

# OBSERVACIONES PALEOMAGNETICAS EN EL SITIO ARQUEOLOGICO PUESTO SEGUNDO (MISIONES, ARGENTINA)

A.M. Sinito<sup>#, %</sup>, C. Gogorza<sup>#, %, \*</sup>, H. Nami<sup>%</sup>, A. Irurzun<sup>#</sup>

# Instituto de Física Arroyo Seco (IFAS) - Facultad de Ciencias Exactas - UNCPBA  
Pinto 399- (7000) - Tandil - Argentina  
% CONICET  
Rivadavia 1917 - (1033) - Capital Federal - Argentina  
e-mail: cgogorza@exa.unicen.edu.ar

En este trabajo se presentan los resultados paleomagnéticos de la investigación llevada a cabo en una serie de sitios arqueológicos en la zona de Puerto Esperanza (Misiones, Argentina). Las muestras para el estudio paleomagnético (n=13) fueron colectadas en tubos de hidrobronce de una pulgada de diámetro y de espesor. Las muestras (n=5) para medir susceptibilidad consistieron en sedimento suelto y se guardaron en bolsitas de plástico. Se midió la magnetización remanente natural (MRN), las cuales mostraron muy pocas polaridades normales. Se desmagnetizaron todas las muestras en etapas sucesivas de 50°, llegándose, cuando fue posible a 550°. Se realizó una representación estereográfica y diagramas de Zijderveld de las direcciones de la magnetización remanente (MR) luego de cada etapa de calentamiento. Se aislaron las magnetizaciones remanentes estables (MRE). Los resultados obtenidos sugieren la existencia de una excursión, lo cual es coincidente con la excursión geomagnética holocénica observada en otros lugares de Argentina y Chile con edades de <10000-2100 AP.

The paleomagnetic results of the investigations carried out in several archaeological sites in Puerto Esperanza (Misiones, Argentina) are presented. The samples for paleomagnetic studies (n=13) were collected in tubes made of hydro-bronze which diameter and height were 1 inch. The samples for studies of susceptibility consisted in bulk sediment and they were collected in plastic bags. The natural remanent magnetisation (NRM) of all samples was measured and the NRM of few samples showed normal polarity. All samples were demagnetised in stages of 50° C until, when it was possible, 550° C. Stereographic and Zijderveld diagrams of the remanent magnetisation (RM) after each stage are presented. The stable remanent magnetisation (SRM) was isolated. The results suggest an excursion, contemporary with other holocenic geomagnetic excursion registered in Argentina and Chile, which age is around <10000-2100 BP.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han venido desarrollando una serie de investigaciones dirigidas a utilizar técnicas derivadas del paleomagnetismo para el estudio de sitios arqueológicos. El paleomagnetismo permite el conocimiento del comportamiento del campo geomagnético en el pasado geológico. Al mismo tiempo es un método de datación que se basa en la comparación del campo geomagnético en diversos sitios. Por ello es importante identificar características magnéticas que se encuentren registradas en lugares donde existan niveles estratigráficos guía equivalentes, cuya edad haya sido establecida por otros métodos. De esa forma, mediante la correlación de los rasgos magnéticos, esa edad puede extenderse a otras áreas. Las características magnéticas que pueden utilizarse para la correlación son las reversiones o excursiones y las variaciones seculares. Las reversiones o excursiones permiten establecer cotas aproximadas de edad. Según Parker<sup>(1)</sup> las mismas son excelentes herramientas de correlación cronológica y, por ende muy útiles para realizar dataciones absolutas y relativas para la arqueología. Un ajuste más fino de la datación puede lograrse a través del análisis de variaciones paleoseculares del campo geomagnético.

Los estudios paleomagnéticos de sitios arqueológicos han sido utilizados para discutir cuestiones relacionadas con

la procedencias de materias primas líticas<sup>(2)</sup> y datación relativa de perfiles arqueológicos<sup>(3),(4),(5)</sup>.

Por otra parte, esta actividad permitió el descubrimiento de excursiones del campo magnético terrestre registradas durante el Holoceno<sup>(5),(6),(7),(8)</sup>.

Estudios de este tipo, los cuales se llevan a cabo en forma intensiva en otros lugares del mundo, no tienen aún un desarrollo sostenido en Argentina o en los países limítrofes, habiendo escasas publicaciones en el tema<sup>(5),(6),(7),(9),(10),(11),(12)</sup>, lo que hace particularmente interesante la presentación de resultados obtenidos en nuestro país.

Se realizó una visita a la zona de Puerto Esperanza (provincia de Misiones, Argentina) con el objeto de relevar las actividades de un joven tallador de piedra contemporáneo<sup>(9)</sup>. Al mismo tiempo se visitaron una serie de sitios arqueológicos que se encuentran tanto en Puerto Esperanza como en sus inmediaciones. Además se observaron colecciones de materiales arqueológicos recolectados por Ariel y José Gherardi en la superficie de esos sitios<sup>(2)</sup>. Se visitaron algunos de ellos y además se tomaron muestras paleomagnéticas con el objeto de conocer el comportamiento del campo geomagnético sobre la base de las direcciones de magnetismo remanente estable registradas en los sedimentos de dos sitios arqueológicos cuyos perfiles estaban expuestos. Se trataba de los sitios Aserradero y Puesto Segundo.

Posteriormente, la Secretaría de Cultura de Misiones extendió al Dr. Nami una invitación con el objeto de continuar con las actividades arqueomagnéticas y realizar algunos estudios tecnológicos en el área. Para ello se contó con la colaboración del arqueólogo José Mujica.

Como resultado de estas actividades, este artículo da a conocer los primeros resultados obtenidos de uno de los muestreos paleomagnéticos llevados a cabo en uno de los sitios muestreados.

## II. SITIO ARQUEOLOGICO

Se trata del sitio Puerto Segundo y está emplazado en una terraza del río Paraná (55° 21' W y 26° S) en las cercanías de Puerto Esperanza. Es un sitio estratificado a cielo abierto localizado en la selva y ha sido descubierto debido a que gran parte del depósito sedimentario que lo contiene fue extraído durante la construcción de un camino. Debido a ello los vestigios arqueológicos están enterrados entre 20 y 35 cm de la superficie del terreno actual, formando un nivel arqueológico cuyo espesor es de 15 a 20 cm aproximadamente.

En la primer visita se realizó una limpieza de un perfil expuesto, en el cual se observaron materiales arqueológicos, que se encontraban en estratigrafía. Posteriormente, junto con Mujica se hizo un sondeo cuidadoso de 1 m<sup>2</sup> y 80 cm de profundidad.

La colección de los materiales recogidos en la superficie del sitio, los cuales quedaron expuestos como consecuencia de la erosión, son puntas de proyectil pedunculadas, raederas frontales, raspadores y estadios intermedios bifaciales de manufactura. Además, tanto en el sondeo como en la superficie, se recolectaron abundantes desechos de talla de reducción bifacial.

Los instrumentos líticos muestran ciertas semejanzas morfológicas con aquellos encontrados en numerosos sitios del Sudeste brasileño y Nordeste argentino. Específicamente, en esta región han sido encontradas puntas de proyectil semejantes en casi 400 sitios que tienen numerosas dataciones radiocarbónicas y cuyo rango temporal oscila entre los 7.000 y 600 años antes del presente<sup>(13)</sup>.

## III. MUESTREO Y PROCESAMIENTO PALEOMAGNETICO

El depósito sedimentario areno-arcilloso es uniforme y no presenta ninguna diferenciación que permita subdividirlo en capas o niveles naturales.

Con objetivo de datar relativamente este perfil, en una primera etapa se tomaron muestras paleomagnéticas. Posteriormente y debido a los resultados que se estaban obteniendo en el laboratorio se llevó a cabo una segunda visita en la cual se recogieron las muestras para la medición de la susceptibilidad.

Las muestras para el estudio paleomagnético (n = 13) fueron colectadas en tubos de hidrobromuro de una pulgada de diámetro y de espesor. Las mismas fueron insertadas en el perfil de manera tal que la mitad de cada una se superpusiera con la siguiente, al ser retiradas se las solidificó con una solución de silicato de sodio. La orientación fue tomada con una Brújula Brunton.

Las muestras (n = 5) para medir la susceptibilidad consistieron en sedimento suelto y fueron tomadas con intervalos de 5 cm cada una y guardadas por separado en bolsas de plástico.

En un primer paso se midió la magnetización remanente natural (MRN) de toda la colección. Las MRN mostraban muy pocas polaridades normales, tal como se puede observar en la Fig. 1. Allí se presenta una representación estereográfica de las direcciones de las MRN y se puede observar que la mayoría de las mismas se encuentra alejada de la dirección del campo magnético actual y del dipolar axial e incluso algunas muestras presentan polaridad reversa (4 y 7). Asimismo la mayoría de las direcciones se encuentran distribuidas a lo largo de un círculo máximo, el cual define un plano que contiene una dirección cercana a la dirección normal y otra de polaridad reversa. Teniendo en cuenta esta característica y la existencia de una excursión holocénica en el Cono Sur dada a conocer en otros artículos<sup>(5), (7), (10)</sup>, se desmagnetizaron todas las muestras en etapas sucesivas de 50°C, llegándose, cuando fue posible, a temperaturas de 550°C en un horno comercial marca Schonstedt. Una vez realizado este procedimiento los resultados fueron procesados utilizando el programa MAG88<sup>(14)</sup>.

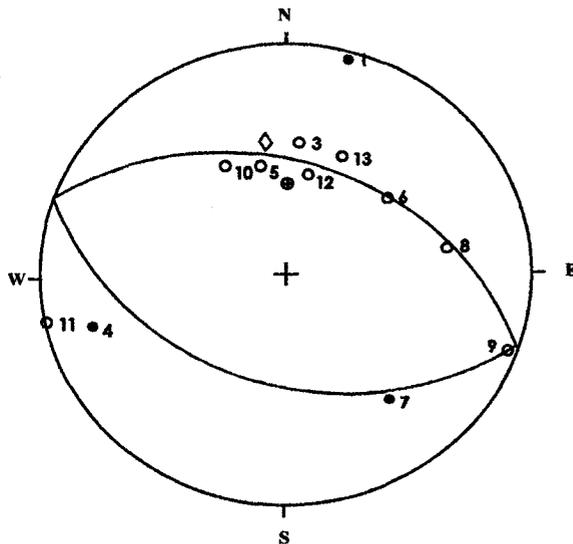


Figura 1. Proyección estereográfica de las direcciones MRN y círculo máximo definido por las mismas. ⊕ dirección del campo dipolar axial. ◇ dirección del campo actual.

Para el estudio de la susceptibilidad se utilizaron las muestras de sedimento suelto. El sedimento fue solidificado en silicato de sodio; las muestras así obtenidas fueron calentadas a las mismas etapas de temperatura que se utilizaron para la desmagnetización, midiendo la susceptibilidad luego de cada calentamiento. El objetivo de este procedimiento es asegurarse que no se han producido cambios químicos durante el proceso de desmagnetización, lo cual quedaría registrado por fluctuaciones abruptas de la susceptibilidad. En este estudio se observaron cambios de susceptibilidad del cinco por ciento los cuales no son significativos.

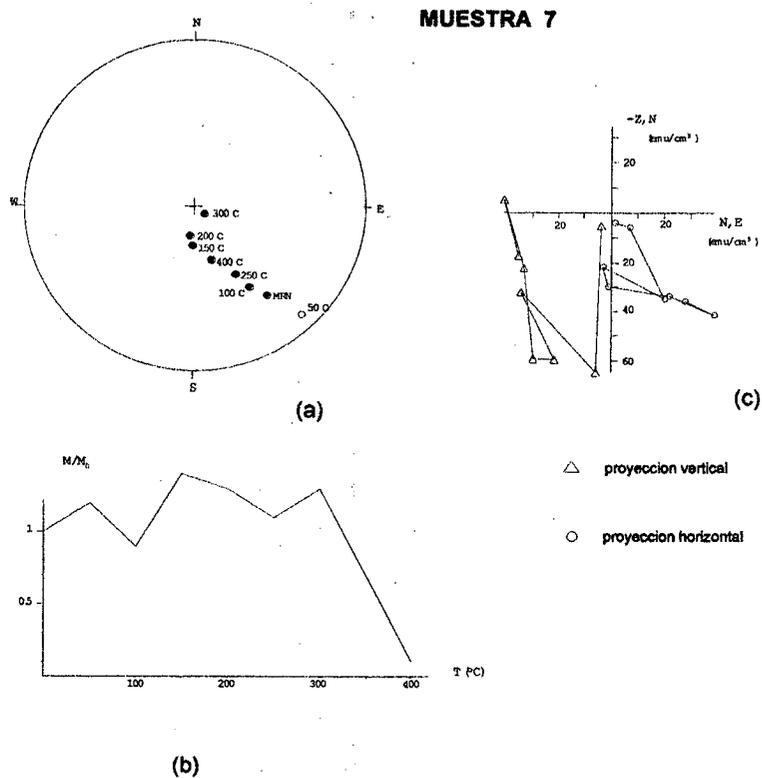


Figura 2. a) Proyección estereográfica de las direcciones. b) Proyección cartesiana de los valores de intensidad relativa. c) Diagrama de Zijderveld de las MR luego de cada etapa de desmagnetización térmica para la Muestra 7.

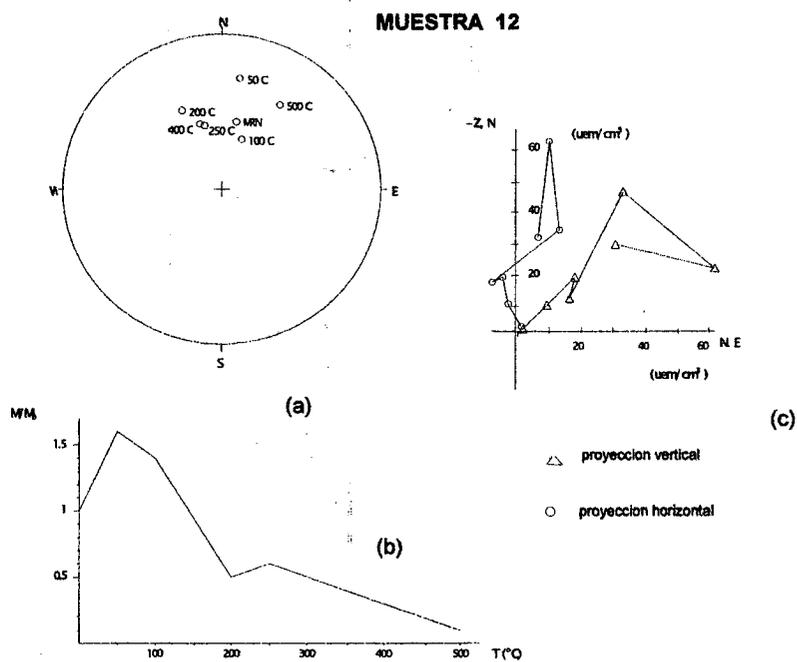


Figura 3. a) Proyección estereográfica de las direcciones. b) Proyección cartesiana de los valores de intensidad relativa. c) Diagrama de Zijderveld de las MR luego de cada etapa de desmagnetización térmica para la Muestra 12.

#### IV. RESULTADOS

En las Fig. 2 y 3 se observa la representación del proceso de desmagnetización de dos muestras características. Se realizó una representación estereográfica de las direcciones de la magnetización remanente (MR) después de cada etapa de calentamiento (Fig. 2.a y 3.a), así como una gráfica cartesiana de la variación relativa de la intensidad (Fig. 2.b y 3.b) y un diagrama de Zijderveld (representación cartesiana en dos planos perpendiculares de las direcciones) (Fig. 2.c y 3.c). Se observa que aparecen dos diferentes comportamientos magnéticos frente al proceso de desmagnetización. La muestra 7 (Fig. 2) ejemplifica el caso de una magnetización "dura", es decir que recién a altas temperaturas (alrededor de 400°C) hay una disminución significativa de la intensidad. La muestra 12 (Fig. 3), por el contrario, indica una magnetización "blanda", es decir que alrededor de los 200°C conserva solo un 50% de su magnetización original. En ambos casos la magnetización no es univectorial, lo que se refleja tanto en la proyección estereográfica (donde las direcciones no muestran una buena agrupación sino una distribución alargada), como en el diagrama de Zijderveld, donde no se observa que las proyecciones se ubiquen sobre una línea recta, sino que presentan codos hasta orientarse finalmente hacia el origen del sistema de coordenadas. Dado que este comportamiento indica la superposición de por lo menos dos componentes de magnetización, es necesario aplicar un método de análisis para aislar las direcciones primarias de la misma. El método utilizado fue el siguiente: en cada una de las muestras se trazó un círculo máximo con las direcciones de la MR de cada etapa de desmagnetización. Cada uno de

donde se trazó un nuevo círculo máximo con dichos polos. El polo de dicho círculo (Declinación= 352°, Inclinación= -50.8°) indica la dirección común a todas las muestras, la cual es muy cercana a la dirección del campo magnético actual y a la del campo dipolar axial. Esto confirma que superpuesto a la magnetización primaria se encuentra una magnetización secundaria coincidente con direcciones normales actuales.

Partiendo de esta premisa se aislaron las magnetizaciones remanentes estables (MRE) de cada una de las muestras (Fig. 5).

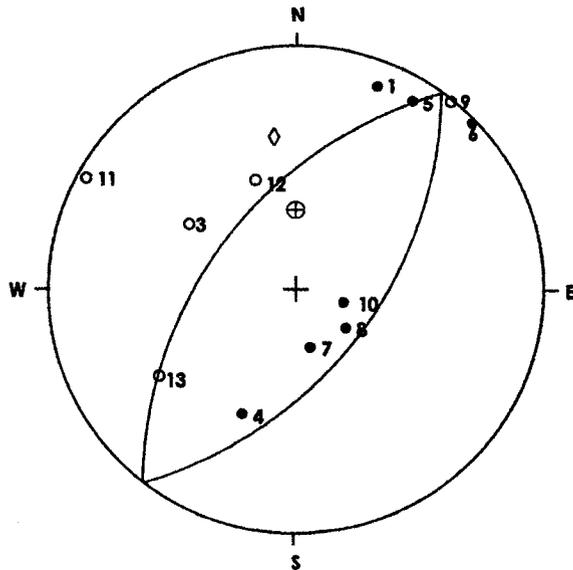


Figura 5. Representación estereográfica de las direcciones de la MRE de cada una de las muestras y círculo máximo definido por las mismas. ⊕ dirección del campo dipolar axial. ◊ dirección del campo actual.

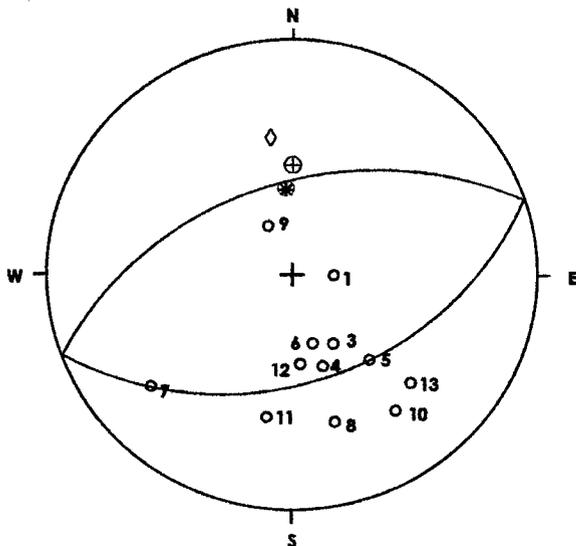


Figura 4. Representación estereográfica de los polos de los círculos máximos definidos por las MR surgidas durante el proceso de desmagnetización de cada muestra y círculo máximo definido por dichos polos. ⊕ dirección del campo dipolar axial. ◊ dirección del campo actual. \* polo del círculo máximo.

estos círculos máximos puede ser identificado por su polo, que es la dirección de la normal al plano definido por el círculo máximo. Los polos de los círculos máximos de todas las muestras pueden observarse en la Fig. 4,

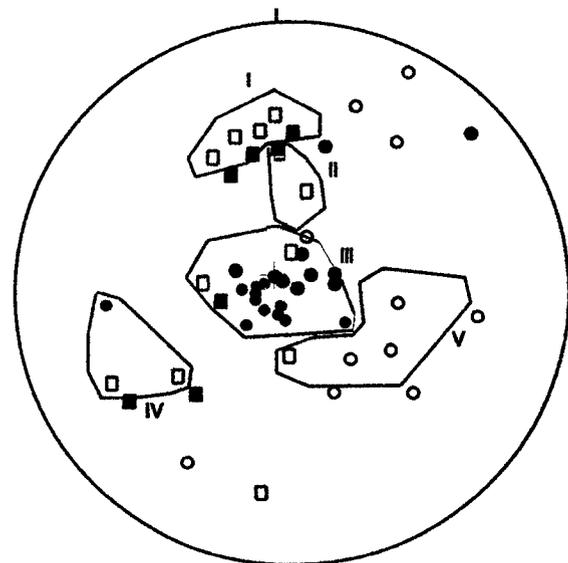


Figura 6. Representación estereográfica de las direcciones de los PGV correspondientes a Puerto Segundo (●) y a la cueva del Mylodon (■). I a V indican zonas de agrupamiento de los PGV.

Dada las características magnéticas ya mencionadas de las muestras es difícil determinar si estas MRE son

magnetizaciones primarias o si conservan algún porcentaje de magnetización secundaria. El hecho que las direcciones de MRE se encuentren también alineadas siguiendo un círculo máximo parece apoyar esta última posibilidad

En la Fig. 6 se han graficado en un estereograma las posiciones de los polos geomagnéticos virtuales (PGV) calculados a partir de las direcciones de MRE aisladas junto con los calculados con los datos obtenidos en la cueva de Mylodon<sup>(10)</sup>. En el estereograma se han marcado cinco zonas (I a V) de agrupamiento de los PGV y se observa que en ellas aparecen polos de ambos sitios.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el muestreo de Puerto Segundo son significativos desde un punto de vista paleomagnético, ya que pudieron definirse direcciones de magnetización reversa. La presencia de dichas direcciones sugiere la existencia de una excursión. Esta situación es coincidente con la excursión geomagnética holocénica observadas en otros lugares de Argentina y Chile con edades de <10.000-2100 AP.

Este es un hallazgo importante dado que a diferencia de reversiones de mayor edad, las excursiones holocenas no están aún suficientemente documentadas, y cada nuevo registro es particularmente significativo. Por otra parte sirve para validar la característica global del fenómeno.

Los PGV de este sitio son cercanos a los calculados en la Cueva de Mylodon<sup>(10)</sup>.

La situación paleomagnética observada indicaría que los sedimentos presentes en el sitio Puerto Segundo se depositaron antes del 2100-2200 AP debido a que registraron esa excursión. Para lograr un ajuste más preciso de la datación sería necesario un análisis de variaciones paleoseculares del campo geomagnético, pero las características del material muestreado en este caso no hacen posible este tipo de estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro especial agradecimiento a José L. y Ariel Gherardi por su amabilidad y predisposición para mostrarnos sus hallazgos. Por su colaboración y entusiasta apoyo en el trabajo de campo.

A la Secretaría de Cultura de la Provincia de Misiones por su apoyo y ayuda logística para llevar a cabo diferentes investigaciones arqueológicas en esa provincia.

A José Mujica de la Dirección de Arqueología de la Secretaría de Cultura de esa provincia por su entusiasmo, apoyo y colaboración durante la estadía en Puerto Esperanza.

Al CONICET, a la Universidad de Buenos Aires y a la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires por haber posibilitado la realización del presente trabajo.

## Referencias

- 1 - Parker, P.A. Current Scientific Techniques in Archaeology. Ed. St. Martin's Press, New York (1986).
- 2 - Nami, H.G. and Rapalini, A. Spring Meeting Abstracts. EOS 75, 16, 128. (1994).
- 3 - Nami, H.G. y Sinito, A.M. Revista de la Sección Prehistoria, Ed. Facultad de Filosofía y Letras (UBA),

Buenos Aires (1992).

- 4 - Abrahamsen, N. & Pesonen, L. Physics and Chemistry of the Earth, 23, 975-1025 (1998).
- 5 - Nami, H.G. y Sinito, A.M. Geoacta, 20: 19-26 (1993).
- 6 - Nami, H.G. Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael (Mendoza) XIII (1/4), San Rafael (1994).
- 7 - Sinito, A. M., Nami, H.G. and Gogorza, C. Quaternary of South America and Antarctic Pen. ,9 , 141-151 (1995).
- 8 - Nami, H.G. Geofísica Internacional, 38, 239-250 (1999)
- 9 - Nami, H.G. Journal of Lithic Studies, 1 , 21-25 (1994).
- 10 - Nami, H.G. Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, 47, 1325-1332 (1995).
- 11 - Nami, H.G. Earth Planets Space, 51, 175-191 (1999)
- 12 - Sinito, A.M., Nami, H.G., Gogorza, C.S. Quaternary of South America and Antarctic Pen., 10, 31-44 (1997).
- 13 - Schmitz, P. I. Journal of World Prehistory I, 1 , 53-126 (1987).
- 14 -Oviedo, E.S. Mag88: un sistema de computación para análisis de datos paleomagnéticos Tesis doctoral, Departamento de Geología, FCEN, UBA (1989).