



CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MAGNÉTICAS DEL EMPLAZAMIENTO DEL OBSERVATORIO GEOMAGNÉTICO EN EL EDO. MÉRIDA, VENEZUELA

E. Camacho^{1*}, V. Sagredo²

¹Centro de Investigaciones de Astronomía (CIDA), Mérida Venezuela.

²Laboratorio de Magnetismo, Universidad de los Andes, Mérida Venezuela.

*e-mail: edwincmch@gmail.com.

ABSTRACT

This paper presents a study that allows us to characterize the magnetic properties of the emplacement locality for a geomagnetic observatory located in the grounds of the Venezuelan Institute for Scientific Research (IVIC) headquarter Merida, Venezuela. For this an integral study by means of geophysical, paleomagnetic and physical methods was proposed.

Keywords: geomagnetic field, geomagnetic observatory, IRM acquisition curves.

RESUMEN

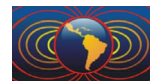
En este trabajo se realiza un estudio que nos permite caracterizar las propiedades magnéticas del emplazamiento del observatorio geomagnético de Venezuela, ubicado en los terrenos del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) sede Mérida, Venezuela. Para esto se propuso realizar un estudio integral mediante métodos geofísicos, paleomagnéticos y físicos.

Palabras Clave: campo geomagnético, observatorios geomagnéticos, curvas IRM.

Introducción

El emplazamiento de un observatorio geomagnético es muy importante debido a que, al seleccionar un lugar inadecuado o poco favorable para la toma de datos del campo magnético terrestre, se pone en juego la calidad de los datos obtenidos. Por esta razón se recomienda tener en consideración los siguientes puntos al momento de escoger el emplazamiento del observatorio (Jankowski, Sucksdorff, 1996):

- Homogeneidad magnética en los terrenos del emplazamiento, no siendo aceptables los cambios en las propiedades magnéticas en los alrededores del observatorio. Para esto se realiza una exploración o prospección magnética con magnetómetros en toda el área destinada para el observatorio y dicha área debe tener gradientes magnéticos horizontales y verticales menores a 1 nT/m (nano-Tesla sobre metro). Grandes anomalías magnéticas (cientos de nT) no deben ser aceptadas cerca de la zona del observatorio.
- El subsuelo de la zona del observatorio debe tener una conductividad eléctrica homogénea, para no tener corrientes inducidas en las rocas de la corteza terrestre, que puedan afectar una o varias componentes del campo (Gubbins, Herrero, 2007). En las costas, es uno de los lugares donde mejor se pueden apreciar los cambios de la conductividad eléctrica y de hecho en los observatorios, se puede registrar un fenómeno denominado “*Efecto Costa*”, por esta razón se recomienda que los observatorios geomagnéticos se construyan a decenas de kilómetros de las costas.
- Un espacio reservado para el observatorio, lo que significa un radio aproximado de 300 m medios desde la casa de mediciones absolutas.
- Alejados de centros poblados, zonas industriales, antenas de comunicación, y cualquier construcción metálica y líneas de alta tensión para evitar el ruido cultural.



El observatorio geomagnético de Venezuela cumple con estos requisitos, los cuales se han discutido en trabajos anteriores (Camacho *et al.*, 2009; 2013). Para este trabajo se quiso hacer un estudio más profundo de las propiedades magnéticas del emplazamiento del observatorio, es decir, complementar estudios realizados anteriormente, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

General:

- Determinar las características magnéticas del terreno del IVIC-Mérida, Venezuela, para establecer si es apropiado para el funcionamiento de un observatorio geomagnético.

Específicos:

- Realizar las siguientes mediciones de muestras del suelo de IVIC-Mérida, Edo. Mérida:
 - I. Medir la susceptibilidad magnética.
 - II. Trazar las curvas IRM (magnetización remanente isotérmica versus campo magnético).
 - III. Determinar el coeficiente “S”.
 - IV. Realizar la caracterización a través de análisis de difracción de rayos “X”.

Metodología

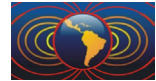
Para determinar las características magnéticas de los terrenos del IVIC Mérida, donde funcionara el primer Observatorio Geomagnético de Venezuela, se van a contemplar tres etapas de estudio, que son: información geológica de la zona, estudio geofísico mediante mediciones de prospección magnética y por último un estudio paleomagnético de la zona. La información geológica se logrará mediante una investigación bibliográfica de las características geológicas de la zona del IVIC-Mérida, concentrándose en las formaciones de las rocas y minerales presentes, y cualquier otra información que pueda ser de interés para obtener el comportamiento magnético de esa región. Es de destacar que de la zona de los Andes Venezolanos no se cuenta con una buena información de las propiedades magnéticas de las rocas presentes, de hecho casi toda Venezuela tiene datos para la construcción de mapas de anomalías magnéticas realizadas a finales de 1980 por la corporación petroquímica de Venezuela PEQUIVEN, excepto la región andina, donde se encuentra el observatorio.

El estudio geofísico conlleva a realizar una exploración geomagnética en los terrenos del IVIC-Mérida. Estas medidas permitirán trazar dos mapas o curvas de isolíneas del campo geomagnético de la zona, en donde se pueden apreciar los gradientes magnéticos horizontales y verticales del campo, y de esta manera identificar y describir los cambios espaciales del campo geomagnético de la zona. Los mapas de isolíneas, que son curvas que unen puntos de igual valor de la intensidad del campo magnético, son similares a las curvas de nivel que se obtienen en topografía. Los resultados de la exploración realizada se mostraron y se discutieron en Camacho *et al.* (2013).

El objetivo principal de la aplicación de métodos paleomagnéticos en el presente trabajo de investigación es el de identificar las contribuciones a la magnetización de los componentes de las rocas y estudiar sus propiedades magnéticas. Para esto se tomaron un par de muestras del suelo de IVIC-Mérida para ser procesadas en el Laboratorio de Paleomagnetismo de la Universidad Simón Bolívar, con el fin de obtener la curva de magnetización remanente isotérmica (IRM), curva de histéresis, medición de susceptibilidad magnética, y por último adquisición de la curva de difracción de Rayos “X” de muestras de suelo tomadas en el emplazamiento del observatorio geomagnético de Mérida. Todas estas mediciones permitirán tener una idea más clara de las propiedades magnéticas del emplazamiento del observatorio geomagnético de Mérida, Venezuela.

Geología de la zona de estudio

Los terrenos para el emplazamiento del observatorio se ubican sobre una montaña asentada sobre la formación “La Quinta” (Jlq) del Jurásico, entre dos corredores de fallas geológicas activas: la de Bocono (hacia el sur) y la de Jají (hacia el norte) (Chuecos, 2009). La geología de la zona de los Andes es bastante diversa; pero la Formación La Quinta aflora extensamente en la parte suroeste de los Andes de Venezuela,



comprendiendo los estados Táchira, Mérida y Barinas.

Esta formación se caracteriza, por estar constituida por tres intervalos: uno inferior, compuesto por una capa de toba vítrea de color violáceo, de aproximadamente 150 m de espesor; uno medio, consistente de una secuencia interestratificada de toba, arenisca gruesa y conglomerática, limolita y algunas capas delgadas de caliza, de color verde, blanquecino, gris o violáceo (espesor aproximado: 840 m); y un intervalo superior, formado por limolita y arenisca, intercaladas con algún material tobáceo, de color rojo ladrillo y marrón chocolate, de aproximadamente 620 m de espesor (Chuecos, 2009).

Al estar constituida la geología de la zona de estudio por roca sedimentaria, ello puede indicar que la magnetización presente en la zona puede ser baja. Para el emplazamiento de un observatorio este tipo de roca puede ser favorable porque las rocas sedimentarias en general tienen valores muy bajos de la magnetización y susceptibilidad magnética.

Susceptibilidad magnética de las muestras

Para medir la susceptibilidad magnética se tomaron dos muestras de suelo de la zona de estudio, la primera muestra "A" de 20 cm por debajo de la superficie y la segunda muestra "B" de 40 cm por debajo de la superficie en el mismo lugar.

La muestra A presenta una susceptibilidad magnética másica de alrededor de $0,05 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{Kg}$, de acuerdo a este resultado los minerales presentes en la muestra tienen un comportamiento paramagnético, en concordancia a la figura 1 la cual muestra la clasificación de algunos minerales y rocas en función de la susceptibilidad másica. La muestra B tiene una susceptibilidad másica de $0,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{Kg}$, demostrando un comportamiento no muy bien definido porque el valor de la susceptibilidad magnética se puede clasificar como paramagnético o antiferromagnético.

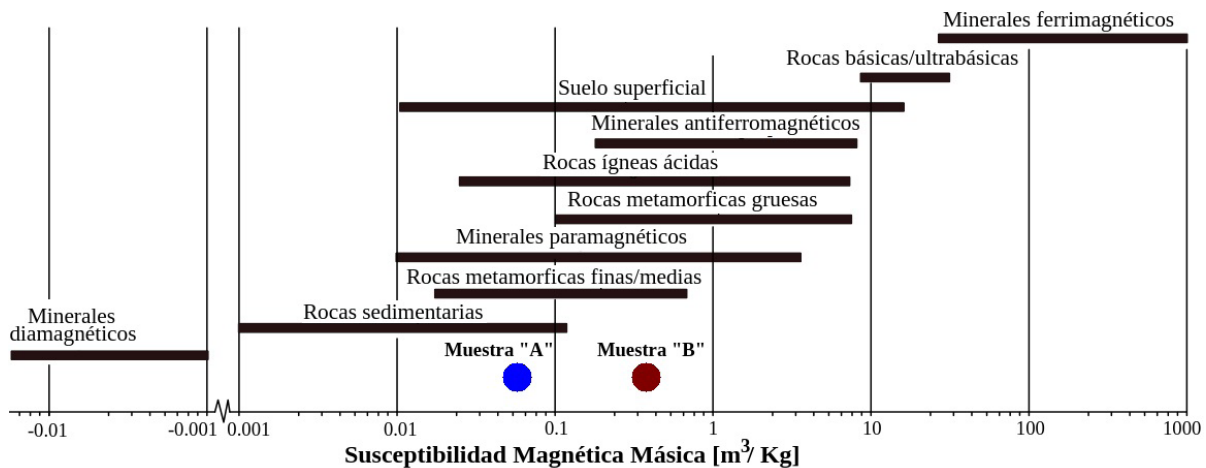


Figura 1. Susceptibilidades magnéticas másicas de las muestras (Dearing, 1999)

Curvas de magnetización remanente isotérmica IRM

Las curvas IRM (Fig. 2) se obtuvieron a partir de las mediciones realizadas a las mismas muestras de suelo anteriores con el magnetómetro Molspin Lts que pertenece al laboratorio de Paleomagnetismo y Geomagnetismo de la Universidad Simón Bolívar.

Las curvas de la magnetización remanente isotérmicas aumentan suavemente y para valores del campo magnético aplicado de 2.47 mT, allí no se observa que se haya alcanzado la saturación de las muestras, lo que implica que las muestras tienen un comportamiento antiferromagnético, correspondiente a minerales de hematita.

Coefficiente "S"

Este parámetro está relacionado con la contribución de materiales magnéticamente duros o de alta coercividad

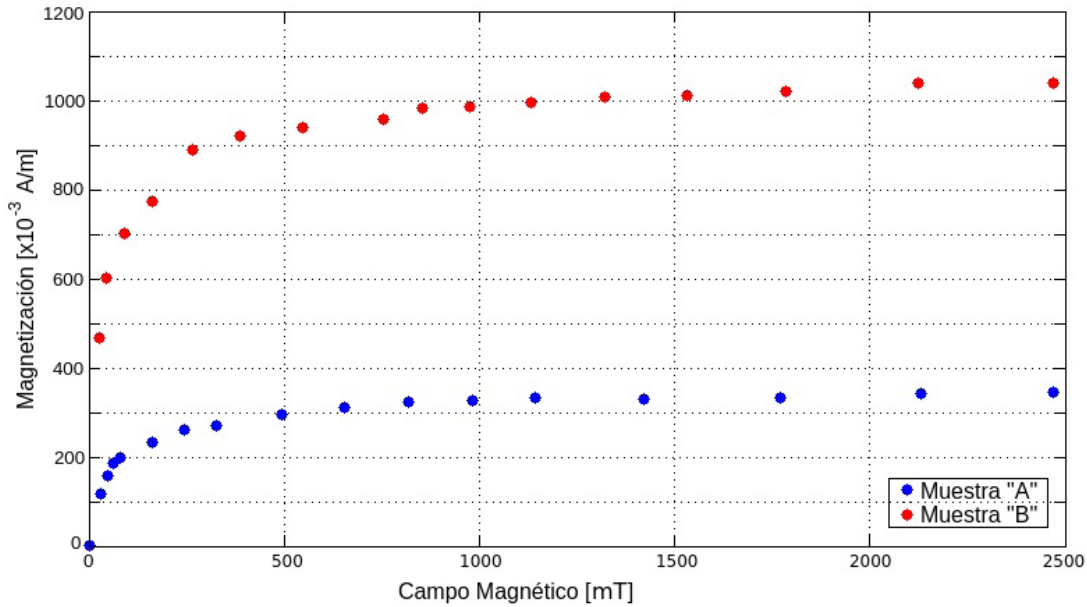


Figura 2. Curvas de magnetización remanente isotérmica (Temperatura ambiente)

(antiferromagnéticos, por ej.: hematita) y materiales magnéticamente blandos o de baja coercividad (ferrimagnéticos, por ej.: magnetita). Si estos últimos materiales son los dominantes, entonces “S” tiende al valor uno. Se obtiene al dividir la IRM para un campo reverso de 300mT y la magnetización de saturación (SIRM) (Chaparro, 2006). Los resultados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes “S” de las muestras “A” y “B”

	IRM _{-300mT} [mA/m]	SIRM [mA/m]	Coeficiente “S”
Muestra “A”	121.471	345.987	0.351
Muestra “B”	99.260	1039.000	0.095

Difracción de rayos X de las muestras

Los difractogramas se obtuvieron en el Laboratorio de Cristalografía de la Universidad de los Andes. La difracción de rayos muestra, que los minerales más importantes presentes en las muestras son:

- **Gibbsita** $\text{Al}(\text{HO})_3$. Es un mineral de color blanco o grisáceo, tiene comportamiento diamagnético.
- **Cuarzo** SiO_2 . Es un mineral compuesto de sílice, es uno de los minerales más comunes encontrados en la corteza terrestre estando presente en las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. Tiene comportamiento diamagnético.
- **Moscovita** $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$. Es un mineral del grupo de los silicatos, tiene comportamiento paramagnético.

Los difractogramas obtenidos muestran la presencia de tres minerales que no tienen un comportamiento fuertemente magnético, y los minerales presentes son muy comunes en las rocas sedimentarias.

Conclusiones:

Mediante los métodos utilizados se logra establecer que el emplazamiento del observatorio se logró en terrenos con propiedades magnéticas ideales para el estudio del campo geomagnético.

La geología del emplazamiento del observatorio geomagnético se encuentra sobre roca sedimentaria correspondiente a la Formación la Quinta.



La susceptibilidad magnética medida de las dos muestras A y B, tomadas de la zona de estudio, muestran valores representativos bajos de minerales paramagnéticos.

Las curvas IRM muestran un comportamiento antiferromagnético, posiblemente debido a la moscovita en su estado paramagnético con interacción antiferromagnética.

El coeficiente “S” revela la presencia de comportamiento o interacción magnética de minerales con alta coercividad (Hematita).

Los minerales presentes en el emplazamiento del observatorio son la gibbsita, moscovita y el cuarzo.

La caracterización de la roca presente en el emplazamiento del Observatorio Geomagnético de Mérida, muestra que las propiedades magnéticas presentes en la zona son ideales para el estudio del campo geomagnético.

Se pueden emplear algunos de los métodos usados en el presente trabajo para caracterizar magnéticamente el emplazamiento de un observatorio geomagnético, como complemento a lo propuestos en el libro de Jankowski y Sucksdorff (1996).

Referencias

- Camacho, E., Serra J., Muñis M., Gandarillas J., Sira E., 2009 Ubicación de un terreno para la construcción de un Observatorio Geomagnético, Primera reunión bienal LATINMAG. Margarita, Venezuela, 28 Septiembre-2 Octubre.
- Camacho, E., Serra J., Muñis M., Gandarillas J., 2013 Camacho, E., Serra J., Muñis M., Gandarillas J., 2009 Observatorio geomagnético de Mérida-Venezuela, *Revista geofísica*, 64. México.
- Chaparro, J., 2006. Descomposición de curvas de adquisición de magnetismo remanente isoterma para la identificación de minerales. Informe de pasantías largas para optar el título de Ingeniero Geofísico, Universidad Simón Bolívar. Sartenejas, Venezuela, 88 pp.
- Chuecos, C., 2009. Estudios de suelo para instalación de equipos de medición de campo magnético. Mérida, Venezuela. 8 pp
- Dearing, j., 1999. Using the bartington MS2 system. Bartington instruments lts. Reino Unido. 36 pp.
- Gubbins D., Herrero E., 2007. Encyclopedia of Geomagnetic and Paleomagnetism. Springer, Países Bajos, 61-66 pp.
- Jankowski, J., Sucksdorff, C., 1996. Guide for magnetic measurements and observatory practice. Office of the institute of geophysics polish academy of sciences Varsovia, Polonia, 37-45 pp.
- Longachev, A., Zajarov, V., 1978. Exploración magnética. Nedra. Leningrado, Rusia. 120-132 pp.