

Estructura y estratigrafía de un bajo neógeno del antepaís norpatagónico: el depocentro Paso del Sapo, provincia de Chubut

Joaquín BUCHER¹, Manuel LÓPEZ¹, Micaela GARCÍA¹, Andrés BILMES², Leandro D'ELIA¹, Daniela FUNES¹, Rodrigo FEO¹ y Juan FRANZESE¹

¹Centro de Investigaciones Geológicas (CONICET-UNLP), La Plata.

²Instituto Patagónico de Geología y Paleontología (COINCET, CCT-CENPAT), Puerto Madryn.

Email: jbucher@cig.museo.unlp.edu.ar

Editor: Diego A. Kietzmann

RESUMEN

La historia tectonoestratigráfica de los depósitos del antepaís neógeno en los sectores extra andino y andino norpatagónicos ha sido objeto de estudio de numerosas contribuciones en los últimos años, con el fin de entender la naturaleza y distribución de los eventos de deformación y de las secuencias sedimentarias asociadas. En este trabajo se realiza un análisis estructural y estratigráfico de los depósitos neógenos adyacentes a la localidad de Paso del Sapo, en la región extra andina norpatagónica. El análisis de las estructuras que controlan la distribución y naturaleza de los depósitos, junto con análisis sedimentológicos de las unidades litoestratigráficas asociadas espacial y temporalmente con las mencionadas estructuras, permite incluir a los depósitos analizados dentro del depocentro Paso del Sapo, en el marco del Antepaís Fragmentado Patagónico. La evolución de este depocentro consta de una primera etapa sin-tectónica que registra actividad de todas las estructuras presentes en la zona de manera contemporánea con la depositación de la Formación La Pava en ambientes aluviales con un significativo componente volcánico; un segundo período sin-tectónico muestra actividad de algunas estructuras de borde y desarrollo contemporáneo de los depósitos mayormente volcánicos de la Formación Collón Cura en ambientes aluviales-deltaicos-lacustres; y una última etapa pos-tectónica y degradacional con el desarrollo de los depósitos aterrazados denominados Depósitos de Planicies Superiores. La nueva información aportada contribuye al entendimiento regional de los eventos de deformación neógenos a través del análisis de las unidades sin-tectónicas registradas en este sector del antepaís andino norpatagónico.

Palabras clave: *Tectónica de cuencas sedimentarias, Antepaís Fragmentado Patagónico, deformación neógena andina, Formación Collón Cura, Patagonia.*

ABSTRACT

Structure and stratigraphy of a Neogene low in northpatagonian foreland: Paso del Sapo depocenter, Chubut province.

The tectonostratigraphic history of the neogene Andean foreland basin have been the main subject of several studies in recent years. These contributions are focused on understanding the nature and distribution of different deformation events and on the associated syntectonic sequences. In this case, we perform a structural and stratigraphic analysis of Neogene deposits located in the northpatagonian extra-andean area, adjacent to the Paso del Sapo town. These deposits are included in a Neogene depocenter within the Patagonian Broken Foreland called Paso del Sapo depocenter. This definition was based on the analysis of the structures that controlled the deposits nature and distribution in addition to sedimentological analysis of lithostratigraphic units spatially and temporally associated with the structures mentioned above. Also, three tectono-stratigraphic stages were recognized. The first one corresponds to a syntectonic stage, where La Pava Formation was deposited in an alluvial environmental system with significant volcanoclastic input and all structures contemporaneously on going. The second stage corresponds to a syntectonic period with some boundary faults active and alluvial-deltaic-lacustrine sedimentary environments developing the main volcanoclastic infill unit (the Collón Cura Formation). The last one corresponds to a post tectonic stage with terraced fluvial deposits defined as Depósitos de Planicies Superiores. Through the analysis of the syntectonic deposits located in the Paso del Sapo depocenter, this work contribute to the understanding of deformation events occurred in the Patagonian Foreland during the Neogene.

Keywords: *Tectonics of sedimentary basins, Patagonian Broken Foreland, Neogene andean deformation, Collón Cura Formation, Patagonia.*

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se han presentado significativos avances en la comprensión de la evolución neógena de los Andes Norpatagónicos y del sector extra andino adyacente. Numerosos trabajos han sido dirigidos a comprender la naturaleza y la distribución espacial y temporal de la deformación, a través de análisis tectónicos, estructurales y estratigráficos (Giacosa y Heredia 2004, Ramos *et al.* 2011, Folguera y Ramos 2011, Orts *et al.* 2012, García Morabito y Ramos 2012, Bilmes *et al.* 2013, 2014, Bechis *et al.* 2014, Ramos *et al.* 2015, Echaurren *et al.* 2016). En este sentido, diferentes estilos estructurales y unidades estratigráficas han sido definidos, desde fases extensionales vinculadas con depósitos marinos restringidos al Mioceno inferior (Bechis *et al.* 2014) hasta fases contraccionales vinculadas a depósitos continentales ubicadas temporalmente en el Mioceno inferior a superior para zonas andinas (Folguera y Ramos 2011, Ramos *et al.* 2011, Orts *et al.* 2012, Ramos *et al.* 2015), y en el Mioceno medio para zonas extra andinas (Bilmes *et al.* 2013, Echaurren *et al.* 2016).

Las contribuciones mencionadas previamente han sido enfocadas mayoritariamente a sectores andinos, tanto en la Cordillera Norpatagónica como en la Pre-cordillera Norpatagónica, (Giacosa y Heredia 2004, Folguera y Ramos 2011, Ramos *et al.* 2011, García Morabito y Ramos 2012, Orts *et al.* 2012, Ramos *et al.* 2015, Echaurren *et al.* 2016), mientras que para los sectores extra andinos, si bien existen trabajos recientes (Bilmes *et al.* 2013, 2014, Ramos *et al.* 2015, Echaurren *et al.* 2016), el grado de comprensión estructural y estratigráfico es más escaso.

Estudios estructurales y estratigráficos integrados que permitan registrar eventos deformacionales a partir del análisis en detalle de las secuencias sinorogénicas son indispensables para el desarrollo de modelos tectono-estratigráficos evolutivos que aporten hacia un mayor entendimiento de la dinámica andina norpatagónica (Ramos *et al.* 2011, Bilmes *et al.* 2013, Echaurren *et al.* 2016).

El presente trabajo pretende analizar la naturaleza y distribución de la deformación neógena en el sector extra andino

norpatagónico, en particular en un depocentro neógeno ubicado en las adyacencias de la localidad de Paso del Sapo. Los depósitos analizados en este trabajo han sido asociados regionalmente a la Cuenca de Gastre (Bilmes *et al.* 2013, 2014) y localmente se mencionan como pertenecientes a la Cuenca Paso del Sapo-Gastre (Bellosi *et al.* 2014).

El objetivo principal de esta contribución es caracterizar al depocentro de Paso del Sapo desde un punto de vista estratigráfico y tectónico, analizando las principales estructuras de deformación que lo limitan y afectan y las características estratigráficas del relleno sedimentario. Esta información permitirá realizar un modelo tectono-estratigráfico de la evolución del depocentro. Finalmente, sobre la base del análisis de las unidades estratigráficas involucradas en la deformación, los nuevos datos aportados serán enmarcados en el contexto regional de deformación en el antepaís norpatagónico.

MARCO GEOLÓGICO

El depocentro neógeno analizado en este trabajo ha sido asociado regionalmente a una unidad morfoestructural mayor denominada recientemente como Antepaís Fragmentado Patagónico (Bilmes *et al.* 2013). El Antepaís Fragmentado Patagónico se ubica a unos 300-500 km de la trinchera, con una extensión de aproximadamente 1000 km en sentido Norte-Sur y una amplitud hacia el Este que alcanza los 200 km (Fig. 1). Comprende el sector andino y extrandino adyacente a los Andes Nordpatagónicos y a los Andes Patagónicos Australes. La configuración morfoestructural del Antepaís Fragmentado Patagónico está caracterizada por bloques de basamento elevados que delimitan distintos depocentros con relleno neógeno. Las estructuras principales son fallas inversas de alto ángulo que involucran al basamento, generadas a partir de la inversión y reactivación neógena de estructuras preexistentes, tanto paleozoicas como mesozoicas. En menor medida, existen estructuras internas que afectan únicamente a la cobertura sedimentaria, asociadas al evento contraccional neógeno (Giacosa y Heredia 2004, García Mo-

rabito *et al.* 2011, Folguera y Ramos 2011, Gianni *et al.* 2015).

El área de estudio se ubica en el sector extra andino norpatagónico, 200 km al Este de la Cordillera Patagónica y a 500 km de la trinchera (Fig. 1). Se circunscribe a las adyacencias de la localidad de Paso del Sapo, entre los paralelos 42° 25' y 42° 55' S y los meridianos 69° 25' y 69° 50' O, y corresponde a un sector extra andino que, hasta el momento, carecía de estudios estratigráficos y estructurales de detalle integrados (Fig. 1). Los depósitos neógenos conforman un depocentro del Antepaís Fragmentado Patagónico, separado por el alto de basamento pre-neógeno de la sierra de Taquetrén de la zona de desarrollo principal de la Cuenca de Gastre (Fig. 1). Este depocentro posee una distribución regional elongada en sentido N-S a NNO-SSE, y un área de aproximadamente 750 km². Se encuentra limitada al Este y Norte por el alto estructural de la Sierra de Taquetrén y al Oeste por un alto volcánico-estructural paleógeno (Figs. 1 y 2).

En particular, el sector de Antepaís Fragmentado Patagónico analizado en este trabajo (Fig. 2) registra una historia geológica extensa que incluye diversas unidades litoestratigráficas vinculadas con diversos eventos de deformación. Las unidades aflorantes más antiguas comprenden un basamento ígneo-metamórfico integrado por las Formaciones Cushamen y Mamil Choique, de edad paleozoica y vinculadas a grandes lineamientos corticales de extensión regional (Pankhurst *et al.* 2003, 2006, Ramos 2008, Rapalini *et al.* 2010). Respecto de las unidades jurásicas, se componen de volcanitas y sedimentitas que corresponden a las Formaciones Lonco Trapial y Cañadón Asfalto, asociadas con estructuras extensionales vinculadas a la Cuenca de Cañadón Asfalto (Figari y Courtade 1993, Figari *et al.* 1996, 2015). Por encima de éstas, siguen areniscas y pelitas de edad mastrichtiano-danianas asignadas a las Formaciones Paso del Sapo y Lefipán, asociadas a una ingesión marina atlántica (Spalletti 1996, Malumián *et al.* 1999, Ruiz 2006, Suárez y Márquez 2007, Scasso *et al.* 2012) e interpretadas como depósitos sinorogénicos (Ruiz *et al.* 2005, Echaurren *et al.* 2016). El intervalo Paleógeno está evidenciado

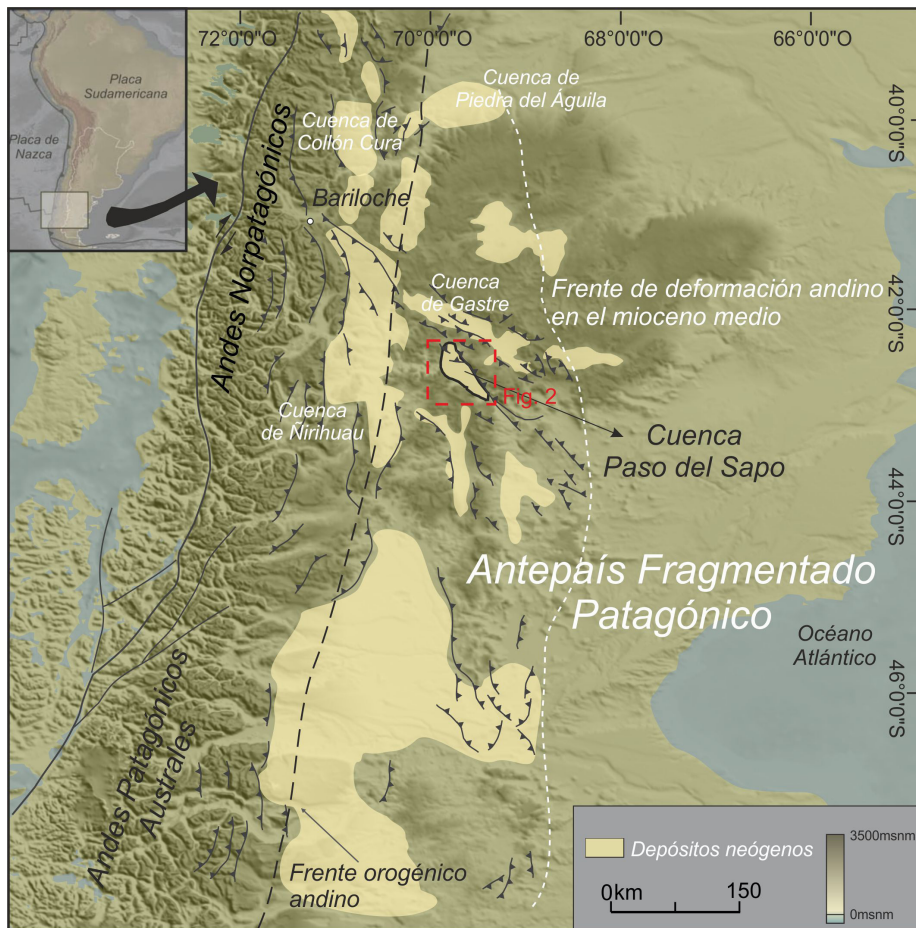


Figura 1. Configuración morfoestructural del Antepaís Fragmentado Patagónico, modificado de Bilmes *et al.* (2013). Los depósitos neógenos se encuentran distribuidos en depocentros limitados por altos estructurales de basamento vinculados a activación de estructuras previas, y generación de nuevas estructuras, ambas asociadas al evento contraccional acaecido en el Mioceno.

por la Formación Huitrera, representada por un volcanismo explosivo y lávico asociado a un contexto extensional (Aragón y Mazzoni 1997, Ramos *et al.* 2015, Echaurren *et al.* 2016). Finalmente, las unidades neógenas comprenden a las Formaciones La Pava (Nullo 1978) y Collón Cura (Yrigoyen 1969), asignadas al Mioceno inferior (Nullo 1979, Mazzoni y Benvenuto 1990) y al Mioceno medio, respectivamente (Marshall *et al.* 1977, Rabassa 1978, Nullo 1979, González Díaz y Nullo 1980, Bilmes *et al.* 2013) y a los Depósitos de Planicies Superiores (Lizuiñ 2010) asignados por estudios regionales al Plio-Pleistoceno (Volkheimer 1963, 1964, 1965). Tanto la Formación La Pava como la Formación Collón Cura registran depósitos sedimentarios continentales de composición volcániclastica, asociados regionalmente con un evento contraccional (Bilmes *et al.* 2013). Por su parte, los Depósitos de

Planicies Superiores corresponden a depósitos epiclasticos, conglomerádicos y arenosos. En localidades cercanas se han incluido unidades de características similares a los Depósitos de Planicies Superiores dentro de la Formación Río Negro (Bilmes *et al.* 2013, 2014, Bellosi *et al.* 2014).

ESTRUCTURA

Los depósitos neógenos adyacentes a la localidad de Paso del Sapo están íntimamente vinculados con diferentes estructuras de fallamiento (Fig. 2). Las principales pueden diferenciarse en a) estructuras que limitan al depocentro y b) estructuras internas del depocentro. La estructura que limita al depocentro por el Este (Fig. 3) es la falla del río Chubut Medio, que posee vergencia occidental y controla el desarro-

llo/levantamiento de la sierra de Taquetrén (Figari y Courtade 1993, Figari *et al.* 1996, 2015). La estructura que limita al depocentro por el Oeste es la falla San Martín, de vergencia oriental, opuesta a la anterior (Ruiz *et al.* 2005, Ruiz 2006) (Fig. 4). Ambas estructuras determinan una zona triangular deprimida que limita la extensión de los depósitos neógenos (Fig. 2). La falla del río Chubut Medio posee una orientación N-S en su sector norte y una orientación NO-SE en su sector austral (Fig. 3), con inclinaciones hacia el Este de alto ángulo en superficie. Alcanza una longitud total de más de 50 km y eleva un bloque de basamento pre-mioceno que conforma un anticlinal de rocas jurásicas con núcleo ígneo-metamórfico paleozoico, hasta una altura de 1200 m s.n.m. Esta falla posee una historia pre-neógena vinculada a diferentes eventos de deformación. Fue interpretada como una estructura paleozoica asociada con grandes lineamientos corticales vinculados a posibles suturas continentales (Pankhurst *et al.* 2003, 2006, Ramos 2008). Su vinculación con las unidades jurásicas fue interpretada como producto de un fallamiento normal que limitó un hemigraben de la Cuenca de Cañadón Asfalto (Figari *et al.* 1996, 2015). Por otro lado, la actividad tectónica contraccional cretácica para los Andes Norpatagónicos, definida por diferentes autores (Folguera y Ramos 2011, Allard *et al.* 2011, Bilmes *et al.* 2013), tuvo expresión a lo largo de esta estructura en forma previa y de manera parcialmente contemporánea con la ingresión del Maastrichtiano-Daniánico (Echaurren *et al.* 2016). Durante el Neógeno, la falla del río Chubut Medio fue reactivada por la actividad contraccional miocena (Bilmes *et al.* 2013, Echaurren *et al.* 2016). Evidencia de esto en la zona de estudio es la presencia de discordancias progresivas desarrolladas en los depósitos neógenos adyacentes a la estructura (Fig. 3). Estas discordancias involucran al menos 180 m de los mismos, correspondientes a las Formaciones La Pava y Collón Cura. Las discordancias progresivas limitan estratos de crecimiento que incluyen desde capas volcadas con inclinaciones de 85° en dirección N 80° hasta capas con inclinaciones de 23° en dirección opuesta N 260° (Fig. 3). La falla San Martín (Fig. 4), analizada re-

gionalmente en trabajos previos (Ruiz *et al.* 2005, Ruiz 2006), y denominada en este trabajo, presenta una longitud de 30 km con una dirección N-S en su tramo norte y NO-SE en su tramo sur. El bloque techo alcanza una altura máxima de 1000 msnm. La falla San Martín está constituida por una falla principal y por estructuras menores asociadas. La estructura principal es una falla inversa de alto ángulo con inclinación hacia el Oeste, a la que se asocian fallas inversas y pliegues menores, con geometrías típicas de anticlinal de inversión (McClay y Buchanan 1992, Yamada y McClay 2004) (Fig. 4). Al Oeste de la falla San Martín, las unidades paleógenas correspondientes a la Formación Huitrera muestran espesores mínimos de 150 m, mientras que al Este de la misma no superan los 30 m y presentan un patrón típico de relleno de hemigraben (McClay y Buchanan 1992, Yamada y McClay 2004). Por otro lado, los depósitos miocenos están limitados al Oeste por la falla San Martín y muestran el desarrollo de discordancias progresivas vinculadas a la estructura en los 10 a 15 m basales correspondientes a la Formación La Pava (Fig. 4). Estas discordancias internas delimitan estratos de crecimiento, los cuales poseen inclinaciones de 30° en dirección N 45° que van disminuyendo progresivamente hasta posiciones horizontales. Sobre la base del régimen tectónico extensional definido para el paleógeno de la región (Folguera y Ramos 2011, Echaurren *et al.* 2016), junto con la relación que presenta la falla San Martín con las unidades pre-miocenas y el alto ángulo que presenta la misma, se coincide con las interpretaciones previas realizadas por Ruiz *et al.* (2005) y Ruiz (2006) en definir que esta estructura funcionó como una estructura de borde extensional que controló los depósitos paleógenos. La relación que esta estructura presenta con los depósitos miocenos demuestra que la falla San Martín fue luego invertida en el Neógeno, comportándose como una falla inversa que funcionó como límite occidental para los depósitos neógenos analizados en este trabajo (Figs. 2 y 4). Con respecto a las estructuras internas, son fallas inversas fuertemente oblicuas a las fallas limitantes (Fig. 2). Las estructuras poseen orientaciones E-O a ENE-

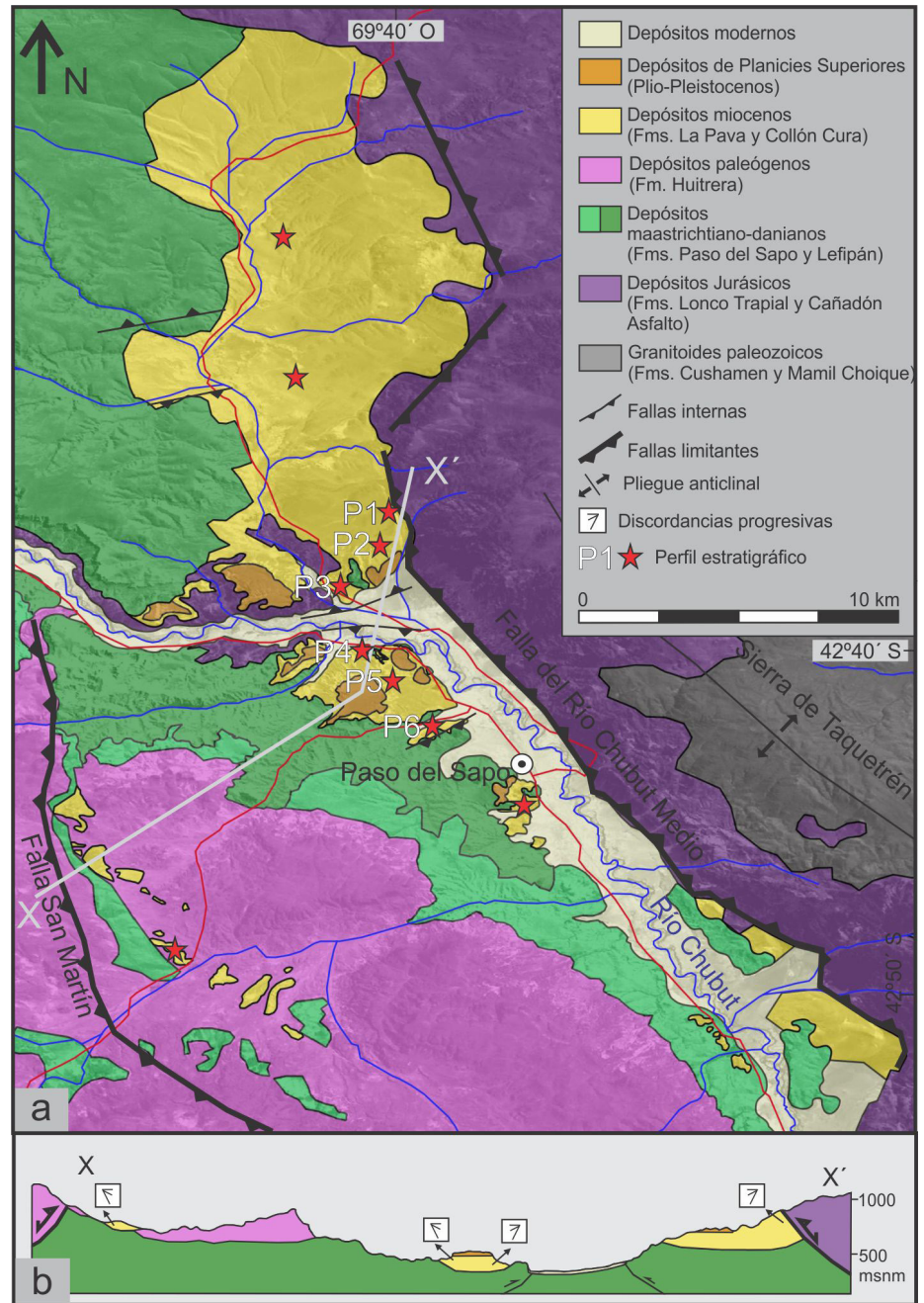


Figura 2. Distribución de las unidades geológicas y de las principales estructuras en el área de estudio: a) Mapa geológico que muestra la distribución de las distintas unidades presentes en la zona de estudio, así como las principales estructuras limitantes e internas; b) Sección vertical perpendicular a las estructuras limitantes.

OSO, inclinaciones al N y S, longitudes de entre 2 y 4 km y espaciados de entre 1 y 5 km. Las fallas exponen altos pre neógenos constituidos por rocas volcánicas jurásicas, depósitos clásticos maastrichtiano-danianos y volcanitas paleógenas (Fig. 5). La marcada oblicuidad de estas fallas respecto a las estructuras limitantes y a las estructuras mayormente N-S que caracterizan a la deformación andina, indicaría una potencial vinculación con anisotropías

del basamento. Por otro lado, los depósitos neógenos asociados a las estructuras internas muestran el desarrollo de discordancias progresivas que delimitan estratos de crecimiento en los primeros 10 a 15 m correspondientes a la Formación La Pava. Estas discordancias progresivas poseen inclinaciones de hasta 30° que disminuyen de manera gradual hasta 0°, y distintas orientaciones según a qué estructura interna se encuentren vinculadas.

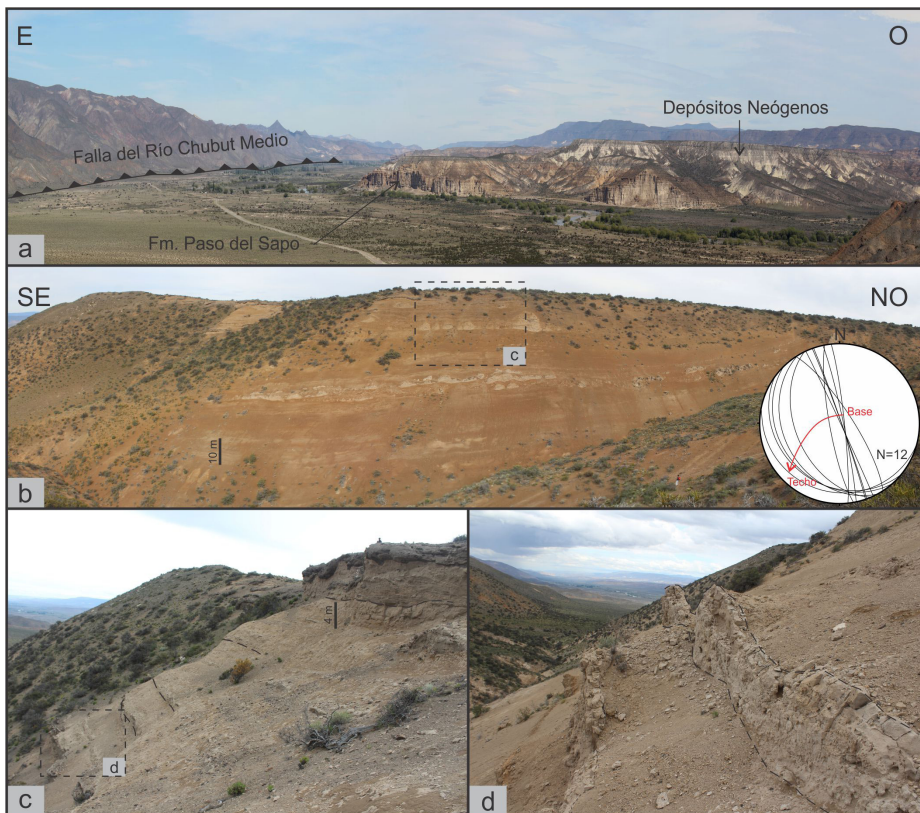


Figura 3. Falla del río Chubut Medio y discordancias progresivas asociadas en las Formaciones La Pava y Collón Cura: a) Exposición de la falla del río Chubut Medio en el sector medio del río Chubut controlando la distribución de los depósitos neógenos; b) Vista general de las discordancias progresivas y diagrama estereográfico mostrando la distribución espacial de las mismas; c) Detalle de las discordancias progresivas en la sección superior de la Formación Collón Cura; d) Detalle de las discordancias progresivas del sector medio de la Formación Collón Cura.

ESTRATIGRAFÍA DEL RELLENO

Las unidades neógenas adyacentes a la localidad de Paso del Sapo se componen de depósitos continentales volcániclasticos y epiclasticos que presentan diversas características litológicas, distribución espacial y temporal, y distinta relación con las estructuras existentes en el área de estudio. Estos depósitos han sido asignados previamente a las Formaciones La Pava y Collón Cura (Bilmes et al 2013, 2014, Bellosi et al. 2014, Bucher et al. 2016, Sartzetti et al. 2017), y a los depósitos informalmente denominados como Depósitos de Planicies Superiores (Lizuain 2010). Estas unidades constituyen el relleno del depocentro analizado, y fueron estudiadas sobre la base de perfiles sedimentológicos a escala 1:100 (Fig. 6) distribuidos a lo largo y ancho del mismo (Fig. 2). Los depósitos de la Formación La Pava se desarrollan sobre una superficie regional

que los separa del basamento pre-neógeno. Poseen de 10 a 15 m de espesor y, como ya fue dicho, poseen el desarrollo de discordancias progresivas en adyacencias a las fallas limitantes y a las fallas internas (Figs. 3 y 5). Esta unidad está representada por cuerpos tabulares de 50-200 cm de espesor de aglomerados muy mal seleccionados matriz sostén, con clastos de unidades adyacentes (unidades maastriichtiano-danianas, paleógenas y jurásicas) de hasta 50 cm, inmersos en una matriz volcániclastica areno-limo-arcillosa con abundantes fragmentos pumíceos y trizas vítreas (Figs. 6 y 7). Minoritariamente se compone de areniscas y limolitas blanquecinas masivas también de composición volcániclastica. Ambas litofacies poseen rasgos pedogenéticos como cutanes argílicos de iluviación, nódulos ferruginosos y rasgos vinculados a expansión-contracción de arcillas (Fig. 7) que permiten definir la presencia de horizontes de suelo superficiales y subsuperficiales. Poseen

un alto grado de bioturbación, pudiéndose identificar trazas asignadas a *Coprinisphaera* y *Celliforma* junto con rizolitos, tubos verticales y galerías (Fig. 7).

Las características mencionadas se corresponden con ambientes aluviales dominados por flujos de detritos eventuales bajo un marcado aporte de material volcániclastico. Estos pulsos estuvieron separados por períodos de no deposición que permitieron el desarrollo de paleosuelos. Para esta Formación, en localidades cercanas, se interpretaron condiciones de acumulación similares (Genise et al. 2000, Bilmes et al. 2014, Bellosi et al. 2014, López et al. 2016, Bucher et al. 2016, Sartzetti et al. 2017).

Los depósitos correspondientes a la Formación Collón Cura (Figs. 8 y 9), muestran un contacto transicional cuando se encuentran por encima de la Formación La Pava, o se desarrollan sobre una superficie regional que la separa de los depósitos pre-neógenos. Poseen una amplia distribución espacial (Fig. 2) y presentan diferencias en sus rasgos estructurales y sedimentológicos según la zona en que se las estudie. Estas diferencias permiten caracterizar una zona proximal restringida a las adyacencias de la falla del río Chubut Medio y una zona media-distal que comprende la mayor parte de los depósitos.

La Formación Collón Cura en su sección proximal comprende espesores de hasta 180 m y desarrolla discordancias progresivas exclusivamente vinculadas con la falla del río Chubut Medio (Fig. 3). Posee una composición volcániclastica, con abundancia de fragmentos pumíceos y trizas vítreas. Las litofacies se componen mayormente de cuerpos tabulares de entre 100-300 cm, macizos, conglomerádicos y arenosos (Figs. 6 y 8). En menor medida se registran cuerpos lenticulares que muestran internamente arreglos granodecrescentes que van desde conglomerados gruesos en la base hasta areniscas medianas hacia el techo, las cuales poseen estructuras sedimentarias tractivas como estratificación entrecruzada planar de bajo ángulo y estratificación entrecruzada en artesa.

Los términos medios y distales de esta unidad yacen de manera horizontal a subhorizontal cuando se vinculan con estructuras internas y con la falla San Martín (Figs. 4

y 5). Poseen una composición volcánico-clástica, con abundancia de fragmentos pumíceos y trizas vítreas. Se componen de depósitos arenosos y pelíticos y en menor medida de sabulitas y conglomerados (Figs. 6 y 8). Las areniscas son generalmente masivas, mal seleccionadas y conforman cuerpos tabulares de entre 20 y 300 cm de espesor. Las litologías pelíticas están representadas por limolitas masivas y por arcilitas laminadas de coloraciones amarillentas a verdosas que se disponen en cuerpos tabulares con potencias de 20-400 cm. Estas litofacies se asocian vertical y lateralmente con litologías sabulíticas, las cuales poseen geometría lobular con espesores de 2-5 m y extensiones laterales de 10-30 m. Los lóbulos desarrollan internamente cuerpos sigmoidales que poseen entre 10-25° de inclinación, 30-80 cm de espesor y 10-20 m de extensión en el sentido de la inclinación (Fig. 8).

La litología y las características sedimentológicas de la Formación Collón Cura indican que la depositación ocurrió en ambientes continentales, bajo una mayor tasa de aporte volcánico-clástico respecto de la Formación La Pava. Los depósitos del sector proximal representan flujos gravitatorios de sedimentos no confinados y, en menor medida, depósitos canalizados, lo que permite interpretarlos como sistemas de depositación aluviales-fluviales (Blair y McPherson 1994, Nichols y Fisher 2007, Bilmes y Veiga 2016). Estos ambientes se vinculan lateralmente con los depósitos medios y distales, interpretados como ambientes deltaico-lacustres. Interpretaciones ambientales similares para esta unidad han sido descritas en localidades cercanas (Ramos *et al.* 2011, Bilmes *et al.* 2014, Bellosi *et al.* 2014, Bucher *et al.* 2016, Sarzetti *et al.* 2017).

Culminando la sucesión estratigráfica, los depósitos denominados informalmente Depósitos de Planicies Superiores (Lizuin 2010) se desarrollan sobre una superficie horizontal y erosiva de carácter regional (Fig. 9). Estos depósitos se encuentran aterrazados, evidenciando un patrón apareado compuesto por dos nive-

Figura 5. Estructura interna y discordancias progresivas asociadas: a) Fotografía de campo de las discordancias progresivas; b) Interpretación de las mismas y ubicación espacial en un diagrama estereográfico.

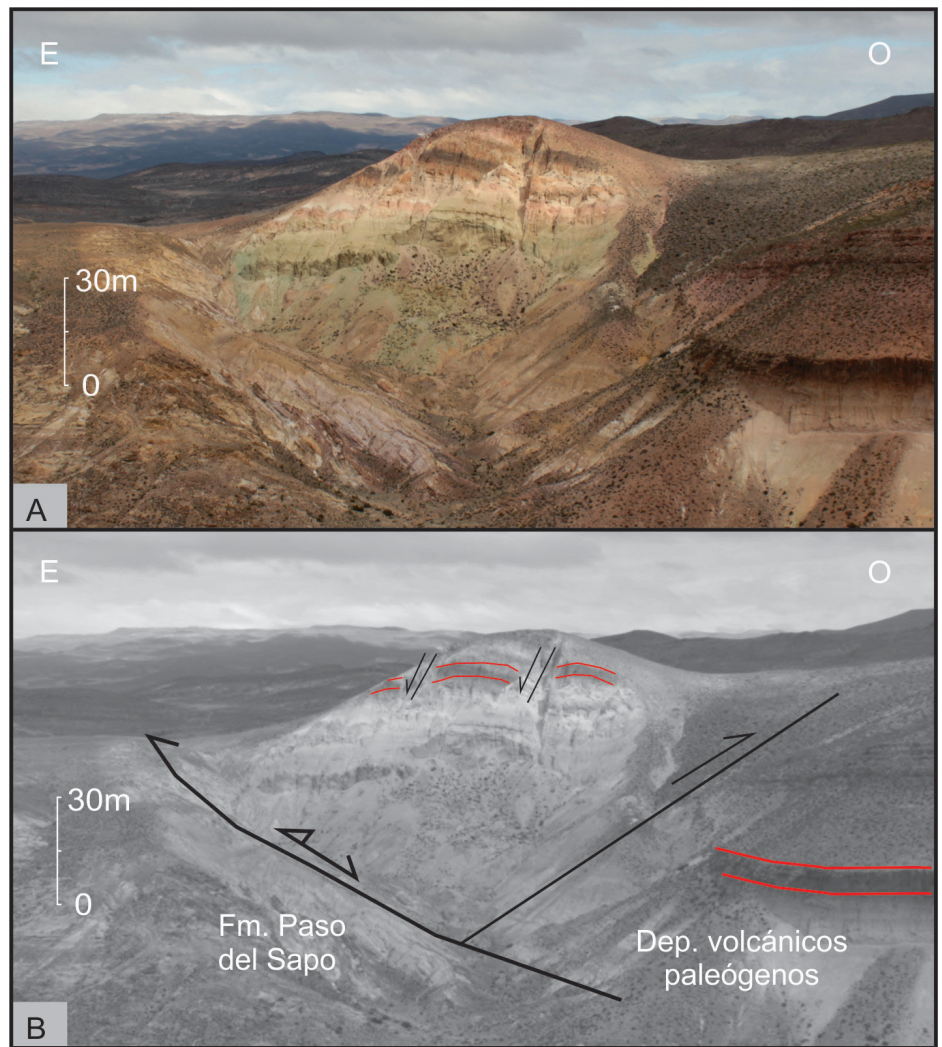


Figura 4. Falla San Martín: a) Fotografía de afloramiento de la falla San Martín tomada desde el Norte en dirección hacia el Sur; b) Interpretación estructural mostrando una falla principal invertida de alto ángulo e inclinación al Oeste y estructuras menores asociadas, entre las que se destacan una falla inversa antitética, y un pliegue anticlinal de inversión que a su vez se encuentra afectado internamente por fallas normales.

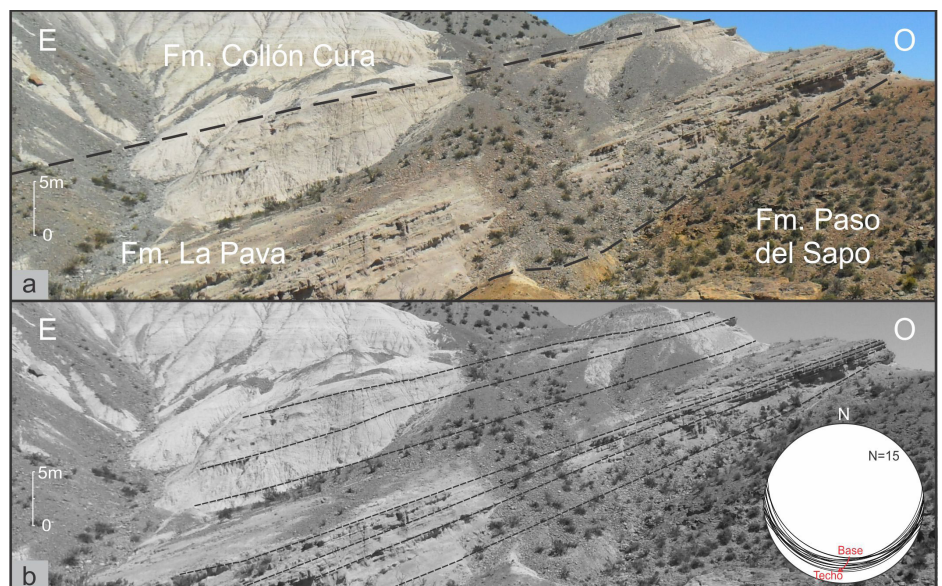


Figura 5. Estructura interna y discordancias progresivas asociadas: a) Fotografía de campo de las discordancias progresivas; b) Interpretación de las mismas y ubicación espacial en un diagrama estereográfico.

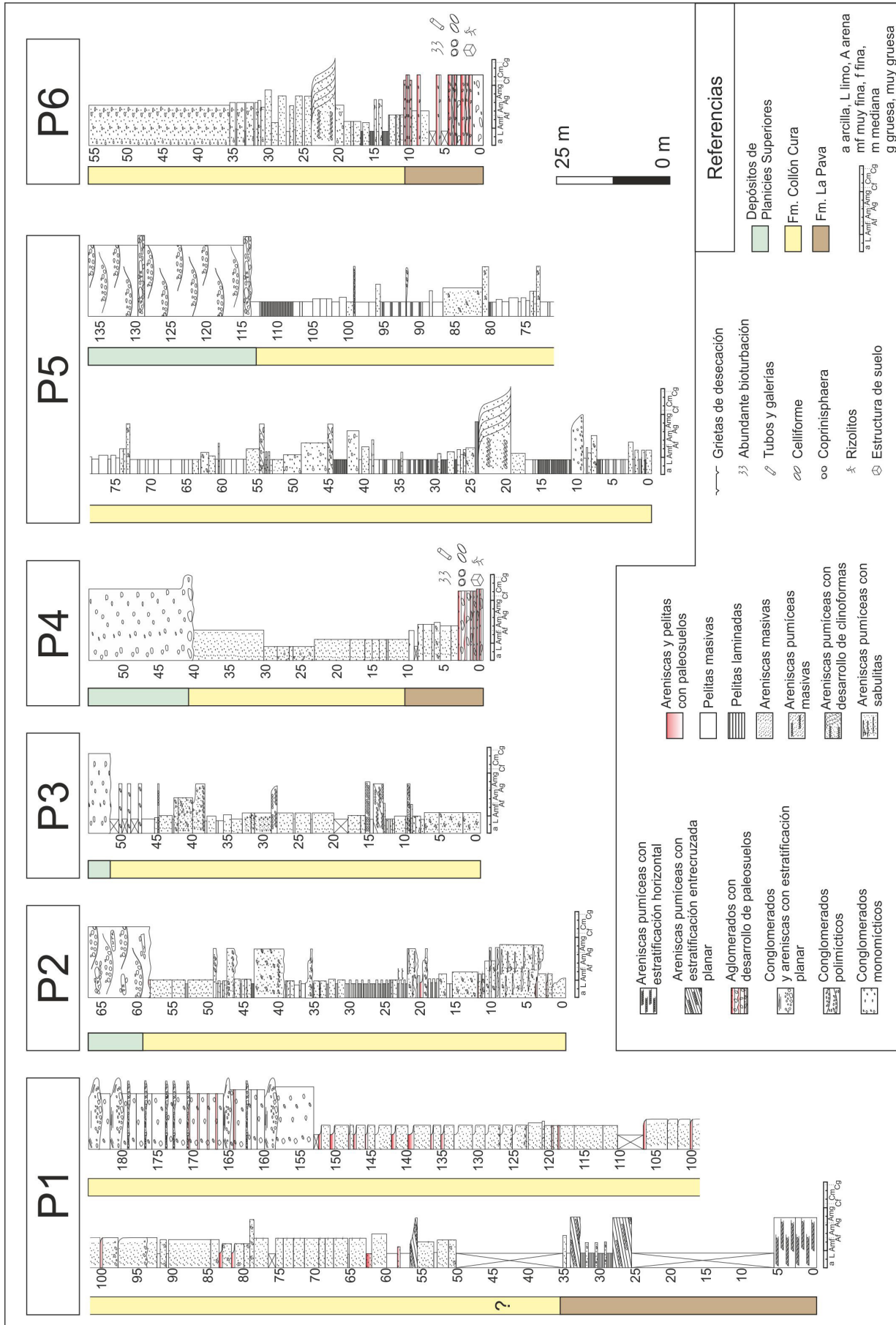


Figura 6. Perfiles estratigráficos mostrando las principales características litológicas de los depósitos neógenos analizados. Ver ubicación de los perfiles en la figura 2.

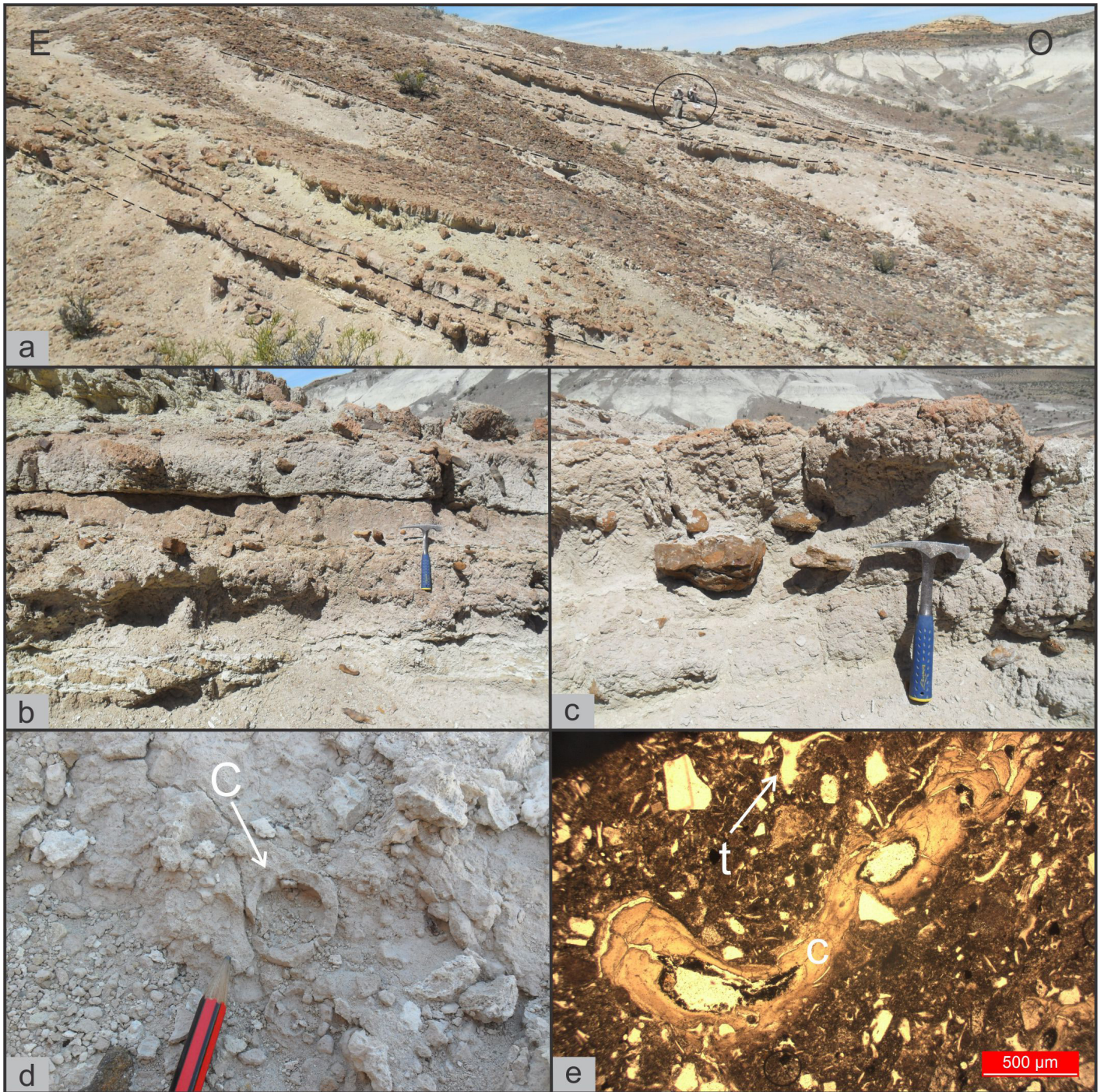


Figura 7. Depósitos correspondientes a la Formación La Pava: a) Apariencia general de la unidad con desarrollo de discordancias progresivas (personas de escala); b) Estratos tabulares de la Formación La Pava; c) Aglomerados matriz sostén con clastos de la Formación Paso del Sapo de hasta 40 cm; d) Fotografía de detalle de la Formación La Pava, C: *Coprinisphaera*; e) Microfotografía de la Formación La Pava evidenciando la presencia de componentes volcánico-clásticos (t) y de cutanes argílicos de iluviación de extenso desarrollo (c).

les de terrazas. Yacen en posición sub-horizontal con espesores de entre 5 y 25 m y se componen de ciclos grandecrecientes que constituyen cuerpos conglomerádicos y en menor medida arenosos de geometría lenticular con bases fuertemente erosivas, de entre 1-3 m de espesor y 5-7 m de ex-

tensión lateral (Figs. 6 y 9). Poseen generalmente texturas clasto sostén, un buen grado de redondeamiento de los clastos y una composición epiclástica polimíctica. Es común la presencia de estructuras tractivas en las facies arenosas, tales como estratificación entrecruzada en artesa, estratifi-

cación entrecruzada planar y estratificación planar. Los ciclos grandecrecientes se repiten en la secuencia verticalmente (Fig. 9). Sobre la base de las características mencionadas se interpreta que esta unidad fue depositada por sistemas fluviales con carga de fondo predominantemente gravosa.

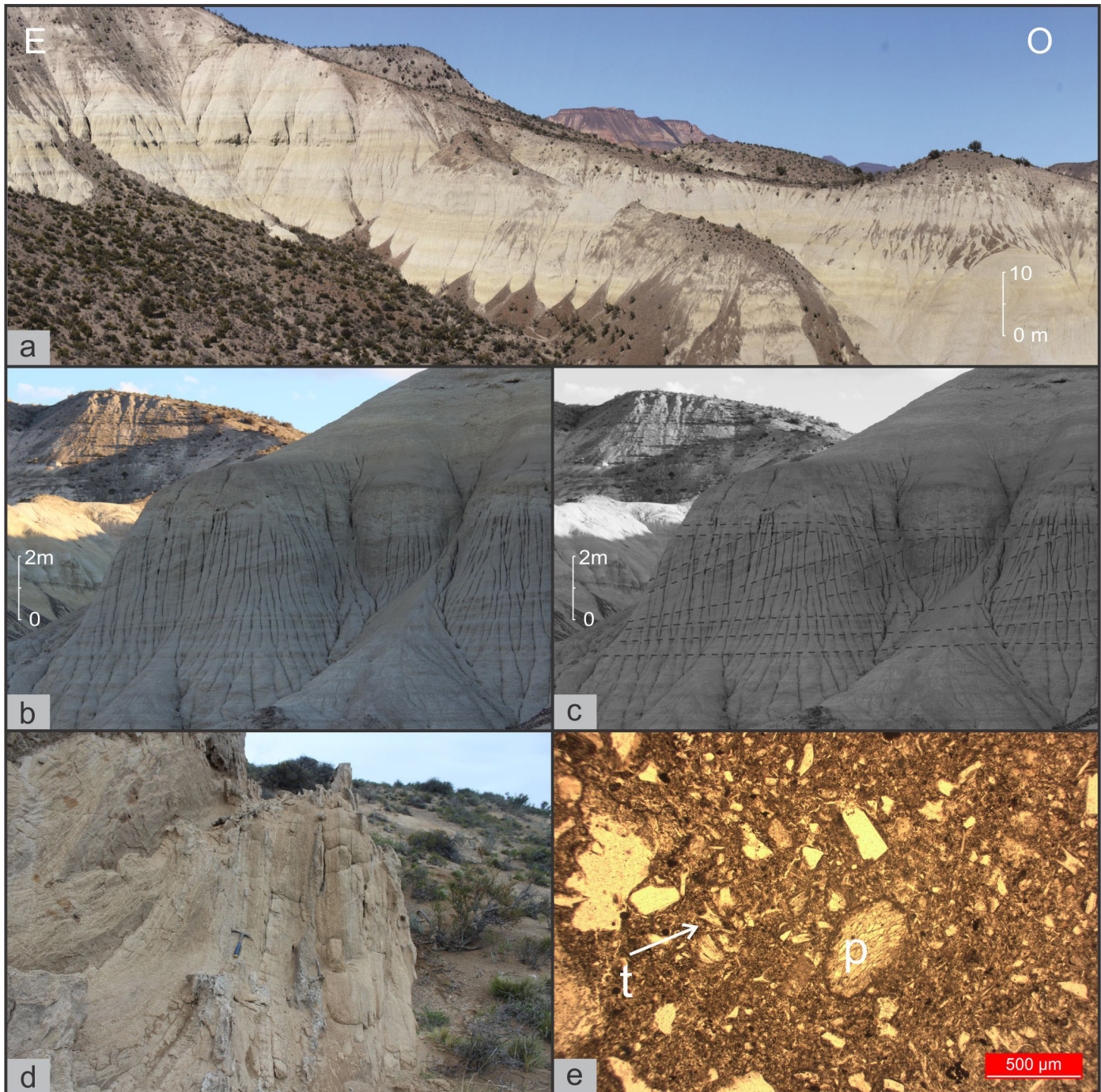


Figura 8. Formación Collón Cura: a) Fotografía panorámica de los afloramientos deltaico-lacustres de la Formación Collón Cura; b-c) Cuerpos sigmoidales correspondientes a sistemas deltaicos de la Formación Collón Cura; d) Estratos verticales adyacente a la falla del Río Chubut Medio, correspondientes a un cuerpo lenticular de areniscas sabulíticas con estructuras sedimentarias tractivas; e) Microfotografía de la Formación Collón Cura evidenciando la presencia de fragmentos pumíceos (p) y trizas vítreas (t).

DISCUSIÓN

El depocentro Paso del Sapo: evolución tectono-estratigráfica e implicancias regionales

Los depósitos analizados en este trabajo han sido vinculados previamente a la

Cuenca de Gastre/ Paso del Sapo-Gastre (Bilmes *et al.* 2013, 2014, Bellosi *et al.* 2014). Sin embargo, el análisis realizado en esta contribución desvincula estos depósitos de la Cuenca de Gastre y permite incluirlos en el depocentro Paso del Sapo, dentro del Antepaís Fragmentado Patagó-

nico. Este depocentro se encuentra separado de la vecina Cuenca de Gastre por el alto asociado a la falla del río Chubut Medio, el cual funcionó como un alto estructural activo durante toda la deposición de las Formaciones La Pava y Collón Cura, representando una falla de borde



Figura 9. Depósitos de Planicies Superiores: a) Depósitos aterrazados correspondientes a los Depósitos de Planicies Superiores, desarrollados sobre las Formaciones Paso del Sapo y Collón Cura; b) Cuerpos lenticulares conglomerádicos granodécrescentes de las Depósitos de Planicies Superiores; c) Imbricación de clastos en los Depósitos de Planicies Superiores evidenciando la presencia de fragmentos pumíceos (p) y trizas vítreas (t).

que delimitó los depocentros de Gastre y Paso del Sapo al Noreste y al Suroeste respectivamente.

Este depocentro se enmarca dentro de la unidad morfoestructural del Antepaís Fragmentado Patagónico (Fig. 2). Se ubica en una zona "triangular" limitada por fallas de borde (al Este por la falla del río Chubut Medio y al Oeste por la falla San Martín) y afectada por estructuras internas oblicuas a las fallas de borde. El relleno presenta una distribución asimétrica con espesores máximos en adyacencias a la falla del río Chubut Medio y mínimos hacia el Oeste (Figs. 2 y 6), y muestra relaciones desde sin a pos-tectónicas respecto de las distintas estructuras.

El análisis estructural y estratigráfico del depocentro Paso del Sapo permitió establecer una cronología relativa de los eventos acontecidos en la generación y evolución de la misma. Las características paleoambientales del relleno, en conjunto con el régimen tectónico de las unidades durante la depositación respecto de las fallas de borde e internas, fueron utilizadas para definir distintas etapas en la evolución del depocentro (Fig. 10). En función de estas consideraciones, se puede dividir la historia tectono-estratigráfica del depocentro Paso del Sapo en tres etapas: el estadio inicial está representado por la

Formación La Pava, la segunda etapa por la Formación Collón Cura y el estadio final por los Depósitos de Planicies Superiores. La primera etapa (Fig. 10) tuvo como proceso más importante una actividad tectónica que reactivó e invirtió las estructuras previas, generando la configuración del depocentro Paso del Sapo sobre un relieve heredado de eventos tectónicos previos (extensión jurásica, contracción cretácica y extensión paleógena). La deformación progresó a través de las estructuras de borde e internas como fallas inversas de alto ángulo, determinando la participación del basamento para las diferentes estructuras reconocidas. La presencia de discordancias progresivas indica que, contemporáneamente con la estructuración, se depositó la Formación La Pava, a partir de sistemas aluviales compuestos por material mixto volcanoclástico y epiclástico construidos por pulsos de depositación separados por intervalos temporales que permitieron el desarrollo de paleosuelos. En una segunda instancia (Fig. 10) se depositó la Formación Collón Cura, como resultado de acumulación en sistemas aluviales-fluviales ubicados en las adyacencias de la falla del río Chubut Medio, interpretados como de borde de depocentro, y de sistemas deltaicos-lacustres desarrollados hacia el centro de depocen-

tro. Estos sistemas se desarrollaron en un contexto sin-tectónico, evidenciado por la presencia de discordancias progresivas que indican una depositación sin-tectónica respecto de la falla del río Chubut Medio y pos-tectónica respecto de la falla San Martín y de las estructuras internas. Esta etapa es la que registra los mayores espesores y la mayor distribución areal, lo que sugiere un importante desarrollo de los sistemas sedimentarios bajo un significativo aporte volcánico.

La superficie regional y erosiva que separa los depósitos de la Formación Collón Cura de los Depósitos de Planicies Superiores sugiere una caída del nivel de base y un período de fuerte erosión. Sobre esta superficie se desarrolla la última etapa en la evolución del depocentro (Fig. 10), donde se acumularon los depósitos aterrazados correspondientes a la unidad informal Depósitos de Planicies Superiores, caracterizados por sistemas fluviales gravosos en un contexto pos-tectónico y sin aporte de material volcanoclástico. Las variaciones en el nivel de base regional que evidencian estos depósitos podrían estar vinculadas con el ascenso regional del Antepaís Fragmentado Patagónico en tiempos pos-miocenos (Guillaume *et al.* 2009, Pedoja *et al.* 2011, Folguera *et al.* 2015). Cabe resaltar que recientemente algunos autores han presentado evidencias de deformación contraccional neotectónica, aunque este evento de deformación se asocia de forma selectiva dentro de las estructuras del Antepaís Fragmentado Patagónico más occidentales (Echaurren *et al.* 2016).

En resumen se reconoció la presencia de depósitos sin-tectónicos correspondientes a las Formaciones La Pava y Collón Cura, y de depósitos pos-tectónicos de la unidad Depósitos de Planicies Superiores, los cuales están representados por sistemas aluviales, aluviales-deltaicos-lacustres, y fluviales, respectivamente (Fig. 10).

Para sectores andinos, Bechis *et al.* (2014) reconocieron una fase de deformación extensional asociada con depósitos marinos del mioceno inferior y luego una fase contraccional a partir del Mioceno medio; por otro lado Orts *et al.* (2012) indican una actividad contraccional desde tiempos Mioceno temprano a tardío, mientras que Ramos *et al.* (2015) proponen que la con-

tracción vinculada a los depósitos de las Formaciones Ñirihau y Collón Cura se ubica tanto en el Mioceno temprano como tardío. Para regiones extra andinas Bilmes *et al.* (2013) y Echaurren *et al.* (2016) proponen una fase contraccional restringida al Mioceno medio representada en el sector basal de la Formación Collón Cura. Las evidencias presentadas en este trabajo permiten señalar que no se registra la fase extensional señalada por Bechis *et al.* (2014) para el dominio andino, y respaldan la presencia de un régimen contraccional para el Mioceno en la zona de antepaís norpatagónico. A su vez, los datos aquí relevados permiten extender la etapa sintectónica planteada por Bilmes *et al.* (2013) y Echaurren *et al.* (2016) a la Formación La Pava y a todo el registro de la Formación Collón Cura, asignadas por estudios regionales al Mioceno inferior y al Mioceno medio respectivamente (Bilmes *et al.* 2013, 2014, Bellosi *et al.* 2014, Bucher *et al.* 2016, Sarzetti *et al.* 2017) lo cual implicaría la presencia del evento contraccional desde el Mioceno temprano al Mioceno medio en esta zona del Antepaís Fragmentado Patagónico. De esta manera, al menos durante este período, la deformación habría progresado de manera simultánea en zonas andinas y extra andinas.

CONCLUSIONES

El depocentro Paso del Sapo, ubicado en el sector extra andino norpatagónico, constituye un depocentro del Antepaís Fragmentado Patagónico, el cual se encuentra aislado respecto de la Cuenca de Gastre por la falla del río Chubut Medio. Su generación y evolución estuvo controlada por estructuras contraccionales miocenas fuertemente influenciadas por fallamiento previo (lineamientos paleozoicos, extensión jurásica y extensión paleógena). Su relleno se compone de unidades continentales, sin-tectónicas y pos-tectónicas, volcániclasticas y epiclasticas, depositadas en ambientes aluviales, fluviales, deltaicos y lacustres. La evolución tectono-estratigráfica se organizó en tres etapas. La primera de ellas de carácter sin-tectónico es registrada por los depósitos aluviales con desarrollo de

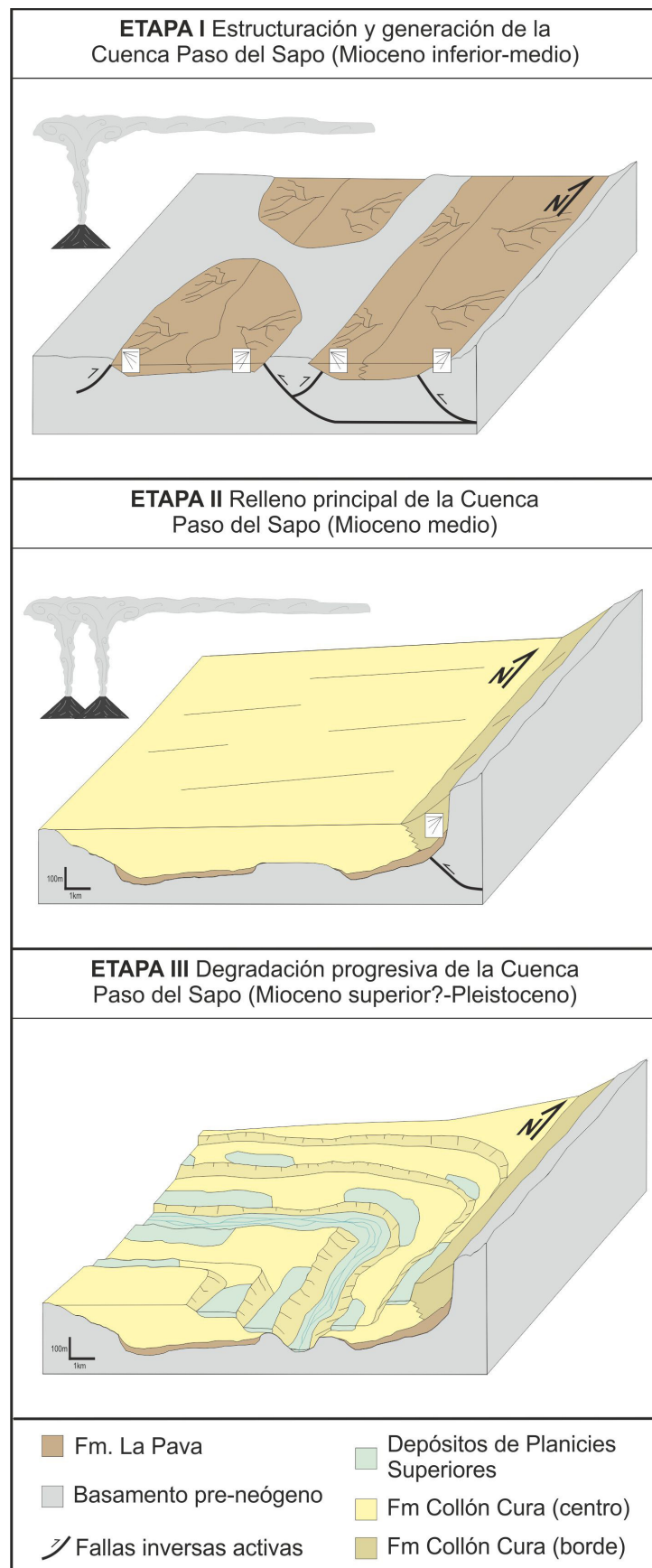


Figura 10. Etapas propuestas para la evolución tectono-estratigráfica del depocentro Paso del Sapo.

paleosuelos de la Formación La Pava; un segundo estadio también sin-tectónico es evidenciado por la Formación Collón Cura, depositada en ambientes aluviales, deltaicos y lacustres; y una última etapa pos-tectónica y degradacionales registrada por los Depósitos de Planicies Superiores, correspondientes a depósitos fluviales aterrazados.

Sobre la base de las evidencias desarrolladas en este trabajo junto con las descritas en regiones cercanas (Bilmes *et al.* 2013, 2014, Ramos *et al.* 2015, Bucher *et al.* 2016, López *et al.* 2016, Echaurren *et al.* 2016), la principal fase de estructuración neógena del sector extra andino norpatagónico incluye al menos el lapso de depositación de las Formaciones La Pava y Collón Cura, lo cual implicaría edades Mioceno temprano-Mioceno medio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Lic. Tomás Fuentes, al Lic. Leandro Bertolín y al Sr. Mariano González Dobra por su invaluable apoyo durante las tareas de campo. Asimismo agradecen los comentarios y sugerencias de los Dres. Roberto Scasso, Eduardo Bellosi, y Diego A. Kietzmann que permitieron mejorar este trabajo. Este trabajo fue financiado con fondos del CONICET (PICT 2013-3249).

REFERENCIAS

- Allard, J., Giacosa, R. y Paredes, J.M. 2011. Relaciones estratigráficas entre la Formación Los Adobes (Cretácico inferior) y su sustrato Jurásico: implicancias en la evolución tectónica de la cuenca de Cañadón Asfalto, Chubut, Argentina. 18° Congreso Geológico Argentino, Actas: 988-989, Neuquén.
- 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: 243-256.
- Bechis, F., Encinas, A., Concheyro, A., Litvak, V., Aguirre-Urreta, B. y Ramos, V. 2014. New age constraints for the Cenozoic marine transgressions of northwestern Patagonia, Argentina (41-43 S): Paleogeographic and tectonics implications. Journal of South American Earth Sciences 52: 72-93.
- Bellosi, E., Genise, J. y Cantil, L. 2014. Sedimentación volcánoclastica y pedogénesis en el Mioceno del antepaís norpatagónico. 14° Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 42-43, Puerto Madryn.
- Bilmes, A. y Veiga, G.D. 2016. Linking mid-scale distributivefluvial systems to drainagebasin area: geomorphological and sedimentological evidence from the endorheic Gastre Basin, Argentina. Geological Society, London, Special Publications 440: 440-4.
- Bilmes, A., D'Elia, L., Franzese, J., Veiga, G. y Hernández, M. 2013. Miocene block uplift and basin formation in the Patagonian foreland: The Gastre Basin, Argentina. Tectonophysics 601: 98-111.
- Bilmes, A., D'Elia, L., Veiga, G. y Franzese, J. 2014. Relleno intermontano en el Antepaís Fragmentado Patagónico: evolución neógena de la Cuenca de Gastre. Revista de la Asociación Geológica Argentina 71: 311-330.
- Blair, T.C. y McPherson, J.G. 1994. Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies assemblages. Journal of Sedimentary Research 64: 450-489.
- Bucher, J., Bilmes, A., D'Elia, L., López, M., García, M. y Franzese, J. 2016. Controles en la Evolución de la cuenca intermontana Paso del Sapo, Noroeste de Chubut. 7° Congreso Latinoamericano de Sedimentología - 15° Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 46, La Pampa.
- Echaurren, A., Folguera, A., Gianni, G., Orts, D., Tassara, A., Encinas, A., Giménez, M. y Valencia, V. 2016. Tectonic evolution of the North Patagonian Andes (41-44 S) through recognition of syntectonic strata. Tectonophysics 677-678: 99-114.
- Figari, E.G. y Courtade, S.F. 1993. Evolución tectosedimentaria de la cuenca de Cañadón Asfalto, Chubut, Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino, Actas: 1 66-77.
- Figari, E., Courtade, S. y Constantini, L. 1996. Stratigraphy and Tectonics of Cañadón Asfalto Basin, Lows of Gastre and Gan Gan, North of Chubut Province, Argentina. Geo-Research Forum 359-368.
- Figari, E., Scasso, R., Cúneo, R. y Escapa, I. 2015. Estratigrafía y evolución geológica de la Cuenca de Cañadón Asfalto, Provincia del Chubut, Argentina. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis 22: 135-169.
- Folguera, A. y Ramos, V. 2011. Repeated eastward shifts of arc magmatism in the Southern Andes: A revision to the long-term pattern of Andean uplift and magmatism. Journal of South American Earth Sciences 32: 531-546.
- Folguera, A., Gianni, G., Sagripanti, L., Rojas Vera, E., Novara, I., Colavitto, B., Alvarez, O., Orts, D., Tobal, J., Giménez, M., Introcaso, A., Ruiz, F., Martínez, P. y Ramos, V.A. 2015. A review about the mechanisms associated with active deformation, regional uplift and subsidence in southern South America. Journal of South American Earth Sciences 64: 511-529.
- García Morabito, E. y Ramos, V.A. 2012. Andean evolution of the Aluminé fold and thrust belt (38°30'-40°30' S). Journal of South American Earth Sciences 38: 13-30.
- García Morabito, E., Götze, H.J. y Ramos, V.A. 2011. Tertiary tectonics of the Patagonian Andes retro-arc area between 38°15' and 40°S latitude. Tectonophysics 499: 1-21.
- Genise, J., Mángano, M., Buatois, L., Laza, J. y Verde, M. 2000. Insect trace fossil associations in palaeosols: The Coprinisphaera ichnofacies. Palaios 15: 49-64.
- Giacosa, R.E. y Heredia, N. 2004. Structure of the North Patagonian thick-skinned fold-and-thrust belt, southern central Andes, Argentina (41°-42°S). Journal of South American Earth Sciences 18: 61-72.
- Gianni, G., Navarrete, C., Orts, D., Tobal, A., Folguera, A. y Giménez, M. 2015. Patagonian broken foreland and related synorogenic rifting: The origin of the Chubut Group Basin. Tectonophysics 649: 81-99.
- González Díaz, E. y Nullo, F. 1980. Cordillera Neuquina. En: Leanza, A. (ed.), Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias 1099-1147, Córdoba.
- Guillaume, B., Martinod, J., Husson, L., Roddaz, M. y Riquelme, R. 2009. Neogene uplift of central eastern Patagonia: Dynamic response to active spreading ridge subduction? Tectonics 28: TC2009.
- Lizuaín, A. 2010. Hoja Geológica 4369-I, Gastre. Provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales (IGRM-SEGEMAR). Mapa Publicado. Informe inédito, Buenos Aires.
- López, M., D'Elia L., Franzese, J., Bucher, J. y García, M. 2016. Influencia de los controles extrínsecos en la evolución de las cuencas de antepaís, la Cuenca de Collón Curá como caso de estudio. 8° Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Actas: 10-11, Puerto Madryn.

- mericano de Sedimentología - 15° Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 108, Santa Rosa.
- Malumián, N., Ardolino, A. A., Franchi, M., Remesal, M. y Salani, F. 1999. La sedimentación y el volcanismo terciarios en la Patagonia Extrandina. En Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29: 557-612, Buenos Aires.
- Marshall, L., Pascual, R., Curtis, G. y Drake, R. 1977. South American geochronology: Radiometric time scale for middle to late tertiary mammal-bearing horizons in patagonia. *Science* 195: 1325-1328.
- Mazzoni, M. y Benvenuto, A. 1990. Radiometric ages of Tertiary ignimbrites and the Collón Cura Formation, Northwestern Patagonia. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas: 87-90, San Juan.
- McClay, K. y Buchanan, P. 1992. Thrust faults in inverted extensional basins. *Tectonics* 93-104.
- Nichols, G. y Fisher, J. 2007. Processes, facies and architecture of fluvial distributary system deposits. *Sedimentary Geology* 195: 75-90.
- Nullo, F. 1978. Descripción Geológica de la Hoja 41d, Lipetrén, Provincia de Río Negro. SEGEMAR 88, Buenos Aires.
- Nullo, F. 1979. Descripción Geológica de la Hoja 39c, Paso Flores, Provincia de Río Negro. SEGEMAR 79, Buenos Aires.
- Orts, D., Folguera, A., Encinas, A., Ramos, M., Toba, J. y Ramos, V. A. 2012. Tectonic development of the North Patagonian Andes and their related Miocene foreland basin (41°30'-43°S). *Tectonics* 31: TC3012.
- Pankhurst, R., Rapela, C., Loske, W., Fanning, C. y Márquez, M. 2003. Chronological study of the pre-Permian basement rocks of southern Patagonia. *Journal of South American Earth Sciences* 16: 27-44.
- Pankhurst, R., Rapela, C., Fanning, C. y Márquez, M. 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Earth-Science Reviews* 76: 235-257.
- Pedoja, K., Regard, V., Husson, L., Martinod, J., Guillaume, B., Fucks, E., Iglesias, M. y Weill, P. 2011. Uplift of quaternary shorelines in eastern Patagonia: Darwin revisited. *Geomorphology* 127: 121-142.
- Rabassa, J. 1978. Estratigrafía de la región de Pilcaniyeu Comallo, Provincia de Río Negro. 7° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 731-746, Buenos Aires.
- Ramos, V. 2008. Patagonia: A paleozoic continent adrift? *Journal of South American Earth Sciences* 26: 235-251.
- Ramos, M., Orts, D., Calatayud, F., Pazos, P., Folguera, A. y Ramos, V. 2011. Estructura, Estratigrafía y evolución tectónica de la cuenca de Ñirihuau en las nacientes del río Cushamen, Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 68: 210-224.
- Ramos, M., Toba, J., Sagripanti, L., Folguera, A., Orts, D., Giménez, M. y Ramos, V. 2015. The North Patagonian orogenic front and related foreland evolution during the Miocene, analyzed from synorogenic sedimentation and U/Pb dating (-42°S). *Journal of South American Earth Sciences* 64: 467-485.
- Rapalini, A., López De Luchi, M., Martínez Dopico, C., Lince Klinger, F., Giménez, M. y Martínez, P. 2010. Did Patagonia collide with Gondwana in the Late Paleozoic? Some Insights from a Multidisciplinary Study of Magmatic Units of the North Patagonian Massif. *Geologica Acta* 8: 349-371.
- Ruiz, L. 2006. Estudio sedimentológico y Estratigráfico de las Formaciones Paso del Sapo y Lefipán en el Valle Medio del Río Chubut. Trabajo final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inérito), 85 p., Buenos Aires.
- Ruiz, L., Scasso, R., Aberhan, M., Kiessling, W., Bande, A., Medina, F. y Weidemeyer, S. 2005. La Formación Lefipán en el Valle Medio del Río Chubut: ambientes sedimentarios y su relación con la tectónica del Cretácico Tardío-Paleoceno. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 231-238, La Plata.
- Sarzetti, L., Genise, J., Bellosi, E. y Cantil, L. 2017. A new interpretation and palaeoecological significance of the fossil bee cell cluster *roselichnus patagonicus* (celliformidae). *Palaeontology* 3: 363-371.
- Scasso, R., Aberhan, M., Ruiz, L., Weidemeyer, S., Medina, F. y Kiessling, W. 2012. Integrated bio-and lithofacies analysis of coarse-grained, tide-dominated deltaic environments across the Cretaceous/Paleogene boundary in Patagonia, Argentina. *Cretaceous Research* 36: 37-57.
- Spalletti, L. 1996. Estuarine and shallow-marine sedimentation in the Upper Cretaceous-Lower Tertiary west-central Patagonian Basin (Argentina). In: de Batist, M., Jacobs, P. (Eds.), *Geology of Siliciclastic Shelf Seas*. Geological Society of London, Special Publication 117: 81-93.
- Suárez, M. y Márquez, M. 2007. Cuenca de retroarco toarciana en Patagonia central (Chubut), Argentina: cierre, migración del arco y ambiente tectónico durante el Jurásico Medio. *Revista Geológica de Chile* 34: 63-79.
- Volkheimer, W. 1963. El Cuartario Pedemontano en el noroeste de Chubut (Zona Cushamen). 2° Jornadas Geológicas Argentinas, Actas II: 439-457, Buenos Aires.
- Volkheimer, W. 1964. Estratigrafía de la zona extra andina del Departamento de Cushamen (Chubut) entre los paralelos 42° y 42° 30' y los meridianos 70° y 71°. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* XIX: 85-107.
- Volkheimer, W. 1965. Bosquejo geológico del noroeste de Chubut extra andino (zona Gastre-Gualjaina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* XX: 326-350.
- Yamada, Y. y McClay, K. 2004. 3-D analog modeling of inversion thrust structures. En McClay, K.R. (ed.), *Thrust Tectonics and Petroleum Systems*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 82: 276-302.
- Yrigoyen, M. 1969. Problemas estratigráficos del Terciario de Argentina. *Ameghiniana* 6: 349-356.

Recibido: 28 de septiembre, 2017.

Aceptado: 15 de febrero, 2018.