

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL DE SECUENCIAS DEL CUATERNARIO SUPERIOR EN PAMPAS DE ALTURA DEL SECTOR CENTRO-SUR DE LA SIERRA DE COMECHINGONES, CÓRDOBA, ARGENTINA

M. Jimena ANDREAZZINI^{1,2}, Susana B. DEGIOVANNI¹, Mario P. CANTÚ¹, María T. GRUMELLI¹ y Hugo SCHIAVO¹

¹ Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta Nac. Nº 36, Km 601. X5804BYA, Río Cuarto, Córdoba, Argentina. mandreazzini@exa.unrc.edu.ar, sdegiovanni@exa.unrc.edu.ar, mcantu@exa.unrc.edu.ar, mgrumelli@exa.unrc.edu.ar, hschiavo@exa.unrc.edu.ar

² CONICET

Resumen: Las pampas de altura presentes en Sierras Pampeanas corresponden a paleosuperficies erosivas labradas sobre rocas de basamento precámbrico-paleozoico inferior, fracturadas, elevadas y basculadas durante la Orogenia Andina, y posteriormente sometidas a nuevos ciclos denudativos. Estas paleosuperficies están parcialmente cubiertas por sedimentos cenozoicos, en general secuencias loésicas/loessoides cuaternarias, con espesores variables entre 0,5 y 5 m, las cuales hasta el presente han sido poco estudiadas. El objetivo de este trabajo es analizar los depósitos de la pampa de altura de la Sierra de Comechingones, entre los 32°42' y 32°50'S y los 64°52' y 64°59'O, con el propósito de establecer condiciones paleoambientales-paleoclimáticas, y proponer una secuencia estratigráfica preliminar para el área. Se describieron y muestrearon tres perfiles representativos y se efectuaron determinaciones cronológicas, mineralógicas, granulométricas y de materia orgánica. Se diferenciaron tres unidades estratigráficas. La unidad I resulta franco limosa, moderadamente seleccionada, con una edad OSL de $23,0 \pm 2,25$ ka. En contacto neto sobreyace la unidad II, formada por materiales predominantemente franco arcillosos, con estructuras de corte y relleno, y en el tope un paleosuelo bien desarrollado, donde se reconocieron los horizontes 2Bt1, 2Bt2, 2Btk1, 3Btk2, 3BCkm y 4BC. Sobre la unidad II y rellenando grietas que atraviesan la secuencia subyacente, se observaron depósitos de calcretos, discontinuos, de los cuales se obtuvo una datación C^{14} de 4180 ± 80 a AP. En contacto neto erosivo se dispone la unidad III, franco limo arcillosa, sobre la que se desarrolla el suelo actual con dos horizontes edáficos A y AB. Las secuencias basales de la unidad I se interpretan como depósitos loésicos o con mínimo retransporte subácueo local, depositados bajo condiciones áridas y frías, correspondientes al Último Máximo Glaciar (ISO2, Pleistoceno Superior). Los niveles aluviales superiores (unidad II), indican incremento en la disponibilidad de agua y ocurrencia esporádica de flujos encauzados, que remobilizan localmente los materiales infrayacentes y los depositan en ambientes de baja energía. Esta secuencia representaría la transición hacia condiciones más benignas del período Hypsithermal (Pleistoceno tardío-Holoceno inferior), cuyo clímax se asocia al desarrollo del importante paleosuelo en el techo de la unidad II. Las características pedogenéticas del mismo indican condiciones cálidas y húmedas, y un ambiente de pastizales con alta cobertura, que favorecieron la formación y traslocación de arcillas y óxidos de Fe en el perfil y una importante acumulación de materia orgánica. La formación de una superficie erosiva en el techo del paleosuelo y la presencia de calcretos

en diferentes discontinuidades del perfil, se asocian al ciclo más árido del Holoceno medio-superior, que culmina con la depositación de materiales loésicos/loessoides (unidad III). Bajo las condiciones templado-húmedas del clima atlántico actual, se restauró el ambiente de praderas de altura, se estabilizó el paisaje y se inició un nuevo ciclo de pedogénesis que, además de la unidad III, incorpora al perfil edáfico infrayacente.

Palabras clave: loess, Cuaternario superior, estratigrafía, paleoambiente, pampas de altura, Sierra de Comechingones.

EXTENDED ABSTRACT

Paleoenvironmental analysis and interpretation of upper Quaternary sequences in summit planation surfaces of center-south of Sierra de Comechingones, Córdoba, Argentina

The summit planation surfaces present in Sierras Pampeanas correspond to antique erosion surfaces generated on Precambrian-Early Paleozoic crystalline basement rocks, which were faulted and tilted during the Andean (Tertiary) orogeny, and subsequently subjected to new denudative cycles. This paleosurfaces are partially covered by Cenozoic sediments (mainly of a Quaternary age), in general of loessic/loessoid origin, with average thickness of less than a meter, with the exception of some sites where they are over 5 meters.

The study of these sequences, called deposits of pampas de altura (summit plains), allows making not only an approach to paleoclimatic and paleoenvironmental conditions that characterized the Sierras Pampeanas during the Quaternary, but also a comparative analysis with the surrounding low plains. There are several studies about the Quaternary record of the lowlands in the vicinity of the study region, from the pioneering work of Bodenbender (1894), Doëring (1907) and Frengüelli (1925), until the most recent contributions of Cantú and Degiovanni (1984), Blarasin and Sánchez (1987), Iriondo (1990a,b, 1994), Cantú (1992), Iriondo and Kröhling (1995), Cioccale (1999), Carignano (1999), Schiavo (2003), Cantú *et al.* (2004, 2006), Kemp *et al.* (2004a, 2006), Frechen *et al.* (2009), Sanabria and Argüello (2009, 2011), Tauber *et al.* (2012), among others. For the mountain areas, there are still few works, such as those by Montes (1958), González (1960), Manzur (1995), Córdoba *et al.* (2005), Tauber (2006), Tauber and Goya (2006), Tauber *et al.* (2008) and Krapovickas and Tauber (2012a,b).

The objective of this work was to analyze the Quaternary deposits localized in the summit planation surface of the Sierra de Comechingones, between 32°42´-32°50´S and 64°52´-64°59´W (Fig. 1), to establish a preliminary stratigraphic sequence for the area and to suggest the paleoenvironmental and paleoclimatic conditions during sedimentation.

The Comechingones ranges, as part of the Sierras Pampeanas, shows classic asymmetrical transverse profiles (Fig. 2). The western side is a fault scarp of high gradient, whose displacement (variable between 200 and 1000 m) decreases toward the South, while the eastern side is a gentle structural slope, with well defined steps, associated to tectonism and/or differential erosion (Fig. 2, A-A´ and B-B´ profiles).

In the mountain area, the dominant lithological types are gneissic-migmatitic rocks (the Monte Guazú Complex), mylonites and ultramylonites (the Guacha Corral Shear Zone), and granitic rocks (the Cerro Áspero batholith). The Quaternary deposits are exposed mainly in the piedmont plains, and, in a lesser extent in the mountain valleys covering the plains developed at the summit areas of the ranges.

The landscape of the study area shows three major morphostructural features: 1) submeridian megablocks of Precambrian-lower Paleozoic, crystalline rocks, 2) a western scarp associated to the Comechingones fault (Gordillo y Lencinas, 1979; Introcaso *et al.* 1987, Costa, 1996), and 3) a lower eastern structural slope, highly dissected by the drainage network after the Andean movements, which preserve relicts of erosion paleosurfaces (Stelzner, 1885; Rovereto, 1911; Penck, 1914, 1920; Rassmuss, 1916; Schmieder, 1921; Rimann, 1926; González Díaz, 1981; Jordan *et al.*, 1989; Costa *et al.*, 1999; Carignano *et al.*, 1999; Rabassa *et al.*, 2010; Degiovanni y Andreazzini, 2013) in the summit areas (Figs. 1, 3).

The study included geological and geomorphological recognition, both by remote sensing and

field work. Three representative sedimentological-pedological profiles were described and interpreted (P1, P2 and P3, Figs. 4, 5), while various samples were collected. Chronology (C^{14} and OSL), granulometry, mineralogy of the clay fraction and organic matter content determinations were made.

In the analyzed succession three main stratigraphic units were recognized (Figs. 5, 7). Unit I is formed by light brown (7,5YR 6/4), silty loam materials, with moderately sorting. This unit is mainly massive or shows a very weak lamination. OSL dating of quartz of a sample from unit I yielded an age of $23,0 \pm 2,25$ ky (Fig. 5b). By means of a sharp contact there is unit II, composed by clay loam materials of light brown color (10YR 6,5/4) at the base to dark brown color (7,5YR 4/2) towards the top. This unit presents trough cross-laminated beds and cut and fill structures (Figs. 5a-d, 7) associated with small channels (Fig. 5c).

The top of unit II shows a well-developed paleosol, where several horizons were recognized: 2Bt1, 2Bt2, 2Btk1, 3Btk2, 3BCkm and 4BC (Fig. 6). The diagnostic laboratory and field characteristics are detailed in Table 1 and the figure 8 represents the X-ray diffractograms of samples from the paleosol. On top of unit II and filling cracks which cut the underlying units I and II, there are discontinuous and slightly laminated calcrete deposits. The thickness of these deposits ranges between 1 and 10 cm, and shows lateral variations in their distribution and preservation. Microscopically the calcrete shows a porphiric distribution, and is formed by a micritic mass that include loessoid material (Fig. 9). A radiocarbon age 4.180 ± 80 yr BP was determined in this calcrete. The calibration informed by the laboratory was performed using the CALIB 6.0.1 program, in conjunction with the recommendations of Stuiver and Reimer (1993). According to the calibration curve, the event of carbonation is limited between 4.529 and 4.814 years AP.

Above unit II, or above the calcrete level when it is present, and through an erosional sharp contact there is unit III. It is a silty clay loam, with dark gray (10YR 4/1) and dark grayish brown (10YR 4/2) color and 0.3 to 0.4 m of thickness (Figs. 5, 7). These sediments are partially modified by pedogenesis, showing two horizons, A and AB (Fig. 6, Table 1).

Unit I is interpreted as a loessic deposit, undisturbed or with minimum local reworking, sedimented under arid and cold conditions. According

to the obtained OSL age the loess was accumulated during the late Pleistocene, then corresponding to the Last Glacial Maximum (ISO2). The above alluvial levels of unit II indicate higher water availability and sporadic occurrence of torrential erosive channeled flows, which locally removed the underlying loessic materials and deposited them in subaqueous low energy environments. Unit II would represent the transition to more benign conditions of the Hypsithermal period (Late Pleistocene-Early Holocene), whose climax is here linked to the recognized paleosol on top of unit II. The pedogenetic characteristics of this paleosol would indicate warm and wet conditions (higher than at present), and an environment of meadows with grassland of high cover. This condition favored both formation and traslocation of clay and iron oxides in the soil profile, and the accumulation of high contents of organic material, all features observed in the paleosol. The formation of an erosive surface with decapitation of the paleosol, and the presence of calcretes on different profile discontinuities (textural, desiccation cracks), are associated to the Mid-Late Holocene more arid cycle, that ends with the deposition of the aeolian loessic material of unit III.

Under the present temperate-wet Atlantic climatic conditions, the environment of tall grasslands was restored, the landscape stabilized, and a new pedogenesis cycle started which affected unit III and the underlying paleosol.

Keywords: loess, Late Quaternary, stratigraphy, paleoenvironment, summit planation surface, Sierra de Comechingones.

INTRODUCCIÓN

Las Sierras Pampeanas preservan en su faldeo oriental (estructural), particularmente en las zonas cumbrales, paleosuperficies de erosión labradas sobre rocas de basamento cristalino precámbrico-paleozoico inferior, rocas paleozoicas, cretácicas y neógenas. Durante la Orogenia Ándica estas superficies fueron fracturadas, elevadas y basculadas, y posteriormente sometidas a nuevos ciclos denudativos. Este tipo de morfologías ya fueron descritas como paleosuperficies en los clásicos trabajos de Stelzner (1885), Rovereto (1911), Rassmuss (1916), Penck (1914, 1920), Schmieder (1921), Rimann (1926), entre otros. Más recientemente se presentan

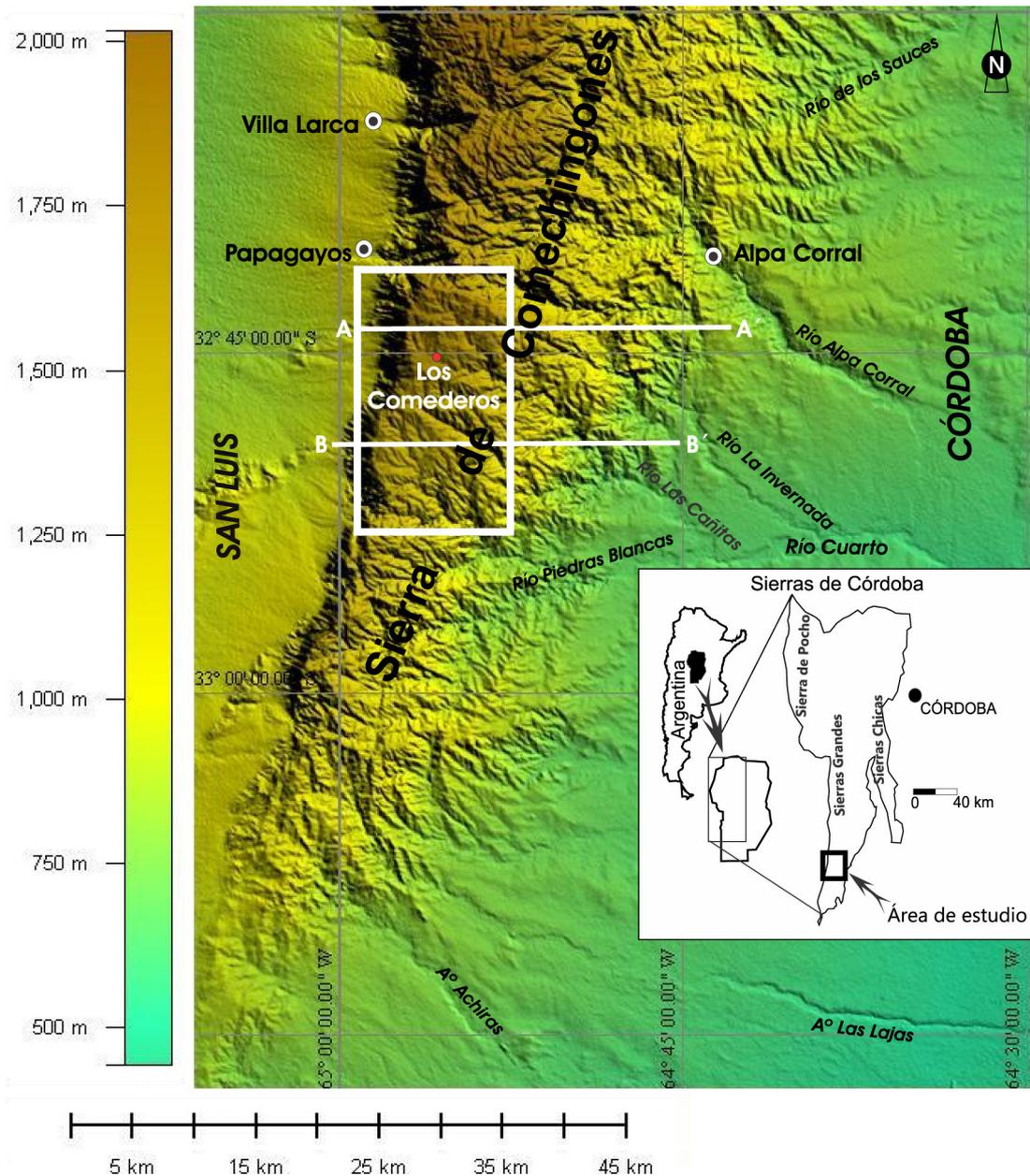


Figura 1. Modelo de elevación digital del terreno del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>) y ubicación del área de estudio.

Figure 1. Digital elevation model from SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>) and study area location.

estudios genético-evolutivos en González Díaz (1981), Jordan *et al.* (1989), Rabassa *et al.* (1996, 2010), Costa *et al.* (1999), Carignano *et al.* (1999), Beltramone (2007), Cioccale y Carignano (2009), Rabassa (2010) y Degiovanni y Andreazzini (2013).

En general las paleosuperficies se preservan como planicies remanentes en las áreas cumbreles de los principales cordones montañosos que integran las serranías. En el ámbito de las Sierras Pampeanas de Córdoba se reconocen varios niveles de planicies

entre los 2000 y 500 m s.n.m., entre los se destacan por su altura y extensión: Pampa de Pocho, Pampa de Olaen, Athos Pampa y Atum Pampa, Pampa de Achala, Pampa de San Luis, Superficie Cumbreles de Sierra Chica y sectores cumbreles de Sierra de Comechingones (Carignano *et al.*, 1999; Cioccale y Carignano, 2009; Degiovanni y Andreazzini, 2013).

Estas paleosuperficies están parcialmente cubiertas por sedimentos cenozoicos, principalmente cuaternarios, con espesores promedio menores al metro,

a excepción de algunos sitios donde superan los 5 metros. En estas sucesiones dominan sedimentos limoarcillosos, principalmente de origen loésico/loessoide y, subordinadamente, depósitos coluviales y aluviales.

Los depósitos de pampas de altura exhiben diferente grado de preservación en un ambiente fundamentalmente denudativo y constituyen valiosos vestigios de ambientes del pasado. Su estudio permite efectuar una aproximación a las condiciones paleoambientales y paleoclimáticas que caracterizaron a las Sierras Pampeanas durante el Cuaternario y realizar análisis comparativos con los ambientes de llanuras circundantes.

Entre los trabajos pioneros sobre el Cuaternario de la provincia de Córdoba se encuentran las contribuciones de Bodenbender (1894), Doëring (1907) y Frengüelli (1918, 1925, 1957), que incluyen caracterizaciones de los depósitos, análisis estratigráficos e interpretaciones de las variaciones climáticas durante este período. En trabajos más recientes sobre el Cuaternario de la región pampeana, Iriondo (1990a,b, 1994), Iriondo y García (1993), Iriondo y Kröhling (1995), Cioccale (1999) y Tripaldi y Forman (2007) efectúan aportes sobre la estratigrafía y las condiciones paleoambientales y paleoclimáticas imperantes en la llanura cordobesa. Por su parte, Carignano (1999), a partir de evidencias geomorfológicas y estratigráficas, reconstruye escenarios ambientales y propone un modelo evolutivo del Cuaternario (últimos 200.000 años) para la provincia de Córdoba.

Entre los trabajos geomorfológicos, estratigráficos y paleontológicos sobre el Cuaternario de las regiones centro, norte y noroeste de Córdoba pueden citarse los aportes de Carignano y Ungaro (1988a,b,c), Piovano *et al.* (1993), Dargám (1995), Carignano (1996, 1997), Sanabria y Argüello (1999) y Zárate (2003). Contribuciones más recientes son las de Kemp *et al.* (2006), Sanabria *et al.* (2006a,b) y Sanabria y Argüello (2011), referidos al análisis e implicancias paleoambientales de paleosuelos del sector central de la llanura cordobesa; la de Frechen *et al.* (2009), sobre el loess del Pleistoceno superior de la región próxima a la ciudad de Córdoba; y la de Tauber *et al.* (2012), donde se analiza la estratigrafía del Cuaternario en la localidad de Corralito.

Para la región sur de Córdoba existen varios estudios que efectuaron la caracterización sedimentológica, estratigráfica, geomorfológica y paleo-

ambiental de las secuencias cuaternarias expuestas, principalmente, en el área de llanura. Entre ellos pueden citarse los llevados a cabo por Cantú y Degiovanni (1984), Blarasin y Sánchez (1987), Cantú y Blarasin (1987), Sánchez y Blarasin (1987), Cantú (1992), Schiavo (2003), Combina y Sánchez (2003) y Cantú *et al.* (2004, 2006). Especial mención merece el estudio de Cantú (1992) quien efectúa una síntesis estratigráfica y propone nombres formacionales para las secuencias cuaternarias expuestas en esta región.

Tal como se mencionara precedentemente, aún son escasos los estudios de detalle referidos a los depósitos cuaternarios presentes en los valles y pampas de altura del sector serrano. Existen algunas contribuciones que abordan aspectos estratigráficos, geocronológicos, paleopedológicos, geoarqueológicos, paleontológicos, etc., entre los que se destacan Montes (1958), González (1960), Manzur (1995), Cantú *et al.* (1997), Córdoba *et al.* (2005), Tauber (2006), Tauber y Goya (2006), Tauber *et al.* (2008) y Krapovickas y Tauber (2012a,b). En Krapovickas y Tauber (2012a) se sintetiza la información paleontológica y estratigráfica de secuencias analizadas en 14 localidades de las serranías de Córdoba, y se diferencian dos tramos sedimentarios asignados al Pleistoceno medio-tardío y al Pleistoceno tardío-Holoceno, respectivamente. Por otra parte, Medina *et al.* (2008) y Medina y Merino (2012), realizan estudios zooarqueológicos y palinológicos, respectivamente, en un sector de Pampa de Olaen, provincia de Córdoba.

En este contexto, y con la finalidad de contribuir al conocimiento del Cuaternario del área serrana de la provincia de Córdoba, el objetivo de este trabajo fue caracterizar los depósitos del Cuaternario superior localizados en las pampas de altura del sector centro-sur de la Sierra de Comechingones, inferir las condiciones paleoambientales y paleoclimáticas, y proponer una secuencia estratigráfica preliminar.

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se sitúa en el sector cumbral de la Sierra de Comechingones (extremo meridional de las Sierras Grandes, Córdoba), entre los 32°42' y 32°50' S y los 64°52' y 64°59' O, en una pampa de altura (1750-1500 m.s.n.m.) que integra la cuenca alta del río Cuarto (Fig. 1), y que localmente se conoce como "Los Comederos".

CONTEXTO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO

La Sierra de Comechingones, como parte integrante de las Sierras Pampeanas, está conformada por megabloques submeridianos de basamento cristalino precámbrico-paleozoico inferior, fallados y basculados hacia el este durante la Orogenia Ándica (Gordillo y Lencinas, 1979; Introcaso *et al.* 1987), lo que les otorga un perfil transversal marcadamente asimétrico (Figs. 1, 2). Su vertiente occidental está representada por una escarpa de falla de alto gradiente, cuyo desplazamiento (variable entre 200 y 1000 m) disminuye hacia el sur, mientras que la oriental constituye una pendiente estructural más suave, con escalones bien definidos, asociados a tectonismo y/o erosión diferencial, tal como puede observarse en los perfiles A-A' y B-B' de la figura 2.

La región serrana del área estudiada está dominada por migmatitas, con intercalaciones de gneises, gneises migmáticos y escasos bancos de anfibolitas, correspondientes al Complejo Monte Guazú (Fig. 2), el cual localmente está afectado por la Faja de Cizalla Guacha Corral, que imprime al conjunto una foliación milonítica sobreimpuesta a la metamórfica regional (Otamendi, 1995; Otamendi *et al.*, 1996; Fagiano, 2007; Rey Ripoll, 2008). Hacia el norte del área, el basamento cristalino está representado por rocas graníticas devónicas pertenecientes al Batolito Cerro Áspero (Coniglio *et al.*, 2010; Pinotti *et al.*, 2002).

Los depósitos cuaternarios se exponen en el área periserrana y, subordinadamente, conforman el relleno de los valles serranos y la cubierta sedimentaria de las pampas de altura (Degiovanni *et al.*, 2005). En el área pedemontana están representados por sedimentos aluviales y coluviales de variada granulometría y por materiales eólicos, en parte retransportados por flujos hiperconcentrados o por flujos mantiformes. Estas secuencias se corresponden con importantes ciclos de agradación, que estarían controlados por oscilaciones climáticas y eventos neotectónicos (Sagripanti *et al.*, 2001; Degiovanni, 2008). En los valles serranos dominan depósitos coluviales asociados a eventos de variada energía que en general tienen limitado espesor y matriz fina. Subordinadamente se reconocen secuencias aluviales. En las pampas de altura, la secuencia cuaternaria está representada principalmente por materiales loésico/loessoides, a los que se asocian sedimentos aluviales y coluviales

de grano fino. Las exposiciones tienen un espesor moderado a reducido, alcanzando como máximo 4-5 m de potencia.

Diferentes autores estudiaron estas sucesiones (Cantú, 1998; Ulla, 2008; Andreazzini y Degiovanni, 2011), especialmente en el área de piedemonte, siguiendo la propuesta estratigráfica definida por Cantú (1992) que reconoce las siguientes unidades: Fm. Pampiano (Pleistoceno medio a superior), representada por depósitos limosos-limo arenosos, pardo rojizos con diferente grado de cementación, que se asocian a ambientes fluviales de baja energía; Fm. Chocancharava (Pleistoceno superior tardío), compuesta predominantemente por depósitos de secuencias fluviales fuertemente cementadas y de variada granulometría (canales, llanura de inundación, ambientes lénticos); Fm. La Invernada (Pleistoceno superior-Holoceno inferior), incluye secuencias masivas limosas a arenosas muy finas de origen eólico y, subordinadamente depósitos aluviales y de flujos hiperconcentrados; Formación Arroyo Las Lajas (Holoceno inferior-medio), constituida por materiales de diferente granulometría de origen fluvial, coluvial y léntico; Geosuelo Las Tapias (Holoceno inferior-medio), paleosuelo desarrollado sobre depósitos de la Fm. La Invernada; Fm. Laguna Oscura (Holoceno superior), compuesta por depósitos arenosos muy finos y limosos, masivos, localmente retrabajados; Fm Reducción (Holoceno superior, Degiovanni *et al.*, 2005), conformada por secuencias fluviales y flujos densos. Finalizando la sucesión aparecen sedimentos sin denominación formal (Holoceno superior-presente), entre los que se incluyen las secuencias fluviales y coluviales depositadas bajo las condiciones climáticas actuales.

El relieve del área refleja los rasgos morfoestructurales mayores: megabloques de basamento cristalino submeridianos, la escarpa occidental asociada a la falla de Comechingones (Gordillo y Lencinas, 1979; Introcaso *et al.*, 1987; Costa, 1996) y una pendiente estructural oriental más suave, fuertemente disectada por la red de drenaje con posterioridad a los movimientos ándicos, que preserva relictos de paleosuperficies de erosión en los sectores cumbrales (Figs. 1, 3a-b). Según Degiovanni y Andreazzini (2013) las paleosuperficies pertenecerían a una única superficie poligénica que se habría desarrollado entre el Cretácico superior-Paléogeno.

En particular, las paleosuperficies presentes en el área de estudio exhiben gran uniformidad morfo-

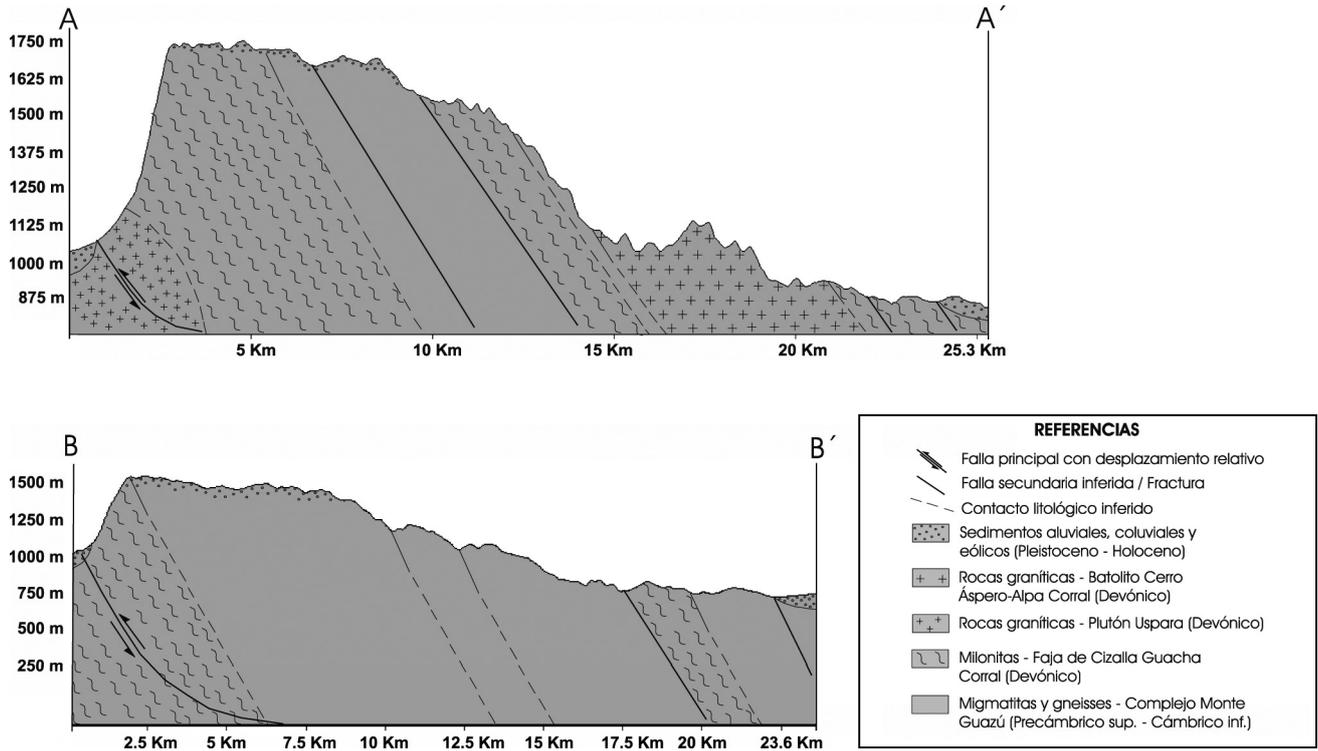


Figura 2. Perfiles transversales de la Sierra de Comechingones en la zona de estudio, realizados a partir del modelo de elevación digital (Fig. 1) y de mapas geológicos de Fagiano (2007) y Rey Ripoll (2008).

Figure 2. Sierra de Comechingones´ transverse profiles in the study area built from digital elevation model (Fig. 1) and the geologic maps of Fagiano (2007) and Rey Ripoll (2008).

lógica, con un relieve muy suavemente ondulado, que representa valles poco incididos e interfluvios muy planos. La cubierta cuaternaria suaviza aún más los escasos desniveles presentes, exhibiendo las mayores potencias en las áreas deprimidas (Fig. 3b-d).

METODOLOGÍA DE TRABAJO

A partir del análisis e interpretación de imágenes satelitales Landsat 5 TM y Google Earth, y de un modelo de elevación digital del terreno del SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) de 90 m de resolución, se reconocieron los sectores de las pampas de altura cubiertos por sedimentos cuaternarios, y se seleccionaron sitios donde se han desarrollado cárcavas (las cuales integran la cuenca del arroyo Los Comederos), con el fin de observar en el campo las exposiciones de estas secuencias.

Los trabajos de campo incluyeron el reconocimiento geológico-geomorfológico del área de estudio, definiendo una transecta sobre la cual se describieron tres perfiles sedimentológicos-pedológicos representativos, localizados en 32° 45' 26,36"S

- 64° 55' 55,25"O (P1); 32° 45' 26,66"S - 64° 55' 54,77"O (P2) y 32° 45' 27"S - 64° 55' 55,86"O (P3) (Fig. 4). En cada uno de los perfiles descritos se determinó el espesor, color, textura, estructura, grado de bioturbación, presencia de óxidos y/o barnices, grado de cementación, tipo de contactos y cambios de facies laterales en las distintas unidades identificadas. Se obtuvieron muestras de los distintos niveles para efectuar determinaciones cronológicas, mineralógicas, granulométricas y contenido de materia orgánica.

Las muestras disturbadas fueron tratadas en laboratorio mediante secado a temperatura ambiente y posteriormente desagregadas mecánica y químicamente. El tratamiento de las muestras consistió en la eliminación de materia orgánica coloidal, en frío, mediante la aplicación sucesiva de pequeñas dosis de agua oxigenada al 20% y de los cementantes mediante ClH con Buffer NaOAc a pH 5. Seguidamente se efectuó la dispersión química y ultrasónica. La determinación de carbono orgánico se realizó por el método de Walkey y Black modificado por Jackson (1970). El análisis granulométrico se realizó por el

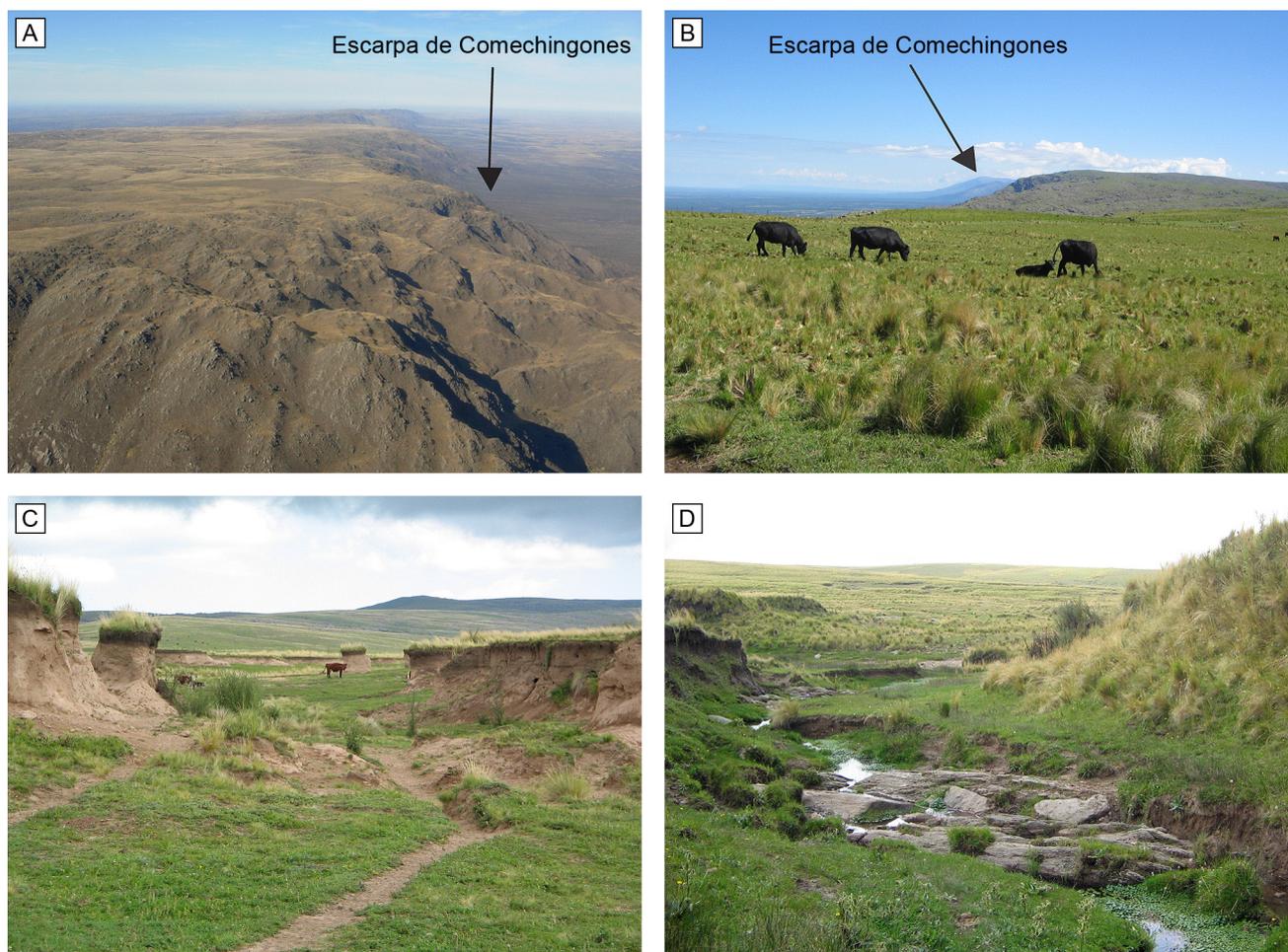


Figura 3. Características de los ambientes geomorfológicos de la región estudiada. a) Vista aérea hacia el sur de la escarpa de Comechingones y la pampa de altura estudiada. b) Vista hacia el noroeste de la pampa de altura y la escarpa de Comechingones. c) Cárcava en la pampa de altura donde se exponen los depósitos cuaternarios estudiados. d) Depósitos cuaternarios y basamento cristalino aflorando en el lecho del arroyo.

Figure 3. Geomorphological features of the environments of the region. a) North-South aerial view of the escarpment of Comechingones fault and the studied summit plains (pampas de altura). b) Southeast view of the summit plains and the escarpment of Comechingones fault. c) Gully in the summit plains where the Quaternary deposits are exposed. d) Quaternary deposits and basement outcrops in the channel bottom.

método combinado de la pipeta de Khün, para las fracciones menores a 50μ , y tamizado vía seca, para las fracciones más gruesas, separadas según los rangos establecidos por el Soil Survey Staff (2006).

La determinación mineralógica de la fracción arcilla ($<2 \mu$) se realizó mediante difracción de Rayos X, en la Universidad Nacional de Córdoba, con un equipo Phillips PANalytical, con Goniómetro PW3050/60, a 40 mA y 40 kV, y Ánodo de Cu. El pre-tratamiento de las muestras se llevó a cabo según Besoain (1985).

En el Laboratorio de Tritio y Radiocarbono (LATYR) de la Universidad de La Plata-CONICET se

realizó una datación radiocarbónica de una muestra correspondiente a un nivel de calcretos; mientras que en el Luminescence Dating Laboratory de la Universidad de Georgia (EEUU) se efectuó el fechado por luminiscencia estimulada ópticamente (OSL) de una muestra no disturbada de los materiales basales de las secuencias descritas, de aproximadamente $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$, tallada en la pared del perfil y oculta a la radiación solar dispuesta en bolsa de plástico negro.

Se preparó una lámina delgada de una muestra de calcreto para efectuar un análisis micromorfológico siguiendo los criterios de Stoops (2003).

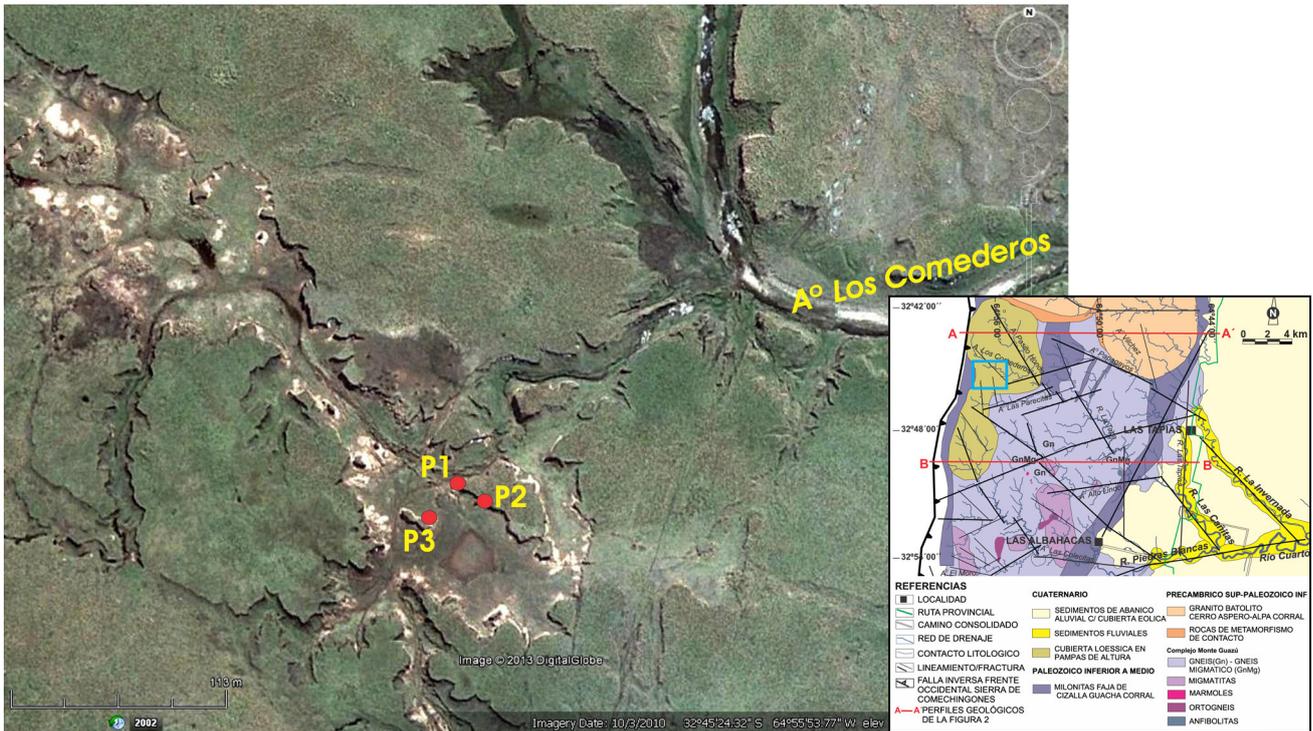


Figura 4. Imagen Google Earth mostrando la localización de los tres perfiles sedimentológicos-pedológicos analizados. Abajo a la derecha se muestra el mapa geológico (modificado de Fagiano, 2007 y Rey Ripoll, 2008), donde se indica el área de la imagen satelital.

Figure 4. Google Earth image showing the three sedimentologic-edafic profiles analyzed. Below to the right, the geological map (modified of Fagiano, 2007 and Rey Ripoll, 2008) is showed, where the satellite image area is indicated.

Finalmente, toda esta información fue integrada para efectuar la propuesta estratigráfica e interpretaciones paleoambientales/paleoclimáticas que se presentan.

SUCESIONES ESTRATIGRÁFICAS DE PAMPAS DE ALTURA

Descripción

En los perfiles estudiados se reconocieron tres unidades estratigráficas, denominadas, de base a techo, I, II y III (Figs. 5a-d, 6, 7), que se describen a continuación.

La unidad I, de geometría tabular y espesor variable entre 1 y 1,50 m, está conformada por materiales franco limosos, con escasas gravas finas dispersas y, en general, masivos, aunque localmente presentan una laminación horizontal a subhorizontal muy débil. Su coloración es pardo clara (7,5YR 6/4) y se encuentra bioturbada (fundamentalmente por actividad radicular) lo que le otorga una porosidad

secundaria. En la figura 5b puede apreciarse un detalle de esta unidad y el sector donde se obtuvo una muestra para su datación mediante OSL. La edad reportada es $23,0 \pm 2,25$ ka. La datación se realizó sobre clastos de cuarzo por el método SAR (*Single Aliquot Regenerative dose*; Murray y Wintle, 2003), utilizándose concentraciones de $U = 2,95 \pm 0,77$ ppm, $Th = 10,26 \pm 2,63$ ppm y $K = 2,1\%$, una tasa de radiación cósmica (*cosmic dose rate*) de $0,15 \pm 0,03$ Gy/ka y una tasa de radiación (*dose rate*) de $3,56 \pm 0,3$ Gy/ka.

En la fracción arcilla el mineral dominante es la illita, identificada por sus reflexiones características, principalmente en 10 \AA (001), asimétrica, bien definida, seguida de una reflexión más débil en $4,9 \text{ \AA}$ (002) y $2,95 \text{ \AA}$ (003), acompañada por cuarzo y feldespato potásico, quienes muestran reflexiones características entre los $3,34 \text{ \AA}$ y $3,28 \text{ \AA}$, respectivamente (Fig. 8).

Hacia arriba y mediante contacto neto se dispone la unidad II, formada por materiales predominantemente franco arcillosos, de potencia variable entre 2,5 y 1

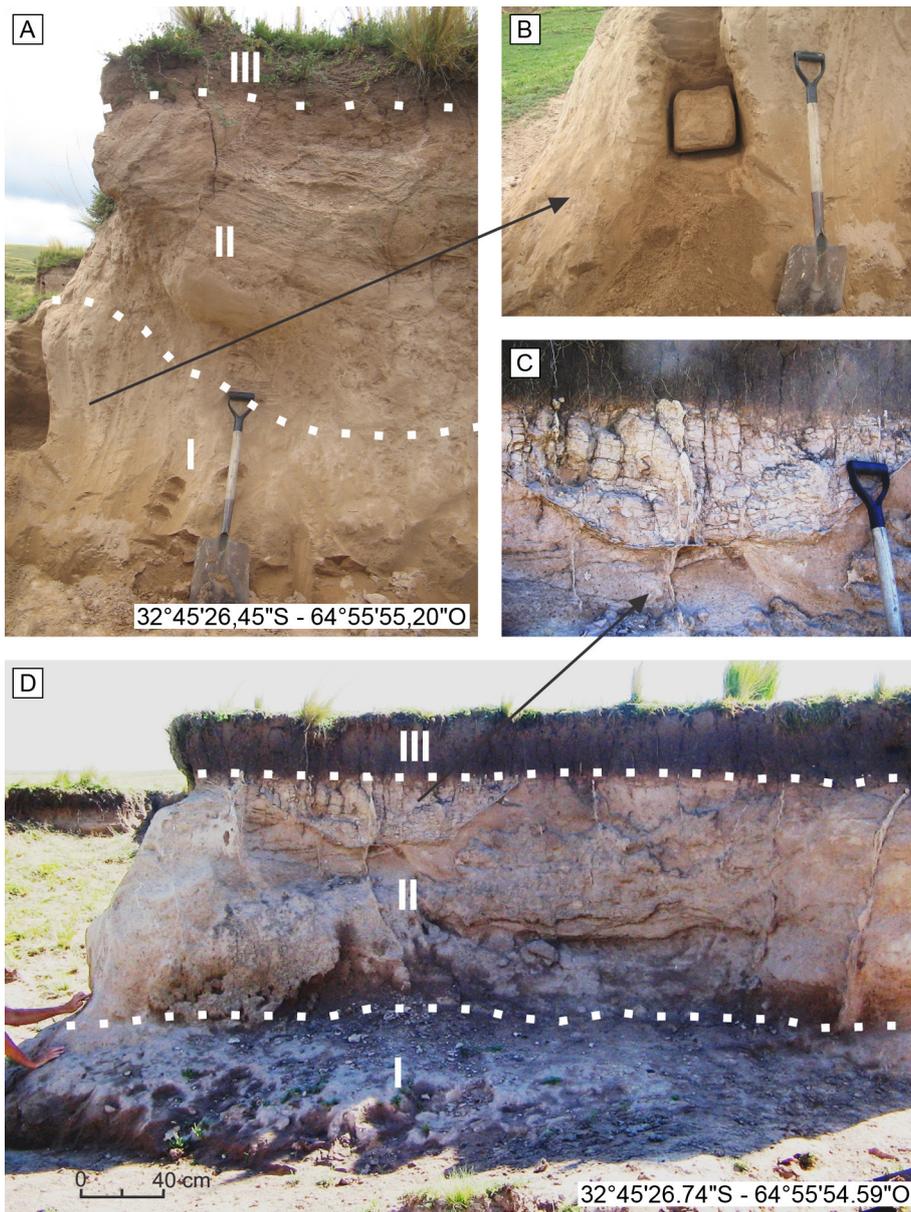


Figura 5. a) Perfil P1, mostrando las tres unidades principales diferenciadas. Escala: pala 1,20 m. b) Detalle de los materiales de la unidad I. c) Detalle de paleocanal y grietas rellenas de carbonato presentes en la unidad II. d) Perfil P2, mostrando las tres unidades principales diferenciadas.

Figure 5. a) P1 profile, showing the main three identified units. Shovel (1.20 m) for scale. b) Detail of unit I materials. Shovel (1.20 m) for scale. c) Detail of paleochannel and carbonates filled cracks in unit II. d) P2 profile, showing the main three identified units.

m, donde se destacan estructuras de corte y relleno, cuyas dimensiones son del orden de 3 a 5 m de ancho y 1 a 1,5 m de profundidad (Figs. 5a-d, 6, 7). En algunos sectores esta unidad exhibe laminación entrecruzada en artesa, con sets de 0,70-0,90 m de potencia, formada por la migración de megaóndulas de muy poca altura, mientras que en otros se observan estructuras de corte y relleno limitando materiales arcillosos finamente laminados (Fig. 5c). La coloración varía desde parda clara (10YR 6,5/4) en la base de la secuencia a parda oscura (7,5YR 4/2) hacia el techo.

La unidad II, y en algunos sectores también involucrando el techo de la subyacente unidad I,

muestra rasgos de pedogénesis muy marcada, donde se han reconocido los siguientes horizontes: 2Bt1, 2Bt2, 2Btk1, 3Btk2, 3BCkm y 4BC (Fig. 6, Tabla 1), lo que permitiría caracterizarlo como un Argiudol típico. Los horizontes 2Bt presentan recubrimientos texturales (barnices) en las caras y dentro de los agregados, de espesor y composición variable. En los horizontes 2Bt1 y 2Bt2 los barnices son gruesos y están compuestos por arcilla, óxidos de hierro y humus, disminuyendo éste último en 2Bt2. El horizonte 2Btk1 presenta recubrimientos más delgados y de coloración más rojiza por disminución de humus y presencia de óxidos hierro. En los horizontes 2Btk1, 3Btk2 y 3BCkm, el carbonato de

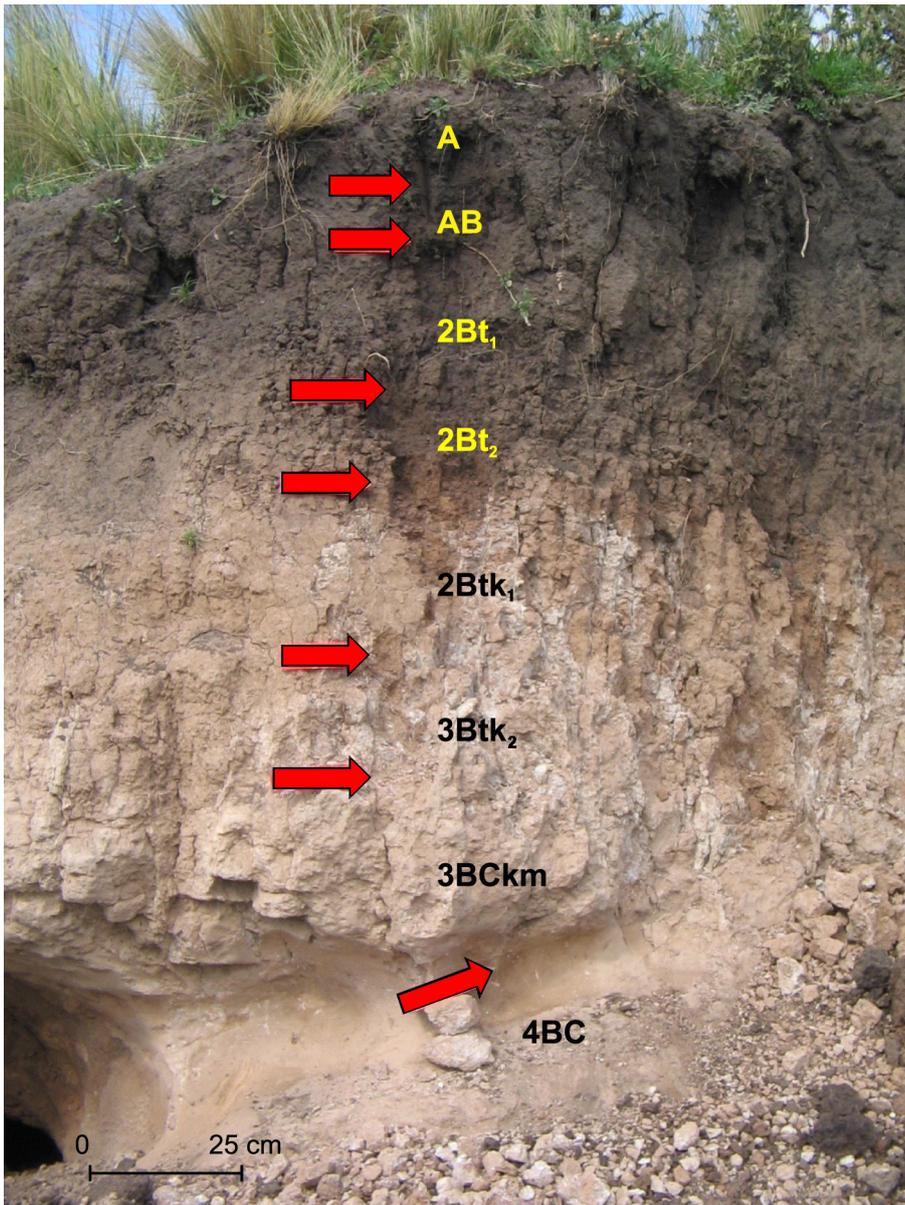


Figura 6. Horizontes edáficos reconocidos en el perfil P3. Se indican dos de las principales unidades identificadas.
Figure 6. Edaphic horizons recognized in P3 profile. Two of the main identified units are indicated.

calcio es abundante y se presenta diseminado o formando pequeños nódulos y láminas.

En todos los horizontes citados, la mineralogía de la fracción arcilla está dominada por la illita; específicamente en el horizonte 3Btk₂, está acompañada por caolinita, identificada por sus reflexiones características ubicadas alrededor de los 7,14 Å (001), seguida de una reflexión a 3,57 Å (002) (Fig. 8). Se reconocen, además, en los horizontes Bt, picos a 17 Å (001), que pueden corresponder a interstratificados de illita/esmectita. En estos horizontes, la illita y los interstratificados se encuentran acompañados por óxidos de hierro con sus picos de reflexión característicos, principalmente en 2,69 Å. En todos

los horizontes, la fracción de minerales no arcillosos está compuesta por cuarzo y feldespato potásico (Fig. 8 y Tabla 1).

Cubriendo la unidad II se observa un fino nivel de calcretos, discontinuo, y grietas rellenas de carbonato que atraviesan, también de manera discontinua, las unidades I y II. Estos calcretos, en general, tienen un espesor del orden de los 2 cm, observándose marcadas variaciones laterales en su distribución/preservación. En el perfil P2 (Figs. 5d-c) se observa una alta frecuencia de grietas/discontinuidades rellenas de carbonatos, con espesores que superan los 10 cm en algunos casos, mientras que a pocos metros, en los perfiles P1 y P3 (Figs. 5a y 6, respectivamente), se

Unidad estratigráfica	III			II			I		
Horizonte	A	AB	2Bt1	2Bt2	2Btk1	3Btk2	3BCkm	4BC	
Profundidad (cm)	0-12	12-25	25-50	50-65	65-89	89-103	103-136	136- +	
Color (matriz)	10YR 4/1	10YR 4/2	7,5YR 4/2	7,5YR 5/4	7,5YR 5/4	7,5YR 6/4	7,5YR 6/3	10YR 6,5/4	7,5YR 6/4
Barnices			+++ (10YR 4/1)	+++ (7,5YR 4/2)	+				
Estructura	Fuerte, BAG	Fuerte, BSAG à BAG	Muy fuerte, PR à BAG	Muy fuerte, PR à BAG	Muy fuerte, BSAG regulares	BSAG irregulares	Fuerte, L gruesa (parte superior) y BSAG (parte inferior)	Fuerte, BSAG	M
Carbonatos					++	+++	+++		
Bioturbación	++	++	+		++	++	++	+++	
% Carbono Orgánico	6,04	2,58	2,23	1,41	1,18	0,71	0,65	0,59	
% Materia Orgánica	3,62	1,56	1,34	0,85	0,71	0,42	0,38	0,35	
Textura (%):									
Arcilla < 2 µm	32,63	31,46	30,29	28,96	28,18	46,43	44,43	30,08	14,35
Limo 2-50 µm	49,61	47,61	43,66	45,23	44,89	32,64	34,06	46,03	51,1
Arena muy fina 50-100 µm	17,13	20,31	23,79	24,58	26,56	20,47	21,15	23,61	33,6
Arena fina 100-250 µm	0,45	0,51	1,17	1,21	0,37	0,38	0,31	0,23	0,48
Arena media 250-500 µm	0,15	0,11	0,63	0,02	0,00	0,07	0,06	0,05	0,16
Arena gruesa 500-1000 µm	0,04	0,05	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
Arena muy gruesa 1-2 mm	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Sábulo 2-4 cm	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Mineralogía de la fracción arcilla	I Qz Feld K		I I/Sm OxFe Qz Feld K	I I/Sm OxFe Qz Feld K	I I/Sm OxFe Qz Feld K	I C Qz Feld K		I Qz Feld K	

Tabla 1. Datos analíticos de los horizontes de suelo muestreados en el perfil P3. Referencias: I= illita, I/Sm= interestratificados de illita y esmectita, C= caolinita, OxFe= óxidos de hierro, Qz= cuarzo, Feld K= feldespatos potásicos, BAG= bloques angulares, BSAG= bloques subangulares, PR= prismática, L= laminar, M= masiva. Barnices: + (escasos), ++ (abundantes), +++ (muy abundantes).

Table 1. Analytical data of the sampled soil horizons in the P3 profile. References: I= illite, I/Sm= illite/smectite interstratified, C= kaolinite, OxFe= iron oxides, Qz= quartz, Feld K= potassic feldspar, BAG= angular blocks, BSAG= subangular blocks, PR=prismatic, L= plat, M= massive. Clay skins: + (very few), ++ (many), +++ (very many).

presentan en láminas más delgadas y discontinuas. Al microscopio, este calcreto está constituido por una masa micrítica que incluye material loessoide generando un patrón de distribución porfírica, y presenta abundantes ooides de bordes algo difusos

(Fig. 9). Los poros y vesículas son abundantes y están distribuidos uniformemente. No se observan recubrimientos texturales (cutanes-barnices). La datación por C¹⁴ de estos calcretos arrojó una edad de 4180 ± 80 a AP. La calibración informada por

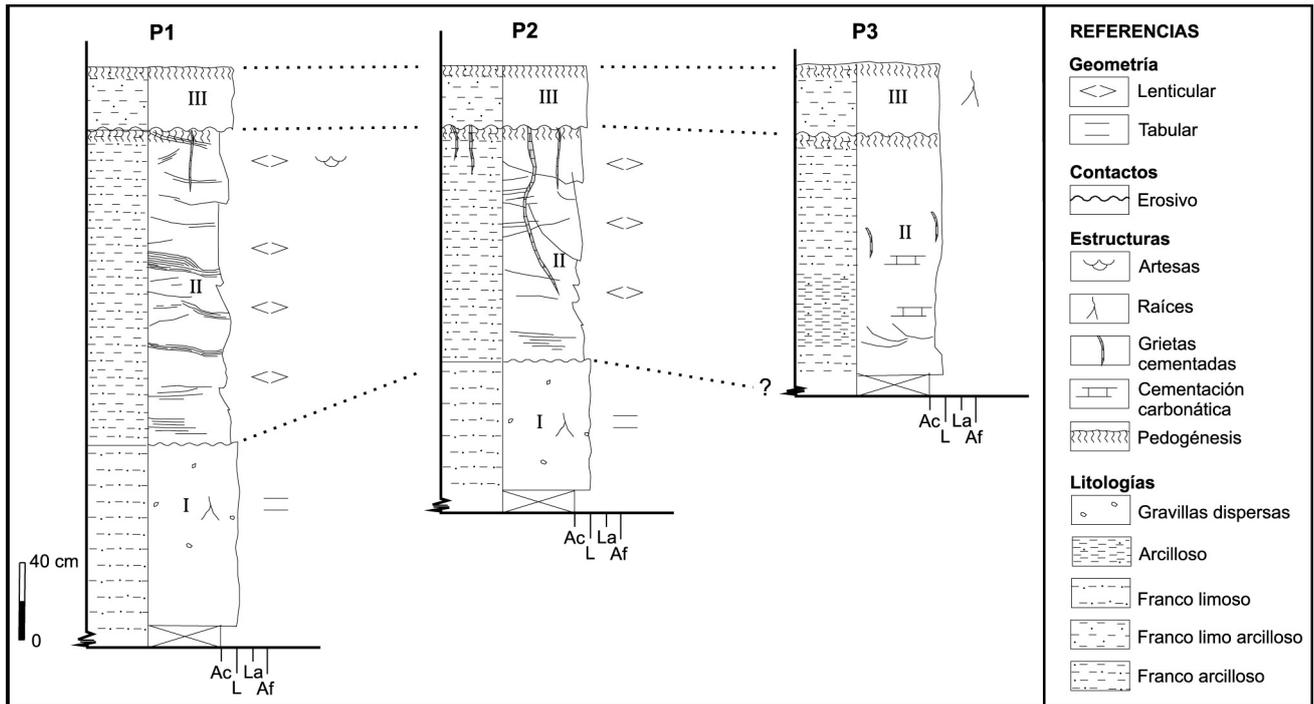


Figura 7. Perfiles sedimentológicos de detalle P1, P2 y P3 mostrando las tres unidades estratigráficas principales I, II y III.
Figure 7. P1, P2 and P3 detailed sedimentological profiles showing the three main stratigraphic units I, II and III.

el laboratorio fue realizada utilizando el Programa CALIB 6.0.1 en conjunción con las recomendaciones de Stuiver y Reimer (1993). De acuerdo a la curva de calibración, el evento de carbonatación queda limitado entre 4529 y 4814 años AP.

La unidad III, se dispone mediante contacto neto erosivo sobre la unidad II o sobre el nivel de calcretos cuando está presente. Constituye un paquete tabular de 0,30-0,40 m de espesor (Figs. 5a-d, 6, 7), formada por materiales franco limo arcillosos, de coloraciones 10YR 4/1 y 10YR 4/2, con abundantes raíces y algo de bioturbación. En esta unidad se identificaron dos horizontes edáficos, A y AB (Fig. 6), cuyas propiedades se muestran en la Tabla 1. Para el horizonte A la mineralogía de la fracción arcilla se compone de illita, cuarzo y feldespato potásico (Fig. 8).

Interpretación

La granulometría (51,1% en la fracción limo y 33,6% en arena muy fina), moderada selección, homogeneidad de los bancos, estructura masiva y mineralogía de la fracción arcilla (illita, cuarzo y feldespato potásico) que se observaron en la unidad I, permiten inferir que se trata de un depósito loésico con ausencia o muy bajo grado de retransporte

subácueo. La depositación habría ocurrido de manera mantiforme, en un ambiente de escasa vegetación generado bajo condiciones climáticas áridas.

Las características descritas para la unidad II permiten asociarla a depósitos generados por acción de flujos de agua que removilizaron los materiales loésicos/loessoides disponibles. La distribución espacial de las estructuras de corte y relleno se correspondería con canales efímeros del tipo multiepisódicos. Aquellos canales que exhiben laminación entrecruzada en artesas indican la presencia de flujos unidireccionales bien definidos, mientras que los que presentan sedimentos arcillosos finamente laminados indicarían condiciones de depositación de baja energía asociadas al abandono del canal. Estas sucesiones se habrían generado en condiciones de semiaridez, en transición a condiciones con mayor disponibilidad de agua, asociadas posiblemente a lluvias torrenciales.

El importante grado de edafización observado en la parte superior de la unidad II (Figs. 5, 7) permite inferir un hiatus en el proceso de sedimentación, y un cambio hacia condiciones climáticas más cálidas y húmedas, tal como lo evidencia la presencia de paleosuelos con fuerte estructura, enriquecimiento en arcillas (interestratificados de illita/esmectica),

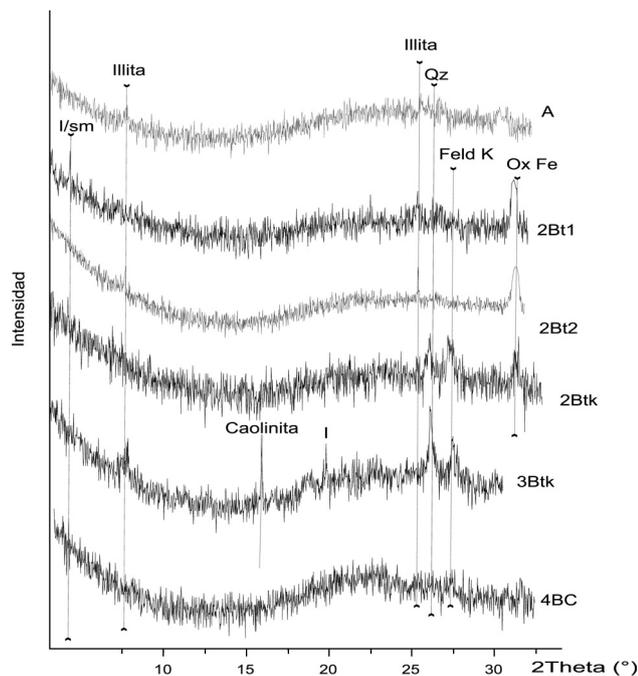


Figura 8. Difractogramas de rayos X de la fracción arcilla de las muestras estudiadas. I/Sm = interestratificados illita/esmectita, Qz= cuarzo, Feld K= feldespato potásico, OxFe= óxidos de hierro.

Figure 8. X-ray diffractograms of the clay fraction of the studied samples. I/Sm = illite/smectite interstratified, Qz= quartz, Feld K= potassic feldspar, OxFe= iron oxides.

presencia de recubrimientos (barnices), formación de óxidos de hierro, y alta acumulación de materia orgánica (Tabla 1). Los horizontes cálcicos estarían indicando una disminución de la disponibilidad de agua en el suelo, lo que provoca la precipitación de carbonatos en las caras e interior de los agregados, evidenciando una transición hacia condiciones más semiáridas-áridas, en la etapa final de desarrollo edáfico. La decapitación del horizonte A de este paleosuelo se vincula a procesos erosivos asociados a estas condiciones climáticas.

La presencia de calcretos en el techo del paleosuelo y rellenando grietas de desecación que cortan toda la sucesión infrayacente, su espesor y sus características micromorfológicas (textura, estructura, porosidad) son evidencias de que las condiciones climáticas se habrían tornado marcadamente más deficitarias en agua, por disminución de las precipitaciones y altas tasas de evapotranspiración. De acuerdo al contexto litológico (migmatitas, gneises y milonitas) y topográfico-geomorfológico (pampas de altura) se asume que los carbonatos provendrían fundamentalmente de sucesivos ciclos de disolución

del carbonato de calcio presente en los sedimentos eólicos descriptos, cuya precipitación se asocia a flujos verticales descendentes y subordinadamente a flujos laterales. No se observan evidencias de precipitación asociada a fluctuaciones del nivel freático. Las variaciones observadas en la distribución espacial de los calcretos se vinculan a la posición en el relieve y a la presencia de discontinuidades (planos de estratificación, grietas de desecación, proximidad del basamento). Por otra parte, la ausencia de recubrimientos y alta porosidad permiten inferir que su grado de evolución es incipiente.

Finalmente, los materiales que constituyen la unidad III se interpretan como depósitos loésicos, parcialmente retransportados, asociados a un nuevo ciclo de sedimentación bajo condiciones áridas-semiáridas. El desarrollo del suelo actual se habría iniciado con el posterior mejoramiento de las condiciones climáticas, que implicaron un aumento de precipitaciones y de temperatura. Los procesos pedogenéticos afectan a los materiales de la unidad III y a los infrayacentes. Funcionalmente los horizontes A y AB forman parte de un suelo poligénico, que incluye a los horizontes del paleosuelo descripto.

DISCUSIÓN

De acuerdo a la edad OSL obtenida, la depositación loésica de la unidad I se asociaría al Último Máximo Glaciar (estadio isotópico 2, ISO2, Pleistoceno superior), caracterizado por un nuevo avance glacial en la Cordillera de los Andes y desecación del clima de las planicies sudamericanas (Clapperton, 1993; Iriondo y García, 1993; Iriondo y Kröhling, 1995), que tuvo su mayor intensidad entre los 22.000 y 18.000 años A.P. (Wayne, 1981; González, 1981; Clapperton, 1993). En particular, para la provincia de Córdoba, Iriondo (1999) y Carignano (1999) señalan para este periodo condiciones frías y secas, con removilización parcial del Mar de Arena Pampeano cuyo límite norte no excedería la traza del río Cuarto, depositación de un cinturón loésico hacia el N-NE del mismo, y retracción de los sistemas fluviales principales y cuerpos lagunares. Los depósitos loésicos correlacionables para este periodo en la región extraserrana también presentan illita como arcilla dominante (Camilión, 1993), y fueron asignados a la Formación La Invernada (Cantú, 1992), Formación Tezanos Pintos (Iriondo, 1987; Kröhling, 1993), Formación Chuña (Carignano, 1996), Formación Barranquita

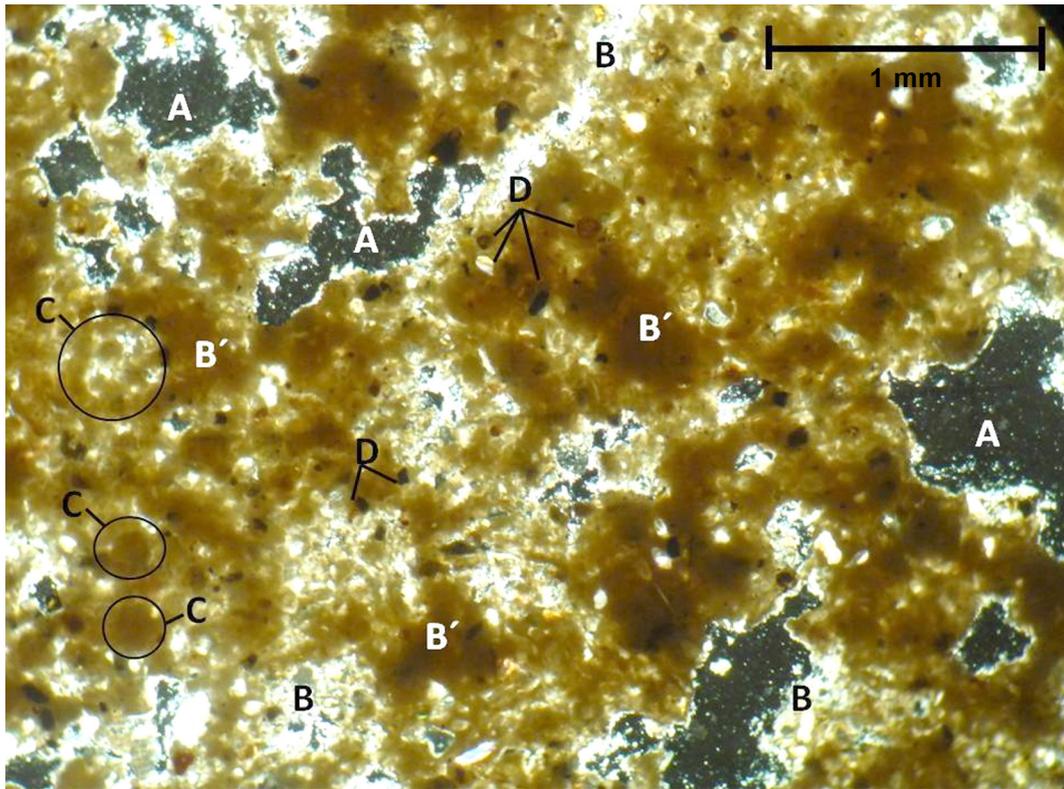


Figura 9. Vista al microscopio de una muestra de los calcretes estudiados (aumento 5x). A) Vesículas, B) Micrita, B') Micrita, sectores donde el corte delgado tienen mayor espesor, C) Ooides, D) Minerales de las unidades loésicas/loessoides.

Figure 9. Microscopic view of a sample of studied calcretes. A) Vesicles, B) Micrite, B') Micrite, sectors where the polishing thin section have a greater thickness, C) Ooids, D) Minerals of loessic/loessoid units.

(Latrubesse y Ramonell, 1990), entre otras. Tripaldi y Forman (2007) reconocen depósitos eólicos de arenas medias a finas, bien seleccionadas, asociados a los campos de dunas del centro-este de la provincia de San Luis, acumulados durante el Pleistoceno tardío (33-20 ka). Por su parte, Kemp *et al.* (2004a) también analiza depósitos loésicos de este periodo correspondientes a la Fm. Tezanos Pinto, en la localidad de Tortugas, provincia de Santa Fe, mientras que Frechen *et al.* (2009) lo hacen para secuencias de loess en Monte Ralo y Corralito, sitios cercanos a la ciudad de Córdoba.

Con relación a la fuente de estos materiales, se asume que habrían sido transportados por vientos provenientes del S-SO que deflacionaban las extensas bajadas cordilleranas, donde los ríos depositaban los detritos provenientes de las montañas englazadas, con actividad volcánica, tal como propusieron otros autores (Cantú, 1992; Iriando, 1999; entre otros). Por otra parte, los estudios mineralógicos realizados por Becker (1987), Schiavo (1991) y Cantú (1992), entre otros, en materiales de la Fm. La Invernada,

señalan entre los componentes la presencia de vidrio volcánico, lamprobolita y líticos volcánicos, asociación mineral que también se correspondería con la fuente citada anteriormente. Recientemente, Gaiero *et al.* (2013), analizan la fuente, el transporte, la dispersión y la depositación de eventos de polvo originados en el Plateau Altiplano-Puna subtropical, mostrando que una importante proporción de sedimentos alcanzan el océano Atlántico. A pesar de que esta sería una fuente a evaluar, la mineralogía y geomorfología de los depósitos eólicos de la región sur de Córdoba, permiten inferir que la fuente principal de materiales provino del sudoeste.

En el área periserrana o asociados a sistemas fluviales importantes del sur provincial, también se reconocieron sucesiones aluviales y coluviales asignadas al ISO2, formadas por paraconglomerados de matriz limo-arenosa y depósitos de ambientes con circulación de agua restringida, que indican también condiciones de aridez (Formación Río Cuarto en Degiovanni *et al.*, 2005).

En otros sitios del ambiente de Sierras Pampeanas,

como los valles de Los Reartes, Calamuchita y Punilla (Tauber, 2006), las pampas de Vaca Corral y Aguas Frías en el Departamento Cruz del Eje (Tauber y Goya, 2006) y en Huerta Grande, Panaholma, Atos Pampa, Olaen, Pampa de Achala y Los Gigantes, entre otras (Krapovic y Tauber, 2012a,b), se asignan al Último Máximo Glaciar depósitos cuaternarios, en general fluviales y coluviales, en base a su contenido paleontológico (restos óseos y crotovinas de megafauna del Pleistoceno superior).

En este contexto, y de acuerdo a las condiciones paleoambientales inferidas y a la edad de la unidad infrayacente, se asigna la unidad II a la etapa final del estadio ISO2. Secuencias similares fueron descritas en la Formación La Invernada por Cantú *et al.* (2006), en un perfil sobre el arroyo Santa Catalina (Dpto. Río Cuarto, Córdoba).

Por sus características pedogenéticas y fechado absoluto de los materiales infra y suprayacentes ($23,0 \pm 2,25$ ka. y 4180 ± 80 aAP, respectivamente), se atribuye el desarrollo del paleosuelo que aparece en el tope de la unidad II al período Hypsitermal u Óptimo Climático, según la propuesta para la región pampeana de Carignano y Ungaro (1988a,b), Cantú (1992), Iriondo y García (1993), Iriondo (1999), Carignano (1999) y Cantú *et al.* (2004), entre otros. Estos autores señalan para este período un clima húmedo y fresco durante el invierno y cálido y húmedo durante el período estival, con formación de suelos de alto grado de desarrollo, expansión de las redes fluviales y cuerpos lénticos, mínima actividad eólica, características que favorecieron el asentamiento de grupos humanos (Montes, 1958; González, 1960; Cantú *et al.*, 1997).

Tanto en el ámbito de la llanura pampeana como en el sector serrano de la provincia de Córdoba, varios trabajos describen paleosuelos similares, entre ellos, Manzur (1995), Iriondo y Kröhling (1995), Iriondo (1999), Kemp *et al.* (2004a,b, 2006), Sanabria *et al.* (2006a,b), Sanabria y Argüello (2011) y Krapovic y Tauber (2012a,b). Algunos autores asignan nombre formacional a esta unidad pedoestratigráfica, como Cantú (1992) que define el Geosuelo Las Tapias para la región sur de la provincia de Córdoba, Carignano (1997) que identifica el Geosuelo El Ranchito en la cuenca de las Salinas Grandes (provincia de La Rioja) y Cioccale (1999) que describe el Paleosuelo Río Pinto en la ladera oriental de las Sierras Chicas de Córdoba.

Al realizar una comparación del perfil edáfico de la unidad II analizado en este trabajo con el Geosuelo

Las Tapias (Cantú, 1992), descrito en el piedemonte y llanura circundante, en general se observa que éste último exhibe un menor grado de desarrollo, no presenta horizonte argílico, sólo un B cámbico, por lo que dicho autor lo clasifica como Hapludol típico. Estas diferencias permiten inferir que en el sector serrano las condiciones habrían sido más húmedas, tal como lo manifiestan Tauber y Krapovic (2012b) al estudiar las condiciones ambientales de la megafauna pleistocena hallada en Atum y Athos Pampa (provincia de Córdoba). En la actualidad, bajo un clima templado húmedo, se registra un fenómeno similar, destacándose especialmente el invierno serrano donde es frecuente la acumulación de nieve, que asociado a la baja evapotranspiración, se traduce en un importante volumen de agua incorporada al suelo. Se considera que la vegetación actual de las pampas de altura, caracterizada por la presencia de praderas con pastizales de alta cobertura, puede extrapolarse a la existente durante el período Hypsitermal u Óptimo Climático, en concordancia con lo descrito por Prieto (1996) para la planicie pampeana.

Las características observadas, las condiciones paleoclimáticas inferidas y la edad obtenida para los calcretos (4180 ± 80 años AP) permiten asignar su formación al período seco del Holoceno medio-superior, en concordancia con los descriptos y fechados por Manzur (1995 y 1997) para el área de Atum y Athos Pampa. Este autor también interpreta que la fuente de los carbonatos serían los sedimentos loésicos presentes en esa pampa de altura, y, en relación a la génesis, señala condiciones de migración vertical descendente (pedogenético) y a su vez en algunos sitios precipitación asociada a desecación de niveles freáticos estacionales asociados a la cercanía del basamento cristalino.

Durante el período más seco del Holoceno medio habrían dominado procesos erosivos asociados a acción hídrica de tipo torrencial y deflación, que eliminaron parcial o totalmente el suelo desarrollado durante el Hypsitermal y a los depósitos de calcretos. Subordinadamente, en algunos sectores se registraron procesos de depositación aluvial. Condiciones climáticas similares son descritas por Iriondo (1990a), Iriondo y García (1993) e Iriondo (1999) para la región pampeana en general, y Cantú (1992) y Carignano (1999) para la provincia de Córdoba, entre otros.

Este ciclo árido culmina con la depositación de

secuencias loésicas y arenosas muy finas, representadas en la región central argentina por las formaciones Laguna Oscura (Cantú, 1992), San Guillermo (Iriondo y Kröhling, 1995), Guanaco Muerto (Carignano, 1997) y Estancia El Carmen (Cioccale, 1999).

En el área de estudio, se atribuyen a este periodo los depósitos descritos en la unidad III, que al igual que en otras pampas de altura próximas, exhiben un reducido espesor. En relación a la fuente de estos materiales, al igual que para la unidad I, se asume una proveniencia desde el sudoeste, apoyada en estudios mineralógicos y geomorfológicos de la Fm. Laguna Oscura en la zona de llanura circundante (Blarasin, 1984; Degiovanni *et al.*, 2005; Matteoda, 2012).

Un mejoramiento de las condiciones climáticas, aproximadamente 1000-1500 años AP, habría favorecido la pedogénesis de estos materiales, la reactivación de las redes de drenaje y, en el área de llanura circundante, la elevación del nivel frático y la expansión de cuerpos lagunares y de bañados, como se describe en varios trabajos (Cantú, 1992; Iriondo, 1999; Carignano, 1999).

CONCLUSIONES

Se reconocieron en perfiles de pampas de altura al sur de la sierra de los Comechingones depósitos loésicos o con un mínimo retransporte local (unidad I de los perfiles analizados), depositados bajo condiciones áridas y frías, correspondientes al Último Máximo Glaciar (ISO2, Pleistoceno Superior). Estos depósitos son cubiertos por niveles aluviales (unidad II), que indican un incremento en la disponibilidad de agua y ocurrencia esporádica de flujos encauzados, torrenciales y erosivos, que remobilizaron localmente los materiales infrayacentes y los depositaron en ambientes subcúneos de baja energía. Estos depósitos representarían la transición hacia las condiciones más benignas del período Hypsitermal (Pleistoceno tardío-Holoceno inferior), cuyo clímax se asocia al desarrollo de un importante suelo en el tope de la unidad (Argiudol típico, paleosuelo del techo de la unidad II). Las características pedogenéticas que presenta este paleosuelo permiten señalar condiciones cálidas y húmedas (mayor que las actuales) y la presencia de un ambiente de praderas con alta cobertura de pastizales, que favorecieron la formación y traslocación de arcillas y óxidos de Fe en el perfil

del suelo y la acumulación de altos contenidos de materia orgánica.

La formación de una superficie erosiva, con la consecuente decapitación de este paleosuelo y la presencia de los calcretos en diferentes discontinuidades del perfil (texturales, grietas de desecación) se asocian al ciclo más árido del Holoceno medio-superior, que culmina con la depositación de un nivel de materiales eólicos loésicos (unidad III).

Bajo las condiciones templado-húmedas del clima atlántico actual, se restauró el ambiente de praderas de altura, se estabilizó el paisaje y se inició un nuevo ciclo de pedogénesis que, además de la unidad III, incorpora al perfil edáfico infrayacente.

Agradecimientos

Los resultados de este trabajo han sido financiados por proyectos de investigación subsidiados por la Secretaría de Ciencia y Técnica (Universidad Nacional de Río Cuarto), la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT), y el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Córdoba (MINCYT). Los autores agradecen además a los revisores, quienes a través de sus aportes y observaciones han contribuido al enriquecimiento de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreazzini, M. J. y S.B. Degiovanni, 2011. Diseño de canal en el sector pedemontano del río Las Cañitas, Córdoba. Factores de control, morfodinámica e implicancias ambientales. XVIII Congreso Geológico Argentino Actas 1426-1427, Neuquén.
- Becker, A., 1987. Génesis de las Series tentativa Sperranzoni y Rodeo Viejo. Departamento de Río Cuarto, Provincia de Córdoba. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Beltramone, C.A., 2007. Las superficies de erosión en las sierras Pampeanas de Córdoba: algunas consideraciones sobre su génesis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62 (3):478-482.
- Besoain, E., 1985. *Mineralogía de Arcillas*. IICA, serie de libros y materiales educativos N° 60, San José, Costa Rica, 1205 pp.
- Blarasin, M., 1984. Hidrología subterránea de la zona de Laguna Oscura. Córdoba. Tesis de Lic. U.N.R.C. Inédito.
- Blarasin, M.T. y M.L. Sánchez, 1987. Secuencia evolutiva de dunas cuaternarias en el sector de la Laguna Oscura. Departamento Río Cuarto, Provincia de Córdoba, República Argentina. X Congreso Geológico Argentino Actas III:297-300.
- Bodenbender, G., 1894. Llanura al este de la sierra de Córdoba. Contribución en la historia del desarrollo de la llanura Pampeana. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias Córdoba* XIV:21-54.
- Camilión, M.C., 1993. Clay mineral composition of pampean

- loess (Argentina). *Quaternary International*, 17:27-31.
- Cantú, M.P.**, 1992. Provincia de Córdoba. En: M. Iriondo (Ed.) *El Holoceno en la Argentina*. Editorial CADINQUA, 1:1-16, Paraná.
- Cantú, M.P.**, 1998. *Estudio geocientífico para la evaluación ambiental y ordenación territorial de una cuenca pedemontana. Caso: cuenca del Arroyo La Colacha, Dpto. Río Cuarto, prov. de Córdoba*. Tesis Doctoral. Dpto. de Geología. Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto 376 pp. (inédito).
- Cantú, M.P. y S.B. Degiovanni**, 1984. Geomorfología de la región centro-sur de la provincia de Córdoba, República Argentina. *IX Congreso Geológico Argentino Actas IV*:76-92.
- Cantú, M.P. y S.B. Degiovanni**, 1987. Génesis de los sistemas lagunares del centro-sur de la provincia de Córdoba, República Argentina. *X Congreso Geológico Argentino Actas III*:289-292.
- Cantú, M.P. y M.T. Blarasin**, 1987. Geología del Pleistoceno Superior-Holoceno del Arroyo Las Lajas - Km. 630. Departamento Río Cuarto, Provincia de Córdoba. *X Congreso Geológico Argentino Actas I*:337-340.
- Cantú, M.P., H. Schiavo y A. Becker**, 1997. Geología del Cuaternario del Sitio Puerta del Tala-La Cocha. *Segundas Jornadas Nacionales de Historia Regional de Río Cuarto*, Córdoba. Actas, 2 pp.
- Cantú, M., H. Schiavo, T. Musso y A. Becker**, 2004. Paleosuelos del Pleistoceno Superior-Holoceno del Sur de la Provincia de Córdoba, Argentina. *XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo* Edición en CD, 10 pp., Paraná, Entre Ríos.
- Cantú, M.P., H. Schiavo, A. Becker, L. Zhou y M.T. Grumelli**, 2006. Peistoceno superior tardío-Holoceno de la cuenca media del arroyo Santa Catalina, Prov. de Córdoba, Argentina. *III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología Actas Tomo II*:777-786, Córdoba.
- Carignano, C.A.**, 1996. Evolución geomorfológica de las planicies en la provincia de Córdoba durante el Pleistoceno Superior. *Revista del Instituto de Geología y Minería*, 11 (1):7-26. Universidad Nacional de Jujuy.
- Carignano, C.A.**, 1997. *Caracterización y evolución durante el Cuaternario Superior, de los ambientes geomorfológicos extraserranos en el noroeste de la provincia de Córdoba*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (inédito).
- Carignano, C.A.**, 1999. Late Pleistocene to recent climate change in Córdoba Province, Argentina: geomorphological evidence. *Quaternary International* 57/58:117-134.
- Carignano, C. y R. Ungaro**, 1988a. Geología y geomorfología de la cuenca del Río Segundo. En: *Proyecto de Cooperación Hispano Argentino (UNESCO-ICI). Planificación Integrada del Medio, Evaluación del Impacto Ambiental y Formación de un Equipo de Técnicos. Estudio Piloto al Norte de Córdoba (República Argentina)*.
- Carignano, C. y R. Ungaro**, 1988b. Geología y geomorfología de Mar Chiquita. En: *Proyecto de Cooperación Hispano Argentino (UNESCO-ICI). Planificación Integrada del Medio, Evaluación del Impacto Ambiental y Formación de un Equipo de Técnicos. Estudio Piloto al Norte de Córdoba (República Argentina)*.
- Carignano, C. y R. Ungaro**, 1988c. Geología y geomorfología del Departamento Pocho. En: *Proyecto de Cooperación Hispano Argentino (UNESCO-ICI). Planificación Integrada del Medio, Evaluación del Impacto Ambiental y Formación de un Equipo de Técnicos. Estudio Piloto al Norte de Córdoba (República Argentina)*.
- Carignano C., M.A. Cioccale y J. Rabassa**, 1999. Landscapes antiquity of the Central Sierras Pampeanas (Argentina): Geomorphic evolution since the Gondwana times. *J. Zeitschrift für Geomorphologie: Annals of Geomorphology*, Suppl. Band 118:245-268.
- Cioccale, M.**, 1999. Climatic fluctuations in the Central Region of Argentina during the last 1000 years. *Quaternary International* Vol 62:35-47.
- Cioccale M. y C. Carignano**, 2009. Evolución geomorfológica de las Sierras Chicas, Córdoba, Argentina: una visión Gondwánica. *IV Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología Acta resúmenes volumen N° 6*, La Plata, Argentina.
- Clapperton, C.** 1993. *Quaternary geology and geomorphology of South America*. Elsevier Science Publishers. Amsterdam. 779 pp.
- Combina, A.M y M.L. Sánchez**, 2003. Análisis sedimentológico de la Formación La Invernada, Pleistoceno tardío-Holoceno, piedemonte de las Sierras de Comechingones, provincia de Córdoba, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* Vol 10(2):123-135.
- Coniglio, J.E., F.J. D'eraimo, L.P. Pinotti, M. Demartis, L.A. Agulleiro Insúa y H.A. Petrelli**, 2010. Control estructural de las mineralizaciones de fluorita del Batolito Cerro Áspero, Sierras Pampeanas de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 67(4):507-520.
- Córdoba, F., M.A. Cioccale y A. Tauber**, 2005. Geología y estratigrafía del Pleistoceno tardío-Holoceno en la Pampa de Olaen, Sierras Grandes, provincia de Córdoba. *16-Congreso Geológico Argentino Actas* 4:269-276. La Plata.
- Costa, C.H.**, 1996. Análisis neotectónico en las Sierras de San Luis y Comechingones: problemas y métodos. *XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos Actas II*:285-300.
- Costa, C.H., A.D. Giaccardi y E.F. González Díaz**, 1999. En: Smith, B. J., Whalley, W.B. y Warke, P.A. (Eds). *Uplift, Erosión and Stability: Perspectives on Longterm Landscape Development*. Geological Society, London. Special Publications 162:229-238.
- Dargám, R.M.**, 1995. Geochemistry of waters and brines from Salinas Grandes basin, Córdoba, Argentina. I- Geomorphology and hydrochemical characteristics. *International Journal of Salt Lake Research* 3:137-158.
- Degiovanni, S.B.**, 2008. *Análisis geoambiental del comportamiento de los sistemas fluviales del Sur de Córdoba, en especial del A° Achiras-del Gato, como base para su gestión sustentable*. Tesis Doctoral. Dpto. de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto, 597 pp. (inédito).
- Degiovanni, S.B. y M.J. Andreazzini**, 2013. Geomorphological characterization of relictic Gondwanic paleosurfaces in the Comechingones ranges, Central Pampean Mountains, Argentina. *8th IAG International Conference on Geomorphology* Tomo I: 175. Paris.
- Degiovanni, S., M. Villegas, M. Blarasin y G. Sagripanti**, 2005. *Hoja Geológica Río Cuarto-3263-III* Secretaría de Minería de la Nación – SEGEMAR. ISSN 0328-2333, 90 pp.
- Doëring, A.**, 1907. La formation pampéenne de Córdoba. *Revista del Museo de La Plata XIV Serie 2 Tomo I*:461-465.
- Fagiano, M.R.**, 2007. *Geología y petrología del basamento cristalino de Las Albahacas, Sur de la Sierra de Comechingones, Córdoba*. Tesis Doctoral. Dpto. de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto, 375 pp. (inédito).
- Frechen, M., B. Seifert, J. Sanabria y G. Argüello**, 2009. Chrono-

- logy of late Pleistocene Pampa loess from the Córdoba area in Argentina. *Journal of Quaternary Science* 24 (7):761-772.
- Frenguelli, J.**, 1918. Notas preliminares sobre la constitución del subsuelo de la cuenca de Córdoba. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias Córdoba* XXIII:203-220.
- Frenguelli, J.**, 1925. Limos y loess pampeanos. *Anales Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA* I:1-88.
- Frenguelli, J.**, 1957. El Neozoico. En: *Geografía de la República Argentina*. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA II (3):1-113.
- Gaiero, D.M., L. Simonella, S. Gassó, S. Gili, A.F. Stein, P. Sosa, R. Becchio, J. Arce y H. Marelli**, 2013. Ground/satellite observations and atmospheric modeling of dust storms originating in the high Puna-Altiplano deserts (South America): Implications for the interpretation of paleo-climatic archives. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 118: 3817-3831.
- González, A.R.**, 1960. La estratigrafía de la gruta de Intihuasi (Provincia de San Luis, Rep. Argentina) y su relación con otros sitios precerámicos de Sudamérica. *Revista del Instituto de Antropología* 1:5-296.
- González, M.A.**, 1981. Evidencias paleoclimáticas en la Salina del Bebedero (San Luis) *VIII Congreso Geológico Argentino Actas*, III:411-138.
- González Díaz, E.F.**, 1981. Geomorfología. En: Irigoyen M. (Org.), *Geología de la Provincia de San Luis. Relatorio VIII Congreso Geológico Argentino*, 193-236. Buenos Aires.
- Gordillo, C. y A. Lencinas**, 1979. Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias:577-650. Córdoba.
- Introcaso, A., A. Lion y V. Ramos**, 1987. La estructura profunda de las Sierras de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 42:177-187.
- Iriondo, M.H.**, 1987. Geomorfología y Cuaternario de la Provincia de Santa Fe (Argentina). *D'orbignyana* 4:1-54.
- Iriondo, M.H.**, 1990a. The Late Holocene dry period in the Argentina plains. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 7:197-218.
- Iriondo, M.H.**, 1990b. The Northern Pampa, loess stratigraphy and geomorphology of the Pampas (post-symposium field excursion). *International Symposium on Loess*. INQUA.
- Iriondo, M.H.**, 1994. Los climas cuaternarios de la región pampeana. *Comunicaciones Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"*. Nueva Serie 4(2):1-48.
- Iriondo, M.H.**, 1999. Climatic changes in South American plains: Record of a continent-scale oscillation. *Quaternary International* 57/58:93-112.
- Iriondo, M.H. y N.O. García**, 1993. Climate Variations in the Argentine plains during the last 18.000 yr. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 101:209-220.
- Iriondo, M.H. y D. Kröhlhling**, 1995. El sistema eólico pampeano. *Comunicaciones. Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"*. Nueva Serie 5(1):1-68.
- Jackson, M.L.**, 1970. *Análisis Químico de Suelos*. Ed. Omega. 2da. Edición, Barcelona. 662 pp.
- Jordan T.E., P. Zeitler, V. Ramos y A.J.W. Gleadow**, 1989. Thermochronometric data on the development of the basement peneplain in the Sierras Pampeanas, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 2(3):207-222.
- Kemp, R.A., P. Toms, M. King y D. Kröhlhling**, 2004a. The pedosedimentary evolution and chronology of Tortugas, Late Quaternary type-site of the northern Pampa, Argentina. *Quaternary International* 114(1):101-112.
- Kemp, R.A., M. King, P. Toms, E. Derbyshire, J.M. Sayago y M.M. Collantes**, 2004b. Pedosedimentary development of part of Late Quaternary loess-palaeosol sequence in Northwest Argentina. *Journal of Quaternary Science* 19:567-576.
- Kemp, R.A., M. Zárate, P. Toms, M. King, J. Sanabria y G. Argüello**, 2006. Late Quaternary paleosols, stratigraphy and landscape evolution in the Northern Pampa, Argentina. *Quaternary Research* 66:119-132.
- Krapovickas, J.M., y A.A. Tauber**, 2012a. La Estratigrafía en las Pampas de Altura de las Sierras Pampeanas de Córdoba: Modelo Regional. *V Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, Actas Resúmenes:34. Río Cuarto.
- Krapovickas, J.M. y A.A. Tauber**, 2012b. Atos Pampa, Área Fosilífera Cuaternaria de las Sierras de Córdoba: Estudios Preliminares. *V Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, Actas Resúmenes:47. Río Cuarto.
- Kröhlhling, D.**, 1993. Geomorfología del tramo inferior del Río Segundo. Informe interno Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Provincia de Córdoba (CONICOR) (inédito).
- Latrubesse, E. y C. Ramonell**, 1990. El loess de la Formación Barranquita. Comportamiento del sistema eólico pampeano en la provincia de San Luis. *International Symposium on Loess*, INQUA:102-107. Mar del Plata.
- Manzur, A.**, 1995. *Aspectos genéticos de los suelos presentes en Atum Pampa y Athos Pampa, Sierras Grandes, Córdoba, Argentina*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, 105 pp. (inédito).
- Manzur, A.**, 1997. Dinámicas evolutivas de suelos en Atum Pampa, Sierras Pampeanas, Córdoba, Argentina. *Multequina* 6:67-83.
- Matteoda, E.M.**, 2012. *Evaluación hidrodinámica e hidroquímica de la cuenca del arroyo El Barreal para establecer línea de base ambiental, con énfasis en la geoquímica del cromo*. Tesis Doctoral, Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto, 397 pp. (inédito).
- Medina, M.E. y M.L. Merino**, 2012. Zooarqueología de Puesto La Esquina 1 (ca. 360 AP, Pampa de Olaen, Córdoba). Su importancia biogeográfica y paleoecológica. *Intersecciones en Antropología* 13:473-484.
- Medina, M., S. Grill y L. López**, 2008. Palinología arqueológica: su implicancia para el estudio del período Prehispánico Tardío de las Sierras de Córdoba (Argentina). *Intersecciones en Antropología* 9:99-112.
- Montes, A.**, 1958. Cambios climáticos durante el Holoceno en las Sierras de Córdoba. *Anales de Arqueología y Etnología*. Publicación Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Córdoba, 36-52.
- Murray, A.S. y A.G. Wintle**, 2003. The single aliquot regenerative dose protocol: potential for improvements in reliability. *Radiation Measurements* 37:377-381.
- Otamendi, J.E.**, 1995. *Petrología, geoquímica y estructura del basamento Pre-Carbonífero del extremo sur de la Sierra de Comechingones, Córdoba-San Luis, Argentina*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto, 288 pp. (inédito).
- Otamendi, J., F. Nullo, M. Fagiano y E. Aragón**, 1996. Dos terrenos metamórficos y estructurales en el extremo sur de la Sierra de Comechingones, Córdoba-San Luis: Algunas implicancias tectónicas. *XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos* II:249-266. Buenos Aires.
- Penck, W.**, 1914. La estructura geológica del Valle de Fiambalá y

- las cordilleras limítrofes al norte de Tinogasta. *Ministerio de Agricultura de la Nación Boletín 17*, Buenos Aires.
- Penck, W.**, 1920. Der Südrand der Puna de Atacama (NWArgentinien). Ein Beitrag zur Kenntnis des Andinen Gebirgstypus und der Frage der Gebirgsbildung. *Der Abhandlungen der Sachsischen Akademie der Wissenschaften, Leipzig* 1:3-420.
- Pinotti, L., J. Coniglio, A. Esparza, F. D'eraimo y E.J. Llabías**, 2002. Nearly circular plutons emplaced by stoping at shallow crustal levels, Cerro Áspero batholiths, Sierras Pampeanas de Córdoba, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 15:251-265.
- Piovano, E., A. Manzur y A. Pasquini**, 1993. Análisis paleoambiental de las formaciones aflorantes al oeste de la ciudad de Córdoba (Cretácico y Cuaternario). *IV Reunión Argentina de Sedimentología Actas III*:105-111. La Plata.
- Prieto, A.R.**, 1996. Late Quaternary vegetational and climatic change in the Pampa Grassland of Argentina. *Quaternary Research* 45(1):73-88.
- Rabassa, J.**, 2010. Gondwana paleolandscapes: long-term landscape evolution, genesis, distribution and age. *Geociências* 29(4):541-570.
- Rabassa J., C. Carignano y M. Cioccale**, 2010. Gondwana Paleosurfaces in Argentina: An Introduction. *Geociências* 29(4):439-466.
- Rabassa J., M. Zárate, M. Cioccale, C. Carignano, T.C. Partridge y R. Maud**, 1996. Paisajes relictuales de edad Gondwánica en áreas cratónicas de Argentina. *13º Congreso Geológico Argentino & III Congreso de Exploración de Hidrocarburos Actas 4*:219. Buenos Aires.
- Rassmuss, E.**, 1916. Rasgos geológicos generales de las Sierras Pampeanas. *Dirección General de Minas, Geología e Hidrología Boletín 13 B*. Buenos Aires.
- Rey Ripoll, M.**, 2008. *Perfil geológico-estructural de la faja cizalla Guacha Corral. Sierra de Comechingones, 32º 45'S. Evaluación del potencial metalogénico*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Río Cuarto, 87 pp. (inédito).
- Rimann, E.**, 1926. Estudio geológico de la Sierra Chica, entre Ongamira y Dolores, Córdoba, Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 23:9-191.
- Rovereto, G.**, 1911. Studi di geomorfologia argentina. I. La sierra di Córdoba. *Tipogr. Della Pace E Cuggiani*, 19 p.
- Sagripanti, G., C. Costa, D. Origlia y H. Schiavo**, 2001. Avances en la caracterización del peligro sísmico en el Dpto. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *IV Congreso de Geología y Minería. Soc. Cubana de Geología, GEOMIN. Actas*: CD. Cuba.
- Sanabria, J.A. y G.L. Argüello**, 1999. La edad de los materiales parentales loésicos de los suelos y desarrollo del perfil, en un sector de la plataforma basculada, Córdoba, Argentina. *XVI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo Actas*:210-214. Chile.
- Sanabria, J.A., G.L. Argüello y L. Moretti**, 2006a. Implicancia Paleambiental de los Paleosuelos de un sector de la Llanura Pampeana de Córdoba, Argentina. *Taller de Cuaternario del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Resumen publicado en CD, Salta.
- Sanabria, J.A., G.L. Argüello y L. Moretti**, 2006b. Análisis litocromoestratigráfico de tres perfiles en la llanura central cordobesa. *III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología Actas Tomo II*:911-917. Córdoba.
- Sanabria, J.A. y G.L. Argüello**, 2011. Buried Soils at the Plataforma Basculada Ondulada (Undulated Tilted Platform) In Central Region of Córdoba Province, Argentina. *Geociências* 30(1):22-29.
- Sánchez, M.L. y M.T. Blarasin**, 1987. Depósitos eólicos cuaternarios de la zona de Cuatro Vientos. Departamento Río Cuarto, Provincia de Córdoba, República Argentina. *X Congreso Geológico Argentino Actas III*:293-296.
- Schiavo, H.**, 1991. Evolución de una catena de suelos en la región Pedemontana, Dpto. Río Cuarto, Córdoba. Tesis de Licenciatura. Dpto. de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto. 46 pp.
- Schiavo, H.**, 2003. *Tipos y Génesis de las Toscas (calcretos) de la región centro-oeste de la provincia de Córdoba, República Argentina*. Tesis Doctoral. Dpto. de Geología. Universidad Nacional de Río Cuarto (inédito).
- Schmieder, O.**, 1921 Apunte Geomorfológico sobre la Sierra Grande de Córdoba. *Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 25:181-204. Córdoba.
- Soil Survey Staff**, 2006. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. On Line. Washington. DC.
- Stelzner, A.**, 1885. Comunicaciones al Profesor H.B. Geinitz: Primera carta. En: Homenaje al 150º aniversario de la Independencia Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 45:115-120.
- Stoops, G.**, 2003. *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections*. Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 174 pp.
- Stuiver, M. y P.J. Reimer**, 1993. Extended 14C data base and revised CALIB 3.0 14C age calibration programme. *Radiocarbon* 35(1):215-31.
- Tauber, A.A.**, 2006. Crotovinas del Pleistoceno-Holoceno de Córdoba. Argentina. *III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología Actas II*:711-716. Córdoba.
- Tauber, A.A. y F. Goya**, 2006. Estratigrafía y fósiles del Pleistoceno-Holoceno de las pampas de altura en el departamento Cruz del Eje, Córdoba, Argentina. *III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología Actas II*:717-726. Córdoba.
- Tauber, A.A., D. Álvarez y C. Luna**, 2008. Registro de Megatherium americanum Cuvier 1796 en una pampa de altura de las Sierras de Córdoba, Argentina. *XVII Congreso Geológico Argentino Actas*: Tomo III:1055-1056. San Salvador de Jujuy.
- Tauber, A.A., J.M. Krapovickas, J. Sanabria y S. Rouzaut**, 2012. Paleambiente sedimentario en Corralito, una localidad clásica del Cuaternario de Córdoba. *V Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*. Río Cuarto. Actas Resúmenes. p. 49.
- Tripaldi, A. y S.L. Forman**, 2007. Geomorphology and chronology of Late Quaternary dune fields of western Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology* 251:300-320.
- Ulla, J.P.**, 2008. *Variación de parámetros sedimentológicos y su relación con la descarga e intervenciones de cauce en la cuenca media alta del río Chocancharava, Cba*. Tesis de Licenciatura, Dpto. de Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Fco-Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto, 159 pp. (inédito).
- Wayne, R.**, 1981. La evolución de glaciares de escombros y morenas en la cuenca del Río Blanco, Mendoza. *VIII Congreso Geológico Argentino Actas IV*:153-166.
- Zárate, M.**, 2003. Loess of southern South America. *Quaternary Science Reviews* 22:1987- 2006.