

APUNTES PARA UNA BIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE LAS ESCORIAS Y “TIERRAS COCIDAS” DE LAS PAMPAS.



MARCELO A. ZÁRATE¹ e IRINA PODGORNÝ²

¹INCITAP (CONICET-UNLPam), Avenida Uruguay 151, (6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina. e-mail marcelozarate55@yahoo.com.ar

²Archivo Histórico del Museo de La Plata (CONICET), Paseo del Bosque s/n, (1900) La Plata. ipodgo@isis.unlp.edu.ar

Resumen. En este trabajo presentamos algunos de los principales hitos de la biografía de las escorias y “tierras cocidas” como objeto científico surgido en el siglo XIX y que cobra gran visibilidad en los inicios del siglo XX, gracias a la teoría del origen sudamericano del hombre propuesta por Ameghino. El debate sobre el origen de las escorias y “tierras cocidas”, dos de las evidencias que sostenían su teoría, marcó parte importante de las discusiones de la época. El problema del origen de estos enigmáticos fragmentos existentes en diferentes niveles de los depósitos del Cenozoico tardío de la región pampeana, encendió una polémica que estimuló significativamente la investigación. Se publicarían, entonces, varios trabajos de especialistas referentes a sus relaciones contextuales, las características petrológicas, la composición química y análisis experimentales que, en conjunto aportaron un volumen significativo de información. Las hipótesis planteadas sobre la génesis de las escorias incluyeron el origen volcánico o ígneo y la génesis vinculada con fogones e incendios intencionales de pastizales, esta última fue la propuesta por Ameghino la cual trascendió hasta la actualidad. Muy posteriormente, a comienzos de la década de 1970 se planteó otra hipótesis que las vinculaba con procesos metasomáticos. En los últimos quince años, a partir de evidencias petrológicas y geoquímicas, las escorias y “tierras cocidas” despertaron un nuevo e inusitado interés al ser interpretadas como productos de impactos de asteroides.

Palabras clave. Ameghino. Escorias. Tierras Cocidas. Cenozoico. Cuaternario. Región Pampeana.

Abstract. TOWARDS A SCIENTIFIC BIOGRAPHY OF THE SCORIAE AND “TIERRAS COCIDAS” FROM THE PAMPAS. This article examines some of the major milestones of the biography on the scoriae and “tierras cocidas” as a scientific object which was initiated in the nineteenth century and received great visibility in the early twentieth century through the theory of the South American origin of mankind postulated by Ameghino. The debate on the genesis of the scoriae and “tierras cocidas”, two of the evidences that supported the theory, marked an important part of the discussions that Ameghino maintained with his colleagues at that time. The problem on the origin of these enigmatic fragments that occur at different levels of the Late Cenozoic Pampean deposits turned on a controversy, very intense at times, that stimulated significantly their study and investigation. As a result several papers by Argentinian and European experts were published dealing with their geological context, petrological characteristics, chemical composition and experimental analysis. These papers, generated a significant volume of information. The two main hypothesis originally postulated included volcanic processes while Ameghino proposed a mechanism of formation related to bonfires and intentional (human-induced) grassland fires, an idea that survived until recently. In the early 1970 decade, a metasomatic process was proposed to explain the origin of the scoriae and “tierras cocidas”. The last 15 years witnessed a renewed interest on the scoriae and “tierras cocidas”; petrological and geochemical evidences permitted to postulate that these enigmatic fragments are related to asteroid impact processes.

Key words. Ameghino. Escorias. Tierras Cocidas. Cenozoic. Quaternary. Pampean Region.

EN LA INVESTIGACIÓN geológica de la región pampeana la consulta de la obra de Florentino Ameghino es ineludible. Monumental en sus dimensiones, cada nueva lectura permite descubrir nuevos comentarios, interpretaciones y observaciones hasta entonces no vistas. Inadvertidas en una primera consulta, se hacen evidentes y notorias en la medida que se acrecienta nuestra experiencia en la región pampeana, a cuya geología y paleontología Ameghino le dedicó diversos estudios. Además de los múltiples trabajos sobre la fauna fósil, sus aportes al conocimiento de los materiales sedimentarios que conforman la vasta llanura fueron sustanciales. El ordenamiento estratigráfico que propuso mantiene su vigencia y subyace con modificaciones menores, en las propuestas y esquemas actuales (Blasi *et al.*, 2009; Podgorný, 2011; Tonni, 2011). Se destacan, además, sus observaciones y comentarios sobre los suelos y los ambientes sedimentarios; sus ideas e interpretaciones sobre el clima de la región pampeana que alternaba entre lo que él denominó las secas e inundaciones y su propuesta de cómo debían planificarse las obras de canali-

zación en la provincia de Buenos Aires, trabajo publicado en 1884 en el Boletín del Instituto Geográfico Argentino y reeditado en 1969 (Ameghino, 1969). También efectuó importantes aportes en el campo de la prehistoria con referencias y descripciones de numerosos sitios y la propuesta de su controvertida teoría sobre el origen americano de los antepasados del hombre (Podgorný 2005, 2009; Salgado, 2011; Politis y Bonomo, 2011). Muchos de los temas que trató generaron diversas polémicas a comienzos del siglo XX. Aquí trataremos uno de ellos: la presencia y origen de las escorias y las llamadas “tierras cocidas” en niveles de los depósitos pampeanos y que Ameghino discutió en el marco de su teoría del origen del hombre.

¿QUÉ SON LAS ESCORIAS Y LAS “TIERRAS COCIDAS”?

Las escorias consisten en fragmentos de tamaños diversos, de aspecto vítreo, con vesículas y, en ocasiones, estructuras fluidales, muy similares en su apariencia general al material escoriáceo generado durante las erupciones volcánicas (Fig.



Figura 1. Fragmento de escoria (10 cm de longitud) en afloramientos miocenos del arroyo Chasicó, Buenos Aires / *Scoria fragment (10 cm long) exposed in Miocene outcrops at arroyo Chasicó, Buenos Aires.*

1), de allí el nombre atribuido. De hecho, *a priori* en una inspección general de cualquier muestra de mano de una colección o inclusive en el campo, se las podría clasificar dentro de las rocas volcánicas. Por su parte, las “tierras cocidas” son fragmentos muy tenaces, de color rojo intenso, a veces con cierta porosidad, que le otorgan un aspecto semejante a pedazos de ladrillo o inclusive de materiales cerámicos (Fig. 2). Aparecen en los mismos niveles estratigráficos de las escorias; inclusive, se han encontrado ejemplares de escoria que incluyen tierras cocidas o bien que pasan transicionalmente a ellas. Sin embargo, se ha citado la existencia de fragmentos de tierras cocidas sin vinculación alguna con escorias, en diversos niveles estratigráficos de la región pampeana. Considerarlas como productos volcánicos en el caso de las escorias o bien producto de la cocción de sedimentos en el de las “tierras cocidas”, tal y como podría eventualmente señalar su apariencia semejante a ladrillos o cerámica, comienzan a ser interpretaciones intrigantes y cuestionables, cuando se las analiza no aisladamente, sino en vinculación con sus relaciones de campo, es decir en sus respectivos contexto geológicos. ¿Cómo se explica la presencia de escorias volcánicas de tipo basalto en niveles estratigráficos desde el Mioceno hasta el Pleistoceno de la región pampeana, en posiciones tan alejadas de los centros eruptivos andinos? ¿Es posible que sean transportadas tales distancias por cursos fluviales y sobrevivir al desgaste? ¿Sería posible entonces que fueran el resultado de procesos de combustión generados por seres humanos? ¿Serían producto de la fusión de materiales sedimentarios o de algún tipo de combustión natural que los involucre en depósitos tan antiguos, muchísimo más antiguos a cualquier sitio arqueológico americano? (Figs. 1 y 2).

¿Podrían ser el resultado de procesos de combustión naturales que hayan fundido el material sedimentario dando



Figura 2. Ejemplar de “tierra cocida” de Chasicó / “Tierra cocida” from Chasicó.

como resultado la formación de escorias y “tierras cocidas”? Estas preguntas y las respuestas ensayadas constituyeron el núcleo de uno de los debates más candentes y polémicos en los que estuvo involucrado Ameghino, donde se plantearon básicamente dos procesos diferentes como generadores. Uno proponía que eran productos volcánicos transportados y acumulados en los depósitos pampeanos. El otro planteó que las escorias y “tierras cocidas” resultaban de procesos de fusión *in situ* de los sedimentos generados por el hombre, ya sea con fogones o por el incendio intencional de campos. Esta última era la hipótesis sostenida por Ameghino. Como en toda controversia, hubo estudiosos que con diversos argumentos y evidencias apoyaron una u otra interpretación.

El objetivo de este trabajo es presentar y discutir los hitos más importantes de la biografía de las escorias y “tierras cocidas”. Como objeto científico del siglo XIX, cobraría gran visibilidad en los inicios del siglo XX, gracias a la teoría del origen sudamericano del hombre propuesta por Ameghino. Con tal finalidad, nos referiremos a los protagonistas más destacados, sus ideas, argumentaciones y el cuerpo principal de evidencias utilizado. Comentaremos, además, lo acontecido con posterioridad al deceso de Ameghino en 1911, llegando hasta la actualidad y sintetizando el estado actual de la cuestión de las escorias y “tierras cocidas”.

LAS ESCORIAS Y SUS AGENTES

Los suizos Heusser y Claraz y el origen volcánico

La primera mención sobre las escorias correspondió a los investigadores suizos Jakob Christian Heusser y Georges Claraz. Heusser, mineralogista y geólogo, hermano mayor de la famosa autora de “Heidi”, y su discípulo Claraz vivían desde 1859 en Buenos Aires, donde, además de explotar sus establecimientos agrícolas, trabajaban como topógra-

fos agrimensores. Claraz, que había estudiado ciencias naturales en Zürich, Berlín y Freiberg, lo había acompañado en su viaje a América del Sur en 1857, comisionados para estudiar el conflicto desatado con los arrendatarios suizos en las cercanías de San Pablo (Brasil). En la revista de la Sociedad Helvética publicaron un trabajo sobre la geología de la provincia de Buenos Aires (Heusser y Claraz, 1865). Allí incluyeron las observaciones y comentarios que realizaron en los acantilados marinos de Chapadmalal, paraje donde encontraron escorias, pero no hay referencias a las “tierras cocidas”. “...Un peu plus au sud que la Baranca de los lobos dans un endroit où les falaises qui bordent la mer ont encore une hauteur considérable, à un niveau qui atteignent les hautes marées, nous avons rencontré dans la falaise (qui se compose d’argile pampéenne) des cailloux de nature volcanique dont la grosseur ne dépassait pas celle du poing. La plupart étaient sensiblement décomposés; mais quelques uns qui l’étaient moins, présentaient une texture cellulaire boursoufflé, très reconnaissable...” (Heusser y Claraz, 1865, p. 27). Por el aspecto general, Heusser y Claraz los consideraron fragmentos de rocas volcánicas, experimentando con ellas observaron que (Heusser y Claraz, 1865, p. 27), “... ils se montrèrent facilement fusibles au chalumeau et produisirent un verre d’un vert très foncé, qui se dissout dans la perle de borax en laissant un squelette de silice...” para demostrar la naturaleza silíceo de las escorias. Asimismo consideraron muy poco probable la posibilidad que fuesen fragmentos de rocas volcánicas transportados por las corrientes costeras marinas e incrustados en el acantilado. Vale la pena enfatizar este comentario dado que las corrientes costeras transportan rodados de rocas volcánicas desde las desembocaduras de los ríos Negro y Colorado hacia el norte y son frecuentes en las playas atlánticas bonaerenses. Así, la interpretación de Heusser y Claraz planteó el primero de los procesos genéticos, el origen volcánico de las escorias.

Ameghino, fogones e incendios

Años más tarde, Florentino Ameghino retomó el tema de la existencia de los enigmáticos fragmentos y planteó una génesis muy diferente, coincidiendo con los debates en torno a su teoría del origen americano del hombre. Según Ameghino (1910), además de las escorias, los primeros restos de “tierra cocida” habían sido descubiertos a principios de 1874 por su hermano Juan en un depósito lacustre situado en los alrededores de la Villa de Luján. Podgorny y Politis (2000) señalaron cinco grupos principales de evidencias procedentes de diferentes sitios arqueológicos que fueron empleadas en la discusión del origen del hombre, dos de ellas fueron las escorias y las “tierras cocidas”. Las tres restantes correspondieron a piedras trabajadas o utilizadas, huesos trabajados o utilizados y restos esqueleta-rios. Ameghino (1907 entre otros de sus trabajos) señaló la existencia de niveles de la formación

araucana portadores de restos culturales a los que se asociaban las escorias y “tierras cocidas”. La unidad mencionada, que Ameghino asignó al Mioceno, corresponde a niveles estratigráficos que en la actualidad se atribuyen al Plioceno (Cione y Tonni, 1995). Por lo tanto, estos sitios indicaban la presencia de seres humanos en tiempos muy remotos y anteriores a cualquier otro yacimiento con vestigios antrópicos encontrados hasta ese momento. Ameghino sostuvo que las escorias y “tierras cocidas” eran el producto de fogones y de incendios intencionales de pastizales.

En 1909 publicó dos artículos relacionados con las escorias (Ameghino, 1909a-b) en el mismo número de los Anales del Museo Nacional de Buenos Aires, institución de la cual era director desde 1902. En el primero señaló detalles de este proceso y en el segundo amplió y detalló el proceso de formación de las escorias y “tierras cocidas”.

“...Las quemazones intencionales de los cortaderales que no ha mucho se efectuaban en grande escala en distintas regiones de la República se van volviendo de más en más raras. En determinadas condiciones esas quemazones producen una especie de escoria de apariencia volcánica, la cual presenta muchas variaciones según la intensidad del calor desarrollado, la extensión del cortaderal, su estado verde ó más ó menos seco, el tamaño de las macollas, la profundidad de las raíces, la naturaleza del terreno, etc. Las matas pequeñas y jóvenes no se vitrifican, debido, primero á que desarrollan poco calor, y segundo á que son todavía muy pobres en sílice. En las macollas grandes y viejas y por consiguiente cargadas de mucha sílice, se verifica al contrario una verdadera vitrificación de toda la parte inferior de los tallos que sale fuera del suelo. La parte más profunda constituida por las raíces, mezcla los productos de la combustión con el suelo, produciendo escorias oscuras, más livianas y más porosas en la parte superior superficial, y más densas en la parte inferior en donde toman el aspecto de una verdadera lava. La parte escorificada pasa generalmente por una transición gradual á la parte del terreno no fundido pero que el calor lo ha transformado en una masa de tierra cocida de color rojo vivo ó ladrillo. Hay masas de esta tierra cocida de color ladrillo que pasa gradualmente, por un lado á la escoria porosa de color negruzco, y por el otro al terreno normal circunvecino...” (Ameghino, 1909b, p. 71-72).

Para avalar y sustentar su hipótesis apeló a dos documentos testimoniales, “...uno antiguo, muy anterior á la época en que se ha suscitado la cuestión de la antigüedad del hombre en la Argentina, y el otro reciente...” (Ameghino, 1909b, p. 71). Recordaría entonces que los viajeros quemaban cortaderales para abrirse paso en las regiones donde no había caminos y, otras veces, por gusto, descuido

o, como los indios, para hacer salir y dar muerte a la caza pequeña que allí se refugiaba. Los propietarios de terreno, por su lado, les prenderían fuego para destruirlos y mejorar la calidad de los campos (García y Podgorny, en prensa). Este último caso lo documentó con su propia experiencia personal de un viaje a Chubut en 1903, donde según menciona, encontró grandes trozos de escorias luego del incendio intencional del campo por parte del propietario. El testimonio antiguo al que alude, muy anterior a la cuestión del origen del hombre, tuvo como protagonista involuntario a Charles Darwin, por un lado, y a Nicolás Descalzi, por otro. Ameghino los transformaría en antecedente del debate del origen de las escorias y “tierras cocidas”, vinculándolo con las escorias volcánicas de Patagonia. Para ello, recordaba el invierno de 1833, cuando Darwin llegó a la boca del río Negro, donde permaneció unos pocos días. Los oficiales empleados en los trabajos hidrográficos de la exploración británica en el río Chubut habían hallado masas de escorias que Darwin (cf. Herbert, 2005) describiría de este modo, atribuyéndole origen volcánico:

“...I suspect the plains of Patagonia, like those of Australia, are traversed by many water courses which only perform their proper parts at certain periods. Probably this is the case with the water which flows into the head of Port Desire, and likewise with the Rio Chupat, on the banks of which masses of highly cellular scoriae were found by the officers employed in the survey...” (Darwin, 1845).

De la misma época, datan las observaciones del piloto sardo Nicolás Descalzi en el río Negro. Descalzi había obtenido licencia del Departamento Topográfico de Montevideo para ejercer como agrimensor y, hacia fines de 1832, había sido incorporado a la expedición de Juan M. de Rosas como astrónomo explorador. Descalzi recorrió el río Negro entre agosto y noviembre de 1833. Si bien Darwin y Descalzi aparentemente nunca llegaron a cruzarse, la información de ambos fue mutuamente conocida debido a que las expediciones compartían el personal y el consecuente cruce de datos que se producía en los lugares de abastecimiento y descanso (García y Podgorny, en prensa). Las escorias halladas en los ríos Negro y Chubut crearían una oportunidad para discutir estas interpretaciones, surgidas en viajes paralelos. Descalzi efectuó, además, anotaciones meteorológicas y las características del territorio explorado, como la vegetación y su potencialidad económica, siguiendo instrucciones del Departamento Topográfico de Buenos Aires. En la entrada de su diario de viaje del 5 de septiembre de 1833, Descalzi dice haber encontrado:

“pedacitos de piedra pómez y escoria que los Ingleses de la corbeta descubridora creen sea lava volcánica como la

que encontraron en el Río Chuba”, expresando de manera similar a Fitz Roy y Darwin: “...Este hallazgo me induce á creer que en las cabezas del rio deven hallarse dos volcanes diferentes, y el de la escoria puede ser uno mismo que la arroja a este rio y al Chuba” (Descalzi en García y Podgorny, en prensa).

Para el 20 de octubre, la observación de los restos y de la vegetación local lo lleva a otra conclusión:

“...seguimos encontrando muchos pedazos de la escoria volcánica, mientras se tiraba de la Silga en la vuelta que se dirige al N.N.E- desde el punto Yeso, me ocupé de recoger los trozos más hermosos de aquella escoria; cuando al concluir la vuelta y el Rio tira al O. hallé á presencia de toda la tripulación una mata de paja brava quemada reducida á la misma materia que antes habia gustado lava volcánica...” (Descalzi en García y Podgorny, en prensa).

Según señalan García y Podgorny (en prensa), Descalzi “descubría” que se trataba de un producto “estepario”, resultado de la combustión de las cortaderas -*Gynerium* Humboldt y Bonpland o *Cortaderia* Stapf-. Descalzi, conocedor de la costumbre local de incendiar intencionalmente los pajonales, se va convenciendo de este hecho en el transcurso del viaje. Ya de regreso, “...un poco más arriba del punto Yeso se habia incendiado un pajal de los que dán vidrio con la acción del fuego...aquí no me quedó duda de que la que tiene esta propiedad es la paja brava. Cargué muchos pedazos de aquel vidrio...”. Sabiendo de la rareza del asunto, apelaba al testimonio de su tripulación. Más aún, no dejaba de mencionar el disgusto que esto había provocado:

“...El importante descubrimiento de la vitrificación de la paja brava, parece haber desagradado al piloto Elsegood pues como bien inglés no puede ser indiferente á la equivocación padecida por el naturalista de la corbeta descubridora (se refiere a Darwin), la que creyó lava volcanica. Descubro en el piloto los más ardientes deseos de comunicárselo á sus paisanos, pero yó tomo todas las medidas que me son posibles para burlar sus intensiones:- no es justo que un descubrimiento tan importante se atribuya injustamente á los ingleses, cuando son los Argentinos lo que realmente lo han hecho...” (Descalzi en García y Podgorny, en prensa).

Un poco más adelante nota: “...que el campo estaba quemado y que á la cercanía del río, estaban las matas de paja en estado de vidrio. Yá no queda pues ninguna duda, acerca de la que hasta aquí se creía lava, es solo una vitrificación de aquel vegetal, el cual al quemarse produce un

betún negruzco, transparente en parte y resistente a la punta de un cortaplumas. Tiene además la propiedad de quebrarse como el vidrio. Las matas grandes de paja, son vitrificables, y las chicas se reducen a cenizas, como cualquier otro combustible. La tierra del terreno que es negrusca y fina, se halla roja al pie de las matas quemadas...”. Descalzi llamaría a este proceso la “vitrificación de la paja brava”, de singular importancia para interpretar los materiales de la zona y, quizá, de alguna relevancia económica en el futuro (García y Podgorny, en prensa).

Félix F. Outes y el origen volcánico

En 1908 se publica el trabajo de Félix F. Outes, que se desempeñaba en la nueva Universidad Nacional de La Plata, con colaboradores tales como Enrique Herrero Ducloux, profesor de química analítica de las Universidades de La Plata y Buenos Aires, y Hugo Bücking, director del Instituto Mineralógico y Petrográfico de la Universidad de Estrasburgo. Según explican en la introducción apuntaban a contribuir al conocimiento del “verdadero origen de las escorias y tierras cocidas”. El estudio consta de cuatro partes. La primera, a cargo de Outes, incluye una reseña histórica de los hallazgos de escorias y “tierras cocidas” que abarca desde el trabajo de Heusser y Claraz de 1865, pasando por la primera mención de Ameghino de 1887 a las escorias procedentes de diferentes niveles estratigráficos de Monte Hermoso a la que se sumaría más tarde un hallazgo de niveles ensinadenses, según Outes, en La Plata. A esto seguirían en 1904 los trabajos de Gustavo Steinmann acompañado por Roberto Lehmann-Nitsche y Santiago Roth en los acantilados de Mar del Plata, entre Cabo Corrientes y el arroyo Chapadmalal. En el caso de las “tierras cocidas” los antecedentes son mucho más numerosos y de mayor distribución areal con hallazgos reportados por Ameghino en Luján en 1874, Ramallo, La Plata, localidades de Santa Fe, incluyendo un hallazgo en Toay en La Pampa recolectados a 1 m de profundidad, a los que se sumarían otros de Córdoba asociados con fogones. Outes destaca que las escorias y “tierras cocidas” proceden de niveles profundos de la serie pampeana y excepcionalmente de depósitos relativamente modernos. Los vincula a los “...supuestos depósitos lacustres intercalados en el loess...” (Outes *et al.*, 1908, p. 145). A partir de la revisión del material conservado y sus observaciones personales en el terreno concluyó que “...las escorias y tierras cocidas representan diversos tipos de transformaciones de ciertos productos cuyo origen es semejante; su presencia en las capas de la serie pampeana obedece a un fenómeno extensivo a una gran parte de la misma, pero que se ha verificado intensivamente en la época de la deposición del loess de los niveles inferiores...”. Finalmente señaló que “...no abrigo duda alguna de que el material discutido sea isócrono con

las capas geológicas en que se las encuentra...” (Outes *et al.*, 1908, p. 161).

Por su parte Herrero Ducloux efectuó el análisis químico de las escorias y “tierras cocidas” y los comparó con los resultados obtenidos de la composición química de las cenizas de plantas de la llanura, semejantes a las que menciona Ameghino. No encuentra “...semejanza alguna entre estas cenizas y las escorias...”. También efectuó experiencias de laboratorio fundiendo el loess en una mufla.

La tercera parte del trabajo consistió en el análisis petrológico llevado a cabo por Bücking, quien las clasificó y describió ya sea como lavas volcánicas en el caso de las escorias y tobas o rocas pelíticas muy ricas en material vítreo en el de las “tierras cocidas”. Finalmente, en la cuarta y última parte, Outes analizó cada una de las hipótesis planteadas sobre las escorias y tierras cocidas para concluir, luego de una discusión pormenorizada de las ideas propuestas, lo siguiente:

“1. Los materiales escoriáceos de estructura celular, extraídos de Monte Hermoso y otros yacimientos, son escorias de lavas andesíticas. 2. Los materiales compactos, rojos, pardos ó grisáceos considerados hasta ahora como “tierras cocidas” son, en su mayoría, tobas eruptivas. 3 Por no juzgar suficiente á los elementos de criterio que poseo, reservo mi opinión sobre la clasificación de las muestras de Alvear (provincia de Santa Fe); pero no tengo ambages en declarar que, en ningún caso, deben considerarse como restos de un antiguo fogón atribuible al hombre cuaternario, ni como vestigios dejados por el hombre actual...” (Outes *et al.*, 1908, p. 197).

La respuesta de Ameghino no se hizo esperar. En 1909 dio a conocer una pormenorizada revisión del trabajo de Outes *et al.* (1908) con un artículo también publicado en los Anales del Museo de Buenos Aires (Ameghino, 1909b). En el mismo se refiere en particular a la primera y última parte de aquella contribución escrita por Outes. Discutió los comentarios y las observaciones párrafo por párrafo; revisó cada uno de los hallazgos citados por Outes, así como de aquellos que no mencionaba; se refirió específicamente a algunos puntos en los que discrepaba, tal como la distribución estratigráfica “...se encuentran tierras cocidas y escorias en todos los horizontes desde el de Monte Hermoso hasta los de las capas más recientes de la Formación pampeana...” (Ameghino, 1909b, p. 79) y a su formación *in situ*, de gran importancia para rechazar la hipótesis del origen volcánico “...La presencia de fragmentos de escorias no rodadas es un hecho muy importante y constituye un argumento muy serio contra la teoría del origen volcánico de ese material...” (Ameghino, 1909b, p.83). Luego analizó y discutió cada uno de los hallazgos hechos por Outes para

finalmente enfocarse en “las observaciones y conclusiones generales” subtítulo de la cuarta parte del artículo, y refutar las opiniones de Outes. Ameghino, como solía hacerlo, tomaría el trabajo de Outes, quien tampoco sería recordado por la dulzura de su temperamento (Podgorny 2004), como una agresión personal. Gran parte de la respuesta y la evidencia que presentó se articularon con descalificaciones y acusaciones que invalidarían los comentarios e interpretaciones de Outes.

Hasta aquí las dos hipótesis que generaron el debate. Ameghino cosechó apoyos, así como cuestionamientos rotundos de su propuesta. De la discusión participaron también Francisco P. Moreno que había visitado los afloramientos de Monte Hermoso en 1888 y luego, ya comenzado el siglo XX, Gustavo Steinmann quien consideró que las escorias eran lavas volcánicas. Roth, discrepaba con el origen volcánico y apoyaba en general las ideas de Ameghino, así como Lehmann Nitsche quien propuso una variante en el proceso postulado por Ameghino: las escorias serían el producto de incendios de juncas (ver Ameghino, 1910).

El análisis de Wright y Fenner y una nueva hipótesis.

Frederick E. Wright y Clarence N. Fenner, ambos petrólogos, llevaron a cabo el estudio petrográfico (Wright y Fenner, 1912) de los especímenes de roca recolectados durante el viaje a Buenos Aires de 1910 de Ales Hrdlicka, acompañado por Bailey Willis (Podgorny y Politis, 2000). Recordemos que el mismo tenía como objetivo analizar *in situ* la evidencia relativa al hombre primitivo de América del Sur (Podgorny, 2005, 2009). Los análisis fueron efectuados en el laboratorio de Geofísica de la Carnegie Institution de Washington a pedido de la Secretaría del Instituto Smithsonian. El objetivo era determinar la clase y naturaleza de las rocas de la colección efectuada en aquella expedición que incluían muestras de la localidad de 25 de Mayo, Buenos Aires, de las barrancas del Paraná en Alvear, entre ellas un fragmento de ladrillo, y ejemplares de las inmediaciones de Mar del Plata, Miramar y Centinela del Mar, Monte Hermoso, Rio Colorado y San Blas, es decir una amplísima región que cubría gran parte de los sitios de hallazgos como la zona donde habían estado Darwin y Descalzi. Las muestras incluían ejemplares de loess de diferentes niveles estratigráficos de la formación pampeana según mencionan los autores, así como fragmentos de tosca, ladrillo, arenas y cenizas volcánicas de la sección superior de las barrancas costeras de Monte Hermoso, una roca de tipo escoria pumícea en San Blas y lo que describen como *burnt earth* (tierra cocida) producida por la quema de Esparto (gramínea del Mediterráneo de aspecto similar a las cortadera) en el delta del río Colorado. Las muestras de escorias procedían en su mayoría de Miramar y Centinela del Mar. Para ello, metodológicamente Wright y Fenner llevaron a cabo un deta-

llado examen petrográfico-microscópico, análisis químicos de los diferentes ejemplares y estudios térmicos de las rocas a diferentes temperaturas y comparación de los productos así obtenidos con los naturales. En sus conclusiones generales Wright y Fenner señalaron que las escorias son los especímenes más interesantes e indicaron que han sido objeto de mucha discusión en la literatura. Las calificaron como “anormales en el tipo y no concuerdan con ninguna lava o roca eruptiva conocida en sus rasgos microscópicos. Entre otros comentarios apuntaron a que las escorias no son en general de la misma composición que el loess que lo rodea inmediatamente y se comporta en forma diferente cuando se lo calienta a altas temperaturas. Según los autores ello era una prueba que parte de las escorias al menos, no se formaron *in situ* en el loess adyacente, sino que han sido transportadas a su posición actual. Consideraron que no eran escorias volcánicas normales, no eran lavas en el sentido que dicho término tenía; interpretaron que no habían sido fundidas a cielo abierto, sino en condiciones que las preservaron de la oxidación. Descartaron así que fueran el resultado de la fundición del loess por fogones o cualquier tipo de fuego a cielo abierto. Concluyeron que “... the scoriae are simply fused loess, melted under conditions which protected the molten mass from oxidation...” (Wright y Fenner, 1912, p. 95). Tampoco aceptaron que hubiesen sido transportadas desde el oeste “...In this connection the relatively local distribution of the scoriae near the coast is significant. Had the scoriae been transported from the far West their size and number would naturally increase in that direction, but the field observations show that the opposite is the case...” (Wright y Fenner, p. 95). Llegados a este punto propusieron una hipótesis tentativa e indicaron que la misma necesitaba más verificación. “... the loess formation was intruded by igneous masses which melted down the adjacent loess and formed the present black scoriae. These intrusions may have been submarine or beneath the land area...” (Wright y Fenner, 1912, p. 95). En síntesis, Wright y Fenner reconocieron el carácter singular de estos materiales cuya génesis asociaron con un incremento significativo de la temperatura que ocasionó la fusión del loess. Vincularon ese incremento de temperatura con una intrusión ígnea y descartaron que se hubiera formado *in situ*, aunque tampoco serían el resultado del transporte de materiales volcánicos desde el oeste.

En el marco general de las investigaciones realizadas en la expedición de Hrdlicka (1912) se llevaron a cabo además estudios experimentales que consistieron en quemar algunas especies de plantas nativas (cortaderas). El estudio realizado por Whitman Cross del Servicio Geológico de Estados Unidos concluía que tal proceso producía un sedimento enrojecido hasta 1 cm de profundidad, pero no productos semejantes a las escorias y “tierras cocidas”. Sin

embargo, el sedimento se calcinaba cuando se mezclaban con la vegetación. Por su parte el geólogo Bailey Willis que formó parte de aquella expedición reportaba las observaciones de un incendio en el delta del río Colorado cuyo resultado había sido un producto con aspecto de escoria, una especie de masa esponjosa integrada por tierra calcinada junto con los tallos y raíces quemadas (Hrdlicka, 1912).

César Cortelezzi y el proceso metamórfico.

Varias décadas después el tema del origen de las escorias fue retomado por Cortelezzi (1971), geólogo y profesor de Mineralogía en el Museo de La Plata, quien propone un mecanismo de formación completamente diferente. Muy lejos del debate de principios del siglo XX, su contribución aparece solitaria y en un momento en que el tema del origen de las escorias estaba, como varios de los debates ligados al “ameghinismo” (Podgorny, 1997), olvidado o archivado. El autor basó su interpretación, muy diferente a las anteriores, en análisis petrográficos y experiencias de laboratorio. Para ello construyó un equipo que permitía la circulación de soluciones a través de los sedimentos sin producir perturbaciones mecánicas. Se refiere así Cortelezzi al proceso de generación de las escorias (Cortelezzi, 1971 p 237):

“...Suponemos que la acción de aguas circulantes carbonatadas se produce sobre los fragmentos de vidrios volcánicos y sobre los minerales de las arcillas, esta acción metamórfica no produce un reemplazo pseudomórfico, sino la degradación del mineral. Se trata de un fenómeno similar al que se observa en otras reacciones alcalinas y minerales poco estables, como lo son las trizas de vidrio volcánico y los minerales de las arcillas. Es decir que al actuar sobre estos minerales aguas bicarbonatadas alcalinas, reaccionan con ellos liberando SiO_2 y aumentando el contenido de calcio, el cual se depositará como CaCO_3 en distintos niveles de las barrancas. La reacción produce un gel síliceo cargado de óxido de hierro, de allí su coloración oscura...” Más adelante agrega “...A medida que la reacción avanza desaparecen los fragmentos de vidrios volcánicos y los minerales de las arcillas, los canalículos e anastomosan produciendo cavidades mayores. El gel pierde agua y se deposita en esas cavidades en forma de ópalo o calcedonia, englobando los minerales más resistentes al ataque...” (Cortelezzi, 1971, p. 237).

Con los datos obtenidos Cortelezzi (1971, p. 242) concluyó que las escorias eran de origen epigenético y que se generarían a partir de un proceso físico-químico de ataque de minerales a partir de soluciones ligeramente ácidas o casi neutras; esto ocasionaría la liberación de sílice luego depositada en forma de gel en canalículos; al desecarse cristalizaría calcedonia o precipitaría ópalo, englobando minerales más resistentes al ataque.

LOS ÚLTIMOS AÑOS: INTERÉS RENOVADO EN LAS ESCORIAS

Suavizada la polémica del origen americano del hombre en las primeras décadas del siglo XX, las escorias y “tierras cocidas” no volvieron a suscitar interés. De los dos procesos principales propuestos, se rechazó el origen volcánico y trascendió la idea de Ameghino, sin la intervención humana, las escorias y “tierras cocidas” eran el producto de incendios naturales. Si bien no escrita y fundamentada, la idea permaneció vigente sin mayores cuestionamientos. Uno de los autores de este trabajo (MZ) la retomó en la década de 1980 al estudiar la estratigrafía y geología de los acantilados de Chapadmalal (Zárate, 1989), la localidad donde Heusser y Claraz hicieron la primera mención de la existencia de las escorias. Siendo el objetivo de tal estudio la determinación de las relaciones espacio-temporales de los cuerpos sedimentarios, uno de los resultados inesperados a los que se arribó fue reconocer que las escorias a las que se asociaban las “tierras cocidas”, no estaban distribuidas homogéneamente en toda la sección estratigráfica, sino que presentaban diferencias importantes. Las escorias se concentraban en un nivel estratigráfico particular de los afloramientos del acantilado; en el mismo eran muy abundantes en algunos tramos con fragmentos de tamaños muy variables, en un caso formaban una concentración de material de alrededor de 2 m de diámetro; constituían un horizonte estratigráfico-guía. El nivel estratigráfico de escorias y “tierras cocidas”, portador de fauna del piso-edad Chapadmalalense está incluido en la Aloformación Playa Los Lobos (Zárate, 1989) que correspondería a la sección superior de la Formación de Chapadmalal *sensu* Kraglievich (1952). Por debajo de dicho nivel, sólo aparecían escorias y “tierras cocidas” como fragmentos que rellenaban cuevas de roedores (*Actenomyys* Burmeister). Por encima, todas las unidades posteriores con edades desde el Plioceno tardío hasta el Pleistoceno tardío inclusive, son portadoras de fragmentos retrabajados de escorias y de “tierras cocidas” del sustrato plioceno, motivo por el cual exhiben una distribución estratigráfica aparentemente amplia; los fragmentos forman parte de las fracciones psefíticas de facies fluviales, estas últimas dominantes en la sucesión de Chapadmalal. Era llamativo que si se vinculaban con incendios naturales, sólo se registraba un evento de incendio en toda la sucesión. Sin mayores argumentos y sin discutir la cuestión, se las relacionó con incendios de campos (Zárate, 1989; Zárate y Fasano 1989), según la idea vigente. Posteriormente como el tema resultó muy llamativo y enigmático se sacaron muestras que fueron analizadas por María Cecilia Camilión del Museo de La Plata quien encontró cristobalita, variedad de sílice de muy alta temperatura (> 1400°C) (Camilión, 1991, com. pers.). Una concatenación de hechos posteriores, hicieron entrar en escena a Peter Schultz de la Uni-

versidad Brown, Estados Unidos. Este había analizado unas estructuras geomorfológicas que interpretó como cráteres de impacto en la zona de Río Cuarto (Córdoba); en ellas encontró escorias, muy similares a las reportadas en Mar del Plata, así como fragmentos de meteoritos (Schultz y Lianza, 1992, en Zárate y Schultz, 2002). En junio de 1995 visitó los acantilados de Chapadmalal en compañía de uno de los autores de este trabajo (MZ). El encuentro fue sumamente productivo y estimulante y dio comienzo a una investigación detallada en colaboración que continúa en la actualidad. En las escorias de Chapadmalal se analizó su petrografía, geoquímica, mineralogía y fueron datadas. Los resultados obtenidos permitieron proponer que se trataba de productos derivados de impactos de asteroides en sedimentos de tipo loess de la región pampeana (Schultz *et al.*, 1998). Luego de esta primera contribución se continuó la exploración del sur de la región pampeana bonaerense sobre la base de antecedentes bibliográficos que señalaban la presencia o hallazgo de escorias en los sedimentos, entre ellos la sección de Monte Hermoso citada reiteradamente por Ameghino, o bien a partir de comunicaciones orales recibidas de colegas e incluso comisionados de campo permanentes u ocasionales. Se inició así una nueva y muy fructífera etapa durante la cual fue posible ampliar y comprender la distribución geográfica de las escorias, los hallazgos se concentraron en el sur bonaerense. Asimismo, se las ubicó estratigráficamente. Los niveles donde aparecían eran del Mioceno, Plioceno o bien del Pleistoceno, de acuerdo con los fósiles de vertebrados recuperados de los mismos. La investigación puso en evidencia la existencia de un patrón estratigráfico común a todas las localidades donde se hallaban escorias. En cada caso, el registro consiste en un nivel estratigráfico principal conformado por fragmentos de tamaños considerables, de pocos a varios centímetros y hasta 1 m, sin evidencias de retrabajamiento y abundancia significativa. Los niveles superiores incluyen una disminución notoria del número de escorias encontradas, están muy fragmentadas, son de tamaños reducidos y los fragmentos mayores exhiben signos de cierto redondeamiento; sedimentológicamente las facies que las alojan son fluviales. Por lo tanto, la evidencia contextual sugiere que esas escorias son el producto del retrabajamiento del nivel de escorias infrayacente. Así, las escorias pueden presentar una distribución estratigráfica amplia, abarcando unidades de diferentes edades en una misma sección analizada, pero ésta es una yacencia secundaria resultado del retrabajamiento de material de un nivel de escorias primario. En otros términos, existen niveles estratigráficos de escorias que pueden definirse como primarios y otros secundarios, estos últimos son el resultado de su erosión y redepositación a causa de la acción de corrientes de agua e inclusive de la fauna. Ello ha conducido a la idea de que las escorias están distribuidas, en cierta manera, a lo largo de todo el espesor

de las secciones estratigráficas analizadas. Los resultados obtenidos permitieron asignarle no sólo edades numéricas a los niveles primarios de escorias hasta ahora encontrados, sino además, obtener información de la petrología y geoquímica. Las escorias estudiadas tienen edades de $9,21 \pm 0,08$; $5,28 \pm 0,04$; $3,27 \pm 0,08$ Ma; $445 \pm 0,21$ ka, 114 ka ± 26 y 6 ± 2 ka (Schultz *et al.*, 2004; Schultz *et al.*, 2006). La evidencia petrográfica sobre su origen relacionado con impactos incluye temperaturas de deformación y fases de temperatura ultra alta (e.g. baddeleyita, lechatelierita, rutilo fundido) y daño inducido por shock en granos minerales tales como los rasgos de deformación planar, vidrio diaplético, inclusiones de coesita en cuarzo, isotropización asimétrica en feldespatos, entre otros rasgos. Hay indicadores de temperatura ultra alta ($>1700^\circ\text{C}$). En el caso de las escorias procedentes de Chapadmalal ($5,28 \pm 0,04$ Ma) y Bahía Blanca ($3,27 \pm 0,08$ Ma), incluyen fragmentos milimétricos o granos micrométricos cuya mineralogía y geoquímica señala que son restos de los impactos interpretados como mesosideritos y angritos (Harris *et al.*, 2008). Asimismo, la composición de las escorias de Bahía Blanca ha permitido correlacionarlas con microtektitas de edad cercana al límite Mioceno/Plioceno del sur de Australia. En el caso de las tierras cocidas asociadas con las escorias corresponderían a masas suevíticas mientras las escorias corresponderían a brechas fundidas de impacto (Harris *et al.*, 2008). Las edades, extensión, abundancias y contextos geológicos indican que cada ocurrencia debería estar asociada con un cráter de al menos 1 km de diámetro (Schultz *et al.*, 2008). Finalmente, debe mencionarse que también aparecen en los sedimentos de la región pampeana fragmentos de color rojizo, muy tenaces y similares a las “tierras cocidas” en su aspecto general, corresponden a materiales de granulometría fina, limos finos arcillosos con tenores altos de óxidos de hierro. Esto había sido ya señalado por Wright y Fenner (1912) en relación con uno de los fragmentos analizados.

CONSIDERACIONES FINALES

El debate de las escorias y “tierras cocidas” constituye, en sí mismo, un buen caso para rastrear la biografía de un objeto científico. Las escorias no surgen directamente de la naturaleza, sino de la interacción de diversos agentes humanos (viajeros, pilotos, geólogos) en varios espacios (el campo, el laboratorio) y las herramientas empleadas para visualizar un objeto anómalo y de origen desconocido. Cada momento apeló a todos los dispositivos disponibles, empleando estudios experimentales, análisis químicos, petrológicos, detalladas observaciones de campo que se iban articulando de manera diferente.

La evidencia petrológica y los estudios experimentales fueron los argumentos de fondo empleados para rechazar la formación *in situ* de las escorias. Por su lado, Ameghino,

uno de los principales articuladores de la biografía de las escorias, argumentó detalladamente todos los indicadores que sugerían una formación *in situ* que atribuyó a los incendios intencionales. Podríamos preguntarnos en términos conjeturales, qué hubiera sido de las escorias y las “tierras cocidas” de no haber planteado Ameghino la hipótesis del origen del hombre ¿Habrían generado el mismo interés? ¿Se las habría considerado sólo como productos volcánicos, algo enigmáticos?, pues ¿Cómo explicar su presencia tan lejos de centros eruptivos?

Luego del fallecimiento de Ameghino, el tema de las escorias y “tierras cocidas” quedó sellado aunque sus ideas permanecieron vigentes. No olvidemos que el “ameghinismo” y la transformación de Ameghino en el santo laico de los argentinos corroyeron la mera posibilidad de debate (Podgorny, 1997). No es que éste no haya existido, pero los científicos, a sabiendas de cualquier cosa que se interpretara como un cuestionamiento a la autoridad e infabilidad del “sabio nacional”, prefirieron replegarse a zonas menos intervenidas por el público y el culto civil mantenido en distintas esferas de la cultura local.

Las escorias no se volvieron a discutir, sino hasta hace pocos años; la apertura científica, el intercambio de información y la interacción con colegas del exterior, como también ocurrió a principios del siglo XX, renovó el interés y reactualizó el tema. Las nuevas interpretaciones, sustentadas por evidencias múltiples procedentes de distintas fuentes de información, reavivaron un debate a partir de las implicancias fundamentales que tuvieron las ideas de Ameghino. Sea como restos de fogones, impactos de asteroides o quemazones naturales, las escorias surgirían como objeto científico del largo siglo XIX. El siglo XXI, probablemente, nos sorprenderá con nuevos datos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la invitación realizada por Juan Carlos Fernicola para participar de este volumen especial, así como por sus observaciones editoriales. También se agradecen los comentarios de un revisor anónimo del manuscrito que contribuyeron a mejorar la claridad del trabajo. Este artículo ha sido realizado en el marco de los proyectos PIP 0116 y UNLPam 186.

BIBLIOGRAFÍA

- Ameghino, F. 1907. Notas preliminares sobre el *Tetraprothomo argentinus*, un precursor del hombre del mioceno superior de Monte Hermoso. Anales del Museo Nacional de Buenos Aires, Serie 3a, 9: 105-240.
- Ameghino, F. 1909a. Productos pírnicos de origen antrópico en las formaciones neógenas de la República Argentina. Anales Museo Nacional de Buenos Aires, Serie 3a, 12: 1-26.
- Ameghino, F. 1909b. Dos documentos testimoniales a propósito de las escorias producidas por la combustión de los cortaderas. Anales del Museo Nacional de Buenos Aires, Serie 3a, 12: 71-80.
- Ameghino, F. 1910. Enumération chronologique et critique des notices sur les terres cuites et les scories anthropiques des terrains sédimentaires néogènes de l'Argentine parus jusqu'à la fin de l'année 1907. Anales del Museo Nacional de Buenos Aires Serie 3a, 13: 39-80.
- Ameghino, F. 1969. Las secas y las inundaciones en la provincia de Buenos Aires: obras de retención y no de desagüe, 3ra edición Ministerio de Asuntos Agrarios, La Plata, 66 pp.
- Blasi, A., Prieto, A.R., Fucks, E y Figini, A. 2009. Análisis de las nomenclaturas y de los esquemas estratigráficos del Pleistoceno tardío-Holoceno en la cuenca del río Luján, Buenos Aires, Argentina. Ameghiniana 46 (2): 373-390.
- Cione, A.L. y Tonni, E.P. 1995. Los estratotipos de los pisos Montehermosense y Chapadmalalense (Plioceno) del esquema cronológico sudamericano. Ameghiniana 32 (4): 369-374.
- Cortelezzi, C. 1971. El origen de las escorias. Revista del Museo de la Plata (Nueva Serie), sección Geología, 7: 233-243.
- Darwin, Ch. 1845. Journal of researches into the natural history and geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the world, under the Command of Capt. Fitz Roy, John Murray, 2d edition. London, 507 pp.
- García, S. y Podgorny, I., en prensa. La ‘Casa de los Pilotos’, las escorias de la Patagonia y el naturalista de la barca inglesa. En R. Ruiz, M.A. Puig-Samper y G. Zamudio (Eds) A 150 años de la publicación de El origen de las especies. Universidad Nacional Autónoma de México y Consejo Superior de Investigaciones Científicas-España.
- Harris, R. S., Schultz, P. H. y Zárate, M. A. 2008. Petrology of Late Cenozoic Pampean impact melt breccias. 17o Congreso Geológico Argentino, Actas: 582.
- Herbert, S. 2005. Charles Darwin, geologist. Ithaca [u.a.]: Cornell Univ. Press. 458 pp.
- Heusser, J.C y Claraz, G. 1865. Essais pour servir à une description physique et géognostique de la province de Buenos Aires. Mémoires de la Société Helvétique des Sciences Naturelles 21: 1-140.
- Hrdlicka, A. 1912. Early Man in South America. Smithsonian Institute Bureau of American Ethnology, Bulletin 52, 405 pp.
- Kraglievich, J.L. 1952. El perfil geológico de Chapadmalal y Miramar, provincia de Buenos Aires. Revista del Museo Municipal de Ciencias Naturales y Tradicional de Mar

- del Plata 1(1): 8-37.
- Outes, F., Herrero Ducloux, E. y Bucking, H.** 1908. Estudio de las supuestas escorias y tierras cocidas de la serie pampeana de la República Argentina. *Revista Museo La Plata* 15 (segunda serie): 138-197.
- Podgorny, I.** 1997. De la santidad laica del científico. Florentino Ameghino y el espectáculo de la ciencia en la Argentina moderna. *Entrepasados* 13: 31-67.
- Podgorny, I.** 2004. Tocar para creer. La Arqueología en la Argentina, 1910-1940. *Anales del Museo de América*, 12:147-182.
- Podgorny, I.** 2005. Bones and Devices in the Constitution of Paleontology in Argentina at the End of the Nineteenth Century. *Science in Context*, 18: 249-283.
- Podgorny, I.** 2009. El sendero del tiempo y de las causas accidentales. Los espacios de la prehistoria en la Argentina, 1850-1910, Prohistoria Ediciones, Rosario. 331 pp.
- Podgorny, I.** 2011. Los reyes del *diluvium*. La geología del Cenozoico sudamericano en la década de 1880. Publicación Especial, Asociación Paleontológica Argentina, No12.
- Podgorny, I. y Politis, G.** 2000. It is not all roses here: Ales Hrdlicka's travel log and his visit to Buenos Aires in 1910. *Nova Revista de História da arte e arqueologia* 3: 95-105.
- Politis, G.G. y Bonomo, M.** 2011. Nuevos datos sobre el "hombre fósil" de Ameghino. Publicación Especial, Asociación Paleontológica Argentina, No12.
- Salgado, 2011.** La evolución biológica en el pensamiento y la obra de Florentino Ameghino. Publicación Especial, Asociación Paleontológica Argentina, No12.
- Schultz, P., Zárate, M., Hames, W., Camilión, C. y King, J.** 1998. A 3.3 Ma impact in Argentina and possible consequences. *Science* 282: 2061-2063.
- Schultz, P., Zárate, M., Hames, B., Koeberl, C., Bunch, T., Storzer, D., Renne, P. y Wittke, J.** 2004. The Quaternary impact record from the Pampas, Argentina. *Earth and Planetary Science Letters* 219: 221-238.
- Schultz, P.H., Zárate, M., Hames, W., Harris, S., Bunch, T., Koeberl, C., Renne, P. y Wittke, J.** 2006. The record of Miocene impacts in the Argentine Pampas. *Meteoritics & Planetary Science* 41 5: 749-771.
- Schultz P. H. Harris, R. S. y Zárate.M. A.** 2008. The Late Cenozoic Impact Glasses in the Argentine Pampean Sediments. 17o Congreso Geológico Argentino, Actas: 686.
- Tonni, E.P.** 2011. Ameghino y la estratigrafía pampeana un siglo después. Publicación Especial, Asociación Paleontológica Argentina, No12.
- Wright, F.E. y Fenner, C.N.** 1912. Petrographic study of the specimens of loess, tierracocida and scoria collected by the Hrdlicka-Willis expedition. En: A. Hrdlicka (Ed.), *Early Man in South America. Bulletin Smithsonian Institute Bureau of American (Ethnology) Washington* 52: 99-122.
- Zárate, M.** 1989. [Geología y estratigrafía de los acantilados marinos comprendidos entre Playa San Carlos y Arroyo Chapadmalal, partido de General Pueyrredón, Provincia de Buenos Aires. Tesis Museo de la Plata, 220 pp. inédito].
- Zárate, M y Fasano, J.** 1989. The Plio-Pleistocene record of the central eastern Pampas, Buenos Aires province, Argentina: The Chapadmalal case study. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 72:27-52.
- Zárate, M.A. y Schultz, P.H.** 2002. Las escorias y tierras cocidas de la Pampa. *Investigación y Ciencia* 304: 42-52.