

# GEOCRONOLOGÍA, PALEOAMBIENTES Y PALEOSUELOS HOLOCENOS EN LAS BARRANCAS DEL ARROYO IGLESIA, PROVINCIA DE SAN JUAN (30° 20' S Y 69° 11' O)

Graciela M. SUVIRE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CONICET-CIGEOBIO. Universidad Nacional de San Juan, Facultad de C. Exactas, Físicas y Naturales. Gabinete de Geología Ambiental-IN-GEO. Departamentos de Geología y Biología. J5402 DCS, Rivadavia, San Juan, Argentina. Email: graciela-suvires@yahoo.com.ar

## RESUMEN

Sobre la margen izquierda del arroyo Iglesia, se han hallado secuencias de paleosuelos en cercanías de la localidad de Rodeo. En la porción central y sur del valle de Iglesia, se realizó el estudio de las principales unidades geomorfológicas integrantes de las bajadas aluviales pedemontanas y el análisis de dos secuencias pedosedimentarias, ambas expuestas en las barrancas del mencionado arroyo. Las edades radiocarbónicas señalan que es una secuencia de paleosuelos holocena. El presente trabajo intenta contribuir al conocimiento paleoambiental y paleoclimático de la región durante el Holoceno. Se reconocen diferentes condiciones paleoambientales existentes al momento de la formación de dos bajadas aluviales de piedemonte: una proveniente del frente cordillerano, al oeste, de edad Pleistoceno tardío, y la otra del frente precordillerano occidental, al este, presumiblemente del Holoceno temprano. Las secuencias son perfiles de aproximadamente 680 cm de espesor, constituidos por horizontes: A, Bw, 2Btb, 2Btkb 2BC, 3C, 4Btkb, 4BC y 5Btb. Tres paleosuelos fueron reconocidos e identificados como Ps-1, Ps-2 y Ps-3, correspondiendo a los horizontes 2Btkb, 4Btkb y 5Btb respectivamente, siendo datados los Ps-1 (techo) y Ps-3 (piso). Las interpretaciones geomorfo-pedológicas en la región del arroyo Iglesia permiten postular que durante el Holoceno tuvieron lugar al menos tres etapas pedogenéticas -o de estabilidad morfogenética- interrumpidas por dos principales fases morfogenéticas-depositacionales. Los tres paleosuelos -datados- infieren la presencia de condiciones más húmedas y de mayor vegetación entre el inicio del Holoceno medio u Holoceno medio-temprano (ca 7,2 ka AP y el Holoceno tardío (ca 2,9 ka AP).

**Palabras clave:** *Geomorfología, dataciones radiocarbónicas, paleosuelos, Andes Centrales, Holoceno*

## ABSTRACT

*Holocene geochronology, paleoenvironments and paleosoils in the bank of Iglesia creek, San Juan province (30° 20' S and 69° 11' W)*

In the terrace of Iglesia creek, Holocene paleosol sequences were found and analyzed in the neighborhoods of the Rodeo village. At the central and southern portion of the Iglesia valley, two analysis were made, firstly the identification and characterization of major geomorphological units and secondly the descriptions of two pedosedimentary sequences together with their paleosoils radiocarbon ages. The present study aims to contribute to paleoenvironmental and paleoclimatic knowledge of this area during the Holocene. Two alluvial piedmont units were differentiated, one of them from the western Andean chain and the other from the precordilleran ranges to the east. Both reliefs occupy opposite sides in the valley and expressed differences in the processes that occurred during the Late Pleistocene and Early Holocene. The palaeoenvironmental conditions in the terrace of Iglesia creek during the Holocene generated different surfaces of landscape stabilization making possible the formation of three soils in the distal piedmont alluvial plain (paleosoils Ps-1, Ps-2 and Ps-3). The sequences are profiles of approximately 680 cm of thickness, constituted for: A, Bw, 2Btb, 2Btkb 2BC, 3C, 4Btkb, 4BC and 5Btb respectively. The results from the pedosedimentary sequences along Iglesia creek, permitted to identify three main pedogenetic phases interrupted by two main morphogenetic depositional phase. The radiocarbon dates permitted to establish the age of the soils in order to the presence of wetter conditions and higher vegetation, at existing between Middle - Early Holocene to Late Holocene (ca 7,2 ka BP and ca 2,9 ka BP).

**Keywords:** *Geomorphology, radiocarbon dates, paleosoils, Central Andes, Holocene*

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo representa la primera contribución referente a la descripción y datación de niveles de paleosuelos holocenos en la región del arroyo de Iglesia, centro-noroeste de la provincia de San Juan. Los

niveles de paleosuelos identificados señalan intervalos de estabilidad geomorfológica en la cuenca entre condiciones paleoclimáticas y paleoambientales diferentes. La existencia de períodos de mayor estabilidad del paisaje durante el Holoceno habría permitido la formación de

estos paleosuelos, reconocidos en los alrededores y barrancas del arroyo Iglesia. En el ámbito del territorio sanjuanino, desde hace una década atrás, se han intensificado los estudios paleoambientales cuaternarios, especialmente aquellos vinculados con depósitos lacustres y sus

respectivas dataciones, tales como los de Colombo *et al.* (2005) en las terrazas del río Jáchal, Precordillera de San Juan, Suvires y Gamboa (2011) quienes aportaron las primeras dataciones radiocarbónicas de los depósitos lacustres aflorantes en el piedemonte distal de la sierra Negra de Zonda y Perucca *et al.* (2008) en los depósitos lacustres holocenos de la quebrada del río Acequión, ubicada en el sur de la provincia de San Juan y norte de Mendoza. Anteriormente, Furque (1979) reconoció depósitos lacustres ubicados en el centro y oeste del valle de Jáchal, a la salida del río Jáchal de Precordillera, identificándolos como Formación Pachimoco y asignándoles una edad relativa holocena. No existen o al menos no se conocen hasta el momento antecedentes cronológicos de paleosuelos y sus significaciones paleoambientales para el área de Iglesia, por lo que la presente contribución constituiría un primer aporte. El presente estudio tiene como objetivo contribuir al conocimiento paleoambiental-paleoclimático del Holoceno, no solo mediante un análisis geomorfológico regional de las bajadas aluviales de piedemonte del valle longitudinal de Iglesia, sino también mediante descripciones y dataciones de paleosuelos observados en dos secuencias pedosedimentarias ubicadas en la barranca izquierda del arroyo Iglesia. En general en las secciones estudiadas se observaron al menos tres paleosuelos designados como Ps-1, Ps-2 y Ps-3, extrayendo muestras de materia orgánica para datación radiocarbónica en Ps-1 y Ps-3.

### Área de estudio

El área de trabajo se ubica en el sector noroeste de la provincia de San Juan, entre los 30° 02' y 30° 20' S y los 69° y 69° 30' O, porción distal del valle de Iglesia, localidad de Rodeo (1595 m s. n. m.), Fig. 1. El arroyo Iglesia corre de sur a norte entre los depósitos distales de la bajada pedemontana de Cordillera Frontal, del oeste, y los depósitos de piedemonte de la Precordillera Occidental, al este. El drenaje del valle de Iglesia está representado por el río Blanco que corre de N a S hasta el embalse Cuesta del Viento. En este últi-

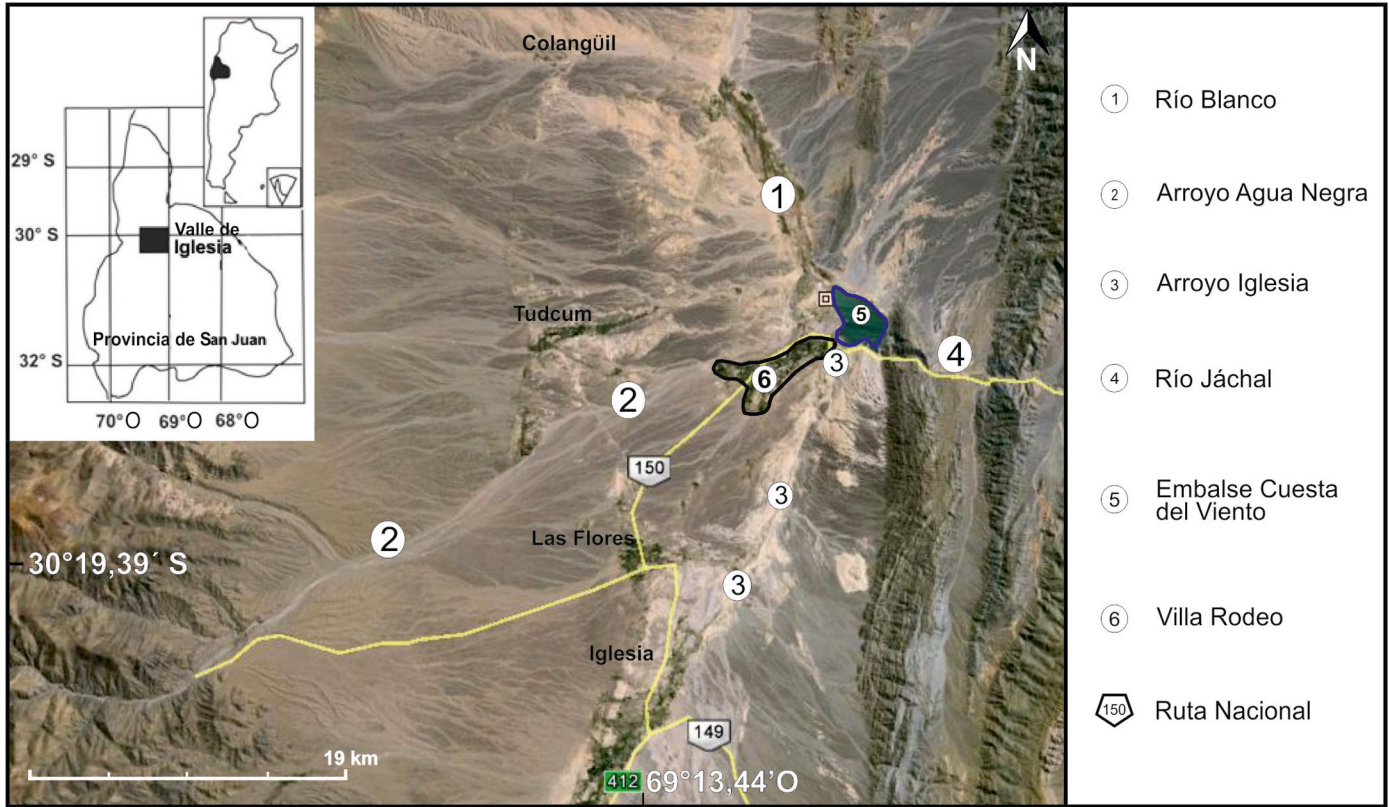
mo finalizan los aportes de los arroyos de Agua Negra y de Iglesia (1538 m s. n. m.). Desde la Cuesta del Viento nace hacia el este el río Jáchal, atravesando el ámbito montañoso precordillerano. Las reducidas poblaciones ubicadas en oasis aislados son: Rodeo, Colangüil, Las Flores, Iglesia y Tudcum. La rigurosidad del clima se manifiesta con las extremas temperaturas invernales en la cordillera (de hasta -30° C), intensa heliofanía, grandes amplitudes térmicas, humedad ambiente mínima, nevadas invernales y escasas precipitaciones pluviales. El clima en la Precordillera occidental y en el valle de Iglesia es árido-desértico, con grandes amplitudes térmicas diarias y anuales, elevada heliofanía, transparencia atmosférica y escasa humedad. El régimen pluviométrico es continental, con lluvias exclusivamente estivales y con muy baja frecuencia media de días con lluvia. Según la clasificación de Köppen (1936) el clima es del tipo BWK, (B es la precipitación media anual inferior al límite de sequía, W es desierto y K es la temperatura media anual inferior a 18° C, pero superior a este valor en el mes más caluroso que es enero con 23° C. Los vientos predominantes provienen del sector sur-este y durante los meses de agosto-septiembre el viento Zonda (tipo föehn) y viento norte, son casi constantes. Las precipitaciones níveas incrementan con la altura en la Cordillera Frontal particularmente de norte a sur. La precipitación media anual supera los 200 mm en la alta montaña mientras que en la región del arroyo Iglesia es menor a 50 mm (Minetti 1984, 1986). Minetti *et al.* (2007), señalaron además que el Anticiclón del Pacífico, ubicado frente a las costas de la zona norte de Chile, es uno de los factores que modifica el clima en la vertiente oriental cordillerana, donde se incluye el área de estudio, debido a las condiciones de estabilidad atmosférica y a las masas de aire seco que genera.

### MARCO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL

Geológicamente se distinguen los aflora-

mientos del área cordillerana de los precordilleranos. En Cordillera afloran grauwacas, limoarcilitas y psamitas de edad carbonífera superior-pérmica inferior de la Formación Agua Negra (Polanski 1970), granitos y granodioritas pérmicas, granitos del Mesozoico del batolito de Colangüil y sedimentitas continentales del Neógeno del Grupo Iglesia (Wetten 1975). Mientras que en Precordillera Occidental, las unidades estratigráficas más antiguas corresponden a sedimentitas ordovícicas y devónicas de las Formaciones Yerba Loca y Punilla (Furque 1963) cubiertas por depósitos neopaleozoicos de la Formación Malimán (Scalabrini Ortiz 1979), en los que se alojan cuerpos ácidos hipobasales del Pérmico inferior y el Triásico Inferior, asignados al ciclo magmático del Grupo Choyoi (Stipanovic *et al.* 1968). Los primeros antecedentes vinculados a formaciones cuaternarias del valle de Iglesia son los de Furque (1979), quien distingue la Formación Tudcum de la Formación Iglesia. La primera de ellas, cubre en discordancia a los depósitos terciarios de las localidades de Flores, Rodeo y Angualasto. Estos sedimentos llegan hasta los valles del río Blanco y del arroyo Iglesia. La Formación Tudcum está constituida por un conglomerado mediano a fino compacto. Los rodados son en su mayoría riolitas, andesitas, granodioritas y rocas sedimentarias carbónicas de Cordillera. La Formación Iglesia conforma la bajada aluvial pedemontana occidental de la Precordillera Occidental entre Rodeo y el Cerro Negro de Iglesia. Está constituida por rodados de rocas sedimentarias, provenientes de las serranías de Las Trancas y cerro Cortadera. Son conglomerados gruesos, con matriz arenosa gruesa y fina, cuyos rodados son de areniscas cuarcíticas, de colores verdes claros a verdes amarillentos. Sus sedimentos llegan hasta el valle del arroyo Iglesia.

Los perfiles estratigráficos analizados en el área de Rodeo están asociados a los sedimentos terciarios de la Formación Rodeo (Furque 1979) y a los depósitos aluviales cuaternarios de la Formación Tudcum (Furque 1979) (bajada aluvial de piedemonte de Cordillera Frontal) y de la For-



**Figura 1:** Ubicación de la depresión del valle de Iglesia, en el centro-noroeste de la provincia de San Juan. El área de las secuencias pedo-sedimentarias se ubica al este del pueblo de Rodeo (6), margen oeste del arroyo Iglesia, sitios de Posta Huayra y Cabaña La Ventosa.

mación Iglesia (Furque 1979) (piedemonte de Precordillera Occidental). Los primeros habrían ocupado todo el amplio valle de Iglesia, Las Flores-Rodeo-Angualasto y actualmente están cubiertos en parte por el manto detrítico de las bajadas aluviales de Tudcum e Iglesia. Este conjunto sedimentario se divide en dos grupos de capas. El inferior lo constituye un conglomerado con areniscas conglomerádicas y areniscas finas, estas últimas con cemento calcáreo y con acumulación de sulfatos distribuidos en su masa. Su color es rosado claro rojizo. Por encima de este conjunto psefítico se destaca el segundo grupo de capas, formado por una alternancia de areniscas conglomerádicas con areniscas rosadas, bancos de areniscas de medio a tres metros de espesor, grises a verdes claras, conteniendo material volcánico. En niveles superiores a estos bancos de areniscas finas predominan bancos de tobas blanquecinas que alojan restos vegetales. Suelen encontrarse diques de andesitas, claras, grisáceas. Al conjunto piroclástico sobreyacen las areniscas rosa-

das y pardas claras con las areniscas grises verdosas del Terciario superior.

El valle de Iglesia, a los 30° 21' S, es reconocido como una zona transpresiva de escala cortical (Siame *et al.* 1996) cuya deformación se distribuye con un movimiento horizontal lateral derecho a lo largo de la zona de fallamiento El Tigre y un movimiento inverso en la faja plegada y corrida de la Precordillera (Bastias y Uliarte 1991).

### METODOLOGÍA

El análisis geomorfológico regional se realizó mediante la interpretación de imágenes satelitales Landsat TM de 30 m de resolución espacial y la fotointerpretación de dos pares estereoscópicos de fotos aéreas a escala 1:30.000 (Secretaría de Minería de la provincia). En el campo se describieron dos secuencias pedo-sedimentarias ubicadas en la barranca del arroyo Iglesia. Las tareas de campo consistieron en la identificación y clasificación genética de las unidades principales

de relieve, los niveles que las integran, el reconocimiento litoestratigráfico en cada una de ellas y las características de los barnices del pavimento del desierto en los niveles y unidades de relieve así como el destape parcial y limpieza de los cortes verticales de las dos secuencias pedológicas. Para la descripción y designación de los horizontes maestros principales y de las capas integrantes de ambos perfiles, se siguieron las recomendaciones de Schoeneberger *et al.* (2012). Con el fin de estimar el grado de evolución y las condiciones de formación de los paleosuelos, en cada horizonte edáfico se determinaron las siguientes características morfológicas: espesor, límites, color, textura al tacto, tipo, tamaño y grado de estructura, contenido y abundancia relativa de carbonatos, frecuencia y tamaño de raíces, rasgos pedológicos (e.g. iluviación de arcillas, moteados, concreciones y grietas transhorizontes) y evidencias de bioturbación e hidromorfismo. Los colores de la matriz del suelo fueron determinados con notación Munsell en estado seco. Se

extrajeron dos muestras de materia orgánica, correspondientes a los primeros 30 cm de los paleosuelos ubicados al techo y piso de la secuencia, correspondientes a Ps-1 y Ps-3, las cuales fueron rotuladas y convenientemente preservadas para su envío al Laboratorio de tritio y radiocarbono del Centro de Investigaciones Geológicas de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, Argentina. El equipo para la obtención de los datos usó factores de Corrección:  $\delta^{13}\text{C}$  (estimado):  $-24 \pm 2\%$ ; factor multiplicador del error (K) =1, calibración para el Hemisferio Sur: SHCal04 14c, programa CALIB 6.0.1 y Radiocarbon 35. Los resultados de las dataciones radiocarbónicas fueron interpretados teniendo en cuenta los límites fijados por la subdivisión formal de las series/ épocas del Holoceno de Walker *et al.* (2012). Éstos indican que el límite entre fines del Holoceno temprano y el comienzo del Holoceno medio se ubica a los 8,2 ka AP, mientras que el límite entre fines del Holoceno medio y comienzo del Holoceno tardío es a los 4,2 ka AP.

## RESULTADOS

### Principales unidades geomorfológicas del valle de Iglesia

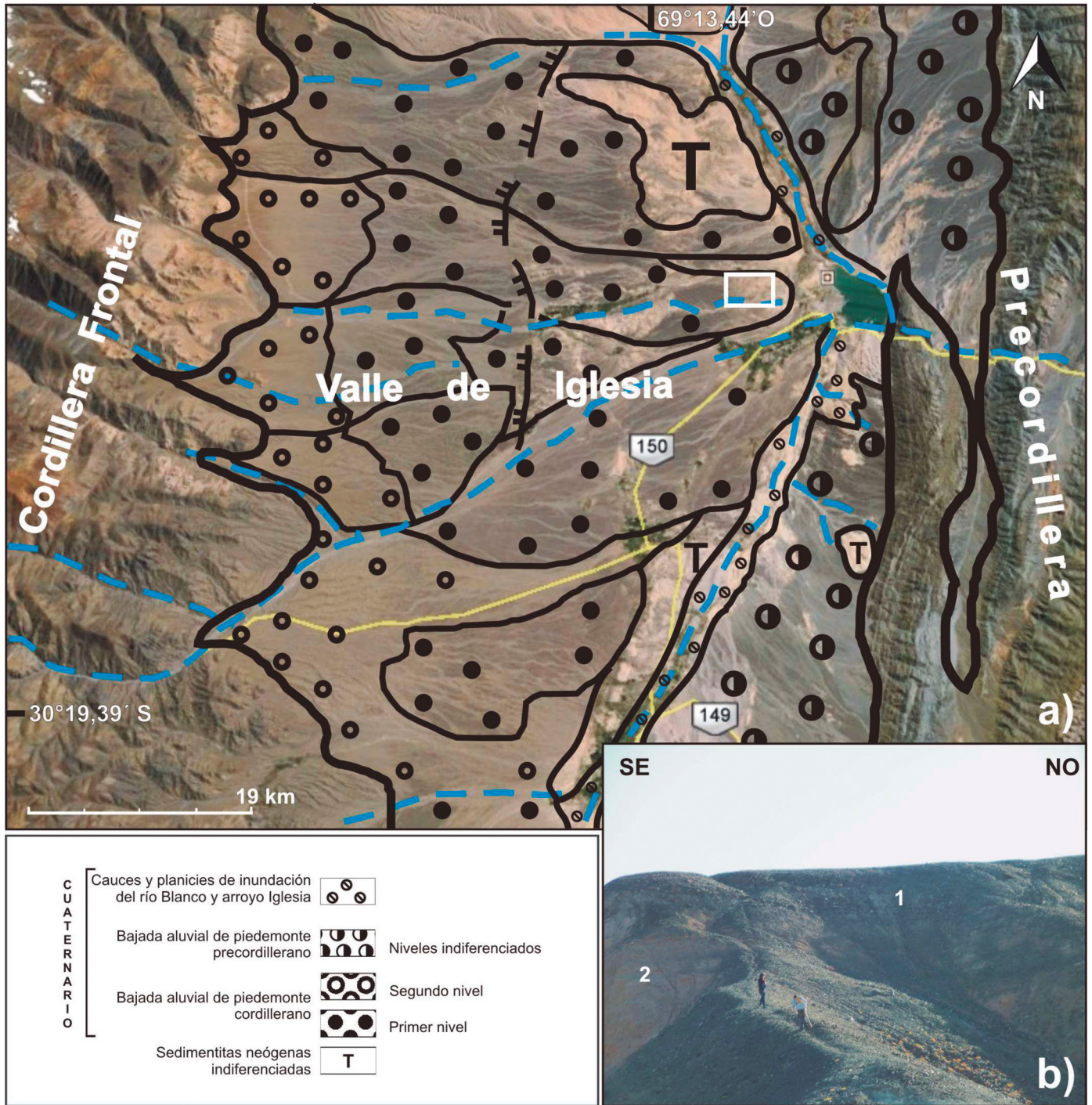
El valle longitudinal de Iglesia es una depresión tectónica regional (Heredia *et al.* 2002) limitada al oeste por la Cordillera Frontal y al este por la Precordillera Occidental. La unidad montañosa occidental está integrada por cordones elevados con alturas que superan los 5.000 m.s.n.m. y la unidad montañosa oriental por sierras con alturas cercanas a los 4.000 m s. n. m. Las formas del relieve en el valle de Iglesia se deberían a procesos agradacionales y degradacionales vinculados a la acción glacial, periglacial, fluvial y aluvial, así como a la actividad neotectónica y a cambios climáticos (Perucca y Martos 2009). Cuatro principales unidades geomorfológicas se destacan en la región de estudio (Fig. 2a), correspondientes a dos ámbitos montañosos: hacia el oeste, estribaciones de Cordillera Frontal mientras que hacia el este serranías integrantes de la provincia morfoestructural de Precordillera oc-

cidental. Los relieves intermedios a bajos en alturas que ocupan la posición central del valle de Iglesia y corresponde a las bajadas aluviales de piedemontes provenientes de ambas áreas montañosas. Finalmente se identifica una cuarta unidad de origen fluvial con importante dinámica erosiva y acumulativa actual, que se desarrolla hacia el sector este del área de estudio, y corresponde a los niveles de base de erosión hídrica de los ríos Blanco y Jáchal y de los arroyos Agua Negra e Iglesia.

La configuración del valle es asimétrica, con suave pendiente regional hacia el E y con drenaje centrípeto hacia el embalse Cuesta del Viento (Fig.1, referencia 5). Las bajadas aluviales de piedemonte que convergen hacia los niveles de base citados precedentemente, difieren sustancialmente en sus características de relieve y litología de los depósitos. La unidad de bajada occidental presenta una sucesión escalonada de superficies afectadas por actividad neotectónica estudiadas por Perucca y Martos (2009, 2012). En esta unidad, dos extensas superficies geomórficas o niveles han sido diferenciadas basadas en el grado del desarrollo de pavimento y barniz del desierto principalmente. Mientras que en la bajada oriental, integrada mayoritariamente por conos aluviales y flujos de detritos, no pudieron reconocerse diferencias de niveles.

En aquellos lugares de la bajada occidental, donde los principales segmentos de falla con actividad durante el Cuaternario, tales como las fallas Colangüil-Guañizuil, falla Pismanta-Las Flores-Bella Vista y falla Angualasto (Perucca y Martos 2012), de rumbo aproximadamente norte-sur, se observan afloramientos de sedimentitas rosadas neógenas indiferenciadas (Fig. 2a, referencia T) con una delgada cubierta detrítica cuaternaria, elevados por el paso de las fallas. En estos lugares se acentúa la erosión diferencial litológica dando lugar a relieves de lomadas con procesos de erosión severos (Fig. 2b). *Unidad de bajada aluvial de piedemonte cordillerano:* se extiende aproximadamente entre los 2800 m hasta los 1500 m s. n. m., con una longitud máxima de 40 km y una pen-

diente regional al este de 3 %, finalizando en el río Blanco, al norte, y el arroyo Iglesia y el embalse Cuesta del Viento, al sur y centro, respectivamente. La bajada está conformada por largos abanicos aluviales coalescentes en las porciones media-distal, con una cobertura detrítica de rodados de grauvacas, cuarcitas, granodioritas, vulcanitas y piroclastitas. Tiene un espesor máximo de 50 m (Furque 1979) y cubre a las sedimentitas rosadas claras neógenas. Los depósitos de esta unidad fueron relacionados a condiciones climáticas más frías y húmedas que las actuales imperantes en el área cordillerana por Perucca y Martos (2009). En la evolución del relieve de esta amplia y extensa bajada, la actividad tectónica cuaternaria, como antes se citara, ha tenido un rol preponderante durante el Pleistoceno-Holoceno y Actual, dando lugar a un escalonamiento en el relieve de la bajada. De tal modo que se reconocieron dos superficies geomórficas o niveles, diferenciados en este trabajo por edades relativas según el grado de preservación y desarrollo de pavimentos y barnices de desierto. El nivel más antiguo, se presenta como relictos en el sector central y distal de la bajada con mayor cubierta de barniz del desierto. Mientras que un segundo nivel con menor cubierta de barniz se desarrolla hacia la porción proximal de la bajada. El primer nivel señalaría condiciones de mayor exposición a la intemperización y a las variaciones climáticas durante miles de años, facilitando la formación de pavimentos del desierto con barniz del desierto de coloración azulada brillante oscura, situación que favorece su reconocimiento en las imágenes de sensores remotos por una tonalidad oscura (Fig. 2a). En el campo, se observó que a las cubiertas de pavimentos o *regs*, infrayacen suelos áridos, someros, constituidos por un horizonte vesicular Av, seguido de horizontes Bw con distintos grados de cementación carbonática (k). En el valle de Iglesia, este nivel de superficie geomórfica, podría asociarse, según el autor, por su distribución geográfica, con la Formación Tudcum, asignada al límite Pleistoceno tardío-Holoceno por Furque (1979). El segundo ni-



**Figura 2:** a) Principales unidades geomorfológicas en el valle de Iglesia. Al oeste las estribaciones montañosas de Cordillera Frontal y al este las de Precordillera Occidental. Hacia el centro las bajadas aluviales de piedemonte que finalizan en el cauce y planicie de inundación del río Blanco y del arroyo Iglesia. El rectángulo blanco en la imagen indica la ubicación de la foto 2b que muestra el primer nivel de la bajada.

vel agradacional es de menor extensión y ocupa la porción proximal de la bajada y se extiende entre aproximadamente los 2800 y los 2650 m s. n. m.. El pavimento no está bien preservado y la cubierta de barniz del desierto sobre los rodados de granitos y granodioritas no es notable. Aguas abajo

este nivel se extiende hacia la parte central de la bajada entre los remanentes elevados y abandonados del primer nivel.

*Unidad de bajada de piedemonte precordillerano indiferenciado* (Fig.2a): se desarrolla en el flanco oriental del valle de Iglesia y ladera occidental de la Precordillera Oc-

cidental. Este piedemonte es angosto y varía entre 2 a 15 km de ancho con una pendiente media de 4%. Está integrado por cortos conos aluviales y densos flujos de detritos que convergen hacia el sur del embalse Cuesta del Viento al arroyo Iglesia (1538 m s. n. m.). Los depósitos es-

tán constituidos por rodados de rocas sedimentarias y de areniscas cuarcíticas de colores verdes claros a verdes amarillentos, provenientes de las serranías de Las Trancas y cerro Cortadera. Esta unidad aluvial se distribuye geográficamente en correspondencia con la Formación Iglesia de Furque (1979). Este autor ubica a la Formación Iglesia en posición suprayacente a la Formación Tudcum (Pleistoceno tardío-Holoceno). Las observaciones de campo realizadas en este trabajo, conjuntamente con los resultados cronológicos de los paleosuelos, permiten postular que la bajada precordillerana no tiene la misma edad ni responde a procesos paleoclimáticos que la cordillerana. Sus depósitos y morfología se aproximan más a ambientes periglaciares y asimismo su edad es mas joven, probablemente del Holoceno temprano-medio.

### Secuencias pedosedimentarias y edades radiocarbónicas

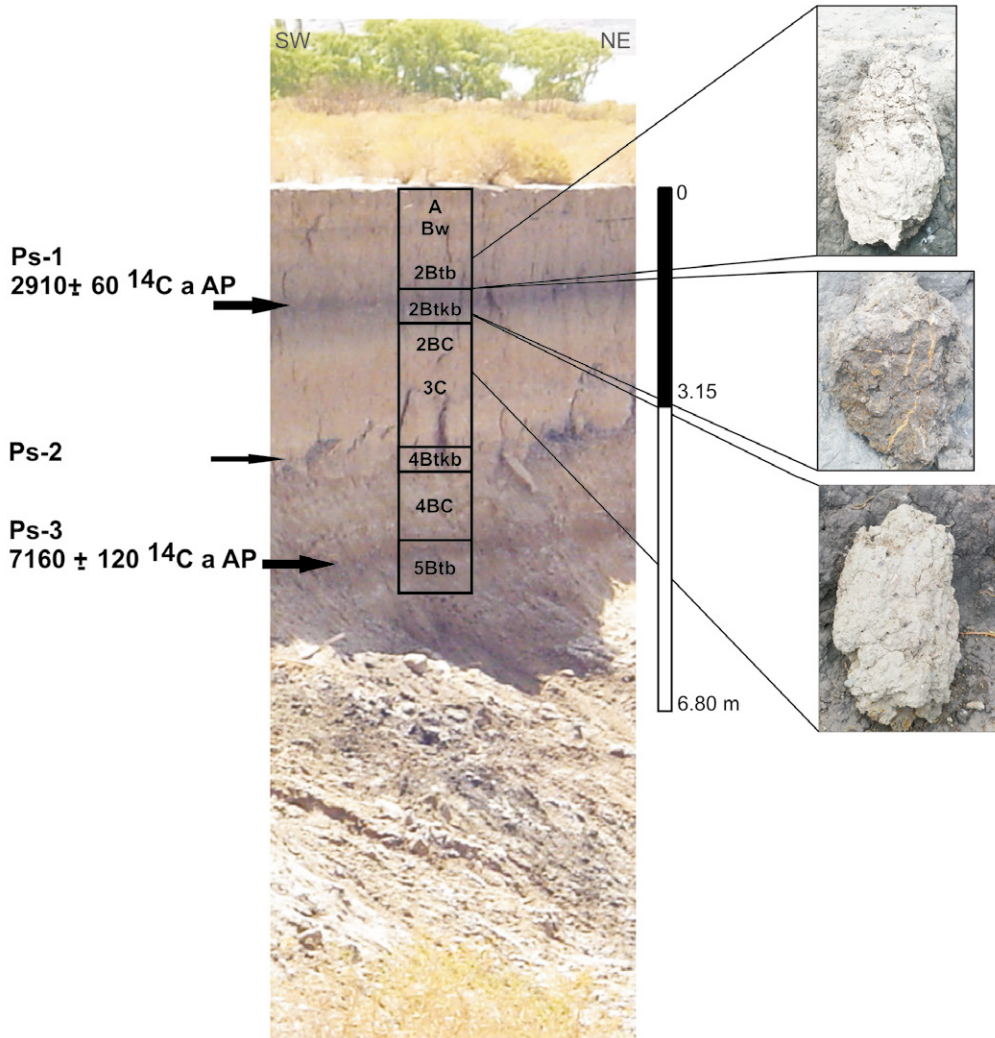
El estudio detallado de dos secuencias pedosedimentarias se llevó a cabo en la barranca izquierda del arroyo Iglesia, entre la posición distal de la bajada aluvial cordillerana y la distal de la bajada aluvial precordillerana (Figs. 3 y 4). Una de ellas se ubica en la cercanía del cruce del arroyo Iglesia con el puente de la ruta Nacional N° 150, antes de desembocar en el embalse Cuesta del Viento a la latitud de 30° 20' 12,5" S y longitud 69° 10' 39,8" O. El otro perfil se ubica aguas arriba del arroyo Iglesia, a 1 km al suroeste del primero, en las coordenadas 30° 21' 38" S y 69° 11' 05" O (1558 m s. n. m.). Hacia la margen este del arroyo se extiende el cauce de inundación del arroyo Iglesia, ocupado por abundante vegetación arbustiva. La intensa erosión del arroyo por socavamiento lateral y la intervención de actividades antrópicas, acentuaron la erosión produciendo profundas cárcavas y surcos de erosión y en sectores la pérdida total de los horizontes superficiales, provocando la exposición superficial del paleosuelo Ps-1. En el área de estudio, los paleosuelos Ps-1, Ps-2 y Ps-3 presentan estructuración prismática fuerte, gruesa y muy gruesa, textura arcillosa y tonali-

dades oscuras, cuyas edades están comprendidas entre el Holoceno medio y tardío. Fucks (2005) advierte que el empleo de suelos para establecer cronologías radiocarbónicas debe tomar en cuenta que los suelos son sistemas abiertos que se caracterizan por la incorporación y humificación permanente a través del perfil. De allí que las edades <sup>14</sup>C utilizando esa fracción expresan la residencia media de esos átomos de carbono incorporados a través de la materia orgánica, constituyendo un producto directo de la pedogénesis. Los resultados radiocarbónicos expresan entonces una edad que es primordial contrastarlas con edades de materiales asociados que no estén vinculados al proceso pedogenético (Fucks *et al.* 2007). Las dataciones radiocarbónicas efectuadas en la región de estudio dieron una edad de 2910 ± 60 <sup>14</sup>C a AP (Ps-1) en el techo y de 7160 ± 120 <sup>14</sup>C a AP en el piso del perfil de estudio.

*Descripción y designación de horizontes y capas del perfil en el sitio Posta Huayra-Rodeo:* en la margen oeste del arroyo Iglesia, un perfil de 6,80 m de espesor, conteniendo tres paleosuelos, denominados informalmente como Ps-1, Ps-2 y Ps-3, separados por discontinuidades litológicas (2BC, 3C, 4BC) fueron descriptos (Fig. 3). El perfil muestra la siguiente sucesión de horizontes: A, Bw, 2Btb, 2Btkb (Ps-1), 2BC, 3C, 4Btkb (Ps-2), 4 BC, y finalmente a la base 5Btb (Ps-3).

El horizonte A (0-30 cm) es de clase franco, blocosa subangular moderada media, perturbado por pisoteo de ganado, con alta erosión hídrica, eólica y relictos de pedestales. El horizonte Bw (30-60 cm) es franco arcilloso, de estructura en bloques subangulares medianos moderados. Contiene carbonato de calcio finamente diseminados en forma de nódulos comunes, medianos e irregulares, color de la matriz gris en seco (5 YR 5/1). El horizonte 2Btb (60-90 cm), es franco arcilloso a arcilloso, estructura prismática moderada y gruesa, color gris claro (5YR 7/1), límite gradual y ondulado. El horizonte 2Btkb (90 - 160 cm), reconocido como paleosuelo Ps-1, tiene textura arcillosa, estructura prismática, fuerte, gruesa a muy gruesa, color en

seco gris oscuro (5 YR 4/1), rasgos de iluviación argílica, abundantes nódulos de carbonato de calcio, gruesos y muy gruesos, de prominente contraste y color blanco. Este horizonte presenta grietas verticales y subplanares de mas de 110 cm de profundidad que traspasan los límites del horizonte. Posee comunes raíces gruesas. En el sitio Posta Huayra, el paleosuelo Ps-1 (2Btkb) se encuentra en superficie debido a erosión severa, habiendo desaparecido sus primeros centímetros. Mediante un límite claro el horizonte 2Btkb pasa al horizonte 2BC (160-260 cm), franco, gravoso fino. Las gravas y arenas gruesas son principalmente de rocas ígneas. La estructura es prismática débil a moderada y mediana, color gris claro en seco (7,5 YR 7/0) y presencia de nódulos medianos y comunes de carbonato de calcio y algunos rasgos hidromórficos como matriz reducida. El horizonte 3C (260 - 360 cm) es un depósito no seleccionado de gravas finas y medianas en una matriz arenosa gruesa, moderadamente cementada con carbonatos. Las gravas son fragmentos de areniscas, gravuvas, lutitas y una gran variedad de rocas ígneas, de coloraciones amarillentas, naranjas y verdes, incluidas en una matriz de color gris oscuro (2,5 YR 4/0). Esta capa tiene límites abruptos con los horizontes superior e inferior. En este depósito se observaron algunos rasgos de gleyzación e hidromorfismo. El horizonte 4Btkb, identificado como Ps-2, tiene un espesor de 60 cm (360 - 420 cm), 7,5 YR 4/0 (gris oscuro), arcilloso, con rasgos de iluviación argílica, estructura prismática fuerte, abundantes materiales finamente diseminados y concreciones de carbonato de calcio y de color gris (5 Y 6/1) en seco. Presenta abundantes raíces gruesas y medianas y verticales que traspasan el límite inferior del horizonte. Este nivel de paleosuelo no fue datado. El horizonte 4BC (420-530 cm) es franco arenoso, de estructura en bloques subangulares medianos fuerte, castaño claro (7,5 YR 6/3), con presencia de carbonatos y abundantes restos de plantas y restos de raíces preservados por gleyzación. Finalmente y hacia la base del perfil, se desarrolla un tercer paleosuelo Ps-3 o 5Btb (530-680



**Figura 3:** Perfil de la secuencia pedosedimentaria en el sitio Posta Huayra, ubicado en la margen izquierda del arroyo Iglesia, próximo al cruce del arroyo con la ruta Nacional N° 150. A la izquierda del perfil se identifican los tres paleosuelos designados como Ps-1, Ps-2 y Ps-3, y sus edades radiocarbónicas. A la derecha, se aprecian las estructuras prismáticas fuertes y moderadas de los horizontes 2Btb, 2Btkb y 2BC.

cm), franco-arcilloso a arcilloso, color 7,5 YR 4/0 (gris oscuro), lenticular muy grueso y grueso y presencia de argilanes. En este horizonte llama la atención las raíces abundantes gruesas y finas que lo atraviesan. Éstas traspasan los límites superior e inferior del horizonte. Algunos otros rasgos de bioturbación y presencia de laminillas de yeso se hacen presentes. La datación de este paleosuelo da una edad de  $7160 \pm 120$   $^{14}\text{C}$  a AP.

*Descripción y designación de horizontes y capas del perfil en el sitio Cabaña La Ventosa:* esta secuencia se ubica a los 1558 m s.n.m. y se accede a ella a través de un grupo de cárcavas y surcos de erosión que permiten descender por la barranca hasta el cauce del arroyo Iglesia, a 1000 m aguas arriba del sitio Posta Huayra y en contacto con el cauce del arroyo (Fig. 4a). La suce-

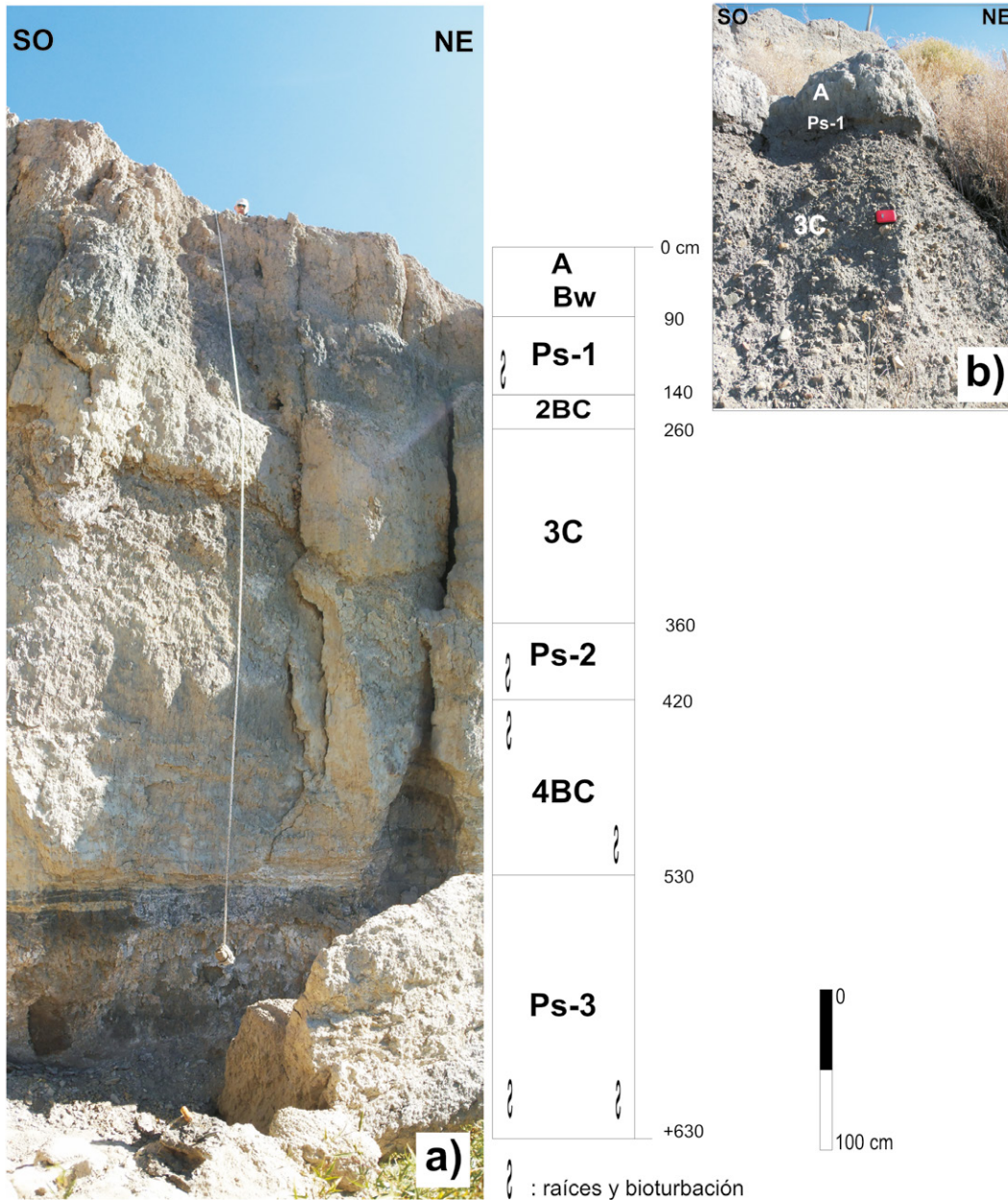
sión vertical de horizontes es muy similar a la del perfil descrito en Posta Huayra, aunque aumenta el espesor del horizonte 3C y disminuye el del horizonte 2BC. La secuencia vertical se compone de: A, Bw, 2Btb, 2Btkb, 2BC, 3C, 4Btkb, 4BC y 5Btb. La capa 3C es interpretada en este trabajo como el depósito de una fase morfogenética que interrumpió a las fases pedogenéticas entre Ps-2 y Ps-1. Dada su ubicación y según los resultados de las dataciones, ésta podría ser interpretada como del Holoceno medio-temprano (Fig. 4b). Los rodados y fragmentos que la constituyen son de litologías similares a las de la Formación Iglesia ubicada en el Holoceno temprano tentativamente como propone Furque (1979).

Los resultados de las muestras enviadas a laboratorio para obtener sus edades ra-

diocarbónicas convencionales, se presentan en el cuadro 1.

## DISCUSIÓN

El desarrollo y formación de la baja cordillerana de Iglesia en el noroeste sanjuanino puede ser asociado con antecedentes geológicos de otras depresiones tectónicas de regiones vecinas, como los valles de Tunuyán, Uco y río Atuel (provincia de Mendoza). Polanski (1963), en el valle de Tunuyán, describió niveles aluviales fanglomerádicos provenientes de la Cordillera Frontal, identificando la Formación Los Mesones (Pleistoceno temprano), la Formación La Invernada (principios del Pleistoceno tardío) y la Formación Las Tunas (Pleistoceno tardío). Esta última constituye la superfi-



**Figura 4:** a) Perfil de la secuencia de paleosuelos, sitio cabaña La Ventosa, margen oeste del arroyo Iglesia. Entre los paleosuelos 1 y 2 se ubica la discontinuidad litológica 3C. b) litología de 3C: rodados medianos de areniscas cuarcíticas de colores verde claro y verde amarillento en una matriz arenosa gruesa gris.

**CUADRO 1:** Resultados de las dataciones radiocarbónicas calibradas de las muestras de los paleosuelos Ps-1 y Ps-3. Fuente: LATYR - Universidad Nacional La Plata-Buenos Aires.

Muestra	Sitio	Edad Radiocarbónica Convencional
Ps-1	Rodeo, Posta Huayra, Dto. Iglesia, provincia de San Juan.	2910 ± 60 años AP
Ps-3	Rodeo, Cabaña La Ventosa, Dto. Iglesia, provincia de San Juan.	7160 ± 120 años AP

cie tope de la bajada y desaparece debajo de los sedimentos de la planicie loésica, Formaciones La Estacada y Zampal,

del Pleistoceno tardío-Holoceno (Zárate y Mehl 2008). En el valle de Uco, estos últimos autores reconocen una plani-

cie de agradación regional del Pleistoceno y depósitos de terrazas acumulados hacia el final del Holoceno medio y durante el Holoceno tardío. Estos antecedentes regionales citados conjuntamente con los datos cronológicos de los paleosuelos en la terraza del arroyo Iglesia, permiten postular que el nivel más antiguo de la primera unidad agradacional se habría desarrollado en el Pleistoceno tardío, y se asociaría geográficamente con la Formación Tudcum. Mientras que la bajada aluvial proveniente del piedemonte precordillerano e inmediatamente hacia



el sur del embalse Cuesta del Viento, es más moderna y se la puede asociar con la distribución geográfica de la Formación Iglesia, del Holoceno temprano. También en esta bajada precordillerana, así como en la cordillerana, existen numerosas expresiones de la influencia neotectónica en el relieve cuaternario y numerosos ejemplos de procesos de erosión fluvial intensa. La interpretación de los perfiles de suelos descriptos y datados sugiere que en el Holoceno existieron condiciones de anegamiento temporario y probablemente mayor caudal y alimentación hídrica en la región de influencia del arroyo Iglesia, indicadas por la presencia de rasgos redoximórficos, gleyzación e hidromorfismo, sugiriendo horizontes con influencia de niveles freáticos, hoy inexistentes. Del mismo modo los rasgos de iluvación de arcillas y de carbonatos pedogenéticos observables en estos horizontes podrían indicar condiciones de aridez o semiaridez más húmedas que las actuales. En síntesis, durante parte del Holoceno, habrían tenido lugar tres etapas pedogenéticas alternadas con otras de tipo morfofénico-depositacional. En otros ámbitos de Argentina, Fucks *et al.* (2007) reconocen en la Pampa, el desarrollo de cuatro eventos pedogenéticos holocenos, incluyendo el Actual. En el Holoceno temprano, periodos de humedad con el desarrollo de suelos son identificados en otras regiones argentinas; así por ejemplo el suelo Puesto Callejón Viejo en Buenos Aires (Fidalgo *et al.* 1973), el suelo Las Tapias en Córdoba (Cantú y Degiovanni 1984), el suelo Los Toldos en San Luis (Ramonell y Latrubesse 1991); suelos enterrados de la Formación El Zampal y Formación la Estacada (provincia de Mendoza) (Polanski 1963, Zarate 2002). Asimismo, en San Salvador de Jujuy, dos paleosuelos del Holoceno medio (Los Perales I y II) reflejan condiciones húmedas y cálidas (Alcalde y Kulemeyer 1999). En la cuenca mendocina del arroyo La Estacada, Zárate (2002) señala un cambio significativo en el modo de operación fluvial alrededor de 10.000 años AP, situación evidenciada por el desarrollo de un suelo seguido por el desarrollo

de cuerpos de pantanos y charcos. Minetti *et al.* (2007) sostiene que el Anticiclón del Pacífico sur, ubicado frente a las costas de la zona norte de Chile, es uno de los factores que habría modificado el clima en la vertiente oriental cordillerana, debido a las condiciones de estabilidad atmosférica y a las masas de aire que genera. Atendiendo a las observaciones de los autores citados, se puede presumir que en la región del valle de Iglesia, algunas de estas modificaciones paleoambientales pueden estar vinculadas a las migraciones holocenas en la posición latitudinal del citado anticiclón a lo largo de la costa pacífica.

## CONCLUSIONES

En el valle de Iglesia, las dos bajadas aluviales de piedemonte que ocupan los bordes opuestos del valle, expresan algunas variaciones de los procesos de transporte y de acumulación ocurridos durante el Pleistoceno tardío y el Holoceno temprano. La bajada cordillerana se habría formado y depositado en la fase fría del último Máximo Glacial del Pleistoceno tardío, mientras que la bajada aluvial precordillerana se asocia más a condiciones paleoambientales periglaciales de la Precordillera occidental, durante fines del Pleistoceno y el Holoceno temprano. La interpretación de los resultados, apoyados en antecedentes geológicos regionales, permite postular la existencia de distintas etapas de tranquilidad morfofénica y de desarrollo pedogenético interrumpidas por al menos una de actividad morfofénica de tipo depositacional. Este último proceso, vinculado al ambiente precordillerano, habría tenido lugar en el inicio del Holoceno medio (4,2 ka AP) interrumpiendo el desarrollo del Ps-2. Finalmente, se concluye que a lo largo del Holoceno habrían existido condiciones de aridez o semiaridez más húmedas que las actuales y condiciones de anegamiento en las márgenes del arroyo Iglesia a consecuencia de incrementos en su caudal. Estas etapas de mayor humedad y en consecuencia mayor vegetación habrían tenido lugar en: el Holoceno me-

dio-temprano (ca 7,2 ka AP), Holoceno tardío-temprano (ca 4,2 ka AP) y el Holoceno tardío (ca 2,9 ka AP).

## AGRADECIMIENTOS

Estos resultados parciales se desprenden del Proyecto de investigación PIP 045, financiado por Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina y del Proyecto P 21 E/887, subsidiado por CICITCA-Universidad Nacional de San Juan. Se agradece a ambas instituciones por el apoyo financiero e infraestructura. Se agradece asimismo a los árbitros intervinientes en la revisión del trabajo, especialmente al Dr. Pablo Bouza, por el aporte bibliográfico y discusiones enriquecedoras.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Alcalde, J.A. y Kulemeyer, J.J. 1999. The Holocene in the South-Eastern region of the Province Jujuy, North West Argentina. *Quaternary International*: 113-116.
- Bastias J.A. y Uliarte, E. 1991. Tectoformas de transcurrencia, falla El Tigre, sector central, San Juan. 6° Congreso Geológico Chileno. Resúmenes expandido: 506-509.
- Cantú, M. y Degiovanni, S. 1984. Geomorfología de la región centrosur de la provincia de Córdoba. *Actas 9th Congreso Geológico argentino* 4: 76-92. Bariloche.
- Colombo, F., Limarino, C., Busquets P., Solé de Porta, N., Heredia, N., Rodríguez Fernández, R y Alvarez Marrón, J. 2005. Primeras edades absolutas de los depósitos lacustres holocenos del río Jáchal, Precordillera de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60: 605-608.
- Fidalgo, F., De Francesco, F., y Colado, U. 1973. Geología superficial de las hojas Castelli, Cobo y Monasterio (provincia de Buenos Aires). 5th. Congreso Argentino Geológico. *Actas* 4: 27-39. Carlos Paz.
- Fucks, E. 2005. Estratigrafía y Geomorfología en el ámbito del curso inferior del Río Luján, Provincia de Buenos Aires. 2005. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata 857 (inédito), 239 p., La Plata.
- Fucks, E., Huarte, R., Carbonari, J. y Figini, A.

2007. Geocronología, paleoambientes y paleosuelos holocenos en la región pampeana. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62: 425-433. Buenos Aires.
- Furque, G. 1963. Descripción geológica de la Hoja 17b. Guandacol. Provincia la Rioja-Provincia San Juan. Carta geológico-económica de la Republica Argentina. Escala 1:200.000. Dirección Nacional de Geología y Minería. Buenos Aires: 34-44.
- Furque, G. 1979. Descripción geológica de la Hoja 18c, Jáchal. Provincia de San Juan. Servicio Geológico Nacional, Boletín 164, 79 p., Buenos Aires.
- Heredia, N., Rodríguez Fernández, L., Gallastegui, G., Busquets, P., y Colombo, F. 2002. Geological setting Argentine Frontal Cordillera in the flat-slab segment (30°00'-31°30'). *Journal of South American Earth Sciences* 15:79-99.
- Köppen, W. 1936. Das geographische System der Klimate, En Köppen, W. Geiger, G. y Gebr, C. (eds.) *Handbuch der climatologie*, Borntraeger: 1-44.
- Minetti, J. 1984. La respuesta del anticiclón del Pacífico sur en la costa de Chile frente al cambio climático-impactos. *Revista de Geografía*: 25-45. Universidad Nacional de San Juan-FFH y A., San Juan.
- Minetti, J. 1986. El régimen de precipitaciones de San Juan y su entorno. Centro de Investigaciones Regionales de San Juan (CIRSAJ), Informe Técnico 8: 19-22, San Juan.
- Minetti, J., Vargas, W., Poblete, A. G. y Mendoza, E. A. 2007. La posición latitudinal del anticiclón del Pacífico Sur (L). *Revista de Geografía* N° 11: 1-25. Universidad Nacional de San Juan-FFH. y A., San Juan.
- Pérez, I. y Costa, C. 2006. El sistema de fallamiento el Tigre entre el río Jáchal y el cerro Negro de Iglesia (provincia de San Juan). 13° Reunión de Tectónica. Abstracts: 80, San Luis.
- Perucca, L., Perez, M. A., Moreiras, S. M. y Bracco, A. 2008. Análisis del campo de esfuerzos en una secuencia lacustre de Precordillera Oriental, San Juan-Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63: 63-72. Buenos Aires.
- Perucca, L. y Martos, L. 2009. Análisis preliminar de la evolución del paisaje cuaternario en el valle de Iglesia, San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65: 624-637. Buenos Aires.
- Perucca, L. y Martos, L. 2012. Geomorphology, tectonism and Quaternary landscape evolution of the central Andes of San Juan (30°S-69°W), Argentina. *Quaternary International* 253: 80-90.
- Polanski, J. 1963. Estratigrafía, neotectónica y geomorfología del Pleistoceno pedemontano, entre los ríos Diamante y Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 17: 127-349, Buenos Aires.
- Polanski, J. 1970. Carbónico y Pérmico de la Argentina. EUDEBA, 216 pp. Buenos Aires.
- Ramonell, C. y Latrubesse, E. 1991. El loess de la Fm. Barranquita: comportamiento del sistema eólico Pampeano en la Provincia de San Luis. Argentina. 3rd Meeting. IGCP -281. Quaternary climates of South America. Lima. Special Publication 3: 69-81.
- Scalabrini Ortiz, J. 1979. Litología, variaciones faciales, proveniencias y paleocorrientes del Carbónico de la Hoja 17b, Guandacol. Norte de la Precordillera sanjuanina. Tesis inédita, 120 p., UBA, Buenos Aires.
- Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A. y Benham, E.C., Soil Survey Staff. 2012. Field book for describing and sampling soils. Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Siame, L., Sebfuer, M., Bellier, O., Bourles, D., Castano, J., Araujo, M., Yiou, F. y Raisbeck, G. 1996. Segmentation and horizontal Slip-Rate estimation of the El Tigre Fault Zone, San Juan Province (Argentina) from Spot Images Analysis. 3° Symposium International sur la Géodynamique Andine: 239-242, St. Malo.
- Stipanovic, P.N., Rodrigo, F., Baulies, O.L. y Martinez, C.G., 1968. Las formaciones pre-senonianas en el denominado Macizo Nordpatagónico y regiones adyacentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 23: 37-53.
- Suvires, G. M. y Gamboa, L. 2011. Primeras dataciones del lago Holoceno tardío de Zonda, San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 68: 290-294. Buenos Aires.
- Walker, J.C., Berkelhammer, M., Cwynar, L.C., Fisher, D.A., Long, A.J., Lowe, J.J., Newham, Rasmussen, S.O. y Weis, H. 2012. Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). *Journal of Quaternary science*: 27: 649-659.
- Wetten, C. 1975. Estudio geológico económico de un yacimiento de diatomita y análisis de mercado. 2° Congreso Ibero-Americano de Geología Económica, Actas 5: 513-529, Buenos Aires.
- Zárate, M. A. 2002. Los ambientes del Tardiglacial y Holoceno en Mendoza. En Adolfo Gil Gustavo Neve (edits), *Entre Montañas y Desiertos*: 9-42. Sociedad Argentina de Antropología. Buenos Aires.
- Zárate, M.A. y Mehl, A.E. 2008. Estratigrafía y geocronología de los depósitos del Pleistoceno tardío/Holoceno de la cuenca del arroyo La Estacada, departamentos de Tunuyán y Tupungato (Valle de Uco), Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63:407-416, Buenos Aires.

Recibido: 13 de mayo, 2014  
 Aceptado: 5 de mayo, 2015