

PRIMEROS RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS PALEOMAGNETICOS EN SEDIMENTOS DE CUEVA DEL MEDIO (ULTIMA ESPERANZA, CHILE)

HUGO G. NAMI*
ANA M. SNITO y
CLAUDIA S. G. GOGORZA**

RESUMEN

En este artículo se da cuenta de los primeros datos obtenidos utilizando técnicas paleomagnéticas para la datación relativa de sedimentos de Cueva del Medio. Los resultados de estos estudios permiten concluir que los sedimentos registraron direcciones diferentes a la del campo magnético actual. El análisis de los resultados muestra evidencia de la excursión holocénica observada en otros sitios del cono sur. Por eso es posible concluir que la depositación y consolidación de los sedimentos en el sector muestreado es anterior al segundo milenio antes del presente.

SUMMARY

This article reports the first results using paleomagnetic techniques in order to obtain a relative chronology on sediments from Cueva del Medio. The results of these studies allow to conclude that the sediments recorded directions, which are different from the present geomagnetic field. The analysis of the results shows evidence of an holocenic excursion recorded in other archaeological sites in the Southern Cone. For this reason we conclude that the deposition and consolidation of the sampled sediments was older than 2000 years b.p.

1. INTRODUCCION

Las excursiones y eventos de polaridad del campo magnético terrestre (cmt) se infieren a partir de los estudios paleomagnéticos, que determinan la magnetización adquirida por las rocas y sedimentos de la corteza terrestre o por

artefactos arqueológicos en el momento de su formación, depositación o enfriamiento respectivamente. Estos estudios registran fluctuaciones globales o locales, algunas de las cuales son fluctuaciones direccionales de gran amplitud y de corta duración. Las mismas resultan una herramienta cronoestratigráfica para la datación y correlación de sedimentos. Por lo tanto, esta situación es un importante indicador para la datación absoluta o relativa de artefactos o sitios arqueológicos (Tarling 1983, Parkes 1986).

Las recientes investigaciones lleva-

* PREP (CONICET), B. Mitre 1970 Piso 5 "A", (1039) Buenos Aires, República Argentina.

** CONICET y Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas, Pinto 399, (7000) Tandil, República Argentina.

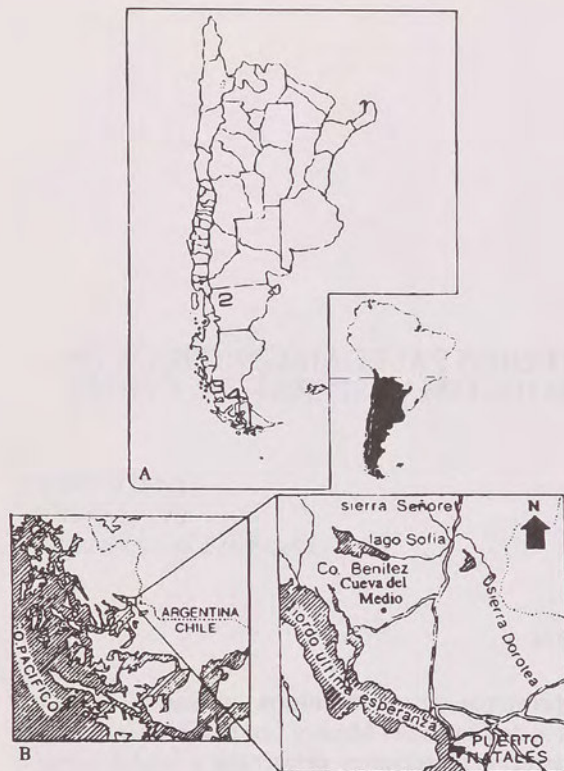


Fig. 1.- A. Mapa de Argentina y Chile mostrando la localización de los sitios donde se encontró evidencia de la excursión geomagnética ocurrida en el Holoceno. 1. Puesto Segundo (Misiones), 2. Angostura Blanca (Chubut), 3. Cueva del Milodón (Última Esperanza) y 4. Cueva Don Ariel (Santa Cruz). B. Localización de la Cueva del Medio.

das a cabo en perfiles estratigráficos de excavaciones arqueológicas, han brindado información para la arqueología y el paleomagnetismo de Patagonia Centro-Septentrional (v. gr. Nami & Sinito 1992) y Meridional (v. gr. Nami 1994a). Tanto en una como en otra región estos estudios además brindaron evidencia de una excursión geomagnética acaecida durante el Holoceno. Este evento se inicia con posterioridad a los 10.000 años AP en la Cueva del Milodón (Nami 1995) y probablemente su final se registra en el alero Angostura Blanca (Chubut, Argentina) (Nami y Sinito 1993, Sinito *et. al.*, 1994) a los 2100 años AP (Nami 1995). En la región volcánica de Pali Aike (Cueva Don Ariel, Santa Cruz, Argentina) también hay evidencia de esta excursión con fechas que oscilan entre los 6500 y 2500 años AP aproximadamente (Nami 1994a) (fig. 1 A).

En la Patagonia chilena, las investi-

gaciones puestas en práctica en Cueva del Medio desde los inicios del proyecto tuvieron una orientación interdisciplinaria. Las mismas están en continuos avances y han contribuido al conocimiento de las poblaciones humanas y del ambiente existente en el Cerro Benítez durante la transición Pleistoceno-Holoceno (Nami 1994b).

Formando parte de estas investigaciones, en este artículo se dan a conocer los primeros resultados paleomagnéticos obtenidos en las muestras procedentes de uno de los perfiles arqueológicos de las excavaciones llevadas a cabo en esta cueva.

2. EL MUESTREO

Cueva del Medio ($51^{\circ} 35'$ Lat. S., $72^{\circ} 38'$ Long. O., fig. 1 B) fue muestreada para estudios paleomagnéticos aplicados a la datación relativa de sus sedimentos en distintas oportunidades. Dichos muestreos fueron realizados tanto en la porción del medio como en el fondo (ver Nami 1989-90, 1992).

Los resultados brindados en este artículo corresponden al llevado a cabo en el perfil N de la cuadrícula 30/9 de la excavación localizada en el interior del abrigo. En este sector, la estratigrafía es similar a la presentada en artículos previos (ver Nami 1985-86, 1987). Allí los sedimentos del relleno son arenas con distintas fracciones de cuarzo (ver Nami 1987). Los especímenes ($n=12$) se tomaron de la columna sedimentaria que contenía la ocupación paleoindia. Es decir, la cumbre de la capa 4 y 3 (fig. 2). Con ese objetivo se utilizaron tubos de

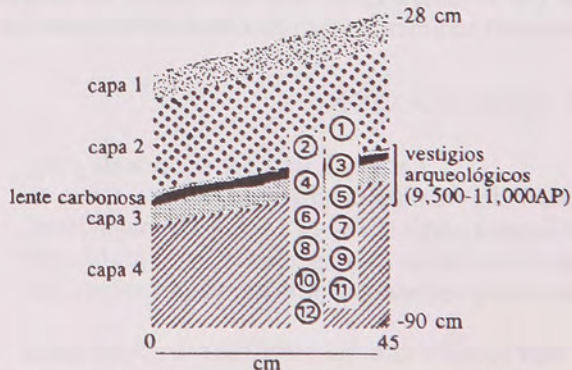


Fig. 2.- Perfil de la porción muestreada de la cuadrícula 30/9 con la localización de las muestras y su correspondiente numeración. Las profundidades señaladas en la derecha del perfil están referidas al nivel 0 de la excavación.

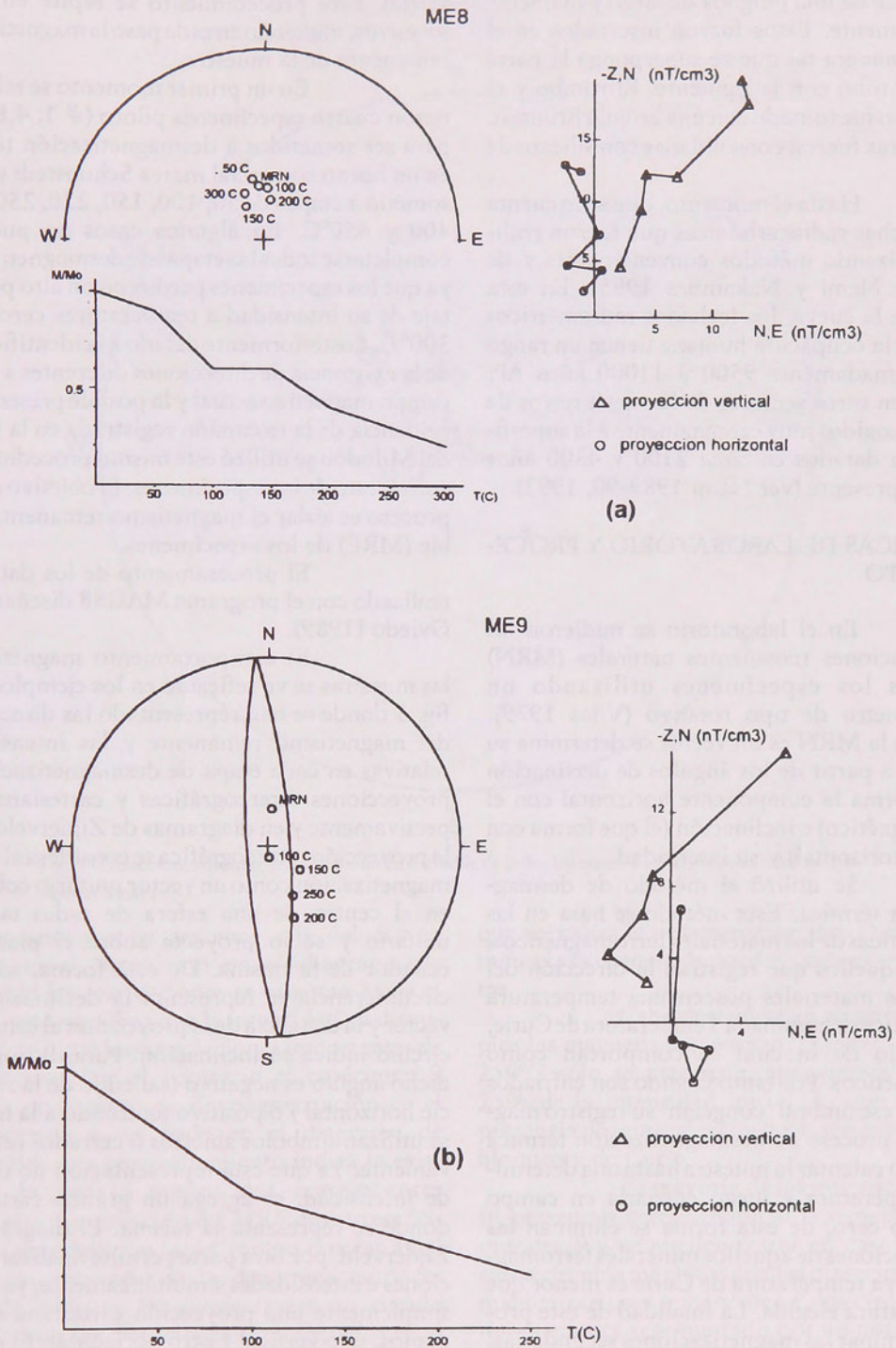


Fig. 3.- Proyección estereográfica, cartesiana y diagrama de Zijderveld del magnetismo remanente residual luego de cada etapa de lavado térmico de las muestras (a) ME8 y (b) ME9.

hidrobronce de una pulgada de largo y diámetro respectivamente. Estos fueron insertados en el perfil de manera tal que se superponga la parte media del tubo con la siguiente. El rumbo y el buzamiento fue tomado con una brújula Brunton. Las muestras fueron consolidadas con silicato de sodio.

Hasta el momento, este sitio cuenta con 20 fechas radiocarbónicas que fueron realizados utilizando métodos convencionales y de AMS (ver Nami y Nakamura 1995). En esta sección de la cueva, los fechados radiométricos que datan la ocupación humana tienen un rango de aproximadamente 9500 a 11000 años AP. Además, en otros sectores de la cueva restos de carbón recogidos muy cercanamente a la superficie fueron datados en *circa* 2100 y 4300 años antes del presente (ver Nami 1989-90, 1992).

3. TECNICAS DE LABORATORIO Y PROCESAMIENTO

En el laboratorio se midieron las magnetizaciones remanentes naturales (MRN) de todos los especímenes utilizando un magnetómetro de tipo rotativo (Vilas 1979). Dado que la MRN es un vector se determina su dirección a partir de los ángulos de declinación (el que forma la componente horizontal con el norte magnético) e inclinación (el que forma con el plano horizontal) y su intensidad.

Se utilizó el método de desmagnetización térmica. Este método se basa en las características de los materiales ferromagnéticos, que son aquellos que registran la dirección del cmt. Estos materiales poseen una temperatura característica denominada Temperatura de Curie, por debajo de la cual se comportan como paramagnéticos. Por tanto cuando son enfriados al superar ese umbral "congelan" su registro magnético. El proceso de desmagnetización térmica consiste en calentar la muestra hasta una determinada temperatura y luego enfriarla en campo magnético cero, de esta forma se eliminan las magnetizaciones de aquellos minerales ferromagnéticos cuya temperatura de Curie es menor que la temperatura elegida. La finalidad de este proceso es eliminar las magnetizaciones secundarias, adquiridas posteriormente al origen del material a estudiar y aislar la magnetización remanente primaria (en general de más alta Temperatura de

Curie). Este procedimiento se repite en pasos sucesivos, midiendo en cada paso la magnetización remanente de la muestra.

En un primer momento se seleccionaron cuatro especímenes piloto (# 1, 4, 8 y 12) para ser sometidos a desmagnetización térmica en un horno comercial marca Schonstedt y se los sometió a etapas de 50, 100, 150, 220, 250, 300, 400 y 450°C. En algunos casos no pudieron completarse todas las etapas de desmagnetización ya que los especímenes perdieron un alto porcentaje de su intensidad a temperaturas cercanas a 300°C. Posteriormente debido a la identificación de la existencia de direcciones diferentes a las del campo magnético actual y la posible presencia de evidencia de la excursión registrada en la Cueva del Milodón se utilizó este mismo procedimiento con el resto de los especímenes. El objetivo de este proceso es aislar el magnetismo remanente estable (MRE) de los especímenes.

El procesamiento de los datos fue realizado con el programa MAG88 diseñado por Oviedo (1989).

El comportamiento magnético de las muestras se ve reflejado en los ejemplos de la fig. 3 donde se han representado las direcciones del magnetismo remanente y las intensidades relativas en cada etapa de desmagnetización en proyecciones estereográficas y cartesianas respectivamente y en diagramas de Zijderveld. Para la proyección estereográfica se considera al vector magnetización como un vector unitario colocado en el centro de una esfera de radio también unitario y se lo proyecta sobre el plano del ecuador de la misma. De esta forma, sobre la circunferencia se representa la declinación del vector y la distancia de la proyección al centro del círculo indica su inclinación. Para distinguir si dicho ángulo es negativo (saliendo de la superficie horizontal) o positivo (entrando a la misma) se utilizan símbolos abiertos o cerrados respectivamente. Ya que esta representación no da idea de intensidad, se agrega un gráfico cartesiano donde se representa la misma. El diagrama de Zijderveld, por otra parte permite analizar direcciones e intensidades simultáneamente, ya que es simplemente una proyección cartesiana en dos planos, uno vertical y otro horizontal. El espécimen 8 (Fig. 3a) muestra un magnetismo univectorial de polaridad normal, ya que todas las direcciones se hallan agrupadas en el

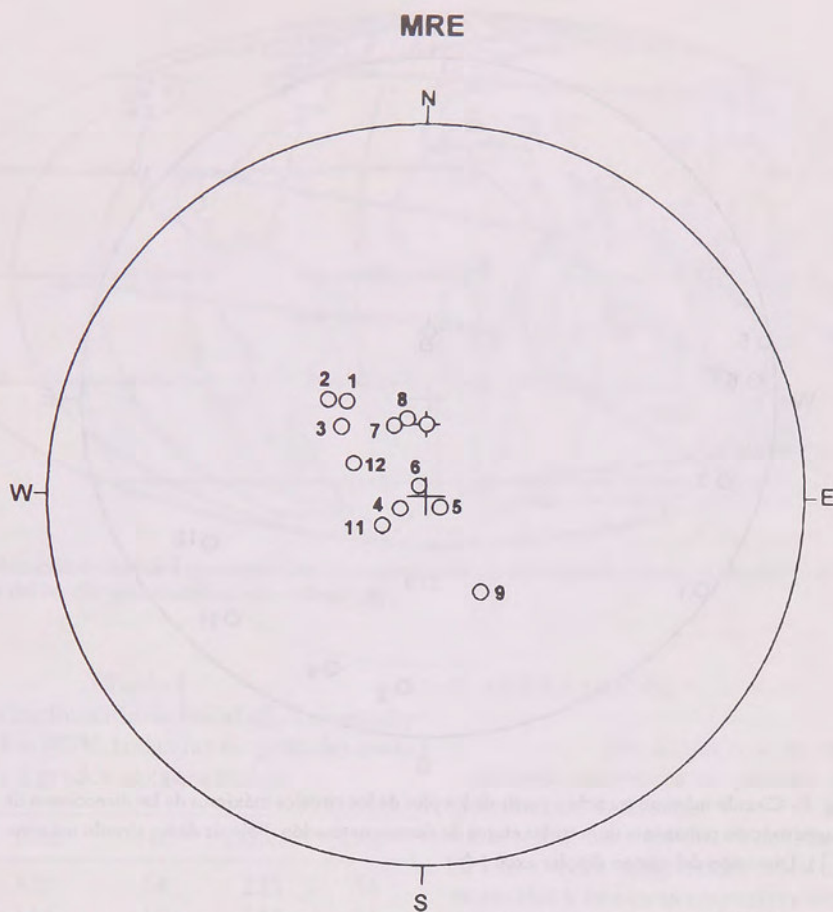


Fig. 4.- Direcciones del magnetismo remanente estable de todos los especímenes. Dirección del campo dipolar axial (◊).

estereograma y muy cercanas a la del campo dipolar axial. Asimismo en el diagrama de Zijdeveld las proyecciones se orientan hacia el origen; esto significa que la intensidad va disminuyendo sin que haya variaciones importantes de la dirección. Por el contrario el espécimen 9 muestra un camino de desmagnetización en el estereograma y un codo en el diagrama de Zijdeveld; este comportamiento indica la existencia de por lo menos dos componentes vectoriales. La dirección del MRE de este espécimen no coincide con la del campo dipolar axial ni con su antipoda, se la denomina entonces dirección oblicua. Se puede trazar un círculo máximo con las direcciones representadas en el estereograma; dicho círculo no es más que la proyección estereográfica de un plano por el que se mueven los vectores magnetización a medida

que se realiza la desmagnetización. Dicho plano indica la existencia de dos direcciones superpuestas.

Cabe destacar que en ambos ejemplos las magnetizaciones son "blandas", ya que a 250°C sólo se mantiene, aproximadamente el 25% de la intensidad inicial, lo que indica la presencia de minerales con bajas temperaturas de bloqueo y de Curie.

La mayoría de las muestras del perfil presentan comportamientos semejantes a la muestra 9 y se pueden trazar en casi todos los casos círculos máximos con las direcciones de las magnetizaciones remanentes. Cada círculo máximo puede ser representado por un polo, este no es otra cosa que la dirección normal al plano representado por el círculo y por lo tanto lo identifica.

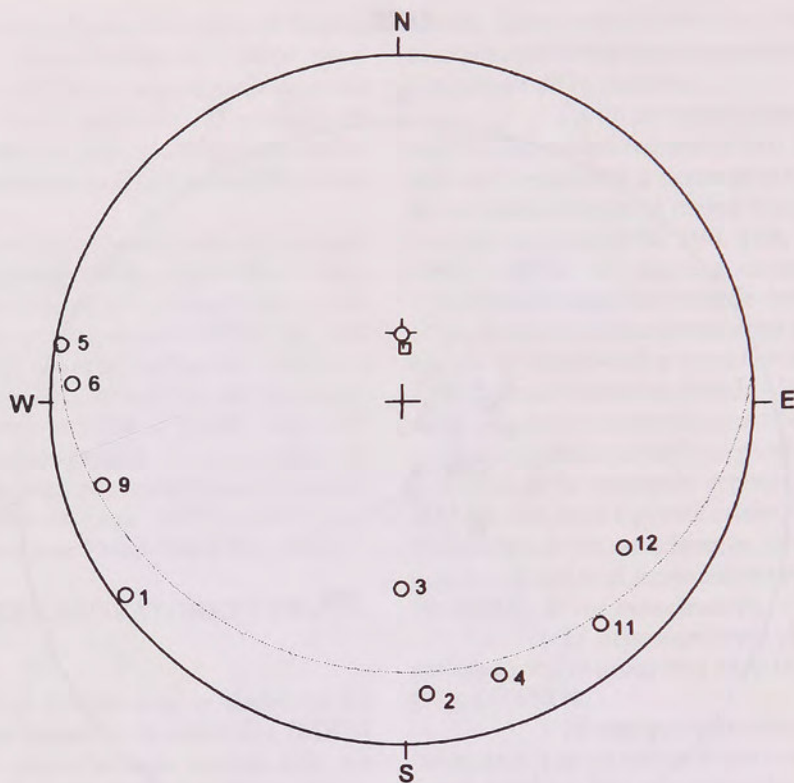


Fig. 5.- Círculo máximo trazado a partir de los polos de los círculos máximos de las direcciones de magnetización remanente durante las etapas de desmagnetización. Polo de dicho círculo máximo (\square). Dirección del campo dipolar axial (\triangle).

A partir de las direcciones del MRE se calcularon las posiciones de los polos geomagnéticos virtuales (PG\textit{t}). Dichas posiciones son la intersección de la prolongación del dipolo magnético, que produce un campo de igual dirección que el MRE, con la esfera terrestre.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

La fig.4 muestra las direcciones de MRE de todos los especímenes del perfil. En la Tabla se hallan los valores correspondientes. Es evidente que la mayoría de las direcciones se encuentran alejadas de la dirección dipolar axial. Dadas las bajas temperaturas de Curie involucradas, no se puede tener certeza de que el MRE aislado sea el magnetismo primario o si contiene parte de un magnetismo secundario que no pudo ser eliminado. Lo que sí se puede afirmar es que está presente una dirección de magnetismo no coincidente con la polaridad normal. Esto parece

ser confirmado por la distribución alargada de las direcciones del MRE que puede observarse en la Fig.4. No se puede determinar si las direcciones del magnetismo primario son oblicuas, es decir coincidentes con las del MRE, o si se trata de una dirección reversa que resulta enmascarada al tener superpuesta una dirección normal secundaria en diferentes proporciones, dando como resultado las direcciones oblicuas observadas.

En la Fig.5 se han representado los polos correspondientes a los círculos máximos de desmagnetización de las muestras no univectoriales. A su vez se ha trazado un círculo máximo con dichas direcciones, el polo de dicho círculo máximo indica cual es la dirección común a todos los planos de desmagnetización. Como se observa ese polo es muy cercano a la dirección dipolar. Esto confirma nuevamente la presencia de una dirección dipolar superpuesta en todas estas muestras.

En la Tabla se hallan los valores de

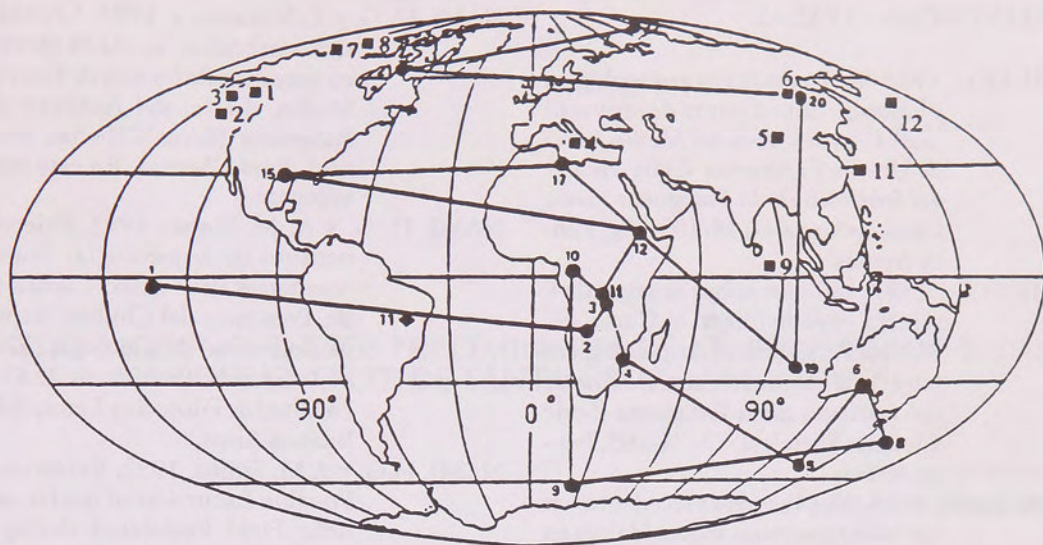


Fig. 6.- Ubicación de los polos geomagnéticos correspondientes a la excursión de Cueva del Milodón. (●) y a los datos de Cueva del Medio presentados en este trabajo (■).

Tabla I

Declinación Inclinación de los MRE. Longitud y Latitud de los PGV. todas las magnitudes están expresadas en grados sexagesimales.

| MUESTRA | DEC | INC | LONG | LAT |
|---------|-----|-----|------|-----|
| 1 | 320 | -54 | 213 | 56 |
| 2 | 315 | -50 | 212 | 51 |
| 3 | 309 | -57 | 198 | 52 |
| 4 | 245 | -81 | 13 | 42 |
| 5 | 127 | -85 | 95 | 44 |
| 6 | 328 | -86 | 115 | 58 |
| 7 | 335 | -66 | 197 | 74 |
| 8 | 346 | -66 | 214 | 80 |
| 9 | 150 | -57 | 84 | 3 |
| 11 | 236 | -74 | 136 | 30 |
| 12 | 294 | -66 | 175 | 49 |

longitud y latitud de los PGV. Los mismos se encuentran representados sobre un mapa mundial en la Figura 6, en la cual también se pueden observar los PGV correspondientes a las direcciones oblicuas registradas en la Cueva del Milodón (Nami, 1995). Los PGV calculados a partir de los datos de Cueva del Medio se encuentran cercanos al camino trazado por los PGV de Cueva del Milodón.

5. CONCLUSION.

De acuerdo a lo expuesto en la secciones anteriores se pueden obtener las siguiente conclusiones:

- Los sedimentos de Cueva del Medio registraron al menos dos magnetizaciones con direcciones normales y oblicuas respectivamente.
- Las oblicuas corresponderían a la excursión registrada en la cueva del Milodón y cuyo rango cronológico es posterior al 10.000 y anterior en el 2100 aproximadamente.
- Cueva del Medio se convierte en otro dato más para demostrar la existencia de esta excursión.
- Debido a que los sedimentos muestreados registraron ese evento paleomagnético los mismos se depositaron con una fecha mínima de 2.100 antes del presente.

7. AGRADECIMIENTOS.

Estamos profundamente agradecidos a la Universidad de Magallanes y al Instituto de la Patagonia por sus continuos apoyo y ayuda.

Al CONICET, a la Universidad de Buenos Aires y a la Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires por el apoyo prestado para el procesamiento de los materiales y de los datos obtenidos.

8. REFERENCIAS CITADAS

- NAMI, H. G. 1985-86. Excavación arqueológica y hallazgo de una punta de proyectil "Fell 1" en la Cueva del Medio, Seno de Ultima Esperanza, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia* (Serie Ciencias Sociales) 16: 103-106, Punta Arenas.
- NAMI, H.G., 1987. Informe sobre la segunda y tercera expedición en la Cueva del Medio. Perspectivas Arqueológicas para la Patagonia Austral. *Anales del Instituto de la Patagonia* (Serie Ciencias Sociales), 17: 71-105, Punta Arenas.
- NAMI, H.G., 1989-90. Nuevos antecedentes de las investigaciones arqueológicas en el área del Cerro Benitez. *Anales del Instituto de la Patagonia* (Serie Ciencias Sociales) 18: 125-132, Punta Arenas.
- NAMI, H.G., 1992. Resumen de las actividades y nuevos datos obtenidos en la quinta campaña de investigaciones arqueológicas en Ultima Esperanza, Chile. *Palimpsesto. Revista de Arqueología*, 2: 123-132, Buenos Aires.
- NAMI, H., 1994a. Excursiones geomagnéticas y arqueología: Nuevos datos y perspectivas en la Patagonia. Actas y Memorias del XI Congreso Nacional de Arqueología Argentina (Resúmenes). *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael* (Mendoza) XIII (1/4): 362-367, San Rafael.
- NAMI, H.G., 1994b. Reseña sobre los avances de la arqueología finipleistocénica del extremo Sur. En prensa: *Chungará* 26, Universidad de Tarapacá, Arica.
- NAMI, H.G., 1995. Holocene Geomagnetic Excursion at Mylodon Cave, Ultima Esperanza, Chile. En prensa: *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity*, Tokio
- NAMI, H. G. y T. Nakamura. 1995. Cronología radiocarbónica con AMS obtenidas en muestras de huesos de Cueva del Medio. *Anales del Instituto de la Patagonia* (Serie Ciencias Humanas), Punta Arenas. En este mismo volumen.
- NAMI, H. G. y A. M. Sinito. 1992. Paleomagnetismo en arqueología: Primeros resultados en el Alero Campo Cerda, Provincia del Chubut, República Argentina. *Arqueología. Revista de la Sección Prehistoria* 2: 69-88, Facultad de Filosofía y Letras (UBA), Buenos Aires.
- NAMI, H.G. y A.M. Sinito, 1993. Evidence of a Possible Excursion of the Geomagnetic Field Registered during the Late Holocene in the Province of Chubut Argentina. *Geoacta* 20: 19-26, Buenos Aires.
- OVIEDO, E.S., 1989. *Mag88: un sistema de computación para análisis de datos paleomagnéticos*. Tesis doctoral, Departamento de Geología, FCEN, UBA.
- PARKES, P. A., 1986. *Current Scientific Techniques in Archaeology*. St. Martin's Press, New York.
- SINITO, A. M., H. G. NAMI y C.S.G. GOGORZA, 1994. Analysis of paleomagnetic results from holocene sediments sampled at archaeological excavations in South Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, enviado.
- TARLING, D. A., 1983. *Paleomagnetism. Principles and Application in Geology, Geophysics and Archaeology*, Chapman and Hall, New York.
- VILAS, J.F.A. 1979. *El magnetómetro UBA, 8Hz y su aplicación a los estudios paleomagnéticos*, Tesis Doctoral, Depto. de Física, FCEN, UBA.