



SITIOS INTERÉS GEOLOGICO

de la República Argentina

LAS ISLAS MALVINAS | ... y sus ríos de piedra

José E. Mendía¹, Gabriela Anselmi¹ y Claudia Negro¹

Sitios de Interés Geológico de la República Argentina

EDITOR

Comisión Sitios de Interés Geológico de la República Argentina (CSIGA):
Gabriela Anselmi, Alberto Ardolino, Alicia Echevarría, Mariela Etcheverría, Mario Franchi,
Silvia Lagorio, Hebe Lema, Fernando Miranda y Claudia Negro

COORDINACIÓN

Alberto Ardolino y Hebe Lema

DISEÑO EDITORIAL

Daniel Rastelli

Referencia bibliográfica

Sitios de Interés Geológico de la República Argentina. CSIGA (Ed.) Instituto
de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino,
Anales 46, II, 461 págs., Buenos Aires. 2008.

ISSN 0328-2325

Es propiedad del SEGEMAR • Prohibida su reproducción
Publicado con la colaboración de la Fundación Empremin



INSTITUTO DE
GEOLOGÍA Y
RECURSOS
MINERALES

Av. General Paz 5445 (Colectora provincia)
Edificio 14 - 1650 - San Martín - Buenos Aires
República Argentina



Av. General Paz 5445 (Colectora provincia)
Edificio 25 - 1650 - San Martín - Buenos Aires
República Argentina

www.segemar.gov.ar | comunicacion@segemar.gov.ar | csiga@segemar.gov.ar

BUENOS AIRES - 2008

José E. Mendía¹, Gabriela Anselmi¹ y Claudia Negro¹

RESUMEN

Las Islas Malvinas constituyen un archipiélago con más de 200 islas, situado en el Océano Atlántico Sur. Su compleja historia geológica, con períodos en las que estuvieron cubiertas por el mar y otros, en las que lo estuvieron por mantos de hielo queda revelada por el estudio de sus rocas. Esto, también permite determinar la ubicación geográfica que tuvieron en el pasado geológico, cuando las islas todavía no eran tales puesto que, anexadas a otros continentes, formaban parte del supercontinente Gondwana y se encontraban en una posición cercana a la costa sudeste del actual continente africano. Sugieren también que cuando Gondwana se desmembró, las islas derivaron y rotaron hasta ocupar su actual posición. La isla Gran Malvina, hacia el oeste del archipiélago, está caracterizada por amplias colinas y valles abiertos; mientras que la isla Soledad, al este, muestra el contraste de las planicies del sur y los resaltos topográficos del norte. Un rasgo típico y distintivo de su paisaje lo constituyen los *ríos de piedra*, que se hallan principalmente en el fondo de los valles, y que se componen de bloques angulosos de areniscas cuarcíticas paleozoicas, de colores blanquecinos a grisáceos. Su origen ha sido generalmente vinculado a los efectos de condiciones climáticas periglaciales, pero otras teorías también han sido propuestas.

ABSTRACT

Islas Malvinas are an archipelago composed of more than two hundred islands in the South Atlantic Ocean. Their rocks tell us about a geological history, during which the islands have been covered by the sea or even covered by the ice. The evidence preserved in the rocks confirms that the islands were some hundred of millions of years ago in a quite different geographical position, forming part of the ancient supercontinent of Gondwana, and close to the present south-east coast of South Africa. These studies also suggest that when Gondwana broke up, the islands drifted and rotated to their present position. The landscape differs between the two major islands: Gran Malvina, to the west of the archipelago, is characterized by broad hills and open valleys, whereas Soledad Island to the east shows a clear contrast from its southern plains to the northern hilly topography. Very distinctive features of the islands are the «stone rivers» that fill many of the valleys. These deposits are constituted by irregular blocks of quartzite and hard sandstone of whitish to pale grey colour coming from the Palaeozoic quartzite outcrops. Their origin is generally assigned to the effects of periglacial climate conditions, but many other theories have been proposed so far.

INTRODUCCIÓN

El archipiélago de las Islas Malvinas está formado por dos islas mayores, Gran Malvina y Soledad, y numerosas islas menores distribuidas alrededor de las mismas (Figura 1). Situado dentro del Mar Argentino, está vinculado a la plataforma continental argentina como un área emergida (similar a la isla de los Estados), con el talud continental localizado hacia el este.

Los principales asentamientos poblacionales son Puerto Argentino (*Stanley*, según denominación británica) y Darwin, ubicados en la isla Soledad. Puerto Argentino (Fotografía 1), que es la capital de las Islas Malvinas y se encuentra en la costa noreste de la isla, al sur de la

península de Freycinet, tiene un aspecto edilicio típicamente británico (Fotografía 2). Cuenta con 1.700 habitantes permanentes, además de unos 2.000 soldados británicos establecidos en los alrededores del aeropuerto de Mount Pleasant. En la costa oeste, en el poblado de Darwin hay reminiscencias de los antiguos habitantes gauchos que allí vivieron. Por otra parte, los establecimientos ganaderos constituyen otros núcleos poblacionales menores.

Con su terreno ondulado y de montañas bajas, las islas tienen una infraestructura básica de carreteras, por lo que es posible recorrerlas en vehículos doble tracción, en motos (que han reemplazado a los caballos para las

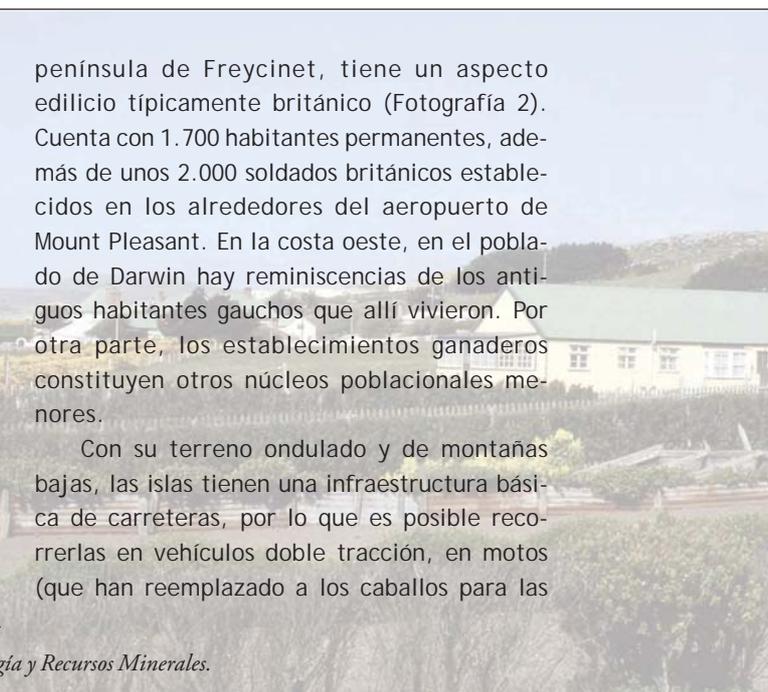




Figura 1. El archipiélago de las Islas Malvinas.

tareas de campo) o mediante largas caminatas. La comunicación entre Puerto Argentino y las demás localidades se efectúa en aviones pequeños de no más de seis plazas; todos los establecimientos cuentan con pistas de tierra y con la infraestructura básica necesaria.

El descubrimiento de las islas ha sido adjudicado a diferentes expediciones, como las comandadas por Américo Vespucio en 1501 y Hernando de Magallanes en 1520. La primera colonización del archipiélago la realizó Francia, cuando en 1764 el marino y militar Luis Antonio de Bougainville emplazó una colonia en Puerto Luis (*Port Louis*), en la Isla Soledad. Al

tomar España conocimiento de la existencia de esta colonia, exigió a Francia el cumplimiento del Pacto de Familia firmado entre los Borbones en 1761, por lo que en 1767 Puerto Luis fue reintegrado a España, que ocupó todo el archipiélago como única soberana y -desde el 2 de abril de 1767 hasta 1811- ejerció indiscutiblemente su soberanía a través de una veintena de gobernadores.

Con el proceso de independencia iniciado en 1810, la nueva república constituida reclamó el derecho a la soberanía sobre las islas Malvinas, Georgias del Sur y Sándwich del Sur, que de este modo pasaron a formar parte de



Fotografía 1. Puerto Argentino, capital de las Islas Malvinas.



Fotografía 2. Aspecto edilicio de Puerto Argentino.

las Provincias Unidas del Río de la Plata, hoy República Argentina.

Desde el 6 de noviembre de 1820 hasta el 3 de enero de 1833, cuando se produjo la usurpación inglesa, la Argentina tomó posesión y reafirmó su soberanía en distintas ocasiones, y posteriormente mantuvo un constante e invariable reclamo en los foros internacionales. La historia más reciente incluye el intento de recuperación de las islas llevado a cabo en 1982, que dio lugar a un conflicto armado cuyas adversas consecuencias todavía perduran.

GEOGRAFÍA DE LAS ISLAS

El archipiélago de las Islas Malvinas se encuentra ubicado unos 500 kilómetros al este

del litoral de la provincia de Santa Cruz -República Argentina- entre los 51° y 52°30' de latitud sur y los 57°40' y 61°25' de longitud oeste.

Las dos islas mayores -Gran Malvina al oeste y Soledad al este- están separadas entre sí por el estrecho de San Carlos, de orientación noreste-sudoeste (Figura 1). Sus extensas y recortadas líneas de costa presentan múltiples bahías y ensenadas con numerosos puertos naturales, como el de Puerto Mitre (*Port Howard*), que suelen ser utilizados por establecimientos ganaderos (Fotografía 3).

El paisaje es variado. La isla Gran Malvina, con su mayor altura en el monte Independencia -700 metros-, tiene amplios valles en el sector occidental, mientras que en el oriental el relieve es montañoso, caracterizado por los montes Hornby dispuestos paralelos a la costa.



Fotografía 3. Ejemplo de un puerto natural: Puerto Mitre (*Port Howard*), isla Gran Malvina.

En la isla Soledad la cota más elevada se encuentra en el cerro Alberdi -705 metros- que forma parte de las Alturas Rivadavia, ubicadas en el sector norte. En contraste, en la mitad sur de la isla -conocida con el nombre de Lafonia- el relieve es bajo, ya que el terreno está formado por sedimentos más deleznable que configuran una planicie suavemente ondulada.

Las islas están surcadas por arroyos o ríos intermitentes (Fotografía 4) que recorren un breve camino antes de desembocar en el mar; existen asimismo numerosos cuerpos de agua de poca profundidad y gran parte de la superficie está cubierta por capas de turba.

La actividad económica principal es la cría de ganado ovino; la pesca tiene menor desarrollo aunque la de ultramar es una importante fuente de recursos. También se extrae turba y en los establecimientos se cultivan hortalizas para consumo propio.

Sobre su clima, fauna y flora

El clima es frío, con una temperatura media anual de 6° Centígrados -3°C promedio en invierno y 10° C en verano. Durante casi todo el año las islas son azotadas por los fuertes vientos del Atlántico Sur y el cielo se presenta nublado, con precipitaciones principalmente en forma de suave llovizna.

Con este tipo de clima se desarrolla una vegetación de tipo esteparia herbácea. No existen especies arbóreas autóctonas, encontrándose sólo algunos árboles plantados por el hombre cerca de las estancias. El pasto *tussock*, característico de las islas, crece en las costas y puede llegar a superar los 2 metros de altura, ofreciendo refugio a diversos animales. También



Fotografía 4. Red de drenaje y aspecto de la superficie de las islas.

hay líquenes en áreas rocosas y una amplia diversidad de algas en la plataforma marina.

Existe una rica y variada fauna marina -focas, elefantes marinos y también, entre otros, merluza, calamar, almejas, ostras y krill- con especies endémicas de moluscos. También se encuentran numerosas aves (avutardas, golondrinas, pingüinos, perdices y otras especies) entre las que se destaca el pato vapor malvinero (*Tachyeres brachypterus*) endémico, que posee muy cortas alas por lo que no puede volar.

Entre los mamíferos terrestres se hallan pocos ejemplares de jabalíes, zorros y liebres. El guará (*Dusicyon australis*), conocido como zorro malvinense, era un animal autóctono que se extinguió en épocas coloniales. Aparentemente el último ejemplar fue muerto en 1876.

INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS

Una de las primeras referencias geológicas sobre las islas se remonta al año 1770, cuando el cura y naturalista Pernetty, integrante de la expedición de Bougainville, mencionó los *ríos de piedra*. Más tarde, en su reconocimiento de las islas en los años 1833 y 1834, Charles Darwin destacó la diferencia entre las serranías constituidas por areniscas cuarcíticas plegadas y resistentes a la erosión y las tierras bajas formadas por sedimentitas friables, cuyos fósiles fueron estudiados por Morris y Sharpe (1846).

En el año 1907, Andersson describió las rocas del basamento antiguo sobre las que se apoyan las sedimentitas. En 1912, Halle efectuó el primer bosquejo geológico; más tarde Baker (1924) realizó un mapa más detallado, estableciendo así la base de la columna estratigráfica que se utiliza actualmente en el archipiélago, en tanto que en 1927 du Toit se refirió a las similitudes que se observan entre las islas y el sur del continente africano como parte de un análisis comparativo de la geología de América del Sur y África del Sur. Desde mediados del siglo XX, con los trabajos de Riggi (1951) y Adie (1952) hasta los más cercanos de Cingolani y Varela (1976), Bellosi y Jalfin (1984), Mendía y Scasso (1982 a y b) y Scasso y Mendía (1985), entre otros, se dieron a conocer numerosos aportes que permitieron agrupar las distintas unidades geológicas en un basamento cristalino proterozoico, una cobertura sedimentaria paleozoica y una serie de diques mesozoicos. Merece destacarse entre ellos el mapa geológico

gico a escala 1:250.000 presentado por Greenway (1972), realizado a partir de fotointerpretación y compilación de la información de campo disponible hasta ese momento.

A partir de 1982, con la Guerra de Malvinas, se interrumpieron los estudios de investigadores argentinos en el terreno, continuándose principalmente con trabajos de recopilación y de síntesis geológica, como los de Nullo y otros autores (1996) y Parica (1999), entre otros.

Recientemente, el Servicio Geológico Británico ha publicado un estudio geológico actualizado con datos de campo, que incluye la cartografía geológica a escala 1:250.000 (Aldiss y Edwards, 1998) y guías que explican en forma amena la historia geológica de las islas (Stone y Aldiss, 2000; Stone y otros, 2005). Otras publicaciones más modernas aportan datos sobre estratigrafía, estructura, geomorfología, reconstrucción paleogeográfica y potencial petrolero. De comienzos de este siglo son, por ejemplo, las contribuciones de Thomson y otros (2002), Macdonald y otros (2003), Del Ben y Mallardi (2004) y Hansom y otros (2008).

LA EVOLUCIÓN GEOLÓGICA Y SUS REGISTROS

Las rocas más antiguas del archipiélago sólo afloran en los acantilados de cabo Belgrano, en el sur de la isla Gran Malvina. Son gneises y granitos formados hace unos 1.100 millones de años en el interior de la Tierra, a los cuales se denomina como Complejo Cabo Belgrano (Figura 2). Estas rocas fueron parte de una vieja y estable porción de la corteza continental -cratón- que pasó, millones de años después, a conformar el núcleo del supercontinente Gondwana que agrupaba a los actuales continentes que ocupan el hemisferio sur. El fragmento que más tarde constituiría las islas estaba ubicado entre los futuros continentes de Antártida y África, probablemente en el extremo sureste de este último (Figura 3).

Durante el período Silúrico (ver recuadro «Ubicándose en el tiempo»), alrededor de unos 420 millones de años atrás, las costas de Gondwana comenzaron a ser invadidas por el mar, acumulándose en esa zona un gran espesor de sedimentos, principalmente arenosos. Si bien el ambiente de depositación de estos sedimentos fue marino de poca profundidad, en determinadas etapas fue fluctuando a un ambiente costero a continental. Estos cambios

CHARLES ROBERT DARWIN (naturalista británico, 1809-1882)

A la edad de 22 años, Darwin se embarcó como naturalista a bordo del HMS Beagle, junto al capitán Robert Fitz Roy, en una larga expedición cuyos principales destinos eran América del Sur y Australia. Parte de su equipo personal estaba conformado por libros, entre ellos el primer volumen recién salido de la imprenta de Principes of Geology de Lyell, obra que ejercería influencia en su futuro trabajo de investigación.

Darwin era un ávido observador de todo lo que lo rodeaba, coleccionaba y registraba todo tipo de muestras de rocas así como de animales y plantas. Además de recorrer las costas y el interior de América del Sur, se adentró en las Islas Malvinas donde describió su paisaje y geología, comparando su fauna y flora con las del continente.

Sus detalladas observaciones a lo largo del viaje -que duró cinco años- lo llevaron a postular las bases de la revolucionaria teoría acerca de la selección natural y evolución de las especies.

se ven reflejados en las distintas rocas y fósiles de las unidades que integran el Grupo Gran Malvina, Formaciones Puerto Stephens, Bahía Fox y Puerto Stanley, que son el resultado de la litificación de tales depósitos (Figura 2).

Las sedimentitas predominantemente cuarcíticas que conforman este grupo, asoman en la mitad norte de la isla Soledad y a lo largo de toda la isla Gran Malvina. En el cabo Belgrano puede observarse cómo se apoyan directamente sobre los granitos y gneises, que constituían el fondo del mar al momento de acumularse las arenas.

Las lomadas están formadas por las areniscas cuarcíticas de la Formación Puerto Stephens (más antigua) y de la Formación Puerto Stanley, esta última con restos vegetales que corresponden al Devónico medio. Las lutitas oscuras y areniscas finas de la Formación Bahía Fox, que también tienen abundantes improntas de tallos y hojas así como restos de invertebrados marinos del Devónico inferior, sólo se encuentran en las partes llanas y bajas, porque se erosionan fácilmente.

Posteriormente, unos 300 millones de años atrás, el clima del planeta comenzó a enfriarse, dando paso al desarrollo de un período glacial. En esos tiempos las islas, como parte de Gondwana, estaban localizadas en latitudes polares, y fueron parcialmente cubiertas por mantos de hielo (Figura 3A). De este modo, el progresivo avance y retroceso de los glaciares quedó impreso en las rocas de la parte inferior del Grupo Isla Soledad.

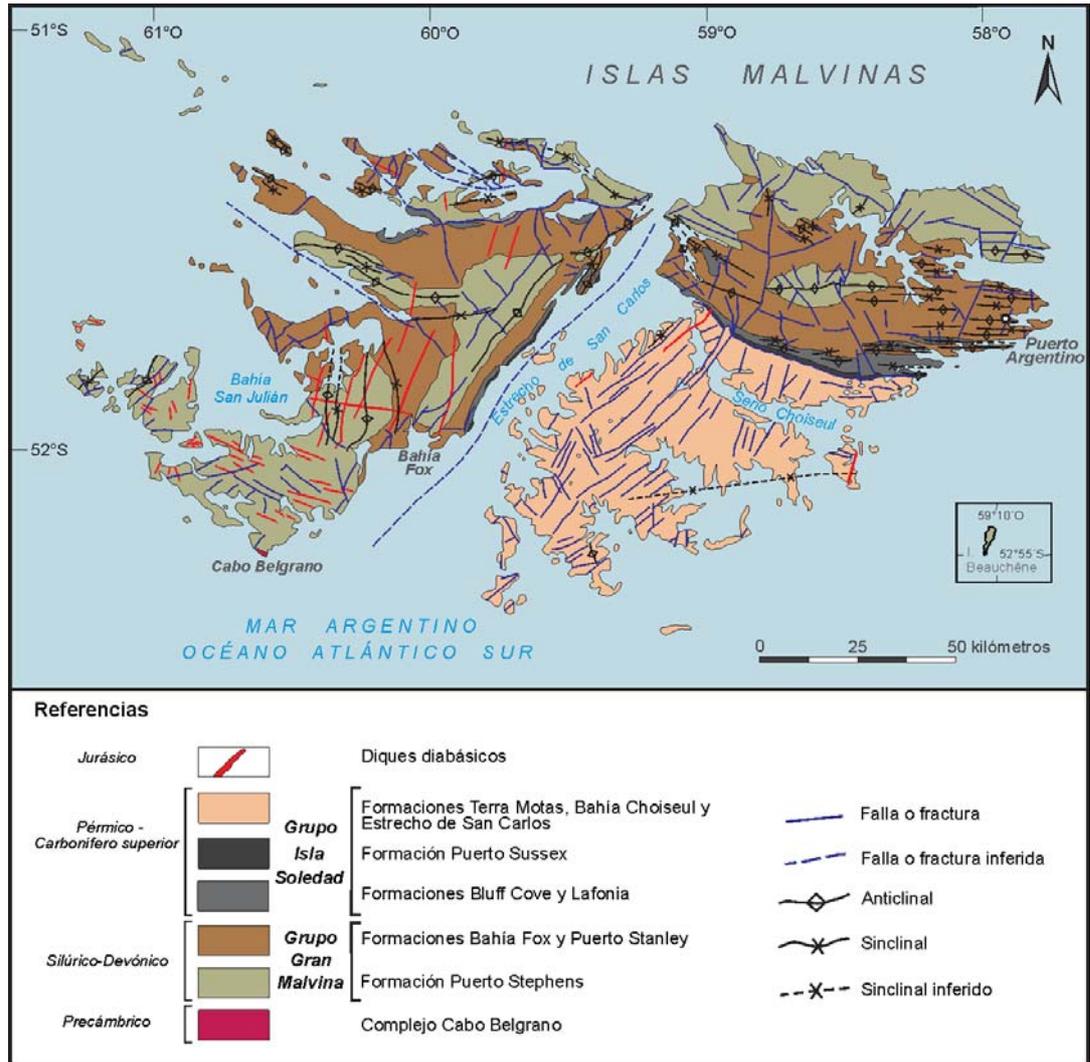


Figura 2. Esquema geológico compilado (según Nullo y otros, 1996 y Aldiss y Edwards, 1998).

Dentro de este grupo, que está compuesto por distintas formaciones (Bluff Cove, Lafonia, Puerto Sussex, Terra Motas, Bahía Choiseul y Estrecho San Carlos), las rocas más importantes y distintivas son las tillitas de la Formación Lafonia. Estas tillitas, formadas por sedimentos que fueron depositados directamente por la masa de hielo y luego consolidados, están compuestas por gravas y bloques de hasta 7 metros de diámetro, inmersos en una masa de grano fino en la que puede predominar la arena o la arcilla.

Al sobrevenir más tarde un mejoramiento de las condiciones climáticas, la paulatina fusión de los hielos causó un progresivo ascenso del nivel del mar. Las aguas cubrieron las tillitas y sobre ellas se acumularon sedimentos de grano mucho más fino, que corresponden a las areniscas y pelitas marinas de la sección inferior de la Formación Puerto Sussex.

Al retirarse paulatinamente las enormes masas de hielo, fue disminuyendo el peso que

ejercían sobre la corteza, la cual, por el mecanismo de compensación isostática, experimentó un ascenso regional. De este modo el área correspondiente a las islas recuperó características continentales, creándose condiciones para que se originaran rocas de ambientes fluvial y lacustre, con abundantes restos de vegetales y trazas fósiles (sección superior de la Formación Puerto Sussex y Formación Terra Motas). Sobre ellas se apoyan areniscas y pelitas de ambientes costeros y continentales que representan el final de la secuencia sedimentaria paleozoica (formaciones Bahía Choiseul y Estrecho San Carlos), las cuales portan restos de troncos silicificados (*Dadoxylon lafoniense*) y flora de *Glossopteris* (Figura 3B) atribuidos al Pérmico inferior.

A lo largo de este ciclo sedimentario Gondwana no permaneció estático, sino que se fue desplazando y modificando en respuesta a episodios tectónicos que paulatinamente

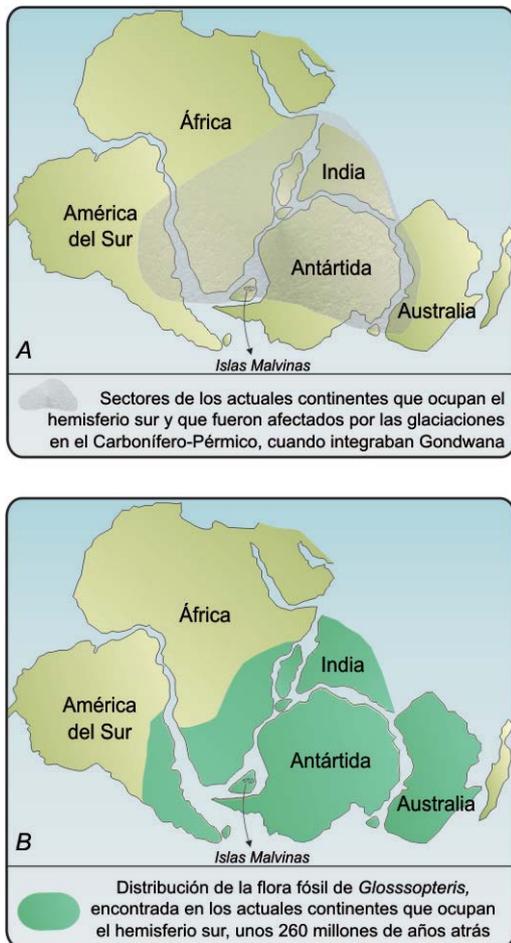


Figura 3 A y B. Representación paleogeográfica idealizada del antiguo supercontinente Gondwana (modificado de Kearey y Vine, 1996).

cambiaban la configuración de continentes y mares. Así es que durante el Carbonífero-Pérmico, Gondwana y otras masas continentales se unieron hasta formar un único e inmenso continente denominado Pangea, que se extendía desde el polo norte al polo sur. Igualmente, este nuevo supercontinente comenzaría a separarse en dos grandes masas continentales (Laurasia al norte y Gondwana al sur), durante el Mesozoico.

A principios del Jurásico, hace unos 200 millones de años atrás, comenzó la temprana segmentación de Gondwana que llevaría luego a la apertura del Océano Atlántico. Esta ruptura permitió que material ígneo del interior de la Tierra migrara hacia la superficie a través de fracturas que cortaban las distintas capas sedimentarias depositadas durante el Paleozoico. En su ascenso y antes de llegar a la superficie, este material fundido fue enfriándose, y al consolidarse en las fracturas dio origen a cuerpos tabulares alargados y rectilíneos. Estos extensos diques de rocas ígneas oscuras que hoy atraviesan las islas son en su mayoría de edad

jurásica, aunque estudios recientes indican la existencia de diques más modernos -121 millones de años- correspondientes al Cretácico inferior (Stone y otros, 2008).

Con el tiempo, las fuerzas tectónicas que causaron la segmentación fueron también moviendo los distintos bloques de Gondwana, en algunos casos provocando el choque entre ellos, y en otros separándolos mediante la creación de corteza oceánica en las dorsales (Figura 4). Fue de este modo como se produjo la apertura del Océano Atlántico Sur, con la consiguiente separación de América del Sur, África y Antártida. Como consecuencia de este proceso toda la secuencia sedimentaria paleozoica fue deformada por plegamiento.

Para el intervalo que va desde el fin del Mesozoico hasta el Cuaternario existe un único registro geológico: una notable concentración de troncos fósiles en la isla Remolinos (*West Point Island*). Los troncos, que se encuentran debajo de una cubierta de turba, tendrían una antigüedad de 7 millones de años y habrían crecido cerca del lugar donde fueron hallados (ver recuadro «Bosque fósil»).

Ya en el Cuaternario, las islas fueron afectadas por el Último Máximo Glacial (último gran avance glacial ocurrido entre los 20.000-25.000 años atrás, como efecto de un enfriamiento climático). Como testimonio de esa época pueden verse, por ejemplo, los circos glaciares de los montes Hornby y del cerro Alberdi. A estas condiciones climáticas se vincula también el desarrollo de los peculiares *ríos de piedra* de las Islas Malvinas. Finalizado el período glacial -hace unos 15-12.000 años- comenzó la formación de turba, que en la actualidad cubre



Figura 4. Configuración actual de las placas tectónicas que forman la parte superior de la Tierra, en el sector afro-sudamericano. Hoy en día como en el pasado geológico, continúa el movimiento de estas placas, prolongándose por ejemplo la apertura del Océano Atlántico.

BOSQUE FÓSIL

Estudios realizados en 2006 por Macphail y Cantrill han permitido determinar la edad y las características principales de este bosque fósil. Predominan los restos de troncos de *Nothofagus*, algunos con diámetro de hasta 1,5 metros, lo que permite inferir árboles de entre 20 y 50 metros de altura. El análisis palinológico (del polen fósil) indica un bosque de clima lluvioso y templado, y sugieren un rango de edad entre el Mioceno y Plioceno inferior. El bosque, que tiene unos siete millones de años de antigüedad, constituye en las islas el único registro correspondiente al intervalo Paleógeno-Neógeno y ofrece un impactante contraste con el clima y la fisonomía actual de las islas, totalmente despojadas de árboles.

gran parte de la superficie del archipiélago (ver recuadro «Acerca de la turba»).

RÍOS DE PIEDRA

Los *ríos de piedra* constituyen un rasgo característico en el paisaje de las Islas Malvinas, particularmente en la isla Soledad. Aunque se conocen en otros lugares, como la isla Victoria del Ártico canadiense y algunos sectores de los Apalaches, en EE.UU., en ningún otro lugar del mundo alcanzan un desarrollo tan espectacular.

El clérigo y naturalista Pernetty (1770), que acompañó a de Bougainville en su visita a las islas, ya se había referido a ellos con entusiasmo, asombrado por su espectacularidad, pero el primero en describirlos con un enfoque geológico fue Charles Darwin, quien realizó dos desembarcos en las islas, en su viaje a bordo del HMS Beagle, en los años 1833 y 1834. Darwin (1846) los describió de esta forma: «en muchas partes de las islas el fondo de los valles está cubierto en forma extraordinaria por miríadas de grandes fragmentos angulosos de cuarcitas, formando corrientes de piedras. Estos fragmentos no se encuentran apilados de cualquier manera sino que se disponen en capas niveladas o grandes corrientes».

Los «ríos» están compuestos por bloques de cuarcita, de forma generalmente tabular, que derivan principalmente de los afloramientos de la Formación Puerto Stanley y, en menor medida, de la Formación Puerto Stephens. Comúnmente, estos bloques tienen unos 15 a 20 centímetros de espesor, entre unos 30 centímetros y 2 metros de ancho y el largo generalmente no supera los 5 metros. Sus tamaños y formas reflejan el espaciado entre frac-

turas y planos de estratificación de los afloramientos de proveniencia. Este es el motivo por el que los mejores ejemplos se hallan en la isla Soledad, donde la fracturación y el plegamiento de los estratos han sido más intensos (Fotografía 5).

Los bloques son angulares a subangulares, con bordes redondeados a subredondeados y de color blanquecino a grisáceo en la superficie, que se encuentra generalmente cubierta por líquenes (Fotografía 6).

Los cortes observados en caminos y excavaciones muestran que los bloques ubicados a mayor profundidad presentan una pátina marrón rojiza a rosada causada por minerales de hierro como limonita. Otro aspecto singular que presentan estas acumulaciones es la ausencia de material fino en todo su espesor. Sobre el camino que va hacia el aeropuerto de las islas, en una cantera labrada sobre un «río» de pequeñas dimensiones, se observa un corte con un espesor de uno a dos metros y gradación de tamaño inversa, disponiéndose en su parte superior bloques de hasta dos metros de largo, que se asientan sobre un lecho de gravas de tamaño mucho menor. En este corte puede apreciarse el cambio de coloración mencionada (véase fotografía 7).

Bellosi y Jalfin (1984) han realizado un minucioso estudio morfométrico del *río de piedra* Andersson, ubicado en la vertiente sur de las Alturas Rivadavia (51° 45' Sur y 58° 47' Oeste). Su análisis sobre mediciones efectuadas en unos 430 bloques mostró una tendencia a la disminución del tamaño pendiente abajo, a la par de un aumento de la redondez.

De la descripción que realizaron estos autores surge que este «río» es uno de los más grandes en las islas, ya que tiene una longitud de 5.500 metros y un ancho máximo de 1.400. Con un espesor que no supera los 2 metros, se extiende entre las cotas de 375 y 60 metros sobre el nivel del mar. Estos valores superan los máximos indicados para el conocido como «Princes Street» (en homenaje a la principal avenida de Edimburgo, Escocia) también conocido como *río de piedra* Darwin (51° 37' Sur y 58° 06' Oeste), que se encuentra al oeste de Puerto Argentino, considerado por distintos investigadores como el de mayores dimensiones en las islas (Fotografía 8). De cualquier modo, se puede decir que la extensión es variable y que los más comunes promedian los 2 kilómetros y no superan los 100 metros de ancho.

Entre los distintos tipos de acumulaciones de bloques que en algún momento han sido considerados como *ríos de piedra*, dos son las formas más características que se ajustan a la primitiva descripción, los *ríos de piedra* en sentido estricto (*stone runs o blockstreams* - Fotografía 9) y las barras o tiras de piedras (*stone stripes*).

En estas últimas los bloques se disponen en franjas angostas -entre 1 y 15 metros- de algunos centenares de metros de extensión, que se alternan paralelamente con franjas de ancho similar cubiertas por vegetación (Fotografía 10) y bajan por la pendiente hasta coalescer tapizando los valles al pie de los faldeos (André y otros, 2008).

Su origen

Un aspecto muy importante a destacar, vinculado con las distintas hipótesis relativas a su origen, es que estos «ríos» se encuentran cubriendo áreas de pendientes muy suaves, no mayores a 10° y en general menores, lo que sumado al tamaño que alcanzan los bloques que los integran contribuye a enmascarar su génesis, ya que el mecanismo de desplazamiento de estos continúa siendo controvertido.

Estas geoformas tan espectaculares han despertado el interés de todos los naturalistas que visitaron las islas, y su verdadero origen ha sido discutido desde que Darwin las vinculó a terremotos u otros episodios tectónicos que habrían dislocado los afloramientos de cuarcitas. De cualquier modo, él tampoco quedó muy satisfecho con su hipótesis, ya que valoró el testimonio de un poblador chileno quien,

ACERCA DE LA TURBA

Una alta proporción de la superficie del archipiélago se encuentra cubierta por depósitos de turba. Ésta comenzó a acumularse a fines del Pleistoceno - principios del Holoceno, luego de finalizar el Último Máximo Glacial, cuando las condiciones climáticas mejoraron. Posiblemente, el agua proveniente de la fusión de los glaciares fue acumulándose en depresiones, donde se desarrolló la vegetación. Con el paso del tiempo estos cuerpos de agua dieron lugar a la formación de pantanos y marismas y la vegetación se fue descomponiendo parcialmente, bajo mínimas concentraciones de oxígeno y escasa acción microbiana. Con los años se fue acumulando un espesor de turba del orden de 0,5 a 2 metros aunque en algunos sitios llega hasta los 5 metros. Estos depósitos, que tapizan las zonas bajas e incluso las laderas de los cerros - donde pasan gradualmente a detritos de talud- han constituido la principal fuente de combustible en las islas desde el inicio de su colonización.

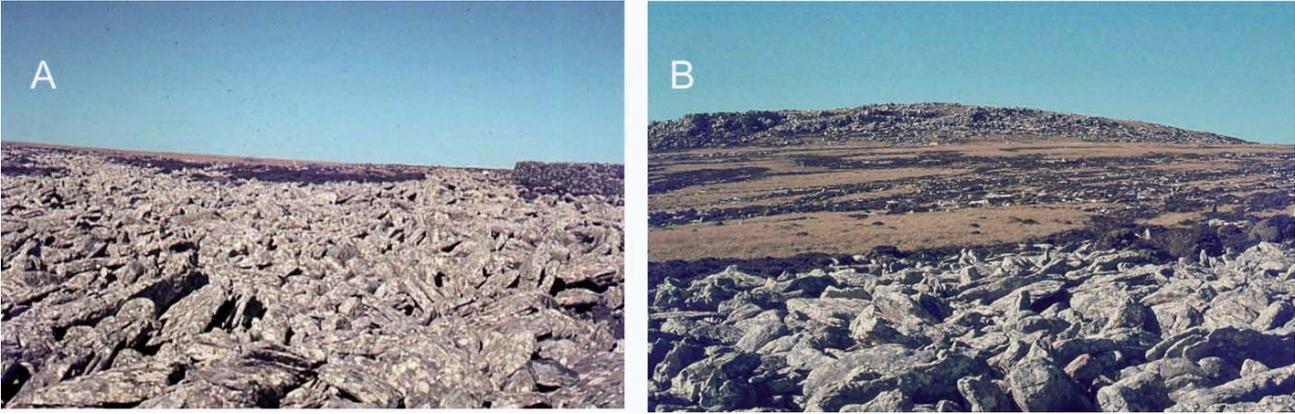


Trincheras de extracción de turba en cercanías de Puerto Argentino.

conocedor de los efectos de los sismos, le relató que en los treinta años de su permanencia en las islas jamás había sentido un mínimo temblor. Darwin reconoció que muy probablemen-



Fotografía 5. Afloramiento de rocas cuarcíticas de donde provienen los clastos que conforman los *ríos de piedra*.



Fotografía 6 A y B. Aspecto de la superficie de los ríos de piedra.

te el posterior desarrollo del conocimiento lograría una explicación sencilla para su génesis.

Sin embargo, todavía se sigue discutiendo sobre muchos aspectos de estos *ríos de piedra* sin arribar a un consenso final. Por ahora la hipótesis más aceptada es que estas corrientes de bloques son el resultado de las condiciones climáticas que predominaron en las islas durante el Último Máximo Glacial.

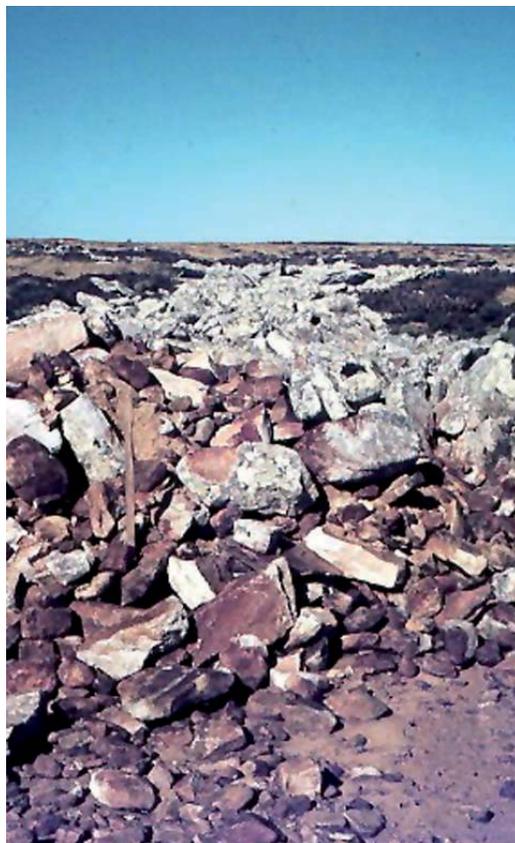
En efecto, hay acuerdo general en que los *ríos de piedra* se formaron durante el Pleistoceno bajo condiciones periglaciales, cuando los procesos de congelamiento y descongela-

miento del terreno eran mucho más intensos, y que en la actualidad son geoformas relicticas que ya no presentan movimientos. Esto se comprueba al observar que muchos «ríos» están en parte cubiertos por la vegetación típica de los turbales y que los postes de alambrados fijados sobre ellos no han sufrido desplazamientos.

Aunque la mayoría de los investigadores se han inclinado por esta interpretación, otros han sugerido que el movimiento pendiente abajo de los bloques se debía a un proceso de erosión o desgaste diferencial, a partir de la desintegración de capas de areniscas menos resistentes, que están intercaladas con otras más duras y resistentes de cuarcitas. Mientras éstas se quebraban en bloques que la vegetación iba cubriendo, los sedimentos arenosos eran lavados a favor de la pendiente. Estas condiciones habrían favorecido el lento deslizamiento de los bloques por las laderas, en un proceso conocido como reptaje.

Andersson (1907), al estudiar en detalle el *río de piedra* Darwin, concluyó que había sido formado en una época en que el clima era mucho más severo que en la actualidad. Bajo esas condiciones, el proceso de congelamiento y deshielo del terreno, repetido incontables veces, dio lugar a la fracturación de las rocas cuarcíticas y al lento desplazamiento de los fragmentos a lo largo de la pendiente de las serranías. Andersson introdujo el término soliflucción (flujo del suelo) para denominar este proceso de transporte que está completamente condicionado por el congelamiento y deshielo del suelo, y que por lo tanto es característico de zonas de clima periglacial.

La soliflucción es propia de los suelos que han sido debilitados por la acción recurrente de heladas y cuyas características originales están comúnmente muy alteradas. Consiste en



Fotografía 7. Corte transversal de un *río de piedra*. Se observa la gradación de tamaño inversa y la pátina rojiza dada por los minerales de hierro.



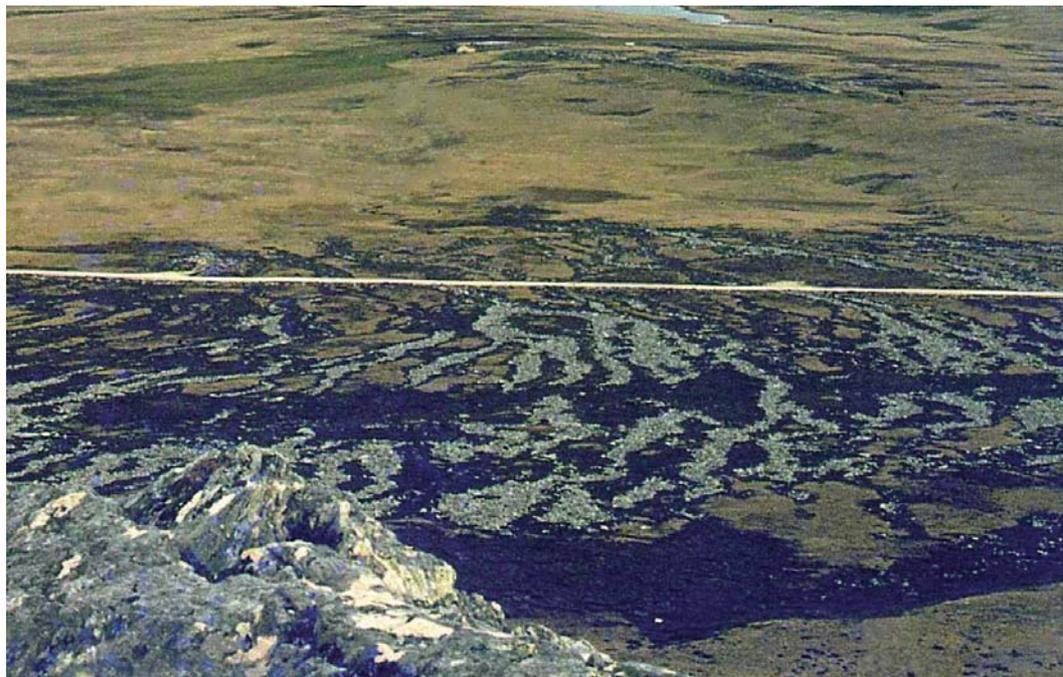
Fotografía 8. Panorámica, con vista hacia el sur, del «Princes Street» o *río de piedra* Darwin. Fotografía gentileza de Phil Stone -British Geological Survey-.

el movimiento masivo y lento de formaciones arcillosas u otros tipos de suelo, que por gravedad se desplazan sobre el nivel congelado del sustrato (permafrost). En los climas periglaciales, la alternancia del congelamiento y el deshielo hace que los suelos adquieran plasticidad y fluidez cuando absorben gran cantidad de agua. Además, cuando ocurre el descongelamiento, la arcilla se precipita en forma de capas muy finas que actúan como superficie de patinaje, facilitando el deslizamiento de los bloques.

Hay otros autores, sin embargo, que a partir de análisis con microscopía electrónica y difracción de rayos X sugieren una hipótesis bastante diferente. En efecto, teniendo en cuenta el intenso grado de alteración de los bloques, suponen una primera etapa bajo clima subtropical que causó una intensa alteración de los mismos, con la consecuente formación de un regolito que se acumuló en el fondo de los valles, posiblemente durante el Neógeno. Este material detrítico habría sido posteriormente



Fotografía 9. Vista de un *río de piedra* (stone run).



Fotografía 10. Ríos de piedra formando barras o tiras (*stone stripes*) dispuestas paralelamente.

retrabajado en el Cuaternario, y movilizado bajo condiciones climáticas periglaciales.

Por otra parte, recientes estudios efectuados mediante técnicas de Luminiscencia Ópticamente Estimulada (Hansom y otros, 2008), dieron resultados que sugieren una edad mayor que la correspondiente a la última glaciación, estimándose que el desplazamiento de los bloques pudo estar activo por lo menos entre los 54.000 y los 16.000 años antes del presente.

Puede decirse entonces que los *ríos de piedra* de las Islas Malvinas continúan planteando interrogantes. Habrá que esperar, como Darwin acertadamente lo expuso, que el avance del conocimiento permita alcanzar una explicación definitiva sobre su edad y condiciones de formación.

LAS ISLAS DENTRO DEL SUPERCONTINENTE DE GONDWANA

En un principio, la reconstrucción de los continentes que conformaban Gondwana se basó en características geométricas. Posteriormente se consideraron los rasgos geológicos que podían ser correlacionados a un lado y otro de los continentes que estaban unidos. Pudo constatar, por ejemplo, el alineamiento y la continuidad de cordones montañosos a ambos lados de antiguas líneas de costas adyacentes, así como también de áreas que contienen oro, manganeso, estaño o hierro.

Dentro de Gondwana, el sector correspondiente a las Islas Malvinas muy posiblemente estaba ubicado en el borde sur del futuro continente de África, entre éste y la Antártida. Esta posición está sustentada por dataciones radiométricas de las rocas del Complejo Cabo Belgrano, cuya edad es comparable con la de rocas similares del sur de África y de la Antártida. Además, tanto las sedimentitas del Grupo Gran Malvina como las de origen glaciario del Carbonífero y las que contienen flora del Pérmico pueden ser correlacionadas con rocas idénticas que se encuentran en África del Sur, así como en India, Antártida, Australia y otras regiones de América del Sur (Figura 3A y B).

El estudio del paleomagnetismo de los diques basálticos jurásicos también ha brindado valiosa información (ver recuadro «Los estudios paleomagnéticos»), porque a medida que el material ígneo fundido se enfriaba y solidificaba, los minerales ricos en hierro se orientaban según el campo magnético terrestre de ese momento. De este modo pudieron registrarse campos magnéticos de dirección contraria en diques de igual génesis y edad ubicados en África del Sur y en las Islas Malvinas.

Estos datos sugieren -junto a otras evidencias- que el fragmento de corteza continental que contenía a las islas efectuó una rotación de 180° durante su deriva, o sea desde que se separó de África hasta que llegó a su actual posición. Estos datos han sustentado la hipótesis de que las Islas Malvinas constituyen una

microplaca que al desmembrarse Gondwana, derivó y rotó hasta ocupar su actual posición. Sin embargo, otros estudios del Servicio Geológico Británico sugieren un modelo de placa rígido, sin rotación para las islas, que habrían derivado junto con la Placa Americana hasta su actual posición.

POTENCIAL PETROLERO Y MINERO

A través de investigaciones realizadas en el mar que rodea a las islas, pudieron ser identificadas distintas cuencas sedimentarias que, aunque aún están en la etapa inicial de exploración, tienen un gran potencial petrolero.

Estas depresiones se formaron por el hundimiento progresivo de sectores de la corteza terrestre durante la apertura del Océano Atlántico, y en ellas se acumuló un importante espesor de sedimentos durante el Mesozoico y parte del Cenozoico.

A partir de los trabajos de exploración realizados, principalmente mediante líneas sísmicas de refracción y reflexión, en el año 1998 se perforaron en la cuenca norte seis pozos exploratorios que han proporcionado indicios de petróleo. Se ha centrado entonces el interés en ella, que además se encuentra a menor profundidad que las ubicadas al sur, lo que representa una ventaja para su exploración.

En algunas playas del sector norte de las islas, resulta de interés la presencia de rodados de ágatas -sílice translúcida con bandas de distintos colores-. Lo curioso es que no se conoce su proveniencia, ya que en la zona no hay actualmente rocas que contengan ágata y, sin embargo, hoy día encontramos estos rodados junto a las arenas provenientes de la erosión de las sedimentitas paleozoicas que afloran en las islas (Stone and Aldiss, 2000).

Otra peculiaridad es la coloración rosada de algunas playas, debida a la existencia de granate rojo en la arena. Por ser más pesados, los granos de este mineral se concentran y quedan al descubierto cuando el viento o el agua remueven la arena común que los rodea y los cubre. A diferencia del ágata, el origen de los granates rojos es bien conocido ya que provienen de la erosión o desgaste de las rocas que conforman las tillitas que afloran en el lugar (Stone and Aldiss, 2000).

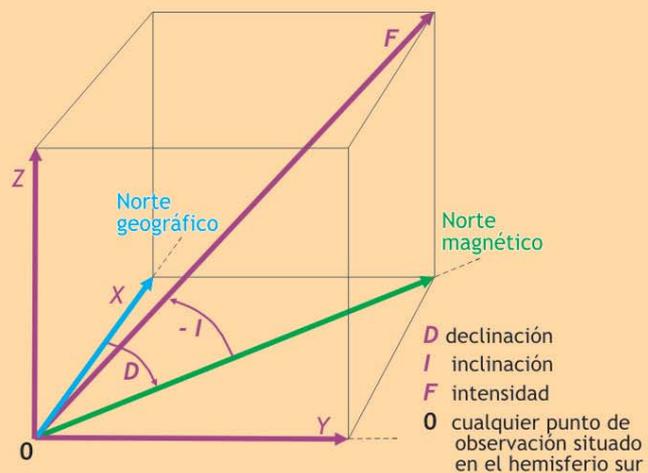
Por otra parte, en algunas playas se recolectan margas -acumulaciones de carbonato de

LOS ESTUDIOS PALEOMAGNÉTICOS

Hace unos 280 millones de años los continentes se hallaban unidos en una sola masa conocida como Pangea, rodeada de un superocéano. La actual distribución de continentes y océanos es explicada por la teoría de la Tectónica de Placas que plantea que a partir del desmembramiento de Pangea comenzó el desplazamiento de los bloques.

Un método que ha permitido reconstruir con gran precisión los movimientos de deriva de las placas, es el de los estudios paleomagnéticos que, basados en el magnetismo residual de las rocas, permite conocer, por ejemplo, la latitud a la que se encontraban dichas rocas en el momento de su formación. La técnica se ha aplicado en particular a las rocas volcánicas por su contenido en magnetita (Fe_3O_4), mineral magnético. Al momento de enfriarse, estas rocas guardan la memoria del Campo Magnético Terrestre de esa época: su declinación, inclinación e intensidad.

Midiendo estos valores en unidades volcánicas sucesivas que abarcan un intervalo de tiempo determinado, puede reconstruirse el camino de deriva recorrido por una placa a lo largo de ese período.

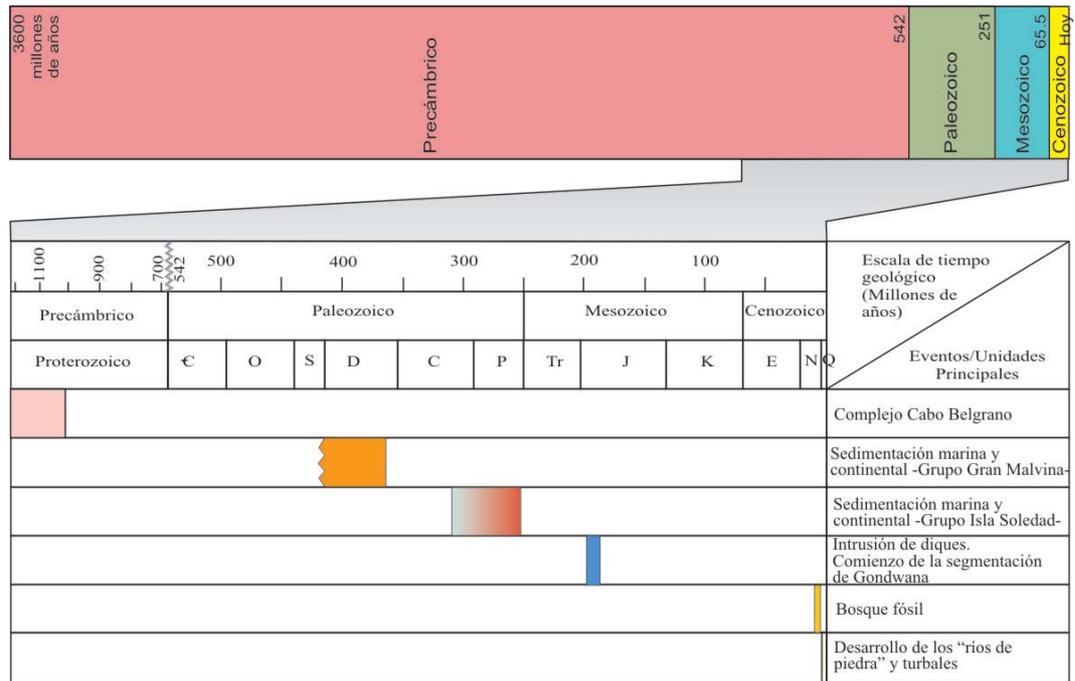


El Norte geográfico y el Norte magnético no coinciden. Mientras el primero es un punto fijo, la ubicación del Norte magnético varía con el tiempo. Para un lugar O la declinación magnética D es el ángulo horizontal formado entre los vectores que señalan el norte geográfico y el norte magnético. Con este ángulo hay que corregir los valores obtenidos con una brújula para referirlos al norte geográfico. La declinación magnética varía en el tiempo y en el espacio. Cambia a medida que se modifica el campo magnético terrestre.

calcio mezclado con arcillas- para su uso como fertilizante en los suelos de las islas. Las algas rojas que viven en el mar procesan el carbonato de calcio disuelto en el agua y lo depositan en sucesivas capas a su alrededor. Cuando las algas son arrancadas del fondo del mar y llevadas por las corrientes a la playa van muriendo y formando estos depósitos.

Finalmente, cabe mencionar que, basándose en las similitudes geológicas entre África del Sur y las Islas Malvinas, una compañía británica (Falkland Gold and Minerals) realizó trabajos de exploración (incluyendo trincheras y

UBICÁNDOSE EN EL TIEMPO



€: Cámbrico, O: Ordovícico, S: Silúrico, D: Devónico, C: Carbonífero, P: Pérmico, Tr: Triásico, J: Jurásico, K: Cretácico, E: Paleógeno, N: Neógeno y Q: Cuaternario

28.000 metros de perforaciones) en busca de oro y otros minerales en los últimos cuatro años, sin encontrar ningún depósito de interés económico.

AGRADECIMIENTOS

A nuestra colega y compañera Hebe Lema por sus observaciones y correcciones acerca de este trabajo. Al Lic. Eliseo Sepúlveda y al Dr. Phil Richards -British Geological Survey, sede Edimburgo- por facilitar las consultas bibliográficas. A los doctores Phil Stone -BGS- y Emilio González Díaz por aportar material fotográfico.

TRABAJOS CITADOS

Adie, R.J., 1952. The position of the Falkland Islands in a reconstruction of Gondwanaland. *Geological Magazine*, Volumen 89: 401-410.

Aldiss D.T. and Edwards, E.J., 1998. *Geology of the Falkland Islands (East and West Sheet, Solid Geology 1:250.000)*. Falkland Islands British Geological Survey.

Andersson, J.G., 1907. Contributions to the geology of the Falkland Islands. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Sudpolar-expedition 1901-1903*, Volumen 3 (Lief. 2): 38pp.

André, M-F, Hall, K., Bertran, P. and Arocena, J., 2008. Stone Runs in the Falkland Islands: Periglacial or tropical?. *Geomorphology* 95: 524-543.

Baker, H.A., 1924. Final report on Geological Investigations in Falkland Islands (1920-1922). Stanley Government Printer: 1-38.

Bellosi, E.S. y Jalfin, G.A., 1984. Litoestratigrafía y evolución paleoambiental neopaleozoica de las Islas Malvinas, Argentina. 9º Congreso Geológico Argentino, Actas 5: 66-86.

Cingolani, C.A. y Varela R., 1976. Investigaciones geológicas y geocronológicas en el extremo sur de la isla Gran Malvinas sector de Cabo Belgrano (Cabo Meredith), Islas Malvinas. 6º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 457-473.

Darwin, C., 1846. On the Geology of the Falkland Islands. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 2: 267-274.

Del Ben, A. and Mallardi, A., 2004. Interpretation and chronostratigraphic mapping of multi-channel seismic reflection profile I95167, Eastern Falkland Plateau (South Atlantic). *Marine Geology*, 209 (1-4): 347-361.

Du Toit, A.L., 1927. A geological comparison of South America with South Africa. With a paleontological contribution by F.R. Couper Reed. Carnegie Institute 381: 1-57.

Greenway, M., 1972. The geology of the Falkland Islands. British Antarctic Survey, Scientific Report, 76: 1-42.

- Halle, T.G., 1912. On the geological structure and history of the Falkland Islands. *Bulletin of Geological Institution of the University of Upsala*, 11: 115-229.
- Hansom, J.D., Evans, D.J.A., Sanderson, D.C.W., Bingham, R.G. and Bentley, M.J., 2008. Constraining the age and formation of stone runs in the Falkland Islands using Optically Stimulated Luminescence. *Geomorphology* 94: 117-130.
- Kearey, P. and Vine, F.J., 1996. *Global tectonics. Second Edition*, Blackwell Science, 333 p.
- Macdonald, D., Gomez-Perez, I., Franzese, J., Spalletti, L., Lawver, L., Gahagan, L., Dalziel, I., Thomas, C., Trewin, N., Hole, M. and Paton, D., 2003. Mesozoic break-up of SW Gondwana: implications for regional hydrocarbon potential of the southern South Atlantic. *Marine and Petroleum Geology*, 20 (3-4): 287-308.
- Macphail, M. and Cantrill, D.J., 2006. Age and implications of the Forest Bed, Falkland Islands, southwest Atlantic Ocean: Evidence from fossil pollen and spores. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Volume 240 (3-4): 602-629.
- Mendía, J.E. y Scasso, R.A., 1982a. Perfiles geológicos en Ensenada Shag y alrededores de Puerto Argentino, Islas Malvinas, República Argentina. Reunión Comunicación Asociación Geológica y Paleontológica Argentina del 9-6-82.
- Mendía, J.E. y Scasso, R.A., 1982b. Informe de los resultados obtenidos en la campaña a las Islas Malvinas (Noviembre-Diciembre 1981). Servicio Geológico Nacional. Informe Inédito.
- Morris J. and Sharpe, D., 1846. Description of eight species of brachiopods shells from the Palaeozoic rocks of the Falkland Islands. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, Volumen 2: 274-278.
- Nullo, F.E., Dimitri, L. y Kusiak, M.E., 1996. Geología de las Islas Malvinas. En V.A. Ramos y M.A. Turic (editores), *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina*. 13° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 12: 213-224.
- Parica, C.A., 1999. El basamento ígneo-metamórfico de las Islas Malvinas y Antártida. En R. Caminos (editor) *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 29: 124-131.
- Pernety, A.J., 1770. *Histoire d'un voyage aux Isles Malouines, fait en 1763 & 1764; avec des observations due le detroit de Magellan, et sur les Pattagons*. Paris: Chez Saillant & Nyon.
- Riggi, A., 1951. Geología y geografía de las Islas Malvinas. En *Soberanía Argentina en el Archipiélago de Las Malvinas y en la Antártida*. Universidad Nacional de La Plata: 41-60.
- Scasso, R.A. y Mendía, J.E., 1985. Rasgos estratigráficos y paleoambientales del Paleozoico de las Islas Malvinas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 40 (1-2): 26-50. Buenos Aires.
- Stone, P. and Aldiss, D.T., 2000. *The Falkland Islands. Reading the Rocks - a geological travelogue*. British Geological Survey for Department of Mineral Resources, Falkland Islands Government.
- Stone, P., Aldiss, D.T. and Edwards, E.J., 2005. *Rocks and fossils of the Falkland Islands*. British Geological Survey for Department of Mineral Resources, Falkland Islands Government.
- Stone, P.R., Richards, P.C., Kimbell, G.S., Esser, R.P. and Reeves, D., 2008. Cretaceous dykes discovered in the Falkland Islands: implications for regional tectonics in the South Atlantic. *Journal of the Geological Society of London*, 165:1-4.
- Thomson K., Hegarty, K.A., Marshallsea, S.J. and Green P.F., 2002. Thermal and tectonic evolution of the Falkland Islands: implications for hydrocarbon exploration in the adjacent offshore region. *Marine and Petroleum Geology*, 19: 95-116.

Anexo

ESCALA GRANULOMÉTRICA

TAMAÑO mm	SEDIMENTARIAS			VOLCÁNICAS PIROCLÁSTICAS		
	FRAGMENTO	AGREGADO	ROCA	FRAGMENTO	AGREGADO	ROCA
256	BLOQUE	AGLOMERADO	CONGLOMERADO DE BLOQUE	BLOQUE	CASCAJO	BRECHA VOLCÁNICA
32	CANTO RODADO	GRAVA	CONGLOMERADO DE GRAVA	Fragmentos <i>angulosos</i>		
				Fragmentos <i>redondeados</i>		
				BOMBA	AGLOMERADO VOLCÁNICO	AGLOMERADO VOLCÁNICO
				LAPILLO	LAPILLI	LAPILLITA
2	GRANO	ARENA	ARENISCA	TRIZA	CENIZA	TOBA
0,062	PARTÍCULA	LIMO	LIMOLITA	PULVÍCULA	POLVO	CHONITA
0,005	PARTÍCULA	ARCILLA	ARCILITA			

Escala simplificada con los tamaños de las rocas, fragmentos individuales y agregados sueltos.

