



SITIOS INTERÉS GEOLOGICO

de la República Argentina

LA CALDERA
DE PIEDRA PARADA

*Un volcán gigante
de 50 millones de años,
testimonio de cambios*

Eugenio Aragón^{1,2}, Yolanda Aguilera³, Claudia Cavarozzi^{1,2}, María Cecilia Ubaldón⁴ y Alejandro Ribot¹⁻⁵

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

Eugenio Aragón¹⁻², Yolanda Aguilera³, Claudia Cavarozzi¹⁻², María Cecilia Ubaldón⁴ y Alejandro Ribot¹⁻⁵

■ RESUMEN

Durante parte del Paleógeno (entre los 65 y 35 millones de años), las placas de la corteza en el extremo sur de América del Sur tuvieron un comportamiento sustancialmente distinto al que mantuvieron en los períodos anterior y posterior (Cretácico y Neógeno respectivamente). La caldera de Piedra Parada, ubicada en el sector central de la provincia del Chubut y cruzada por el río homónimo, pertenece a un gigantesco volcán, magnífico exponente de los acontecimientos geológicos acaecidos durante dicho intervalo en estas latitudes.

La ruta provincial 12 la atraviesa y en ese recorrido el colorido paisaje ofrece un brusco cambio. Entre rocas blanquecinas y rojizas prolijamente apiladas en capas y rocas blanquecinas blandas y masivas, irrumpen columnas de rocas oscuras que hacia arriba adoptan la forma de hongos o paraguas. Estas rocas señalan el inicio de la actividad volcánica de intraplaca, en cuyo transcurso se desarrolló esta caldera, de unos 25 kilómetros de diámetro y con numerosos centros eruptivos menores.

Los extensos afloramientos del complejo volcánico presentan gran variedad de tipos litológicos, íntimamente ligados en el tiempo y el espacio, lo que convierte al área en un sitio privilegiado para el estudio de los procesos que dieron lugar a la génesis y evolución de estos grandes volcanes.

■ ABSTRACT

During Paleogene times (65 to 35 million years ago) the relation between the oceanic and continental plates of southern South America was quite different from the situation of the previous Cretaceous and later Neogene times.

Piedra Parada caldera is a giant volcano that stands as a reminder of the events that occurred at this latitude in the Paleogene. It is located at the heart of Chubut Province and is crosscut by the Chubut river and state road N° 12. Along the course of the road, there is a sharp change of scenery. White and red thin-bedded sandstones, to white soft massive tuffs are cut by dark mushroom-shaped columns that signal the beginning of Paleogene intraplate volcanic activity with a 25 kilometers wide caldera and several smaller eruptive centres.

This large volcanic complex contains a great variety of rock types that are closely related in time and space. All these attributes make this locality is a key place to study the processes that give rise to the genesis and evolution of these large volcanoes.

INTRODUCCIÓN

Más allá de la aparente quietud, en los paisajes se producen cambios dramáticos a lo largo del tiempo, como consecuencia del imperceptible, pero continuo, movimiento de la corteza terrestre, cuyo motor fundamental es la generación y destrucción de fondos oceánicos (placas oceánicas) y la deriva de los continentes (placas continentales). La relación espacial entre las placas no es constante y varía en los diferentes tiempos geológicos. Este hecho se refleja, entre

otros fenómenos, en la naturaleza, el origen y la distribución del vulcanismo que se produjo en cada una de las distintas épocas.

En la actualidad, en la Patagonia se observa un paisaje estable y tranquilo de mesetas, sierras y amplios valles, flanqueado en su extremo oeste por los Andes Patagónicos, de los que sobresalen humeantes estratovolcanes en actividad que forman parte del cinturón de fuego circumpacífico. Estos volcanes son el producto de la subducción (hundimiento) de la placa oceánica por debajo de la continental, fenómeno que desde el punto

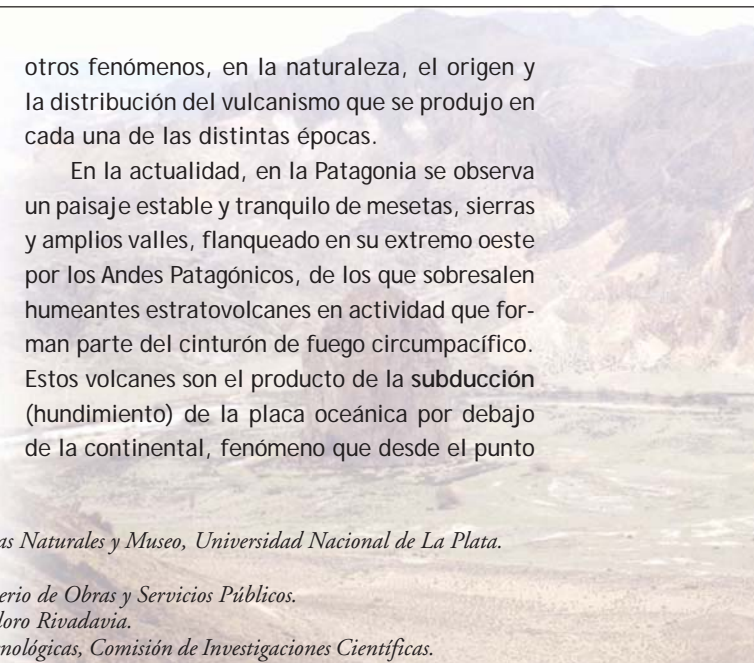
1. Centro de Investigaciones Geológicas, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

2. CONICET.

3. Dirección de Aplicación de Imágenes Satelitarias, Ministerio de Obras y Servicios Públicos.

4. Servicio Geológico Minero Argentino, Delegación Comodoro Rivadavia.

5. Laboratorio de Ensayos de Materiales e Investigaciones Tecnológicas, Comisión de Investigaciones Científicas.



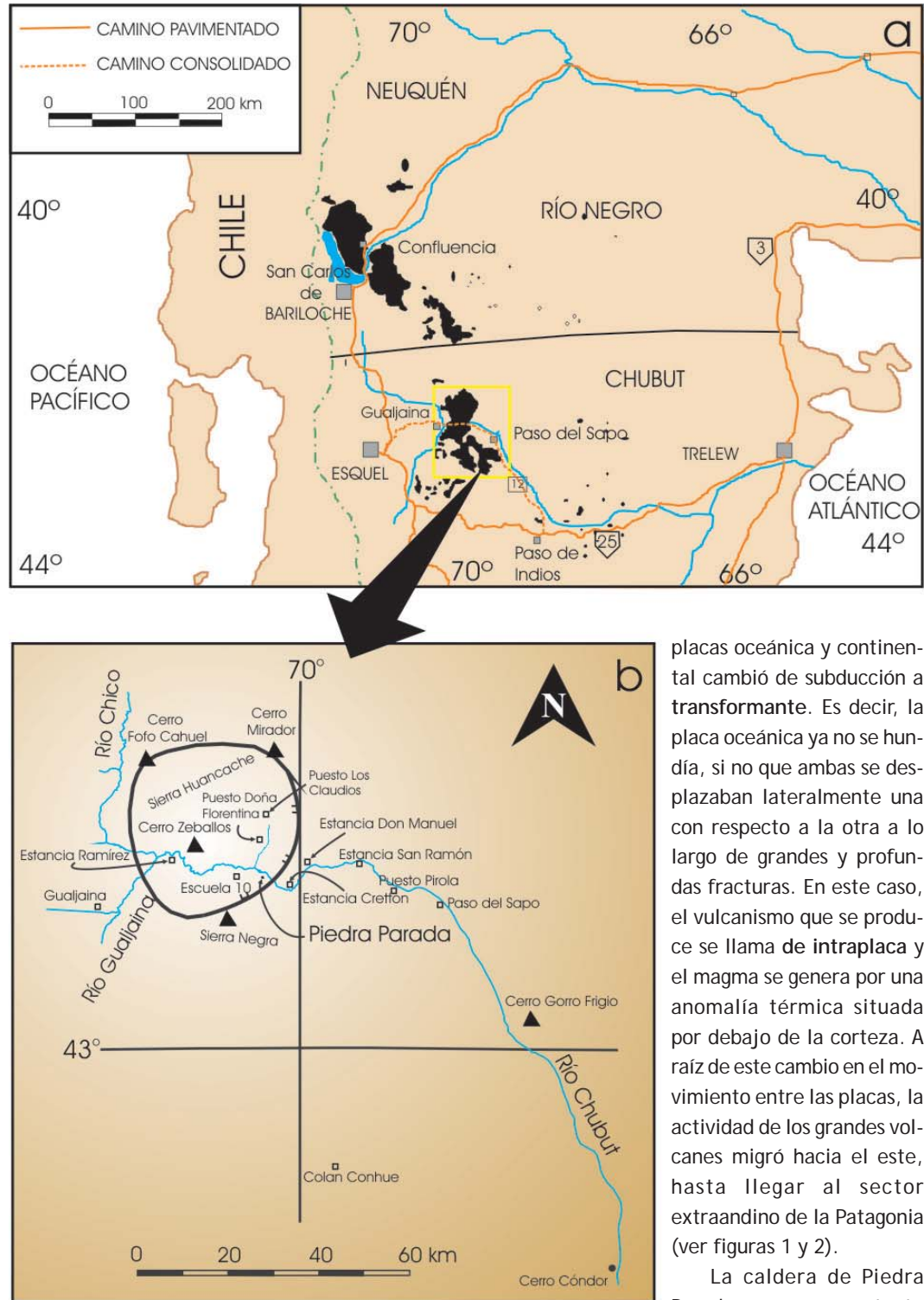


Figura 1. Mapas de ubicación: a) Distribución del vulcanismo durante el Paleógeno, en negro, conforme Ardolino y otros (1999), con el sitio de interés geológico remarcado en amarillo. b) La caldera de Piedra Parada con sus principales cerros y las localidades y los puestos cercanos.

placas oceánica y continental cambió de subducción a transformante. Es decir, la placa oceánica ya no se hundía, si no que ambas se desplazaban lateralmente una con respecto a la otra a lo largo de grandes y profundas fracturas. En este caso, el vulcanismo que se produce se llama de intraplaca y el magma se genera por una anomalía térmica situada por debajo de la corteza. A raíz de este cambio en el movimiento entre las placas, la actividad de los grandes volcanes migró hacia el este, hasta llegar al sector extraandino de la Patagonia (ver figuras 1 y 2).

La caldera de Piedra Parada es un representante característico de este tipo de vulcanismo. Está ubicada en la provincia del Chu-

but, a unos 200 kilómetros al este del actual margen continental (el pacífico) y pertenece a un tipo de volcán del que salieron más de 100 kilómetros cúbicos de productos ígneos. Su presencia en el centro de Patagonia, es el testimonio de los cambios en la interacción entre las placas oceánica y continental en la costa del Pacífico del sur de América del Sur.

de vista tectónico se denomina vulcanismo de margen continental y en el que los magmas se generan por la interacción entre las placas. Pero en el pasado esto no fue siempre así. Tras la ruptura del supercontinente Gondwana en el Cretácico (período en el cual también hubo subducción y magmatismo en el margen pacífico), durante el Paleógeno la relación entre las

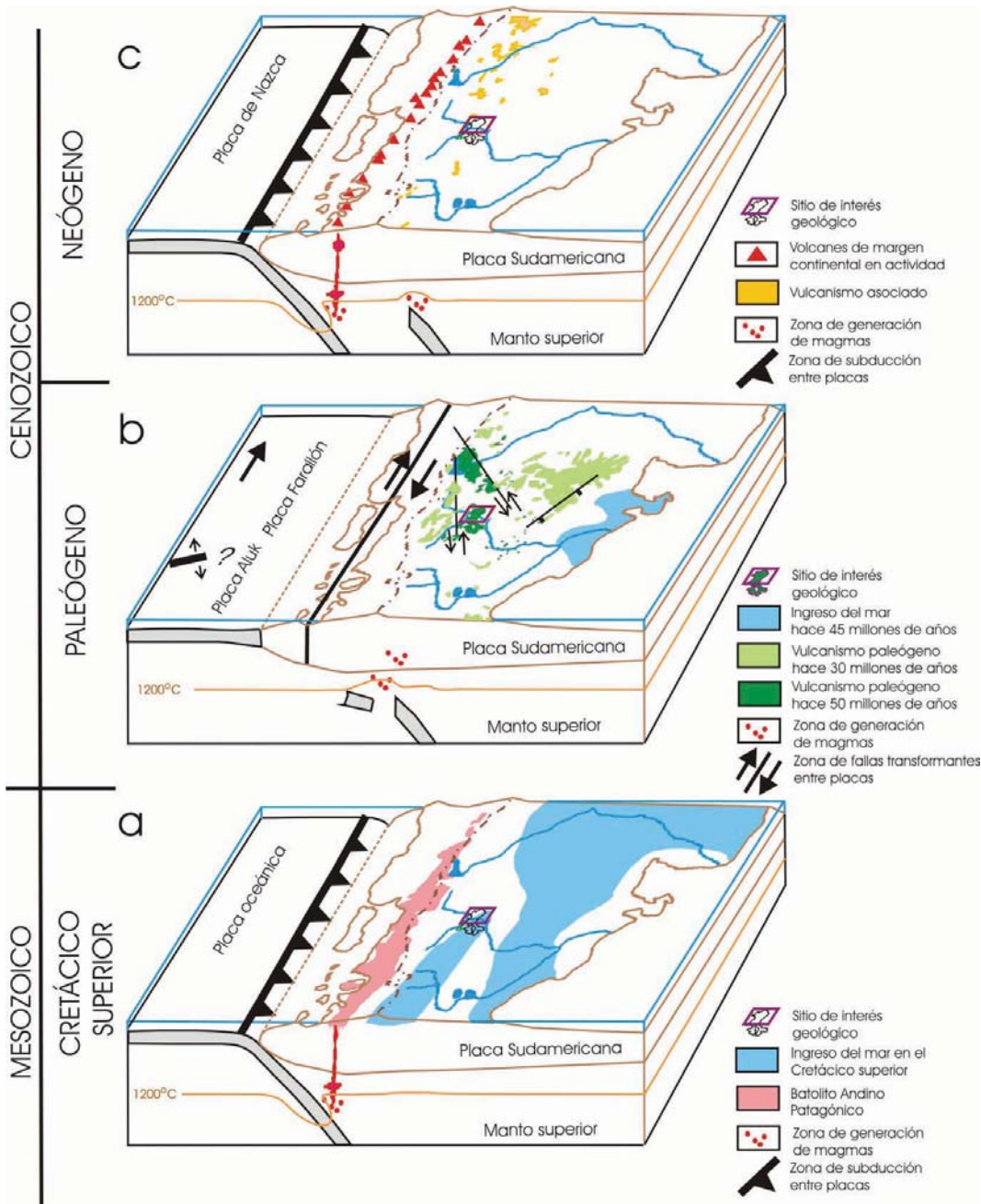


Figura 2. Bloque diagrama mostrando las tres instancias principales de la evolución de la actividad magmática en Patagonia desde el Cretácico superior a la actualidad. Recopilación geológica modificada de Ardolino y otros (1999) y Rapela (1999).

EL VULCANISMO DE PIEDRA PARADA

Rapela y otros autores (1988) definieron como faja oriental, extraandina o de Pilcaniyeu a las rocas volcánicas que se extienden desde la localidad de Paso del Sapo, en Chubut, hasta Confluencia, en Neuquén (ver figura 1a). La ubicación de esta faja volcánica fue determinada por un sistema de fallas (fracturas en la corteza donde cada una de las partes se desplaza respecto de la otra en el orden de kilómetros) de orientación noroeste-sureste. A través de estas fracturas, el magma ascendió a la superficie y

se extruyeron grandes volúmenes de material volcánico. La caldera de Piedra Parada es un gran centro volcánico que forma parte de esta faja. Todos tenemos más o menos en claro qué es un volcán, y recurrentemente nos llegan imágenes de la erupción de alguno de ellos. Pero, ¿qué es una caldera? A diferencia de los grandes estratovolcanes de los Andes, que son el producto del apilamiento de más de 4.000 metros de lavas y cenizas, una caldera es el producto del colapso del techo de una cámara magmática. Muy frecuentemente esto se produce por la erupción de nubes ardientes o, dicho de otro modo, cenizas incandescentes mezcladas con gases y

trozos de roca, que se esparcen por grandes distancias debido a su baja viscosidad. Al soldarse dicho material incandescente se forman las rocas denominadas ignimbritas. Por lo tanto, el volcán resultante, en vez de ser una prominente montaña, es una gran depresión subcircular (de allí el nombre de caldera) rodeada por una extensa planicie o plateau de ignimbritas. En dicha depresión es frecuente que se forme un lago por retención de aguas meteóricas. Con posterioridad, en el lago empiezan a asomar pequeñas islas volcánicas que son el resultado de la efusión del magma que quedó como remanente en la gran cámara magmática subyacente. Esta actividad póstuma genera grandes volúmenes de cenizas, lavas y domos -erupciones de lava poco fluidas que no llegan a derramarse-, que terminan por colmatar el lago y la depresión de la caldera. Una vez agotado el suministro de magma, el sistema muere y queda expuesto a los procesos erosivos que pueden volver a desenterrar la caldera.

En Piedra Parada el río Chubut corta y erosiona a la caldera, generando excelentes exposiciones que ofrecen un registro completo de

todos los eventos volcánicos ocurridos desde el inicio hasta la finalización de la vida de la caldera.

UBICACIÓN DEL ÁREA

El área está situada en el sector centro norte de la provincia del Chubut, entre las localidades de Gualjaina y Paso del Sapo. Al lugar se accede desde Esquel (distante entre 120 y 160 kilómetros) por la ruta provincial 12 (consolidada). Ésta atraviesa el complejo volcánico en el sector donde su traza es paralela al río Chubut (ver figura 1b). El límite norte del complejo está marcado por la sierra de Huancache y por el cerro Fofo Cahuel, en tanto que el límite sur está indicado por la sierra Negra.

ESTUDIOS PREVIOS

Los trabajos geológicos sobre este volcanismo son abundantes y corresponden en general a mapeos regionales a diferentes escalas (Volkheimer y Lage, 1981), a estudios geoquí-



Figura 3. Diagrama en bloque mostrando las principales unidades geológicas y el itinerario de puntos panorámicos para observaciones a lo largo de la ruta provincial 12.

micos (Rapela, 1999), y volcanológicos que lo vincularon con el desarrollo de un cinturón de calderas emplazadas aproximadamente en sentido norte-sur, desde la latitud de Confluencia, en Río Negro y Neuquén, hasta Piedra Parada, en Chubut. Por otra parte, Aragón y Mazzoni (1997) analizaron integralmente este volcanismo, al que agruparon dentro del Complejo Volcánico Piroclástico Río Chubut Medio, de edad paleocena-eocena. Otros autores realizaron investigaciones detalladas de algunas de sus unidades, como Petersen (1946) y Aragón y otros (2001, 2002, 2004a, 2004b).

LA GEOLOGÍA DE PIEDRA PARADA

La estratigrafía del norte de la provincia del Chubut puede sintetizarse reuniendo a las unidades en tres grupos: el basamento cristalino (Proterozoico superior-Paleozoico inferior), las sedimentitas y volcanitas mesozoicas y las piroclastitas, volcanitas y sedimentitas cenozoicas. El basamento cristalino, que está compuesto por rocas plutónicas y metamórficas, conforma el sustrato rígido de la corteza y está surcado por fallas y mega estructuras que condicionaron, en parte, los posteriores acontecimientos geotectónicos que tuvieron lugar en el Mesozoico y Cenozoico.

En el área de Piedra Parada, el basamento cristalino está en el subsuelo y por lo tanto no lo podemos ver. Pero lo que sí podemos ver aquí,

gracias a la erosión generada por el paso del río Chubut, son dos paisajes contrastantes donde el hito que marca el pasaje entre uno y otro es la Piedra Parada (Punto panorámico 3 de la figura 3). Ambos paisajes fueron formados por distintos procesos geológicos que transcurrieron sucesivamente en el tiempo.

El paisaje más viejo se puede observar desde la localidad de Paso del Sapo hasta la Piedra Parada, y corresponde a los acontecimientos ocurridos en el Mesozoico medio a superior. En forma más precisa, en el Jurásico medio se registraron importantes eventos volcánicos, desde la costa atlántica hasta las inmediaciones de Piedra Parada, vinculados con los esfuerzos extensionales que produjeron la fracturación del primitivo supercontinente Gondwana, cuyo desmembramiento, con la subsecuente generación del océano Atlántico, dio como resultado la formación de América del Sur, Antártida, África, Australia e India. Entre Paso del Sapo y la Piedra Parada, entonces, los relictos de este proceso se conocen con el nombre de Andesitas Alvar. Estas rocas, de típica coloración violácea a morada oscura, conformaron un voluminoso cordón de estratovolcanes que fue paulatinamente arrasado por procesos erosivos hasta conformar una extensa planicie, conocida como superficie de planación de Gondwana. Esta superficie, tras la apertura del océano Atlántico, en el Cretácico superior, fue progresivamente invadida por el mar (Figura 2a), que como evidencia de su paso dejó



Fotografía 1. Detalle de la superficie de planación de Gondwana tomada desde el puesto de Pirola (Punto panorámico 1 de la figura 3). La Formación Paso del Sapo (castaño amarillenta y estratificada) sobryace a los estratovolcanes de las Andesitas Alvar (violáceas) mediante una superficie plana y continua que es el resultado de unos 100 millones de años de erosión.



Fotografía 2. El plateau ignimbritico de Barda Colorada y los basaltos alcalinos de las Andesitas Huancache (Punto panorámico 12 de la figura 3). Se puede observar una secuencia monótona de ignimbritas (castañas a blanquecinas) de unos 100 metros de espesor. El intervalo de tiempo en que esta sucesión de ignimbritas salió fue tan breve que no alcanzaban a enfriarse cuando llegaba la siguiente oleada de material incandescente. La franja oscura en la mitad del paredón indica la zona de máximo soldamiento, donde las trizas de vidrio incandescente de distintos pulsos se soldaron y colapsaron hasta formar un vidrio macizo. Los basaltos alcalinos de las Andesitas Huancache sobreyacen a la Ignimbrita Barda Colorada (rocas negras en el sector central superior de la fotografía).

los depósitos estratificados de areniscas blanquecinas y limolitas moradas de las Formaciones Paso del Sapo y Lefipan. Esta última es portadora de fósiles de reptiles (ictiosaurios), amonites (eubaculites) y bivalvos (trigonias). Estas rocas son el testimonio de los momentos previos y simultáneos al período en el que ocurrió la extinción masiva de los dinosaurios. El río Chubut labró en estas unidades estrechos cañadones de paredes verticales que permiten observar la disposición de los estratos, así como también, en el tramo de la ruta provincial 12 entre la estación San Ramón y Paso del Sapo, relictos de la superficie de planación entre las Andesitas Alvar y la Formación Paso del Sapo (Fotografía 1). Para completar el marco paisajístico de este período, es de destacar que en el margen del océano Pacífico, durante el Cretácico superior se instaló un régimen de subducción con el consecuente vulcanismo de margen continental.

El paisaje más joven, por contraposición con el anterior, se observa desde la Piedra Parada hasta la confluencia del río Chubut con el río Gualjaina, y corresponde a los acontecimientos ocurridos durante el inicio del Cenozoico (Paleógeno). En dicho período geológico el mar, que había inundado la región, se retiró y la estabilidad reinante en Piedra Parada hasta ese momento fue interrumpida por un proceso que ocurrió lejos de ahí, en el margen pacífico, y que ya comentáramos. Se trata del cambio de la relación entre las placas oceánica y continental que pasó de un régimen de subducción (Figura 2a), durante el Cretácico superior, a otro transfor-

mante en el Paleógeno (Figura 2b). Esto repercutió en la región con movimientos de transcurriencia y extensión que trajeron aparejado un importante vulcanismo de intraplaca. En el área de Piedra Parada se extruyeron más de 100 kilómetros cúbicos de lavas y piroclastitas a lo largo de unos 15 millones de años. Los aparatos volcánicos generados fueron una caldera de 25 kilómetros de diámetro, numerosos domos, centros de emisión central, lagos de lava, diques, filones capa y etmolitos (intrusivos tipo embudo). Este conjunto de productos volcánicos recibe el nombre de Complejo Volcánico Piroclástico del río Chubut Medio.

Posteriormente, durante el Cenozoico tardío (Neógeno), se restableció la relación de subducción en el margen del océano Pacífico (Figura 2c), reinstalándose el vulcanismo de margen continental que continúa hasta la actualidad, ejemplificado por la cadena de volcanes instalada aproximadamente en el límite con Chile. En el área de Piedra Parada se restableció la tranquilidad tectónica, por lo que los únicos procesos activos fueron los relacionados con la erosión y la acumulación. En ese marco se produjo la depositación de tobas de la Formación Collón Curá. También hubo esporádicas emisiones de lavas basálticas de la Formación Epulef, que están vinculadas genéticamente con los volcanes de la zona limítrofe. En la actualidad, el agente erosivo fundamental es el fluvial, controlado por la red de drenaje del río Chubut, que corta transversalmente al complejo volcánico y lo muestra de forma magnífica.

UNA TRAVESÍA CON LUPA POR EL CHUBUT

Un recorrido a lo largo de 50 kilómetros por la ruta provincial 12, a la vera del río Chubut, nos permite detenernos en puntos panorámicos para observar y reconocer las principales características de la mayoría de las unidades geológicas presentes en la región.

Las rocas más antiguas

Andesitas Alvar

Fueron denominadas así por Aragón y otros (2000). Son rocas volcánicas violáceas de edad jurásica media (161 millones de años) constituidas esencialmente por coladas y autobrechas (lava que engloba trozos de la misma lava ya rígida). Están profusamente cortadas por diques andesíticos. Su composición varía de andesitas a traquitas. Los afloramientos de estas rocas se observan entre la estancia San Ramón y el puesto de Pirola (Punto panorámico 1, Figura 3). En esta localidad estas vulcanitas están cubiertas por los sedimentos del Cretácico superior, es decir que hay unos 100 millones de años de diferencia entre ambas unidades. Frente al puesto de Pirola (Fotografía 1) se observa una superficie plana y continua que representa el arrasamiento de los estratovolcanes del Jurásico. Ni siquiera los conductos de alimentación alcanzan a dejar resaltes en esa paleosuperficie. El desarrollo de regolito (roca meteorizada in situ) es escaso, por lo general menos de 50 centímetros y en pocos lugares más de 4 metros. Los sedimentos del Cretácico superior que lo sobreyacen son areniscas muy cuarzosas (Formación Paso del Sapo) y no hay desarrollo de conglomerados con restos de las vulcanitas subyacentes. Este conjunto de evidencias sugieren que esta superficie horizontal representa la superficie de planación de Gondwana que se desarrolló desde el Jurásico medio hasta el Cretácico superior. Se habla de superficie de planación y no de peneplanicie, pues en este último concepto el único instrumento interviniente en la erosión es el fluvial, y dado que esta superficie se desarrolló en un lapso de unos 100 millones de años, resulta muy improbable que el agua haya sido el único proceso erosivo interviniente.

Formación Paso del Sapo y Formación Lefipan

Los sedimentos que las integran fueron depositados durante el Cretácico superior y el



Fotografía 3. Detalle de la Ignimbrita Barda Colorada, en una variedad conocida localmente como piel de tigre (Punto panorámico 4 de la figura 3).

Paleógeno. Se las puede observar desde la Piedra Parada hasta el cerro Gorro Frigio, a lo largo del río Chubut. La Formación Paso del Sapo está constituida por areniscas cuarzosas de colores blanquecinos, muy marcada estratificación y abundantes estructuras internas (Fotografía 1). Contiene esporádicos niveles de cuarcitas del tamaño sabulita con cemento de óxido de hierro, que por meteorización suele teñir a los niveles subyacentes con tintes rojizos. Estas areniscas cuarzosas tienen un grado de cementación que les permite mantener paredones y acantilados de gran altura como respuesta a la erosión del río Chubut y sus afluentes, conformando un paisaje de cañones y desfiladeros laberínticos y estrechos.

Por encima de la Formación Paso del Sapo se apoya la Formación Lefipan, unidad formada por rocas de granulometría mucho más fina, coloreadas y friables. Está constituida por limolitas y fangolitas moradas, amarillentas y verdes. Como consecuencia de la alta friabilidad, el paisaje que conforman es de lomadas suaves. En los niveles próximos a su techo se encuentra representado el límite entre el Mesozoico y el Cenozoico (65 millones de años). En ellos se pueden hallar restos fósiles, tales como ictiosaurios, eubaculites, grifeas (bivalvo) y, por último,

turritelas (gastropodo), cuya aparición indica el paso al Período Cenozoico.

Estas unidades fueron originadas en un ambiente de estuarios y litoral marítimo correspondiente a una entrada de mar que avanzó desde el sureste (ver Figura 2a).

El Complejo volcánico piroclástico del río Chubut medio

Las principales unidades que conforman este complejo fueron definidas por Aragón y Mazzoni (1997). Se las conoce con los nombres de Ignimbrita Barda Colorada, Tufolitas Laguna del Hunco, Basaltos alcalinos de intracaldera, Vitrófiros Buitrera, Ignimbrita Rulos, Diques Piedra Parada, Riolitas Zeballos, Andesitas Estrechura y Andesitas Huancache. En trabajos de

detalle recientes, Aragón y otros (2001, 2004a, y 2004b) encontraron que estas unidades contienen a su vez otras subunidades. Una visión más actualizada del complejo se puede observar en la figura 3, que sintetiza el estado actual del conocimiento y la distribución espacial de estas unidades.

Ignimbrita Barda Colorada

Es la unidad volcánica de mayor extensión en el área. Son depósitos de nubes ardientes de composición riolítica, que señalan el evento volcánico más catastrófico e importante del complejo. En un breve lapso (posiblemente meses) se eyectaron más de 100 kilómetros cúbicos de material ígneo a alta temperatura, que se esparció hacia el este y sureste formando un plateau de ignimbritas que habría cubierto gran parte de Patagonia. El punto panorámico 2 de la figura 3 (estancia Don Manuel) permite ver hacia el oeste el filo del borde de la caldera por donde salieron las nubes ardientes.

Los remanentes más importantes de esta unidad se observan en la Barda Colorada (Fotografías 2 y 3) y entre la Piedra Parada y la Escuela 10. La salida de un volumen tan importante de magma en tan poco tiempo condujo al hundimiento del techo de la cámara magmática conforme salía el magma, generándose una depresión de 25 kilómetros de diámetro y más de 200 metros de profundidad, que recibe el nombre técnico de caldera (desde el punto panorámico 3 hasta el 11 de la figura 3). Para poder observar una caldera de estas dimensiones es recomendable tomar la perspectiva desde un satélite (Figura 4). El interior de esta caldera fue paulatinamente rellenado por las cenizas, lavas y domos de pequeños volcanes póstumos que se describen a continuación. El río Chubut cortó y erosionó la caldera hasta exponer nuevamente su piso en el punto panorámico 4 (Figura 3), mostrando un desnivel mayor a los 200 metros con respecto al filo superior de los domos del borde de la caldera (ver fotografías 9 y 10), que marcan la antigua superficie del terreno. Esta diferencia de altura evidencia la magnitud del colapso que la originó.

Tufolitas Laguna del Hunco

Durante el Paleógeno se registró un importante óptimo térmico que en el área de Piedra Parada se manifestó con un clima subtropical con abundantes precipitaciones. Este factor climático

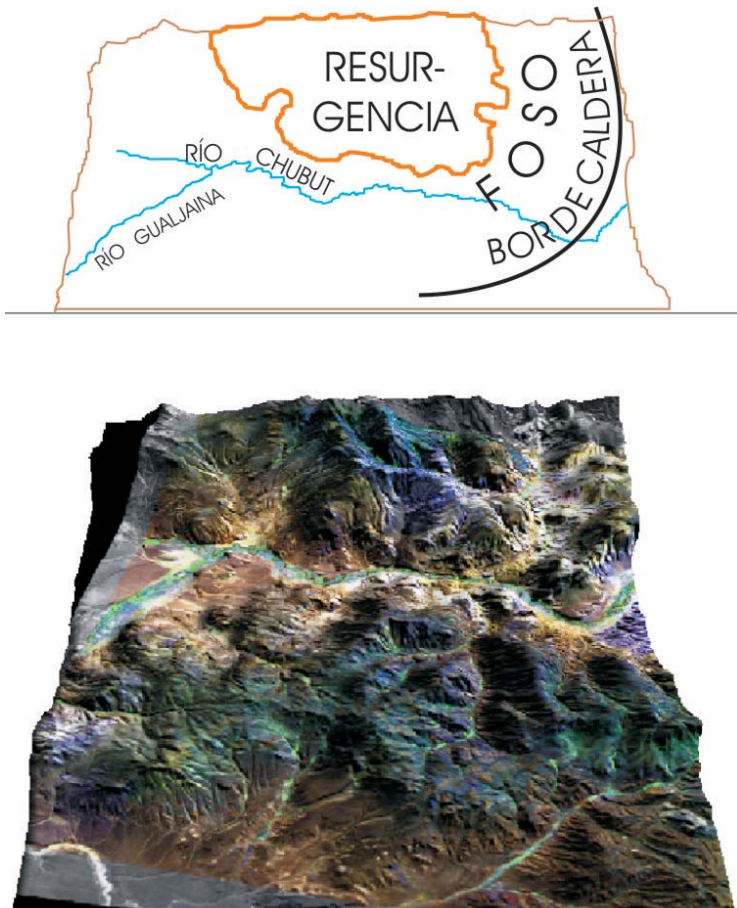


Figura 4. Modelo de elevación con cobertura falso color de imagen satelital desde la confluencia de los ríos Gualjaina y Chubut, hasta la Piedra Parada. En el sector superior de la figura se ha esbozado el esquema volcánico. Al igual que lo muestra la figura 3, al norte del río Chubut se observan la Piedra Parada y los diques alineados del borde de la caldera, un valle blanquecino que corresponde al foso de la caldera con los depósitos lacustres y el sector central y superior donde se aprecia el complejo de domos resurgentes que irrumpieron en el interior de la caldera en una etapa tardía, y generaron una serie de grandes islas volcánicas en el gran lago subcircular de 25 kilómetros de diámetro que se formó dentro de la depresión.

favoreció que la depresión de la caldera fuese ocupada por un lago en donde se depositaron cenizas provenientes de pequeños volcanes, a los que se asociaron coladas y cuerpos dómicos (Vitrófiros Buitrera y Riolitas Zeballos) que alcanzaron a extruirse por encima del nivel del lago formando pequeñas islas. Hoy, a los sedimentos lacustres se los conoce con el nombre de Tufolitas Laguna del Hunco y se reconocen, entre otras cosas, por su característico color blanco (ver fotografía 10). También como consecuencia del óptimo térmico, las islas y costas del lago se poblaron de tupidas selvas que dejaron uno de los registros más abundantes de biodiversidad para el Paleógeno, conforme los estudios de Romero (1986) y Wilf y otros (2003).

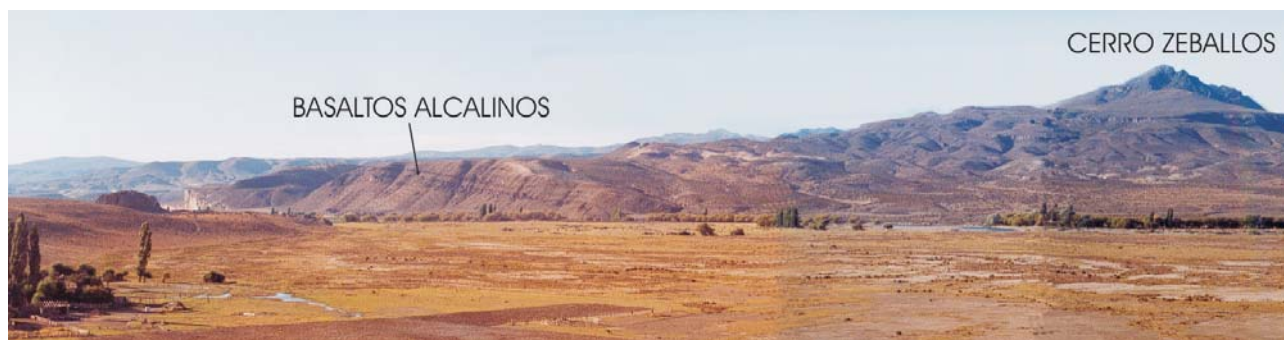
Basaltos alcalinos de intracaldera

Sobre el margen norte del río Chubut, frente a la estancia Ramírez (Punto panorámico 10 de la figura 3), se puede observar, al pie del faldeo oeste del cerro Zeballos, una secuencia de unos 50 metros de espesor de coladas basálticas de color negro (Fotografía 4). Dichas coladas están intercaladas en las Tufolitas Laguna del Hunco y subyacen a los domos de los Vitrófiros Buitrera y a los de las Riolitas Zeballos, razón por la cual se considera que estos basaltos

forman parte del complejo volcánico de la caldera de Piedra Parada y tienen una edad intermedia entre la Ignimbrita Barda Colorada (57 millones de años) y la Riolita Zeballos (51 millones de años). Son basaltos alcalinos de intracaldera y su reconocimiento es muy importante, ya que permiten inferir que el complejo volcánico de la caldera de Piedra Parada tuvo su origen como vulcanismo de intraplaca y no como vulcanismo de margen continental (Figura 2b).

Vitrófiros Buitrera

Se denomina así a los domos alineados a lo largo del foso de la caldera (Figura 3). Cada domo es un cuerpo globoso de unos 200 metros de diámetro compuesto esencialmente por vidrio riolítico que atravesó (Fotografía 5 y punto panorámico 6 de la figura 3) y alcanzó a derramarse por cortos trechos (Fotografía 6 y punto panorámico 5 de la figura 3) sobre los depósitos lacustres que rellenaron la depresión de la caldera (Aragón y otros, 2002 y 2004 a). En algunos casos el techo de los domos sobrepasó el nivel del agua del lago y formaron pequeñas islas volcánicas que posteriormente fueron colonizadas por abundante vegetación arbórea. Testimonio de ello es el bosque petrificado situado detrás de la Escuela 10 de Piedra Parada. Los conduc-



Fotografía 4. Vista panorámica del cerro Zeballos (Punto panorámico 10 de la figura 3). En el faldeo oeste del cerro se puede observar como las coladas de basaltos alcalinos se intercalan con niveles blancos de las Tufolitas Laguna del Hunco, en tanto que en el sector derecho de la foto los basaltos son cortados y cubiertos por el domo y coladas de las Riolitas Zeballos.



Fotografía 5. Domo de los Vitrófiros Buitrera (Punto panorámico 6 de la figura 3) 2 kilómetros al suroeste de la Escuela 10 de Piedra Parada. El domo corta y se interstratifica con las Tufolitas Laguna del Hunco. Lo cubre una colada riolítica, y lateralmente se ubica la Ignimbrita Rulos, relacionada con el colapso del domo.



Fotografía 6. Domo de los Vitrófiros Buitrera interestratificado en los depósitos lacustres de las Tufolitas Laguna del Hunco (Punto panorámico 5 de la figura 3), en el puesto de los Claudios (Establecimiento Tierra Guanaco). Se puede observar como la lengua de vidrio del domo, al avanzar, deformó el piso inconsolidado del fondo del lago, en tanto que la parte superior fue cubierta paulatinamente por los bancos de tufolitas que se acuñan hacia arriba, acomodándose a esta nueva isla en el lago. Las líneas de color blanco y negro indican el límite del domo y la estratificación de las tufolitas, respectivamente.

tos de salida del magma que alimentaron a estos domos están constituidos por diques en forma de embudo (etmolitos) y se los puede observar en el punto panorámico 5 de la figura 3, en las proximidades del puesto Doña Florentina (Aragón y otros, 2004 b). Tanto los domos como

las coladas, diques e ignimbritas asociados a los Vitrófiros Buitrera son riolitas de naturaleza calcoalcalina.

Vinculados a estos domos se encuentran los *thundereggs* (Fotografía 7 y punto panorámico 9 de la figura 3) descritos por Ubaldón y otros (1998). Éstas son estructuras esféricas macizas (de 1 a 5 centímetros de diámetro) que se originaron a partir de gotas de material fundido alojadas hacia el techo de los domos, cuando el vidrio aún se encontraba incandescente y blando. Algunas de estas gotas, durante el proceso de solidificación, se fracturaron radialmente y liberaron gases que generaron una expansión y consecuentemente una cavidad interna. Una vez que el domo se enfrió y fracturó, estuvieron dadas las condiciones para la circulación de agua, la que llegó a estas cavidades y depositó ópalo de variados colores y formas. La utilización de los *thundereggs* desde el punto de vista gemológico fue centralizada en la Asociación de Coleccionistas y Lapidadores Patagónicos (CO.LA.PA.), sita en Esquel, quienes rebautizaron a los *thundereggs* con el nombre de *huevos patagónicos*.



Fotografía 7. *Thundereggs* cortados y pulidos. En ellos se puede observar la parte interior de ópalo, cuyos diferentes colores dependen de las impurezas disueltas en los líquidos circulantes.



Fotografía 8. En el punto panorámico 6 de la figura 3, situado en la segunda angostura del río Chubut sobre la ruta provincial 12, se observa la Ignimbrita Rulos (depósito de nube ardiente proveniente del colapso de un domo) sobre las Tufolitas Laguna del Hunco. En este lugar, dentro de estas últimas se encuentran troncos petrificados.

Ignimbrita Rulos

Intercalados en las Tufolitas Laguna del Hunco se observan depósitos aislados de nubes ardientes individuales (Punto panorámico 8 de la figura 3, Fotografía 8). Son tobas soldadas, con espesores que raramente superan los 10 metros y siempre están controladas por la paleogeografía. Estos episodios aislados de nubes ardientes están vinculados con el colapso de los domos previamente descritos (Fotografía 5) que actuaron como tapón de la cámara magmática, sellando la posibilidad de escape de gases. La



Fotografía 9. Vista panorámica del borde de la caldera observada desde la Barda Colorada (primer plano, plateau ignimbrito extracaldera de fotografía 2). Sobre el valle del río Chubut se ve sobresalir la Piedra Parada (domo), alineada con los restantes domos que marcan el borde de la caldera. En la línea del horizonte se observa el pico del cerro Zeballos y hacia su derecha el conjunto de domos de la resurgencia.



Fotografía 10. Los domos del borde de la caldera (fotografía 9) vistos desde el interior de la misma. Estos domos, al coalescer, formaron un verdadero dique. Las rocas blanquecinas son las Tufolitas Laguna del Hunco, cenizas volcánicas depositadas en el lago que se formó en el interior de la caldera.

acumulación de éstos generó una presión interna tal que produjo la ruptura del techo de la cámara, lo que permitió que los gases se extruyeran violentamente y arrastraran partículas de magma vesiculado, que fueron las que dieron lugar a la formación de depósitos de cenizas y pómez que, como consecuencia de la elevada temperatura, se soldaron entre sí.

Diques Piedra Parada

Se denomina así a un conjunto de domos riolíticos alineados a lo largo del borde de la caldera, que en parte coalescen conformando una apariencia de dique (Fotografías 9 y 10). Tienen una forma característica que asemeja un hongo, con un tronco que se va engrosando hacia arriba hasta culminar, en su parte superior, en una pequeña sombrilla que corresponde a una colada de escasa dimensión. El colosal paredón de tonalidades castañas que forma la característica Piedra Parada es uno de ellos (Fotografía 11 y punto panorámico 3 de la figura 3), y fue el conducto de salida de un domo que aprovechó para ascender a la superficie la fractura subcircular que se formó durante el colapso de la caldera.

Riolitas Zeballos

Bajo este nombre se reúne una importante secuencia de domos riolíticos que intruyeron preferentemente el sector central de la caldera, atravesando y levantando el piso (constituido por la Ignimbrita Barda Colorada) hasta quedar expuesto. Por esta razón, a este proceso se lo denomina resurgencia (ver esquemas volcánicos de las figuras 3 y 4 y fotografía 4).

Andesitas Huancache

El flanco norte de la caldera (Figura 3) está delimitado por un conjunto de domos y coladas mayormente andesíticos. Como particularidad, estas rocas se distinguen del resto por tener una evolución pobre en potasio, por lo cual se las denomina adakititas. En este caso, están indicando que los magmas que les dieron origen provienen de la fusión parcial de los sectores más profundos de la placa continental (Figura 2b).

Andesitas Estrechura

Luego que la caldera y su lago fueron colmatados con el relleno proveniente de los



Fotografía 11. Vista panorámica de la Piedra Parada desde la sierra Negra mirando hacia el interior de la caldera. La Piedra Parada es la raíz (conducto de salida) de un domo alojado en el borde de esta depresión. Las rocas blanquecinas son los depósitos lacustres (Tufolitas Laguna del Hunco) ubicados en el foso de la caldera. Las sierras en la línea del horizonte corresponden a los domos volcánicos que se formaron durante la resurgencia constituyendo grandes islas en el lago interno (ver fotografía 10).

episodios volcánicos previamente descritos, continuó un período en el que reinó la calma y los procesos de erosión comenzaron a labrar valles fluviales que recortaron la caldera y los depósitos de relleno. En este nuevo paisaje irrumpió un episodio volcánico de escaso desarrollo denominado Andesitas Estrechura (ver Aragón y otros, 2004 b), con una edad de 47 millones de años. A diferencia del vulcanismo previo, las Andesitas Estrechura (Fotografía 12) están constituidas por basaltos, andesitas e ignimbritas traquíticas (Fotografía 13) de afinidad toleítica (evolucionan enriqueciéndose en

hierro). La distribución de las Andesitas Estrechura está restringida al sector interno y suroeste de la caldera.

Basaltos fuertemente alcalinos

Se conoce con este nombre a una secuencia monótona de basaltos que localmente llegan a superar los 200 metros de espesor, pero que pierden potencia lateralmente en corto trecho. Esta unidad basáltica está expuesta fuera de la caldera, hacia el sureste, y restringida al relleno de antiguos valles labrados por la erosión que



Fotografía 12. Perfil de las Andesitas Estrechura (Punto panorámico 9 de la figura 3), visto desde el punto panorámico 8. El centro de emisión de estas coladas e ignimbritas se encuentra a unos 1000 metros hacia el sur.



Fotografía 13. Detalle de las ignimbritas traquíticas integrantes de las Andesitas Estrechura. Las lentes negras corresponden a pómez totalmente vítreos que fueron transportados por la nube ardiente.

cortó al plateau ignimbrítico Barda Colorada (ver figura 3 y fotografía 2). La edad de estos basaltos es de 43 millones de años y marcan la instancia en que el vulcanismo de la región se hizo cada vez más esporádico y más alcalino, e indica que provienen de zonas muy profundas (manto superior, ver figura 2b)

Las rocas más jóvenes

Se las puede observar en el punto panorámico 7 de la figura 3. Consisten en un pequeño derrame de lava basáltica alcalina proveniente de un único centro emisor cuya edad es de 1 millón de años. Su génesis no está vinculada a la historia de la caldera, sino que se relaciona con el vulcanismo que se instaló en la región a partir del Neógeno.

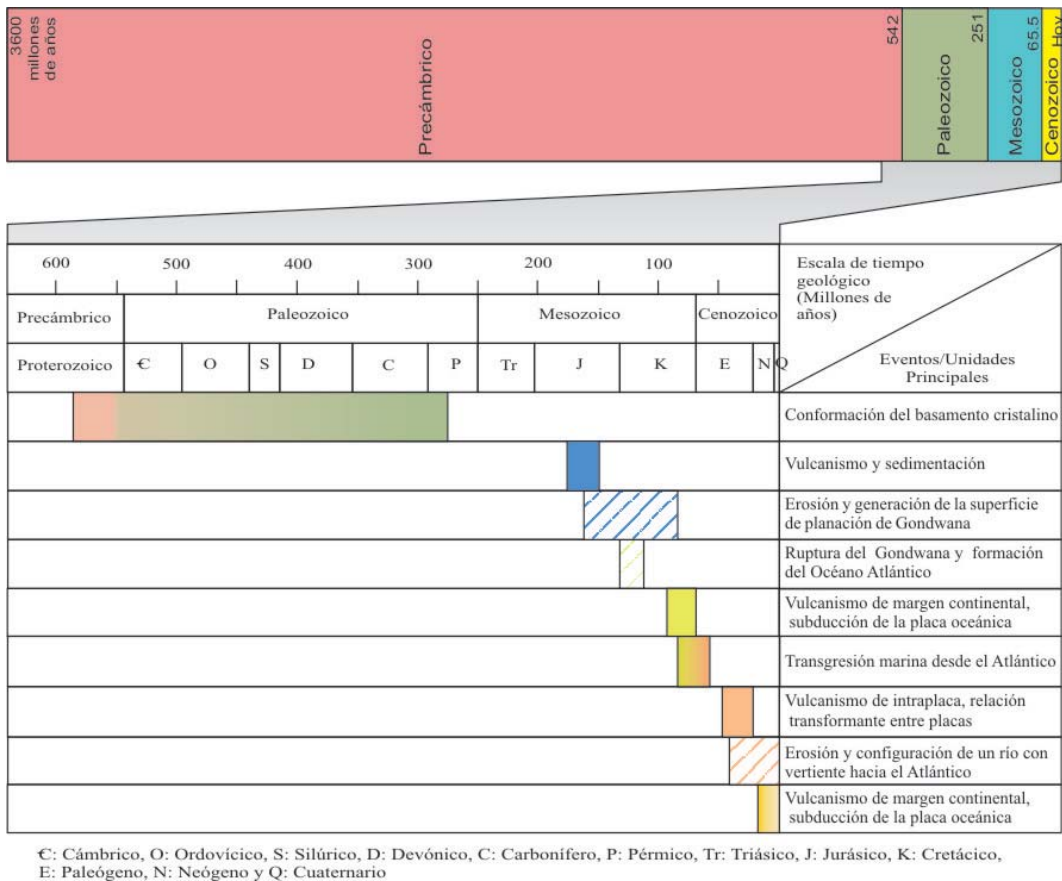
MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PAUTAS PARA EL CONOCIMIENTO TURÍSTICO

Sólo con tener en cuenta el aspecto paisajístico, Piedra Parada es uno de los sitios

más espectaculares de la Patagonia extraandina. Los coloridos paredones rocosos, los múltiples y cambiantes escenarios que se presentan a lo largo del camino y el zigzagueante río Chubut merecen ser conocidos y admirados. Si a esto sumamos la posibilidad de ver y comprender uno de los fenómenos naturales más dramáticos en la evolución de la Tierra, como es la generación de una caldera volcánica, la visita al lugar es ineludible.

Sin embargo, si bien en el año 2006 la provincia del Chubut declaró a este lugar como Área Natural Protegida, para que ello sea posible se requiere de una infraestructura básica, tanto en Paso del Sapo como en Piedra Parada, que actualmente no existe. La llegada del turismo a estas latitudes generaría puestos de trabajo, bienvenidos para la menguada economía de la comunidad local, entre ellos los de guías de campo, que deberían contar con un adecuado entrenamiento en el reconocimiento de las unidades geológicas y de los procesos que las originaron. La adquisición de este conocimiento por parte de la gente del lugar automáticamente llevaría a velar por la conservación de este riquísimo patrimonio.

UBICÁNDOSE EN EL TIEMPO



AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue realizada en el marco de proyectos y subsidios del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas y de la Universidad Nacional de La Plata. Se agradece a la Dirección de Aplicación de Imágenes Satelitarias del Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires por la confección del modelo de elevación digital del terreno con la imagen satelital.

TRABAJOS CITADOS

- Aragón, E. y Mazzoni, M., 1997. Geología y estratigrafía del Complejo volcánico piroclástico del río Chubut medio (Eoceno), Chubut, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52 (3): 243-256. Buenos Aires.
- Aragón, E., González, P., Aguilera, Y., Cavarozzi, C. y Llambías, E., 2000. Andesitas Alvar: volcanismo alcalino jurásico en el área de Paso del Sapo, provincia del Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 55 (1-2): 44-58. Buenos Aires.
- Aragón, E., Aguilera, Y., González, P., Gómez Peral, L. y Cavarozzi, C.E., 2001. El Intrusivo Florentina del Complejo volcánico piroclástico del río Chubut medio: un ejemplo de embudo o embudo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56 (2) 161-172. Buenos Aires.
- Aragón, E., González, P., Aguilera, Y., Cavarozzi, C., Bagalciaga, M., D'Elia, L., Jovic, S. y Muravchik, M., 2002. Los domos vitrofíricos y de riolitas foliadas del foso de la caldera paleógena de Piedra Parada, río Chubut medio. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas CD-ROM, ponencia 170, 5 p. El Calafate.
- Aragón, E., González, P., Aguilera, Y., Marquetti, C., Cavarozzi, C.E. y Ribot, A., 2004a. El domo vitrofírico Escuela Piedra Parada del Complejo volcánico piroclástico del río Chubut Medio. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59 (4): 634-642. Buenos Aires.
- Aragón, E., Aguilera, Y., Consoli, V., Cavarozzi, C.E. y Ribot, A., 2004b. Las Andesitas Estrechura del Complejo volcánico piroclástico del río Chubut medio (Paleoceno-Eoceno medio). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59 (4): 619-633. Buenos Aires.
- Ardolino, A., Franchi, M., Remesal, M. y Salani, F., 1999. El volcanismo en la Patagonia extraandina. En: Caminos, R. (Ed.): *Geología Argentina*. Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales. *Anales* 29: 579-611. Buenos Aires.
- Petersen, C., 1946. Estudios geológicos en el río Chubut medio. Dirección General de Minería y Geología, *Boletín* 59: 1-137. Buenos Aires.
- Rapela, C., 1999. El plutonismo triásico-jurásico de la Patagonia. En: Caminos, R. (Ed.): *Geología Argentina*. Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales. *Anales* 29: 364-372. Buenos Aires.
- Rapela, C., Spalletti, L., Merodio, J. y Aragón, E., 1988. Temporal evolution and spatial variation of early Tertiary volcanism in the Patagonian Andes (40°S-42° 30'S). *Journal of South American Earth Sciences* 1 (1): 75-88.
- Romero, E.J., 1986. Paleogene phytogeography and climatology of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 73: 449-461.
- Ubaldón, M.C., Kuck, A. y Saadi, J.A., 1998. Hallazgo, identificación, descripción y utilización de thunderegg en Chubut, Patagonia, Argentina. 6° Congreso de Geología Económica, Simposio de Minerales Industriales. Exposición oral, Buenos Aires.
- Volkheimer, W. y Lage, J., 1981. Descripción geológica de la Hoja 42c, Cerro Mirador, provincia del Chubut. Servicio Geológico Argentino, *Boletín* 181: 1-71. Buenos Aires.
- Wilf, P., Cúneo, N.R., Johnson, K.R., Hicks, J.F., Wing, S.L. y Obradovich, J.D., 2003. High plant diversity in Eocene South America: Evidence from Patagonia. *Science* 300: 122-125.