



SITIOS INTERÉS GEOLOGICO

de la República Argentina

LA SIERRA
DE SAN BERNARDO

Secretos del subsuelo

Raúl Eduardo Giacosa¹⁻² y José Matildo Paredes²

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

■ RESUMEN

La sierra de San Bernardo, ubicada en la provincia del Chubut a más de 200 kilómetros al este de la cordillera de los Andes, está conformada por un grupo de elevaciones de orientación norte-sur que superan los 1.000 metros de altura. Su principal interés geológico radica en que los estratos sedimentarios de gran espesor que la integran y que están a la vista, son la continuación de los que se hallan sepultados al este y sur de la sierra bajo terrenos más modernos, conformando en las profundidades uno de los principales reservorios de petróleo de la Patagonia, la cuenca del Golfo San Jorge. La sierra constituye un magnífico ejemplo del proceso geológico mediante el cual una zona deprimida con sedimentos, o *cuenca sedimentaria*, se eleva para formar una región de relieve positivo. Su estudio geológico de superficie ayudó, en las primeras décadas del siglo pasado, a aumentar el conocimiento del sector oculto en la profundidad de la cuenca, en un momento en que las técnicas existentes para la exploración del subsuelo eran limitadas.

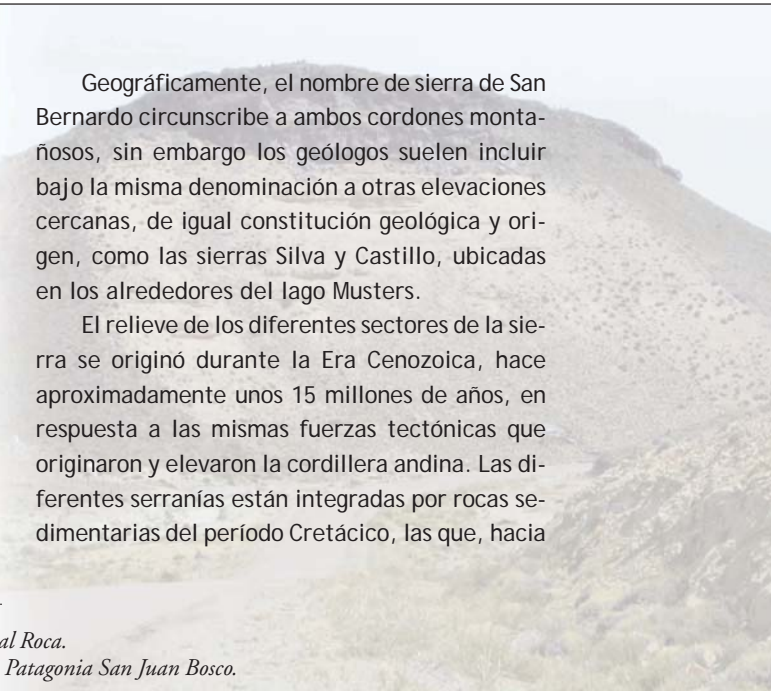
■ ABSTRACT

The sierra de San Bernardo in the province of Chubut is formed of a series of north-south heights which exceed 1.000 meters of altitude. Located about 200 kilometers east of the Andean cordillera, their principal geological interest lies in the great thickness of sedimentary strata which, in the subsurface are the main oil reservoir rocks of Patagonia - the Golfo San Jorge basin. The sierra constitutes a splendid example of the geological process in which a depression filled by sediments –a sedimentary basin- was uplifted to become one of positive relief. Surface studies carried out during the early decades of the last century, help to improve knowledge of deeper parts of the basin that remain hidden beneath the surface, at a time when techniques of subsurface exploration were limited.

INTRODUCCIÓN

San Bernardo es el nombre de una región serrana ubicada a unos 150 kilómetros al oeste-noroeste de la ciudad de Comodoro Rivadavia, en el sector sur de la provincia del Chubut y al norte del río Senguer, donde este curso fluvial cambia bruscamente de dirección -sudeste a noreste- en el paraje denominado «codo del río Senguer».

Se trata de dos cordones montañosos de orientación norte-sur que, en el cerro San Bernardo, el más importante de la región (Figura 1), alcanzan los 1.119 metros de altura.



Geográficamente, el nombre de sierra de San Bernardo circunscribe a ambos cordones montañosos, sin embargo los geólogos suelen incluir bajo la misma denominación a otras elevaciones cercanas, de igual constitución geológica y origen, como las sierras Silva y Castillo, ubicadas en los alrededores del lago Musters.

El relieve de los diferentes sectores de la sierra se originó durante la Era Cenozoica, hace aproximadamente unos 15 millones de años, en respuesta a las mismas fuerzas tectónicas que originaron y elevaron la cordillera andina. Las diferentes serranías están integradas por rocas sedimentarias del período Cretácico, las que, hacia

1. Servicio Geológico Minero Argentino, Delegación General Roca.

2. Departamento de Geología, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

el sur y el este, se hunden debajo de otras formaciones geológicas más modernas, conformando en el subsuelo los reservorios de hidrocarburos de la llamada cuenca del Golfo San Jorge.

En este sentido, los estudios geológicos en la sierra de San Bernardo comenzaron en la década de 1920 y su objetivo era el de extrapolar las conclusiones obtenidas en superficie al subsuelo de las vecinas áreas productoras de petróleo. De este modo y con el tiempo, numerosos estudios -que incluyen una copiosa información geofísica- contribuyeron a aumentar significativamente el conocimiento geológico de la sierra (Ferello, 1969;

González, 1971; Sciutto, 1981; Barcat y otros, 1984; Pezzuchi, 2001, entre otros) y develar, de alguna manera, los secretos del subsuelo.

GEOLOGÍA DE LA REGIÓN

El conjunto de rocas que hoy se encuentran expuestas en la sierra de San Bernardo constituía, millones de años atrás, el relleno de sedimentos que, a lo largo del tiempo geológico y muy lentamente, fue acumulándose en una antigua y amplia zona deprimida de la corteza te-

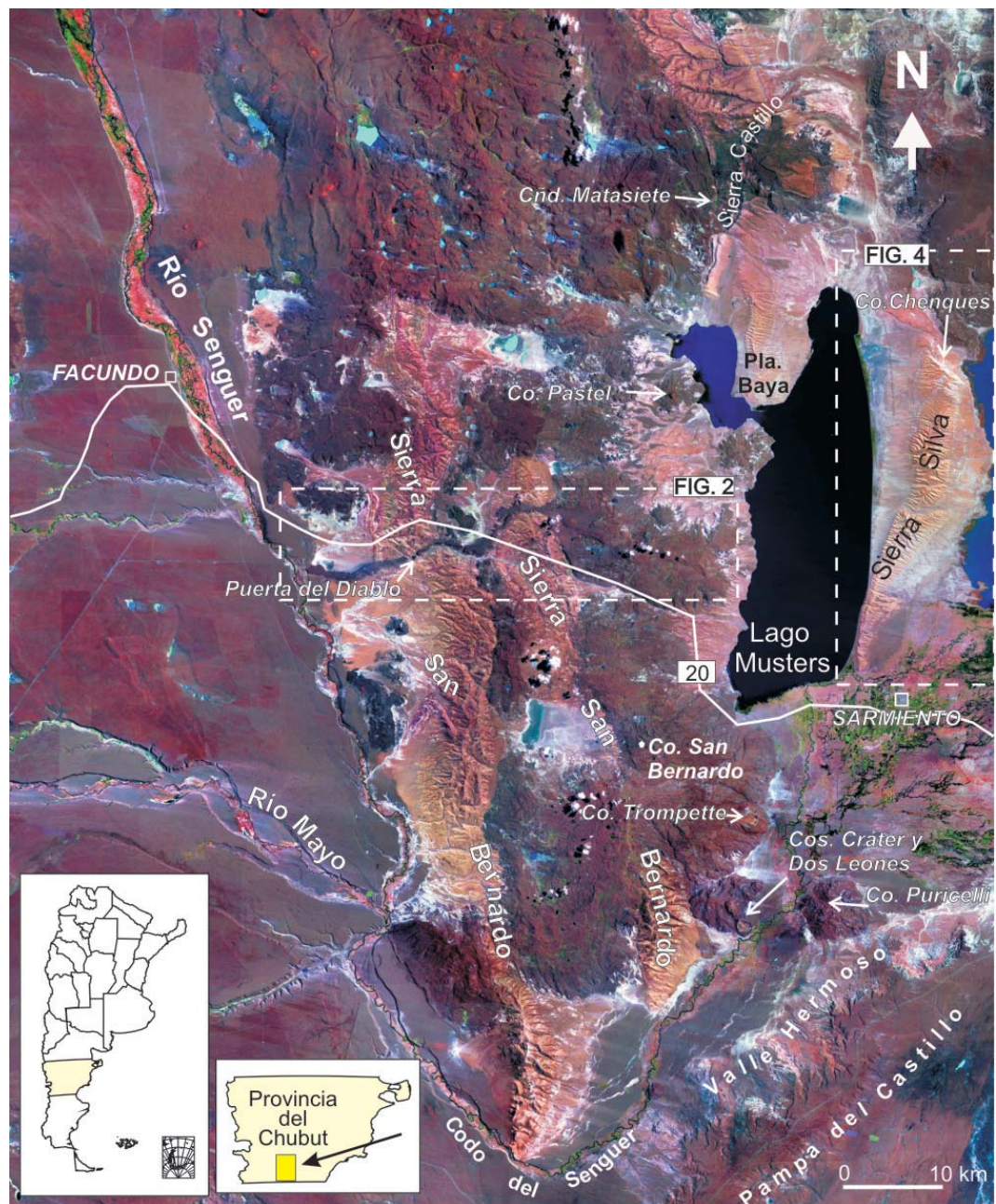


Figura 1. Imagen satelital de la región de la sierra de San Bernardo. La zona tiene varias serranías, dos de las cuales reciben propiamente el nombre de sierra de San Bernardo, en tanto que otras representativas del mismo sistema orográfico (y geológico), como las sierras Castillo y Silva, se encuentran un poco al noreste. Los recuadros señalan las áreas de las figuras 2 y 3.

restre, denominada cuenca (actualmente conocida como cuenca del Golfo San Jorge). Estos sedimentos depositados en un ambiente continental, a causa del apilamiento y la compactación, se transformaron en rocas sedimentarias, de las cuales, la mayor parte pertenecen al período Cretácico. El resto de las rocas del área, más modernas y que cubren a las anteriores, se acumularon en ambientes continentales y marinos durante los períodos Paleógeno y Neógeno. A su vez, durante estos dos últimos períodos la región se vio afectada por una importante actividad volcánica cuyos productos, de composición basáltica, cubrieron vastos sectores de las sierras.

Las rocas sedimentarias cretácicas, el Grupo Chubut

Las condiciones climáticas del área central de la Patagonia durante el período Cretácico eran de semiaridez. Esto favoreció la formación de extensas praderas con ríos y lagos y también un gran desarrollo de fauna, en su mayoría reptiliana. Las rocas, acumuladas entre los 120 y los 75 millones de años (período Cretácico inferior alto a superior) a partir de estos antiguos sistemas de lagos y ríos, se conocen, según la nomenclatura utilizada por los geólogos, como **Grupo Chubut**, el cual, a su vez, se encuentra subdividido en varias formaciones que, individualmente, reúnen numerosos estratos con características similares.

La formación más antigua del Grupo Chubut en el ámbito de la cuenca del Golfo San Jorge es la llamada **Formación Pozo D-129**. Ésta, constituida por rocas sedimentarias que se depositaron en un gran sistema lacustre salino, conocido como «lago D-129», reviste una considerable importancia económica. Entre las rocas de esta formación y al momento de su depositación, quedó «atrapada» una gran cantidad de materia orgánica que, con el tiempo y merced a su descomposición, se transformaría en la principal fuente de petróleo (roca madre) en la cuenca

***ROCA MADRE:** se denomina de este modo a las rocas sedimentarias depositadas conjuntamente con una gran proporción de materia orgánica. La presión, temperatura y el tiempo geológico, transforman la materia orgánica en un hidrocarburo líquido o gaseoso. Las rocas ricas en arcillas y las rocas carbonáticas son las más usuales.*

***ROCA RESERVORIO:** son las rocas donde se acumula el petróleo una vez que migra desde la roca madre. Deben poseer espacios libres (generalmente poros o fracturas) suficientes como para almacenar un considerable volumen de petróleo o gas. Las rocas sedimentarias formadas por fragmentos o clastos, tales como las areniscas, son las rocas reservorio más abundantes. También pueden serlo algunas rocas ígneas con adecuada fracturación.*

del Golfo San Jorge.

En aquel tiempo, drenaban hacia este gran lago salino las aguas de sistemas fluviales que provenían principalmente desde el norte. Los sedimentos transportados y acumulados por estos ríos constituyen hoy en día los estratos de la denominada **Formación Matasiete** (Figura 4C), otra de las formaciones constituyentes del Grupo Chubut.

La formación de mayor extensión en la superficie de la sierra de San Bernardo es la **Formación Castillo**. Ésta se halla compuesta principalmente por una mezcla de materiales de origen volcánico -transportados por el viento y re-trabajados por corrientes fluviales- y de origen fluvial. La caída de las cenizas volcánicas, provenientes de cadenas volcánicas de edad cretácica ubicadas hacia el oeste (donde hoy se encuentra la zona andina), se produjo sobre una amplia llanura surcada por ríos, por lo cual muchos de estos sedimentos se preservaron en antiguas lagunas efímeras. Cabe señalar aquí que la persistente caída de las cenizas fue un factor ambiental que ocasionó la extinción de numerosas especies y la evolución de otras nuevas.

Las rocas más jóvenes del Grupo Chubut se agrupan en la denominada **Formación Bajo Barral**, que en la región aledaña a la sierra está representada por los estratos arenosos que constituyen los mayores reservorios de hidrocarburos de la cuenca. Esta unidad aloja una gran variedad de restos de dinosaurios, cuya presencia motivó que históricamente el Grupo fuera cono-

ACERCA DE LOS NOMBRES

Los nombres de los grupos y formaciones aluden a los lugares geográficos donde se encuentran mejor representadas, como regiones, cerros, sierras, ríos, cañadones, y también siglas de pozos petrolíferos en lugares donde las unidades fueron definidas con datos del subsuelo.

cido en la literatura geológica como «Estratos con Dinosaurios». No obstante el importante registro de fósiles de dinosaurios, no hay ninguna relación genética entre el origen del petróleo y estos grandes animales.

Hacia fines del período Cretácico el mar invadió el continente, dando fin de esta manera a un prolongado intervalo de tiempo con sedimentación en ambientes continentales.

Las rocas sedimentarias paleógenas y neógenas

Sobre las rocas del período Cretácico y en un lapso que va de los 65 millones de años a los 10 millones de años, se acumularon rocas sedimentarias de los períodos Paleógeno y Neógeno (nuevos nombres que reemplazan al anteriormente conocido período Terciario). Sus afloramientos o exposiciones son menos extensos que los de las rocas cretácicas y, también en este caso, se los identifica con diferentes nombres de formaciones, tales como: Salamanca, Río Chico, Sarmiento, Chenque y Santa Cruz.

Estas rocas se formaron en ambientes en los que alternaban condiciones marinas, evidenciadas por la presencia de dientes de peces e invertebrados marinos, y continentales que permitieron el crecimiento de una nutrida vegetación y el desarrollo de una notable fauna de vertebrados.

Los estratos de la **Formación Salamanca**, que afloran en los sectores marginales de la sierra, fueron depositados por el mar que invadió la región hace unos 65 millones de años, a principios del Paleógeno. Una vez que el mar se retiró, unos 5 millones de años después, se acumularon depósitos sedimentarios correspondientes a ambientes fluviales y lagunares, hoy representados por rocas de variados colores que integran la **Formación Río Chico**. Las rocas de transición entre las formaciones Salamanca y Río Chico representan un ambiente mixto, de lagunas costaneras y albuferas, relacionado con la regresión o retroceso del mar. Este ambiente mixto, en condiciones de clima templado-cálido y húmedo, posibilitó el desarrollo de una abundante flora y una fauna de tortugas y cocodrilos.

Por su parte, la **Formación Sarmiento** se caracteriza por espesos depósitos blanquecinos en los que participa una alta proporción de cenizas volcánicas traídas por el viento desde volcanes que estaban ubicados en la actual zona andina. Estos volcanes permanecie-

ron activos y con esporádicas erupciones durante unos 30 millones de años -desde el Eoceno medio (hace 50 millones de años) hasta el Mioceno inferior (hace 20 millones de años)-. A su vez, entre los estratos de tonos claros de esta unidad geológica se hallan intercaladas rocas duras, negras y de composición basáltica, correspondientes a efusiones volcánicas de proveniencia local. La **Formación Sarmiento**, además, alberga el más completo registro de mamíferos fósiles de Sudamérica. El estudio detallado, capa por capa, ha permitido conocer en forma excepcional la evolución y dispersión de esta fauna, tanto en América como en otros continentes.

Continuando con nuestra historia, una nueva ingresión marina proveniente del océano Atlántico, conocida como **Ingresión Patagónica**, generó, hace 20 millones de años, depósitos representados por rocas arcillosas y arenosas que se agrupan en la **Formación Chenque**. Estas rocas contienen una abundante fauna fósil, como ostras y bivalvos marinos.

Para el Mioceno medio, hace 10-15 millones de años, la elevación de la cordillera de los Andes produjo localmente el consecuente levantamiento de la sierra de San Bernardo (Figura 4D) y, regionalmente, el retiro del mar de la **Ingresión Patagónica**. De este modo, el área comenzó a evolucionar hacia un ambiente continental, donde se acumularon nuevos depósitos originados a partir de los sedimentos transportados por los ríos provenientes de las elevaciones surgidas en el sector occidental de Patagonia.

Rocas ígneas de los períodos Paleógeno y Neógeno

Compartiendo el espacio físico con las rocas sedimentarias del Cretácico y del Terciario descriptas anteriormente, se encuentran rocas de origen ígneo, mayoritariamente de composición basáltica. Éstas, provenientes desde el interior de la tierra -donde se encuentran fundidas- pueden ascender a través de fracturas llegando, en algunos casos, hasta la superficie. En ocasiones se emplazan y se enfrían bajo la superficie, y sólo más tarde pueden quedar expuestas por la erosión. Si bien en la región se encuentran en baja proporción en relación con las rocas sedimentarias, su mayor resistencia a la erosión hace que se destaquen netamente en el paisaje.

Las rocas ígneas que se enfrían y cristalizan en profundidad reciben el nombre de rocas plu-

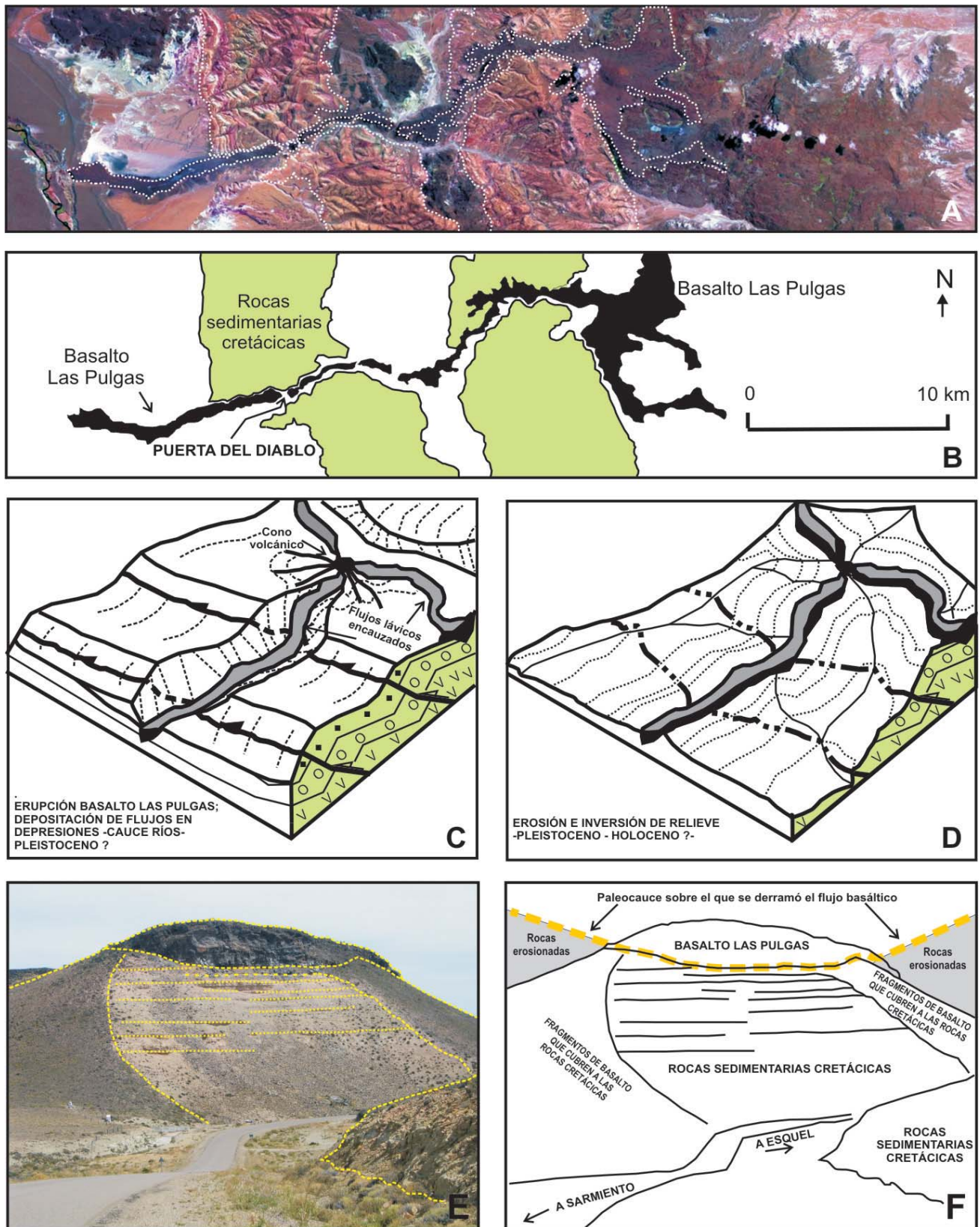
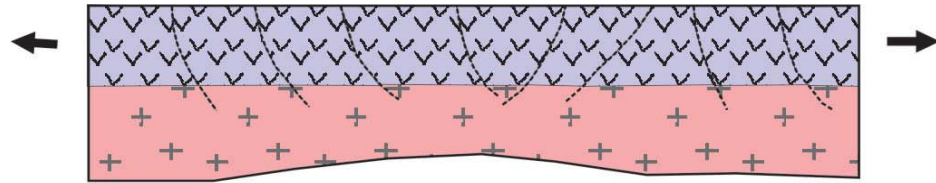


Figura 2. A. Imagen satelital (Landsat) de la zona de Las Pulgas y Los Manantiales (sector donde la ruta 26 atraviesa la sierra de San Bernardo). B. Interpretación geológica de la imagen satelital. Se observa con claridad la morfología de las coladas de lava (Basalto Las Pulgas) rellenando un cauce fluvial, antiguo tributario del río Senguer. C. Esquema de la erupción de basaltos a partir de un cono volcánico y el encauzamiento de la lava en depresiones alargadas (cauces de arroyos) durante el Cuaternario. D. La erosión posterior eliminó rápidamente los relieves creados en las rocas menos resistentes (rocas cretácicas), permaneciendo los basaltos (más duros) como sectores más altos, fenómeno denominado como inversión de relieve. E. El paraje Puerta del Diablo (véase ubicación en figura 3B). En la fotografía se observa un corte transversal de la colada del Basalto Las Pulgas que se apoya sobre las sedimentitas cretácicas. Entre el basalto y las sedimentitas se encuentran restos de arenas y gravas correspondientes a los sedimentos del antiguo cauce fluvial. Nótese la forma lenticular de la colada, con su mayor espesor en la parte central. F. Interpretación geológica de la fotografía E. Morfología original del antiguo arroyo tributario del río Senguer, en cuyo cauce se encauzó el flujo basáltico (en amarillo). En aquel momento el relieve incluía los sectores sombreados, por lo que el basalto ocupaba una depresión. Esos sectores fueron luego erosionados y actualmente el basalto ocupa la parte más alta (inversión de relieve).

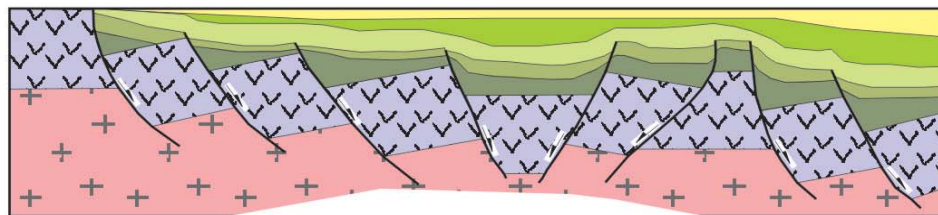
tónicas. En tiempos paleógenos, este tipo de rocas se emplazó y solidificó en la región a profundidades menores a los 2 kilómetros y actualmente se hallan expuestas en la superficie por efectos de la erosión. Conforman los cerros Pas-

tel, Puricelli, Trompette, Dos Leones, Cráter y San Bernardo, entre otros (véase ubicación en Figura 1).

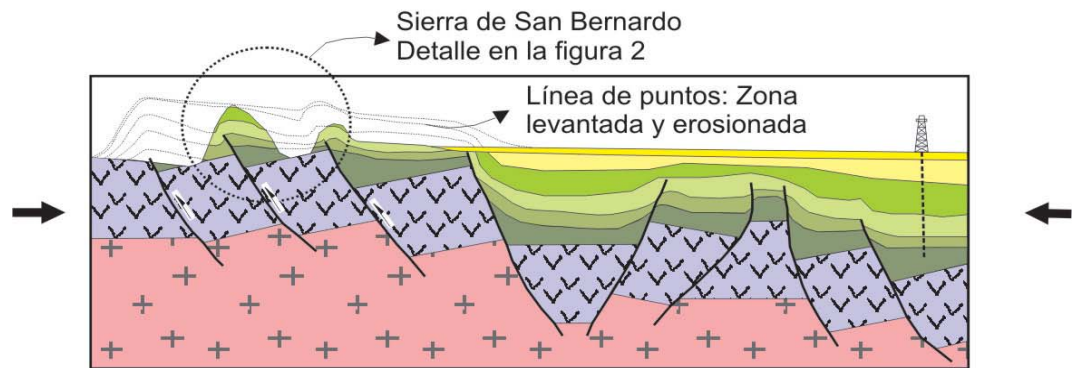
Por otro lado, las rocas ígneas que llegan a la superficie y allí se solidifican se denominan



A Fracturación profunda de la corteza terrestre por fuerzas tensionales (estiramiento horizontal)



B Formación de depresiones limitadas por fallas (cuencas) y relleno con sedimentos



C Compresión (acortamiento horizontal) de la corteza y levantamiento de la cuenca o de un sector de la misma. Formación de las sierras, erosión y acumulación de sedimentos al pie de ellas.

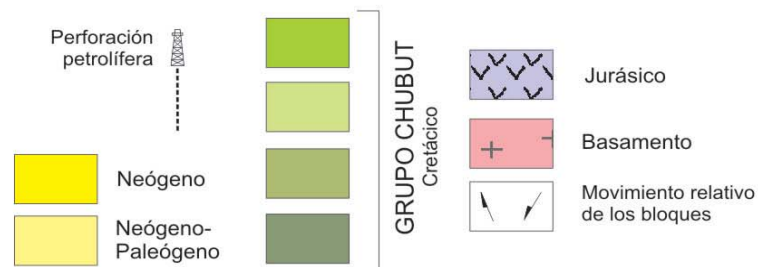


Figura 3. Bosquejo simplificado de los acontecimientos geológicos ocurridos durante el Mesozoico y el Cenozoico en un área mucho más amplia que la que ocupa la sierra de San Bernardo. Mesozoico - A. Estiramiento de la corteza terrestre por fuerzas tensionales (mayormente horizontales) durante el período Jurásico. Fragmentación y posterior separación del continente de Gondwana y formación de cuencas sedimentarias limitadas por fallas. B. Relleno de las depresiones con sedimentos. Los mayores espesores de sedimentos están situados en los sectores más deprimidos de la cuenca limitados por fallas normales. De las formaciones del Grupo Chubut (distintos tonos de verde), las dos inferiores tienen una forma distinta a las superiores. Esto sugiere que el control de las fallas sobre la sedimentación fue variando con el tiempo; lo mismo puede decirse de los sedimentos paleógenos (en amarillo), que colmatan la sedimentación de la cuenca. Cenozoico - C. En el Mioceno, durante el levantamiento principal de la cordillera de los Andes, la región de la sierra de San Bernardo estuvo sometida a compresión. Determinados sectores de la cuenca se elevaron por medio de fallas inversas y formaron sierras, como la de San Bernardo, en tanto que otros no sufrieron modificaciones, por lo que las rocas cretácicas del Grupo Chubut permanecen en el subsuelo, como en la región de Comodoro Rivadavia. Una vez formadas las sierras comenzó su modelado por erosión, y la formación de nuevos sedimentos, esta vez de edad neógena, que se acumularon en áreas deprimidas adyacentes a la sierra (sedimentos neógenos en tonos de amarillo).

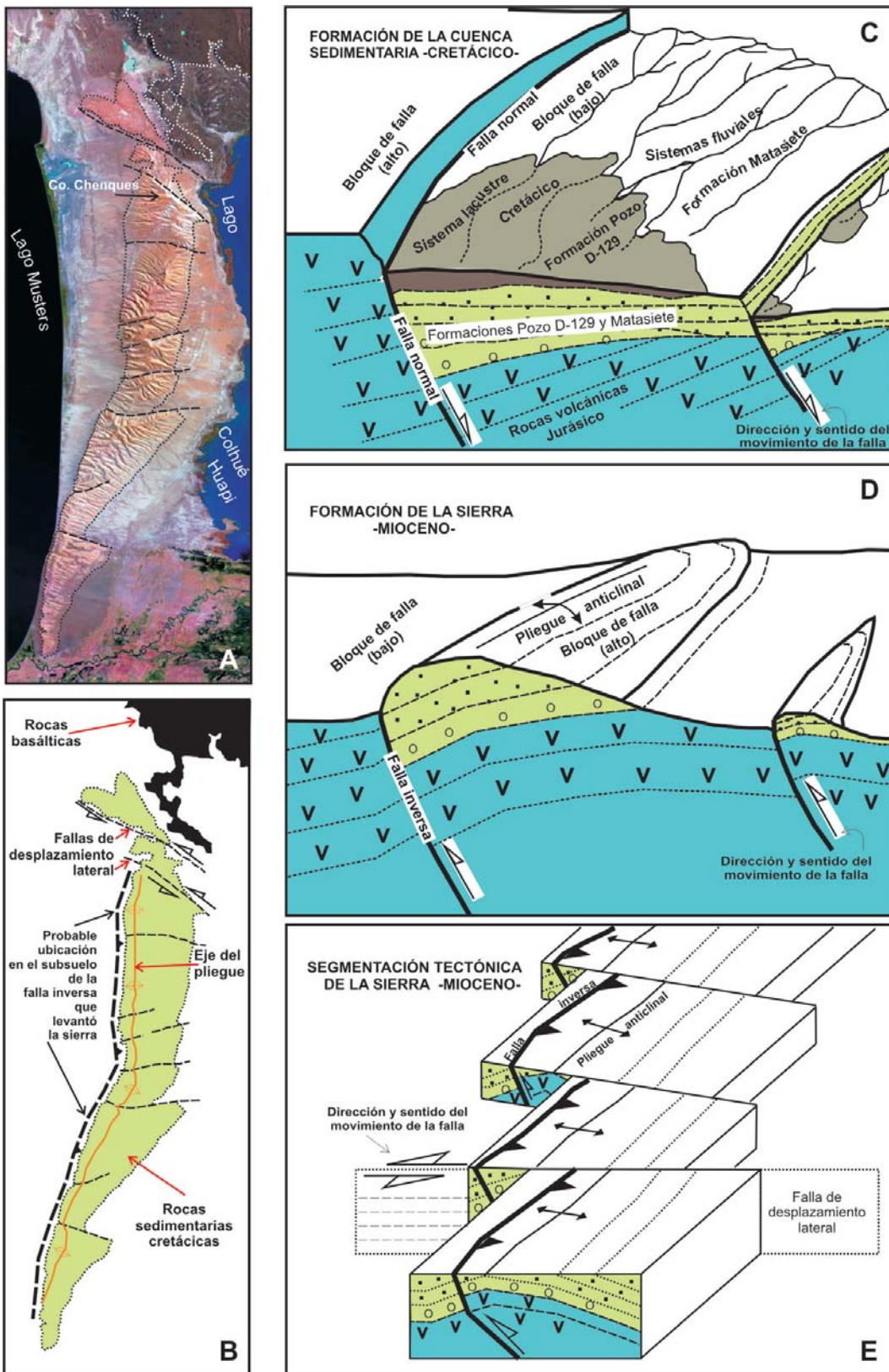


Figura 4. A. Imagen satelital de la zona de la sierra Silva, ubicada entre los lagos Musters y Colhué Huapi. B. Interpretación geológica de la sierra Silva. C, D y E. Desarrollo de la sierra Silva y otras. C. Periodo Cretácico: generación de una zona deprimida (cuenca) por efecto de fuerzas tensionales (estiramiento de la corteza) y simultáneo aporte y relleno de sedimentos. Origen de las formaciones Matasiete y Pozo D-129 (en verde). D. Cenozoico: levantamiento de las rocas acumuladas en el Cretácico por causa de esfuerzos compresionales (compresión andina). Nótese el movimiento de los bloques a lo largo de las fallas: en la etapa C se produce el hundimiento (distensión) de la cuenca, mientras que en D se invierte (por compresión), ocasionando el levantamiento de las rocas que rellenan la cuenca y la formación de la sierra (inversión tectónica). E. Casi al mismo tiempo que el levantamiento de la sierra, se produce su segmentación por acción de fallas diagonales.

rocas volcánicas. Están representadas por coladas de lava que en la región forman extensas mesetas, tales como las de las sierras San Bernardo Norte y de Los Aisladores, pero también angostas y largas como resultado de su encauzamiento en antiguos valles fluviales. Un ejemplo de esto último lo constituye el Basalto Las Pulgas (Figura 2A y B), cuya edad es muy reciente según la escala de tiempo geológico. Para este caso en particular, los flujos de lava basáltica derramados en los cauces de los ríos y depresiones provinieron de conos volcánicos cercanos (Figura 2C) y dado que el basalto es una roca muy dura en comparación con aquellas de origen sedimentario sobre las cuales se apoyó, ofició a manera de manto protector. Las rocas blandas desprotegidas a su alrededor fueron removidas más fácilmente por la erosión, produciéndose un fenómeno conocido como *inversión del relieve*, en el que una zona baja, como un valle fluvial, pasa a ser una zona alta (Figura 2D, E y F).

CUANDO LO OCULTO QUEDA A LA VISTA

La sierra de San Bernardo se encuentra ubicada en un sector de la corteza terrestre que estuvo muy afectada por acontecimientos geológicos de escala continental durante las eras mesozoica y cenozoica. En primer lugar se puede mencionar la fragmentación del supercontinente de Gondwana y la consiguiente deriva de la placa Sudamericana. Luego, la formación de la cordillera de los Andes. La figura 3 muestra cómo estos acontecimientos se manifestaron en la región de la sierra de San Bernardo, en tanto que la figura 4 los muestra con más detalle para el área tratada en el presente trabajo.

Simultáneamente con los depósitos sedimentarios del período Cretácico se formaron numerosas fracturas originadas por esfuerzos tensionales o de estiramiento en la corteza. Estas fracturas, denominadas fallas normales, pro-

dujeron el descenso de bloques de rocas y la formación de depresiones estructurales (cuencas) donde se acumularon los sedimentos (Figura 3A y B, Figura 4C). Con posterioridad y aprovechando estas mismas estructuras tectónicas, se produjo el levantamiento de la sierra de San Bernardo, ya que los bloques, ante los nuevos esfuerzos de compresión -por el surgimiento de la cordillera de los Andes- afectaron a la cuenca, invirtieron su movimiento descendente y se desplazaron hacia arriba (fallas inversas; Figuras 3C y 4D).

De esta manera se formaron nuevas estructuras tectónicas (pliegues, fallas inversas y fallas de desplazamiento lateral).

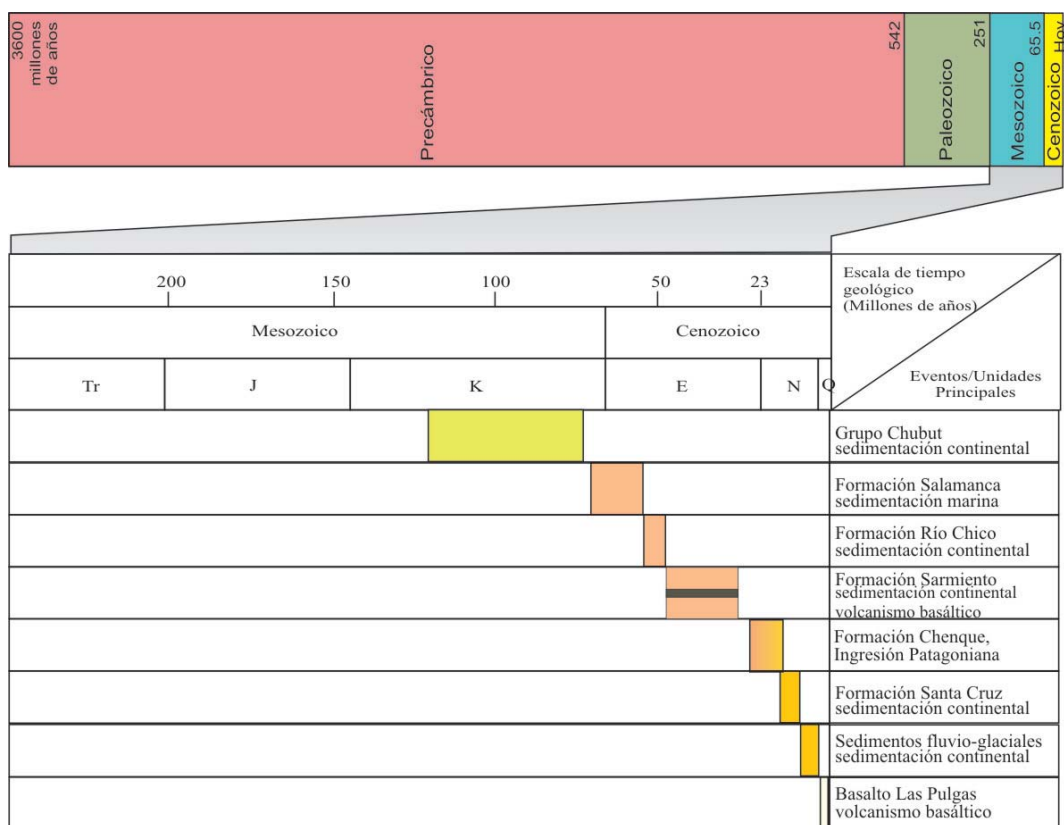
El principal levantamiento que dio origen a la sierra de San Bernardo tuvo lugar hace unos 15 millones de años, en forma coincidente con el mayor levantamiento andino. La mayoría de los pliegues y fallas principales tienen orientación norte-sur a nor-noroeste; tanto la orientación como la forma de estos pliegues se reproducen en la morfología de las sierras (Figura 4A, B y D).

Algunas fallas transversales a este rumbo constituyen fallas de desplazamiento lateral, como aquéllas del sector norte de la sierra Silva, que producen el desplazamiento del eje de las sierras (Figura 4E).

CONSIDERACIONES FINALES

La sierra de San Bernardo constituye un magnífico ejemplo para ilustrar el proceso geológico denominado inversión de cuencas, mediante el cual una zona deprimida con sedimentos, o *cuenca sedimentaria*, se eleva para formar una región de relieve positivo. Este proceso es de gran importancia geológica en Patagonia, ya que permite explicar la presencia de numerosas sierras formadas durante los períodos Paleógeno y Neógeno que se ubican en sectores alejados de los Andes. A su vez, la sierra de San Bernardo permite apreciar en superficie parte de una las cuencas productoras de petróleo más importantes de nuestro país.

UBICÁNDOSE EN EL TIEMPO



Tr: Triásico, J: Jurásico, K: Cretácico, E: Paleógeno, N: Neógeno y Q: Cuaternario

TRABAJOS CITADOS

Barcat, C., Cortiñas, J., Nevistic, V., Stach, N. y Zucchi, H., 1984. Geología de la región comprendida entre los lagos Musters-Colhue Huapi y la sierra Cuadrada, Departamentos Sarmiento y Paso de Indios, Provincia del Chubut: Actas 9° Congreso Geológico Argentino, 2:263-282, Buenos Aires.

Ferello, R., 1969. Intento de sistematización geocronológica de las rocas eruptivas básicas en sectores del Chubut y Santa Cruz. Actas 4° Jornadas Geológicas Argentinas, 1:293-310. Buenos Aires.

González, R., 1971. Descripción geológica de la Hoja 49c, Cerro San Bernardo, provincia del Chubut. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 112, Buenos Aires.

Pezzuchi, H., 2001. Hoja Geológica 4569-III, Sarmiento, provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Boletín 318, Buenos Aires.

Sciutto, J., 1981. Geología del codo del río Senguer, Chubut, Argentina. Actas 8° Congreso Geológico Argentino, 3: 203-219, Buenos Aires.