

PALEOMAGNETISMO Y EL ESQUEMA MAGNETOESTRATIGRÁFICO DEL CUATERNARIO PARA CUBA

PALEOMAGNETISM AND THE QUATERNARY MAGNETOSTRATIGRAPHIC SCHEME FOR CUBA

 JOSÉ PÉREZ LAZO*

Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba.

**Correo-e: jperezljc@gmail.com*

RESUMEN: Se presenta el estudio paleomagnético de las rocas del Cuaternario en Cuba a partir de la metodología convencional de las investigaciones paleomagnéticas. La confección de la Escala Paleomagnética y el establecimiento del Esquema Magnetoestratigráfico de las formaciones cubanas fue el objetivo. Como metodología se utilizó un muestreo orientado de las distintas formaciones geológicas, según sus características litológicas. Se tomaron 849 muestras en 27 afloramientos de 9 provincias cubanas. Se realizó el tratamiento físico experimental para llegar a obtener las componentes primarias de la magnetización remanente natural en las rocas. Para esto se utilizaron los procesos de desmagnetización térmica, por campo magnético alterno y por tiempo, así como estudios de saturación magnética y su desmagnetización por temperatura. Todo esto se produjo en presencia de un vacío magnético. Se realizaron análisis químicos, mineralógicos y espectrométricos como apoyo a la investigación. Se estudiaron los 28 perfiles paleomagnéticos y se llegó a construir la Escala Paleomagnética para Cuba y su comparación con las Escalas Paleomagnéticas Internacionales de Cox (1976) y para Europa Central. Se calcularon las posiciones de los polos magnéticos durante el Cuaternario y el Plioceno Superior. A partir de la investigación de toda la información obtenida se logró proponer el Esquema Magnetoestratigráfico para el Plioceno Superior y el Cuaternario cubano. Se ofrecen criterios de apoyo sobre la neotectónica de las áreas estudiadas, así como el Glacioeustatismo en la región.

Palabras clave: paleomagnetismo, desmagnetización, Escala Paleomagnética, Magnetoestratigrafía.

ABSTRACT: The paleomagnetic study of Quaternary rocks in Cuba is presented based on the conventional methodology of paleomagnetic investigations. The objective is the preparation of the Paleomagnetic Scale and the establishment of the Magnetostratigraphic Scheme of the Cuban formations. Regarding the methodology, oriented sampling of the different geological formations is carried out according to their lithological characteristics. 849 samples were taken in 27 outcrops in 9 Cuban provinces. The experimental physical treatment is carried out to obtain the primary components of the natural remanent magnetization in the rocks. For this, thermal demagnetization processes, by alternating magnetic field and by time, are used, as well as studies of magnetic saturation and its demagnetization by temperature. All this occurs in the presence of a magnetic vacuum. Chemical, mineralogical and spectrometric analyzes were carried out to support the research. The 28 paleomagnetic profiles were studied and the paleomagnetic Scale for Cuba was constructed and its comparison with the International Paleomagnetic Scales of Cox (1976) and for Central Europe. The positions of the magnetic poles during the Quaternary and the upper Pliocene are calculated. From the investigation of all the information obtained, it is possible to propose the Magnetostratigraphic Scheme for the Upper Pliocene and the Cuban Quaternary. Supporting criteria are offered on the neotectonics of the studied areas, as well as Glacioeustatism in the region.

Keywords: Paleomagnetism, Demagnetization, Paleomagnetic Scale, Magnetostratigraphy.

Recibido: 12/02/2024

Aceptado: 02/04/2024



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

El paleomagnetismo es el estudio del Campo Magnético Terrestre (CMT) del pasado geológico, el cual se realiza a través del análisis de la magnetización remanente presente en las rocas.

Estos estudios se llevan a cabo, mayormente, en rocas ígneas y sedimentarias, debido a que estas contienen concentraciones de minerales ferromagnéticos, los cuales le otorgan la capacidad de registrar la magnetización remanente natural provocada por el CMT, cuando estas son formadas a través del magma o por posteriores procesos de alteración.

El CMT ha sufrido numerosas variaciones a lo largo del tiempo, que pueden durar desde milisegundos hasta millones de años. Las variaciones que ocurren en un pequeño periodo de tiempo (menos de una decena de años) pueden deberse a tormentas geomagnéticas o a fuertes cambios en las corrientes de convección, por lo que estos cambios no son de interés para el paleomagnetismo. Las variaciones que se extienden por siglos o miles de años, se originan en el interior de la Tierra y dan lugar a fenómenos magnéticos, como son la variación secular del CMT y la inversión de polaridad.

Las inversiones de polaridad del CMT han ocurrido desde el principio de los tiempos de existencia de la Tierra y estos se denominan intervalos de polaridad normal o inversa. En el intervalo de polaridad normal, en el cual nos encontramos en la actualidad, el polo N geográfico coincide con el polo S magnético y en el intervalo de polaridad inversa, el polo N geográfico coincide con el polo N magnético. Estos periodos de polaridad se denominan crones (épocas) y oscilan entre 50 mil y 5 millones de años (Figura 1a), aunque dentro de estos periodos se pueden encontrar estadios más breves denominados subcrones (eventos).

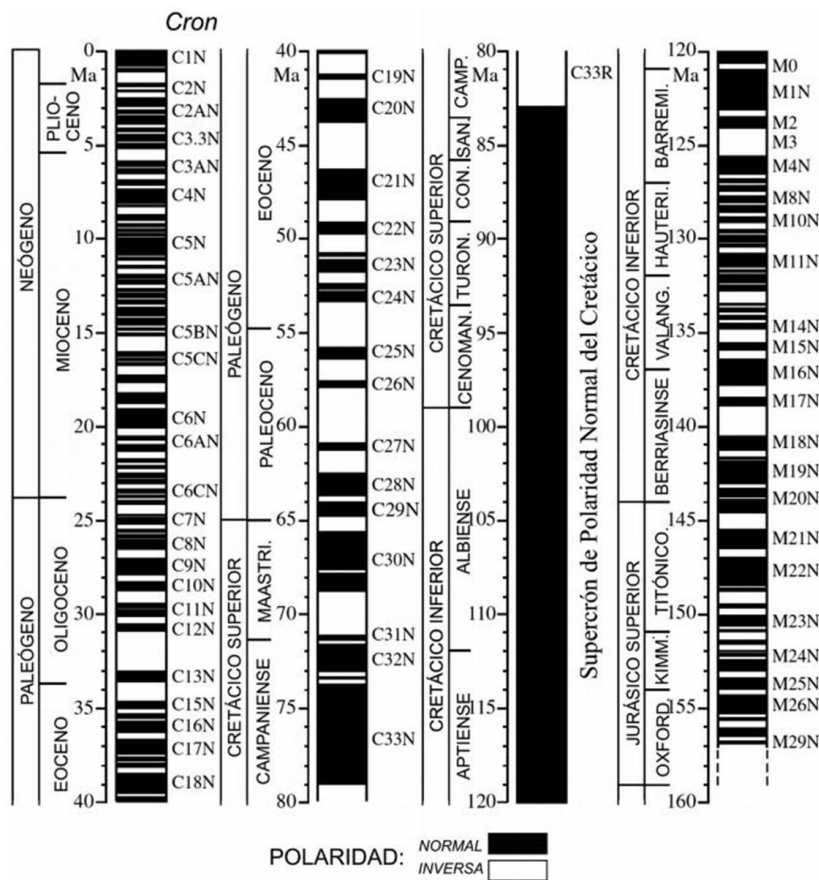


Figura 1a. Escala de tiempos de polaridad geomagnética desde el Jurásico Superior hasta la actualidad, según Cande y Kent (1995)

Para el Cuaternario (figura 1b)

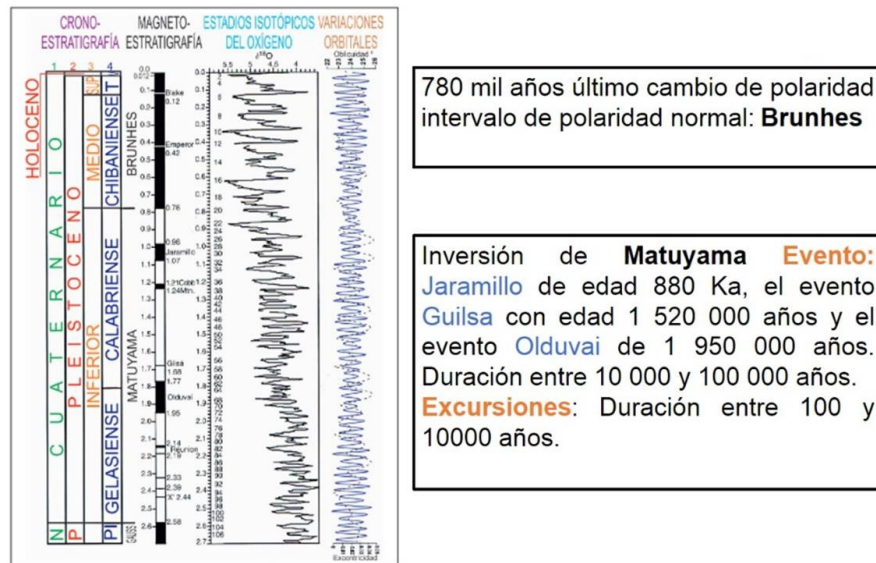


Figura 1b. Escala de tiempos de polaridad geomagnética para el Cuaternario, según Cande y Kent (1992)

El conocimiento de las características paleomagnéticas en las rocas del sistema Cuaternario en el Caribe es muy pobre y estuvo ausente en las formaciones terrígenas y carbonatadas típicas de este sistema en Cuba hasta la década del ochenta del siglo XX.

El trabajo más completo de este periodo fue realizado por el Dr. José Pérez Lazo en su tesis de doctorado (Pérez Lazo J,1986), de donde se toman para este texto, los datos paleomagnéticos y las conclusiones que de ellos se derivan en cuanto a la escala paleomagnética, la magnetoestratigrafía y el apoyo a otros elementos como velocidad de sedimentación, la neotectónica y el glacioeustatismo. Este artículo se realiza atendiendo a la ausencia de continuidad de investigaciones sobre esta temática en Cuba, la muy poca difusión de los resultados y el necesario rescate de estos estudios para su actualización y complementación a nivel internacional.

En el trabajo se exponen brevemente, a partir de la tesis antes referida, aquellos aspectos metodológicos de mayor interés en el muestreo, medición, trabajos físico-experimentales, tratamiento estadístico e interpretación de los datos paleomagnéticos estudiados en las principales formaciones del Plioceno-Cuaternario de Cuba.

Se llega a realizar la propuesta de la Escala Paleomagnética para Cuba y el Esquema Magnetoestratigráfico de las secuencias estudiadas. En estas labores participaron el Dr. C Manuel Fundora Granda y el Lic. Leandro Luis Peñalver.

MATERIALES Y MÉTODOS

Confeción de la Escala Paleomagnética

Las localidades muestreadas fueron seleccionadas a partir de su accesibilidad, frescura y representatividad del período analizado. Fueron tomadas 849 muestras con 2100 especímenes, de 27 afloramientos (en 9 provincias del país) en canteras, cortes de caminos, cortes de ríos, canales y terrazas, escogiéndose las localidades tipos y cotipos de las formaciones terrígenas y/o carbonatadas, Villarroja, Guevara, Guane Vedado, Río Maya, Jaimanitas, Camacho, Cauto y Dátil, así como los aluvios holocénicos del Río Macío, todas dentro del intervalo geológico a estudiar desde el Plioceno hasta el Holoceno y distribuidas geográficamente en diferentes regiones del territorio nacional **Figura 2.**

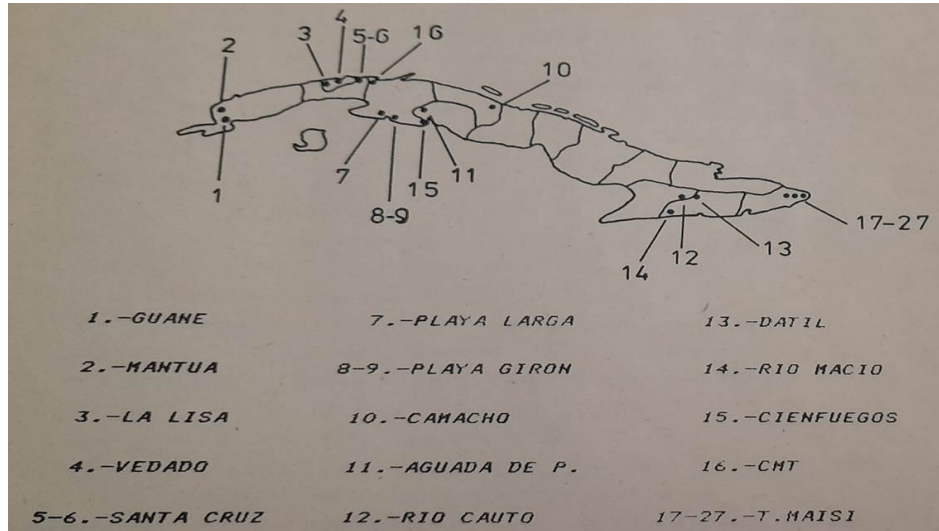


Figura 2. Ubicación de las localidades muestreadas en el mapa de Cuba

En la siguiente **tabla** aparecen los afloramientos muestreados, el número de muestras, número de especímenes, el espesor, las coordenadas y la edad relativa superior.

Tabla 1. Muestreo en afloramientos

No.	Afloramiento	Simboliza	NM	Ne	Potencia Muestreada (M)	ϕ	λ	Edad relativa Superior
1	Guane	Gc	20	40	1,9	22,02	84,09	N - Q
2	Mantua	Mc	40	80	2,3	22,3	84,30	N - Q
3	La Lisa	VR(c)	40	80	2,0	23,14	82,43	Q
4	Vedado	V	16	67	8,6	23,13	82,40	N - Q
5-6	Sta. Cruz	Sc	307	660	13,5	23,20	82,00	N - Q
7	Playa Larga	M(9-17)	11	42	3,0	22,27	81,15	Q
8 - 9	Playa Girón	M(4,0)	12	45	1,9	22.6	81,02	Q
10	Camacho	CA	24	46	2.8	22.59	79,72	Q ₃
11	Aguada de Pasajero	AG	25	50	3.0	22,27	80,84	Q ₁ -Q ₂
12	Río Cauto	Palmita,P	22	41	12.2	20.58	76.11	Q ₂ -Q ₃
13	Dátil	D	14	26	3,0	20.57	76.31	N ₂ -Q ₁
14	Río Macío	Rm	6	9	0.3	19.9	76.97	Q ₄
15	Cienfuegos	Cf	19	99	9.0	22.07	80.26	N ₂ -Q ₂
16	CMT	CMT	22	97	4,0	23,15	82,35	N - Q
17-27	Terraza Maisí	(#)	254	682	144.3	20.25	74.20	N ₂ -Q ₃

El esquema de muestreo se preparó tomando en consideración la información geológica indirecta disponible acerca de las características de la deposición, su velocidad, transgresiones y regresiones y la neotectónica, de manera que las colecciones de muestras de las secuencias, abarcaran varias unidades de tiempo, recolectándose un grupo de muestras de cada una de esas unidades con el fin de obtener la mayor cantidad de información posible. Para lograr una confiabilidad adecuada se tomaron muestras en perfiles verticales.

El espesor muestreado de los afloramientos fue muy variable y dependió de las características geológicas, geomorfológicas, estratigráficas y de las posibilidades prácticas de su ejecución. Los afloramientos estuvieron separados como mínimos 80 kilómetros y el intervalo de muestreo entre 2 y 60 centímetros en dependencia de las características de las rocas y la velocidad tentativa de sedimentación.

Según la metodología convencional para estos equipos, las muestras fueron medidas con magnetómetros Spinner tipo JR- 4 (5) y puente de susceptibilidad magnética KLY-2, ambos de fabricación checa.

Las mediciones de la magnetización remanente y la susceptibilidad magnética se realizaron para los especímenes de cada muestra, determinándose la Declinación (D) Inclinación (I) y su intensidad (Jr).

A partir del procesamiento estadístico de los datos fueron calculados los parámetros medios y sus desviaciones para las muestras y los grupos de muestras de cada afloramiento.

Se realizó un 10% del total de mediciones de control con errores en la magnetización remanente de 0.05 nT. y 1.5×10^{-6} SI en la susceptibilidad magnética.

Tratamiento de las muestras en el laboratorio

El problema clave de los estudios paleomagnéticos consiste en encontrar si la magnetización remanente natural de las rocas es de origen primario o no. Se considera que el vector que representa a la magnetización remanente natural (MRN) es de origen primario si este representa la dirección del campo geomagnético en el período en que los objetivos estudiados se formaron.

La MRN es el objetivo de las investigaciones paleomagnéticas y en la mayoría de los casos, es el resultado de la MRN primaria y de la magnetización remanente secundaria. Las componentes secundarias son el efecto de varios factores físicos y químicos activados durante la vida e historia geológica de la roca y por consiguiente en muchos casos representan las componentes menos estables.

Así, el problema del esclarecimiento del origen primario de la MRN en las rocas se reduce en primer lugar a separar la componente estable de la misma y, en segundo lugar, demostrar que los minerales portadores de ella se depositaron sincrónicamente en la roca bajo estudio sin sufrir transformaciones posteriores.

Esto no puede ser probado directamente y por lo tanto requiere utilizarse todo un conjunto de métodos de investigaciones físico experimentales, mineralógicos, petrográficos y estadísticos.

Es posible, aunque solo indirectamente y no siempre sin ambigüedades, resolver el problema de conocer si la MRN es primaria o no, investigando las propiedades magnéticas de los minerales portadores de esta y estudiando su comportamiento con las últimas transformaciones de las rocas. Habiéndose decidido si la MRN es de origen primario o no, uno puede obtener datos paleomagnéticos confiables mediante el análisis estadístico de los datos experimentales y utilizando criterios que tengan en cuenta la tectónica regional y local, interrelaciones faciales, etc.

Con el propósito de seleccionar el campo magnético y térmico óptimo para el proceso de limpieza del total de las muestras, se seleccionó una colección de estas, para someterlas, unas a un proceso de limpieza térmica, o sea el calentamiento sucesivo de las muestras con un intervalo de temperatura de 100° C entre 100 y 700 grados, realizándose las determinaciones de la magnetización remanente y la susceptibilidad magnética en cada intervalo. La otra mitad de la colección fue desmagnetizada por campo magnético alterno (CMA), sometiéndose cada muestra a la acción de un CMA desde 0 kA/m hasta 56 KA/m con un intervalo de 4 u 8 KA/m. Todas estas determinaciones en el proceso de limpieza, tanto térmica como magnética, se realizaron en un vacío magnético.

Del análisis de los resultados de la estabilidad en el proceso de limpieza, se determinó que para la desmagnetización por campo alterno (DCA), los valores máximos de k (Concentración) y mínimo de α_{95} (Semiángulo del cono de confiabilidad) se obtuvieron en los intervalos de 8- 12 KA-m y para el caso de la desmagnetización térmica (DT) se determinaron los intervalos entre 150 y 200°C.

Criterios de estabilidad utilizados

Desde el punto de vista cualitativo se utilizaron los siguientes criterios:

- Comportamiento estable de la magnetización remanente (M_r) durante la desmagnetización por DCA y por temperatura en las curvas de J_r/J_{ro} vs T , y J_r/J_{ro} vs H y su análisis conjunto con las curvas de K vs T , evaluando la presencia o no de cambios de fase.
- Mínima dispersión de la magnetización remanente, determinada para los especímenes pilotos durante la limpieza.
- Presencia de componentes estables en las rocas, observadas en los gráficos de Análisis Multicomponentes (AMC).
- Desde el punto de vista cuantitativo se utilizaron los siguientes criterios.
- Cocientes de intensidades $J_r(t)_{200} / J_{ro}(t)$, $J_r(H)_{12} / J_{ro}$ y $J_r(H)_{24} / J_{ro}$.
- El parámetro de Concentración k y el Semiángulo del Cono de Confiabilidad α_{95} % para las temperaturas y CMA óptimos.

Para el diagnóstico de los minerales magnéticos, en condiciones de laboratorio y naturales, así como para la determinación del origen y el carácter de la MRN, se realizaron otros trabajos físicos experimentales, en este caso análisis termomagnéticos de alta temperatura.

Un aporte importante en el resultado de los portadores de la magnetización, lo jugó el análisis del gráfico de saturación del campo, H_s , tomando en consideración la intensidad de magnetización de la roca, una vez efectuado el proceso de limpieza. De aquí se pudieron extraer importantes resultados para su interpretación conjunta, apoyándose en los análisis de laboratorio realizados tanto físicos como petrográficos y físico-químicos.

Otros métodos de laboratorio

Para complementar los resultados de los métodos de investigación físico-experimentales se realizaron un conjunto de investigaciones mineralógicas, petrográficas, paleontológicas y físico-químicas de laboratorio.

Especialistas del Instituto de Geología, del entonces Ministerio de la Industria Básica (MINBAS), realizaron el análisis de secciones delgadas y pulidas bajo el microscopio, lo que permitió la determinación del tipo de minerales, el tamaño de los granos, y la textura y estructura de las rocas que lo contienen.

Portadores de la magnetización

El conjunto de todos los análisis del laboratorio realizados para el diagnóstico permitió obtener las siguientes conclusiones:

1. En las rocas calcáreas, los minerales ferromagnéticos predominantes son la magnetita, principalmente, en menor escala la maghemita y en muestras aisladas algo de gohetita, lepidocrosita y hematita.
2. Para las muestras terrígenas existen, la hematita, limolita en su forma de gohetita, lepidocrosita y maghemita en menor grado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Procesamiento de los datos

A partir del tratamiento estadístico de la dirección e intensidad de la magnetización remanente y la susceptibilidad magnética, se pueden obtener las direcciones e intensidades medias de J_r y sus desviaciones, así como la susceptibilidad magnética para las muestras y grupos de muestras por afloramientos. Posteriormente se pudo caracterizar las propiedades magnéticas y paleomagnéticas de las formaciones.

Tabla 2. Caracterización de la magnetización remanente y la susceptibilidad magnética por afloramiento (confeccionado por Pérez Lazo y Fundora, 1986)

Afloramiento	Valor medio		Desviación standard		Valores máximos		Valores mínimos	
	Jr	K	Jr	K	Jr	K	Jr	K
<i>Río Macío</i>	68,7	8 149	100	680	88,5	9 033	55,1	7 080
<i>Dátil</i>	23,8	5 277	10,6	2 084	47,4	9 340	11,8	2 060
<i>Palmita</i>	45,5	6 818	9,6	2 374	64,4	13 330	28,7	2 943
<i>Aguada de Pasajero</i>	11,8	346-554	7,6	112-463	28,8	2398 596	2,3	209 208
<i>Guane</i>	4,22	61,6	2,9	20,6	10,8	96	0,22	23
<i>Mantua</i>	0,468	25,85	0,340	11,97	1,45	959	0,1	55,6
<i>Camacho</i>	41,26	3 134	16,05	1 156	64,2	6 225	11,9	1 769
<i>Villarroja</i>	43,26	8 568	22,5	1 356	112,7	11 243	12,06	6 489
<i>Vedado</i>	3,11	63,43	2,31	52,88	11,26	221	0,8	0
<i>Sta Cruz</i>	3,73	13,57	3,81	27,43	20,42	173,3	0,03	0
<i>CMT</i>	2,26	29,31	2,48	27,8	5,62	90	5,44	0
<i>Afl 1,2,3 Maisí</i>	0,94	7,52	0,85	53,81	3,77	28,14	0,01	0
<i>Afl 4</i>	1,29	0,86	1,05	2,69	4,22	1 025	0,01	0
<i>Afl 5</i>	2,23	15,25	3,6	22,01	16,7	76,6	0,04	0
<i>Afl5(parte baja)</i>	0,498	3,75	0,533	4,15	1,50	13,0	0,04	0
<i>Afl 6</i>	2,01	9,49	2,7	17,2	9,15	61,1	0,09	0
<i>Afl 7</i>	0,62	2,75	6,71	5,62	2,98	24,6	0,03	0
<i>Afl 7 (parte alta)</i>	0,476	2,61	0,669	3,17	2,99	12,8	0,03	0,0
<i>Afl 8</i>	0,69	0,12	0,46		1,33		0,10	
<i>Afl 9</i>	1,11	0,1	0,81		2,51		0,14	

Se realizaron pruebas de hipótesis para verificar los distintos tipos de probabilidad, prueba de homogeneidad de varianzas entre los parámetros formacionales y otros.

Por la estadística de Fisher se pudo evaluar las desviaciones circulares de las direcciones medias a través del parámetro de Concentración (k) y el Semiángulo del cono de confiabilidad (α_{95}) los cuales siempre se mantuvieron aceptables ($k > 30, \alpha_{95} < 15$).

A partir de las direcciones medias de la magnetización de las muestras, fueron calculadas las coordenadas ϕ_p y λ_p de los polos magnéticos que dieron origen a dicha magnetización, llegándose a calcular **posiciones medias de los polos para determinados intervalos del Plioceno y el Cuaternario**.

Tabla 3. Posiciones para los polos magnéticos para el Plioceno y el Cuaternario

Posición del polo para el Cuaternario									
D	I	Jr	k	α_{95}	ϕ_p	λ_p	Θ_1	Θ_2	
6,71	52,39	19,97	72,18	5,72	77,84	307,72	7,86	5,49	
Posiciones de los polos para el Plioceno									
20,93	-13,19	2,26	95,87	7,84	54,44	61,56	0,8	4,08	Parte baja de Gauss
354,62	46,92	1,94	37,48	15,1	82,46	240,1	19,56	12,63	Parte alta de Gauss
175,58	12,34	56,92	27,02	14,9	-60,24	286,89	19,32	9,83	Durante Mammoth y Kaena

Con toda la información obtenida se construyeron los perfiles paleomagnéticos para cada afloramiento. La interpretación de todos los perfiles paleomagnéticos de los afloramientos estudiados y el análisis de escalas internacionales para este período como las de Cox 1976, (para rocas ígneas) y de Europa Central (para rocas sedimentarias), se pudo construir la Escala Paleomagnética Estratigráfica para el Plioceno Cuaternario de Cuba.

La interpretación de los registros paleomagnéticos, las dataciones absolutas de formaciones análogas del Mediterráneo Americano, el conocimiento estratigráfico de las formaciones estudiadas y su posición en la escala paleomagnética del Plioceno Cuaternario de Cuba, permitió establecer el Esquema Magnetoestratigráfico según los datos paleomagnéticos de las formaciones estudiadas (**Figura 3**).

Interpretación geológica

Datación de las rocas según datos paleomagnéticos y otros elementos

Atendiendo a las interpretaciones paleomagnéticas realizadas en los cortes de los afloramientos, su relación con las escalas paleomagnéticas internacionales y los criterios geológicos sobre las rocas estudiadas, podemos ofrecer las siguientes dataciones.

Terrazas de Maisí

1. A la terraza costera de Seboruco (equivalente a Jaimanitas) se le da una edad entre los 105 000 y 120 000 años atendiendo a la aparición del evento de Blake en esta y la datación absoluta de rocas de terrazas análogas en otras áreas del Caribe. Las rocas de esta terraza se forman en el interglaciar de Sangamon (MIS 5e). Por su comportamiento paleomagnético, esta terraza se correlaciona con su equivalente en la parte central y occidental del País.
2. Las rocas de la segunda terraza bien definida entre las alturas de 15 - 30 m se depositan en la última etapa de Matuyama, comprendiendo gran parte de Jaramillo (0,80 - 0,95 millones de años), etapa del interglaciar de Mindel - Riss (MIS 7).
3. La tercera terraza entre los 70 y 97 m se deposita durante la época de Matuyama entre los 1,0 y 2,1 millones de años, donde se detectan los eventos Olduvai, Guilsa y la entrada de Jaramillo.
4. La terraza entre los 200 y 260 m, en una posible variante de interpretación, pudiera pertenecer a la época de Gauss entre 2,7 y 3 millones de años, teniendo su posible continuación en el afloramiento del cañón Rio Maya entre las alturas de 46 y 67 m, en la ladera del río que le sirve de base a la terraza, entre los 70 y 97 metros de altura. De no ser así, este intervalo (46 - 67 m) representaría rocas más viejas, que serían el Zócalo de las terrazas.

Formación Vedado (Habana Matanzas)

Las calizas de las terrazas de la Formación Vedado en la zona Habana Matanzas presentan un comportamiento asociado a la época de Gauss con la presencia de los eventos de Mammoth y Kaena, dándosele la propuesta de 2,5 - 3,1 millones de años. La parte superior de estos cortes pueden ser correlacionados con la terraza de la Bahía de Cienfuegos, según su comportamiento paleomagnético.

Formaciones terrígenas

De las formaciones terrígenas se puede decir que la parte superior de la Formación Guane llega al contacto Brunhes - Matuyama, evidenciado esto en el afloramiento de Guane, estratotipo de la formación.

Las formaciones Guevara y Villarroja se depositan en la época de Brunhes, con edades menor de 700 000 años, al no encontrarse indicios de otros eventos magnéticos que pudieran precisar sus edades.

Las formaciones Camacho y Cauto parecen ser más jóvenes; en su parte superior podría proponerse entre 11000 y 40 000 años, atendiendo al evento que se produce en el afloramiento estratotipo de la Formación Camacho, asociado este a los eventos que presentan un carácter global o regional para el Pleistoceno Superior.

La Formación Dátil, aunque no existen muchas evidencias, entendemos que su parte superior se desarrolla en la época de Brunhes, manteniéndose el criterio de su posible equivalencia con la Formación Guane.

Los sedimentos holocénicos muestreados en río Macío, provincia de Santiago de Cuba, demuestran su juventud por el comportamiento paleomagnético y su posición polar.

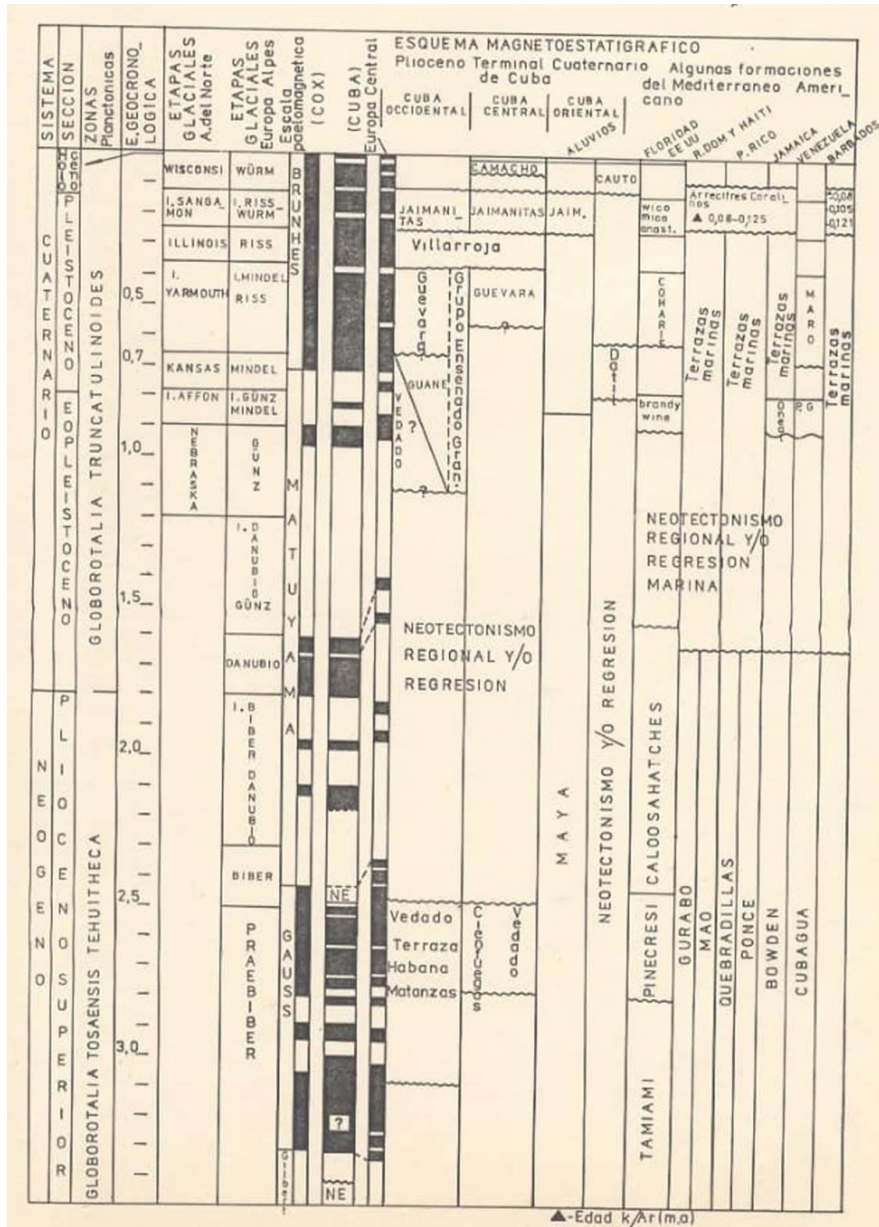


Figura 3. Se muestra la Escala Paleomagnética para Cuba, las internacionales de Cox A, y Europa Central, así como el Esquema Magnetoestratigráfico de las secuencias estudiadas

Neotectónica y el glacioeustatismo

Sobre la base de la interpretación integral de los datos se pueden generalizar las siguientes ideas en el esquema magneto estratigráfico:

1. Alrededor de los 2.5 millones de años A.P. se manifiesta un levantamiento neotectónico de carácter regional en Cuba Centro - Oriental.

2. Alrededor de 1.0 millón de años A. P. (Evento Jaramillo) se manifiesta un movimiento neotectónico y/o regresión marina en el extremo Este de Cuba Oriental.
3. Hace unos 800.000 años en correspondencia con la glaciación de Mindel (o Kansas), aproximadamente en MIS 21, se pone de manifiesto un proceso de regresión en la segunda terraza de Maisí. Los datos paleomagnéticos no evidencian huellas de deposición en el área emergida durante el interglacial Mindel-Riss (Yarmonth, en la clasificación norteamericana), aproximadamente en el MIS 7.

Por otra parte, esos datos corroboran la deposición de las rocas de la terraza costera de Jaimanitas durante el interglacial de Sangamon, coincidente con el MIS 5e de la escala isotópica del oxígeno.

Condiciones de sedimentación de las formaciones estudiadas en Cuba

Se pueden establecer los siguientes criterios generales:

Para las formaciones calcáreas de este período son características condiciones de sedimentación en aguas de relativa tranquilidad, con fuentes de aportes de materiales ferromagnéticos desde las ultrabasitas serpentinizadas de la costa norte y desde las rocas metamórficas del Centro y Este de Cuba en la costa sur.

Con respecto a las condiciones de sedimentación, Guevara representa una transición entre deposiciones de aguas tranquilas (Fm. Guane) y deposiciones más inestables y de enriquecimiento de óxidos ferrosos que caracterizan a la Formación Villarroja, lo que sugiere cambios de un ambiente húmedo (Fm. Dátil) a uno relativamente menos húmedo, como un reflejo del aumento relativo en la susceptibilidad y la MRN, que se encontró en las secuencias de la Formación Guevara.

En otras palabras, los datos paleomagnéticos apuntan a que la división grande del clima pleistocénico en Cuba, es decir, el Pleistoceno "Húmedo" y el Pleistoceno "Seco", más bien debe ubicarse en el techo de la Formación Guevara, por lo que la Formación Villarroja ya corresponde al Pleistoceno "Seco".

Las arcillas carmelitosas de la Formación Cauto y las arcillas de su equivalente, la Formación Camacho, reflejan condiciones de sedimentación similares y contemporáneas, estables, siendo una deposición muy rápida en el caso de la Formación Cauto.

CONCLUSIONES

1. El muestreo orientado y el tratamiento físico experimental realizado a las muestras, demostró la buena calidad de los resultados en la obtención de la magnetización primaria en las rocas.
2. El procesamiento estadístico circular para el conjunto de las muestras, ofreció muy buenos resultados en cuanto a la determinación de los parámetros medios para el cálculo de los polos magnéticos en los diferentes perfiles paleomagnéticos.
3. La propuesta de la Escala Paleomagnética realizada permite poner a Cuba en el contexto de los estudios paleomagnéticos internacionales y ofrece una valiosa información para el área.
4. El Esquema Magnetoestratigráfico realizado apoya fuertemente a la datación de las rocas, tanto terrígenas como carbonatadas para el Plioceno Cuaternario cubano.

RECOMENDACIONES

En aras de seguir aportando datos cuantitativos en la magnetoestratigrafía y la paleotectónica de Cuba se recomienda continuar las investigaciones paleomagnéticas como importante método desarrollado a nivel internacional.

REFERENCIAS

- Abad, M; Izquierdo, T.; Braga, J C.; Toscano, A. (2012): Terrazas marinas pleistocénicas en la costa oriental de la península de Bahoruco (SO de República Dominicana). *Geogaceta*, 52. pp.105-108. ISSN 2173-6545.
- Cabrera, M y Peñalver L.L. (2001): Contribución a la Estratigrafía de los depósitos cuaternarios de Cuba. *Revista Cuaternario y Geomorfología* 15 (3-4). pp 37-51. Geofoma Ediciones. ISSN 0214-1744. España.
- Cande, S. C. y Kent, D.V (1995): Calibración de la escala de polaridad geomagnética en el tiempo desde el Jurásico Superior. *Journal of Geophysical Research*. 100,. pp. 6093–6095.
- Hillhouse, J. y Cox, A (1976): Brunhes – Matuyama Polarity Transition. *Earth and Planetary Science*. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam. pp 51-67.
- Peñalver. L L.; Barriento, A.; Fuentes, C.; Orbera, L.; Hernández, C.E.; Estrada, V.; Nápoles, E.; Álvarez, J.; Pérez Lazo, J.; Méndez, A.; Fundora M. (1998): *Versión actualizada del mapa de depósitos cuaternarios de Cuba y su plataforma insular a escala 1: 500 000*. Memorias del III Congreso Cubano de Geología y Minería. T.1, pp. 559-561.
- Peñalver L.L, Denis Valle, R., Martín Izquierdo, D., Núñez Labañino, A., Rodríguez González, L. (2021): *Geología del Cuaternario de Cuba*. Editorial CNDIG. La Habana. ISBN. 78-959-7117-97-1
- Pérez Lazo J. (1986): *Escala paleomagnética condicional para los depósitos del intervalo Plioceno Cuaternario de Cuba*. Tesis doctoral no publicada. Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba.
- Pérez Lazo J.; Fundora Granda, M.; Pérez Pacareo L. (1977): Indicaciones metodológicas en el muestreo y medición de la magnetización remanente. *Rev Minería en Cuba*. Vol 3. No 4.
- Tauxe, L. (2009): *Essentials of Paleomagnetismo*. University of California. 57 pp.

José Pérez Lazo. Graduado de Ingeniero geofísico en la Universidad de La Habana en 1972, profesor de la Universidad Tecnológica “José Antonio Echevarría” (Cujae) con 44 años de experiencia en la docencia y la investigación en el campo de la Geofísica Aplicada. Dr. en Ciencias Geólogo – Geofísicas desde 1986. Investigador Auxiliar desde 1983; Profesor Titular de la Universidad Tecnológica de La Habana desde 1998 y Profesor Consultante desde 2009. Ha impartido 31 curso de postgrados, liderado 22 proyectos de investigación y participado en 41 eventos científicos de distintas instituciones.