Mineralogy and Petrology, 1991.

Le Bas, M. J. 1981. *The pyroxenite - ijolite - carbonatite intrusive igneous complexes of Fuerteventura (Canary Islands).* London : Journal of the Geological Society, 1981. p. 496. Vol. 138.

Le Bas, M. J., Rex, D. C. and Stilman, C. J. 1986. *The early magmatic chronology of Fuerteventura.* Cambridge : Geological Magazine, 1986. pp. 287 - 298. Vol. 123.

López Ruiz, L. 1970. *Estudio petrográfico y geoquímico del Complejo filoniano de Fuerteventura (Islas Canarias).* Madrid : Estudios Geológicos, 1970. pp. 173 - 208. Vol. 27.

Mangas, J. and Pérez Torrado, F. J. 1993. *Mineralizaciones de Tierras raras: los complejos de rocas plutónicas alcalinas y carbonatitas del Complejo Basal de Fuerteventura (Islas Canarias).* Madrid : Tierra y Tecnología, 1993. pp. 36 - 41. Vol. 26.

Mangas, J., et al. 1996. *Minerales de tierras raras en las carbonatitas del Complejo Basal de Fuerteventura (Islas Canarias).* Madrid : Geogaceta, 1996. pp. 1511 - 1513. Vol. 20 (7).

Muñoz, M. and Sagredo, J. 1975. *Existencia de metamorfismo superpuestos en el complejo basal de Fuerteventura (Canarias).* Madrid : Primera Asamblea General de Geodesia y Geofísica, 1975.

Muñoz, M. 1969. *Estudio petrológico de las formaciones alcalinas de Fuerteventura (Islas Canarias)*. Madrid : Estudios Geológicos, 1969. pp. 257 - 310. Vol. 25.

Robertson, R. M. F. and Stillman, C. J. 1979. *Submarine volcanic and associated sedimentary rocks of the Fuerteventura Basal Complex, Canary Islands*. United Kingdom : Geological Magazine, 1979. pp. 203 - 214. Vol. 116.

Rothe, P. 1968. *Mezozoische Flysch - Ablagerungen auf der Kanaren insel Fuerteventura*. Stuttgart : Geologische Rundschau, 1968. pp. 314 - 332. Vol. 58.

Steiner, C., et al. 1998. *Early Jurassic seafloor spreading in the central Atlantic, the Jurassic sequence of Fuerteventura (Canary Islands)*. United States of America : Geological Society of American Bulletin, 1998. pp. 1304 - 1317. Vol. 110.

Stillman, C. J. 1987. A Canary Islands Dyke Swarm: Implications for the formation of oceanic islands by extensional fissural volcanism. [book auth.] H. C. Halls and W. F. Fahrig. *Mafic Dyke Swarms*. Newfoundland : Geological Association of Canada, 1987.

Stillman, C. J. and Robertson, A. H. F. 1977. *the dyke swarm of the Fuerteventura Basal Complex (Canary Islands)*. United Kingdom : Geological Society of London, 1977. pp. 8 - 10. Vol. 6.

Stillman, C. J., et al. 1975. *Basal Complex of Fuerteventura (Canary Islands) is an oceanic intrusive complex with rift - system affinities*. United Kingdom : Nature, 1975. pp. 469 - 471. Vol. 257.

7. AGRADECIMIENTOS.

A mis tutores, por brindarme la oportunidad de hacer un trabajo con un tema tan especial para mí, por su paciencia y dedicación.

A la familia Torres Lillo, porque sin su apoyo y ayuda este trabajo no hubiera sido posible.