

GEOCRONOLOGÍA CON EL ISÓTOPO COSMOGÉNICO ^{10}Be , APLICACIÓN PARA EL ESTUDIO DE LA DINÁMICA GLACIAR CUATERNARIA EN LA REGIÓN CENTRAL DE LOS ANDES DE MÉRIDA

Isandra ANGEL¹, Eduardo CARRILLO¹, Julien CARCAILLET², Franck AUDEMARD³ & Christian BECK⁴

¹Centro de Geología, Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas 1040. Correo-e.: iangel_ceballos@yahoo.com. ²ISTerre Université de Grenoble 1, UMR CNRS 5275, F-38041. Francia. ³Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS, El Llanito, Caracas 1070, Venezuela. ⁴ISTerre Université de Savoie. UMR CNRS 5275 Le Bourget du Lac. Francia

RESUMEN

El estudio de los glaciares tropicales es una temática de gran importancia para las áreas de paleo-clima, gestión de riesgos naturales, manejo del recurso agua, generación de energía, etc. El presente trabajo muestra algunos adelantos en el estudio de la dinámica glaciar cuaternaria en Los Andes Centrales de Mérida. La reconstrucción de los glaciares deducida de la geocronología con el ^{10}Be *in-situ*, contribuyen con el conocimiento climático regional y global desde el Último Máximo Glaciar. En el valle de Mucubají, el avance máximo del glaciar ocurrió hace más de 18000 años y el retiro definitivo hace menos de 9000 años. El proceso transcurrió en dos grandes etapas. El glaciar retrocedió durante el Pleistoceno de ~3500 m a ~3850 m. La parte superior del glaciar estuvo confinado y desapareció rápidamente durante el Holoceno. En Los Zerpa el avance máximo ocurrió hace aproximadamente 13000 años.

Palabras claves: Glaciología Forense, Nucleídos cosmogénicos, Andes de Mérida

ABSTRACT

Tropical glaciers studies are extremely important for knowledge of paleoclimatology, natural hazards, water resources management, power generation, etc. This article reports the recent progress in the understanding of quaternary glacier dynamics in the Mérida Central Andes. Glacier reconstruction deduced from *in-situ* produced ^{10}Be dating, contributes with the regional and global climatic knowledge since the Last Glacial Maximum. The maximum glacier advance in Mucubají valley occurred over 18,000 years ago and glaciers disappeared less than 9,000 years ago. The retreat process happened in two main stages. Glacier has moved back during the Pleistocene from ~3500 m to ~3850 m. The upper ice tongue was confined and rapidly disappeared during the Holocene. In Los Zerpa the maximum advance took place 13,000 years ago.

Keywords: Forensic Glaciology, Cosmogenic nuclides, Andes de Mérida.

INTRODUCCIÓN

Los elementos producidos por acción de los rayos cósmicos son llamados nucleídos cosmogénicos (o cosmonucleídos). Los rayos cósmicos son partículas cargadas con energía suficiente para producir reacciones nucleares en los primeros metros de la atmósfera y litósfera (DUNAI 2010).

El ^{10}Be es un cosmonucleído con un tiempo de vida media de: 1,36± 0,07 Ma (NISHIZUMI E *et al.* 2007). Tiene dos orígenes, ambos debido a la acción de los rayos cósmicos sobre la materia terrestre. Una parte del ^{10}Be es producida en la atmósfera por reacciones nucleares sobre átomos de nitrógeno y oxígeno; la otra, es la generada en la litósfera, producida principalmente por reacciones nucleares en los átomos de O y, en menor proporción, en los de Mg, Al, Si y Ca presentes en los minerales (KOBBER *et al.* 2005). Este tipo de ^{10}Be es conocido como isótopo cosmogénico producido *in-situ*.

Los factores que controlan la producción de los isótopos cosmogénicos (^{10}Be) son: la variabilidad del campo magnético terrestre (latitud), la altitud, la profundidad y la topografía (LAL 1991, GOSSE & PHILLIPS 2001, DUNAI 2010).

En las geociencias, la geocronología mediante el estudio del ^{10}Be ha permitido resolver interrogantes que no habían sido resueltas con otros métodos. Puede ser empleado con el ^{26}Al para estudiar procesos que resultan de una historia compleja de exposición. Debido al tiempo de vida medio del isótopo ^{10}Be , es posible estudiar procesos ocurridos durante el Cuaternario y el Plioceno Tardío (DUNAI 2010).

Con el desarrollo del presente trabajo se pretende aportar información que permita la reconstrucción de la dinámica glaciar cuaternaria en los Andes centrales de Mérida y, considerando a escala global, el uso de los glaciares tropicales como indicadores de los cambios climáticos.

MÉTODOS

El área de trabajo se encuentra remarcada en la figura 1. Corresponde precisamente a la morrena terminal de Los Zerpa, morrenas de Mucubají y su valle glaciar.

Para el desarrollo de este trabajo fueron recolectadas 16 muestras, distribuidas como se muestra en la figura 2.

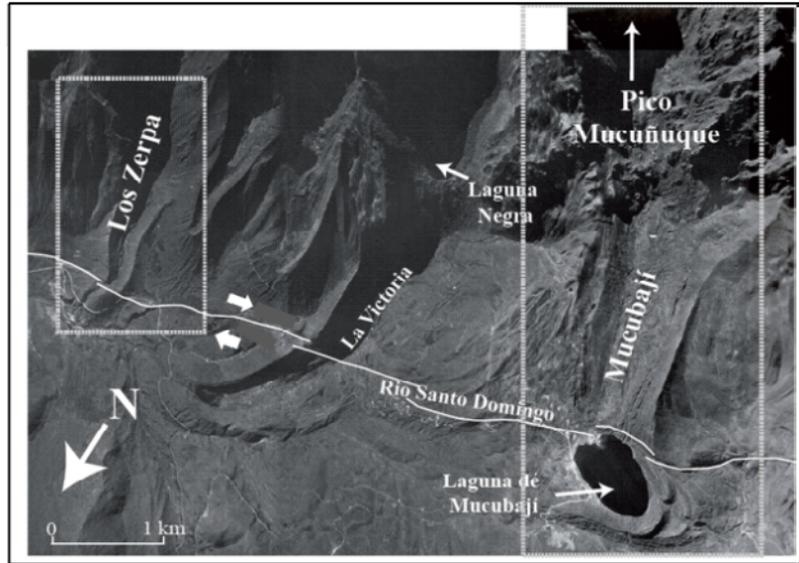


Fig. 1. Área de estudio, sector de la Sierra de Santo Domingo comprendido por los complejos morrénicos y valles glaciares de Mucubají y Los Zerpa.

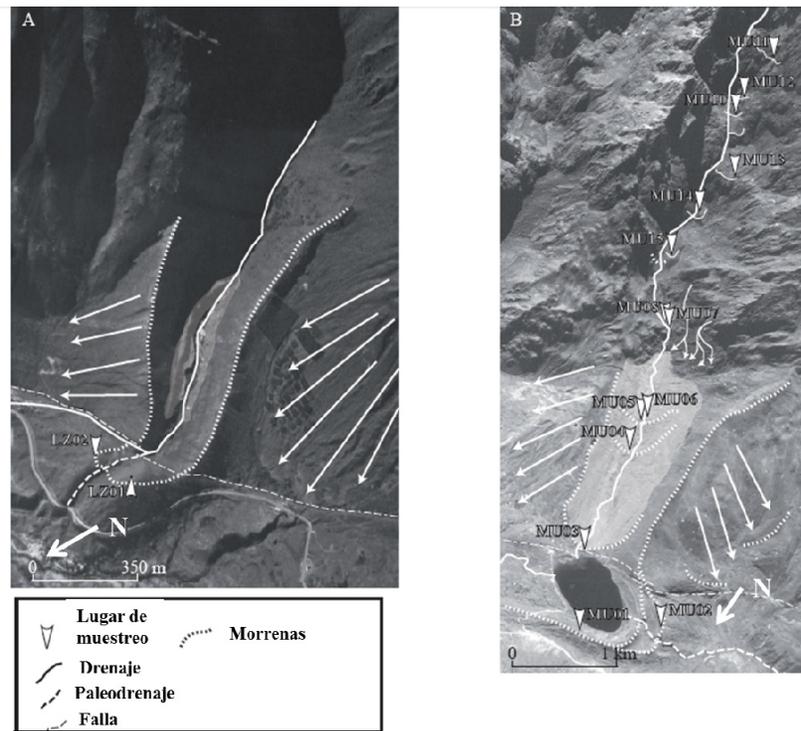


Figura 2. Sitios de recolección de las muestras del presente trabajo, a) Morrenas de Los Zerpa y b) Valle de Mucubají.

La recolección se realizó en dos tipos de sitios distintos: 1) bloques de roca de gran tamaño (> 1 m) abandonados dentro de las morrenas (Figs. 3a, 3b), para evitar efectos por removilización post-depósitos y 2)

dentro del macizo rocoso, en los valles glaciares en zonas con rocas con estrías o rocas aborregadas (Fig.3c).

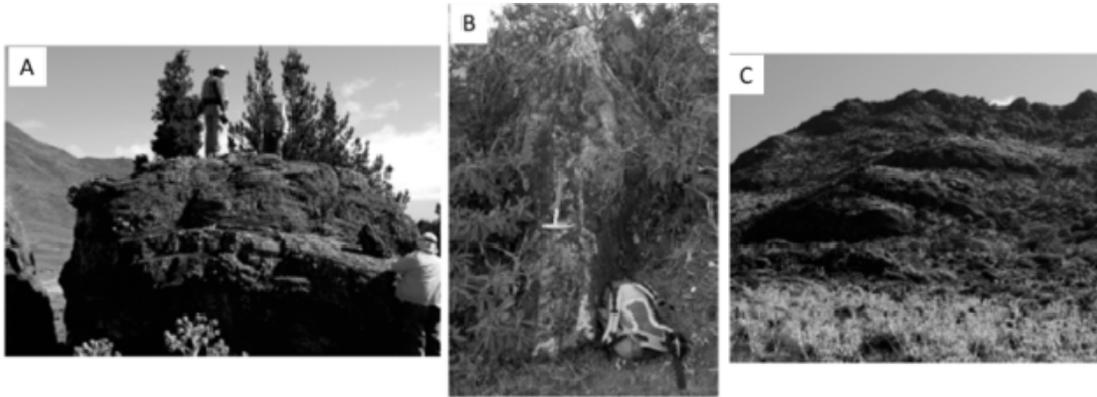


Fig.3. Ejemplos de los bloques, rocas aborregadas y estriadas en donde fueron recolectadas las muestras, a) y b) bloques abandonados dentro de la morrena, c) rocas aborregadas y estriadas.

Para calcular la tasa de producción del ^{10}Be , se tomó nota de los valores de coordenadas geográficas (latitud, longitud), altitud y topografía de los alrededores en el campo. Los espesores de las muestras (desde la superficie hacia el interior de la roca) se encontraban entre 2-4 cm.

La extracción del ^{10}Be comienza con un procesamiento físico: la muestra de roca es pulverizada, tamizada y los minerales pesados son separados magnéticamente. Sigue con el tratamiento químico, el cual consiste en digestiones con ácidos fuertes: ácido fluorhídrico (HF), ácido clorhídrico (HCl), ácido nítrico (HNO_3) y ácido perclórico (HClO_4). Sigue una etapa de separaciones a través de resinas de intercambio iónico. Posteriormente se lleva a cabo la purificación a través de la precipitación con amoníaco (NH_3) y finalmente la calcinación. El procesamiento químico de las muestras fue llevado a cabo en el laboratorio del ISTerre, Francia según el procedimiento químico adaptado de BROWN *et al.* (1991) y MERCHEL & HERPERS (1999). Las mediciones de las muestras fueron llevadas a cabo en las instalaciones del Laboratorio Nacional Francés ASTER mediante espectrometría de masas con acelerador AMS.

Las edades fueron determinadas a través de la calculadora online Cronus (BALCO *et al.* 2008), usando la tasa de producción dependiente del tiempo de LAL (1991) modificado por STONE (2000), la cual toma en cuenta el efecto de los cambios del campo magnético.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En los estudios con los isótopos cosmogénicos existen múltiples fuentes de error, las cuales pueden alterar los valores de concentraciones y por ende de la edad. Los errores de la etapa analítica y metodológica pueden contribuir con 5-15% y los errores debidos a los factores geológicos, meteorológicos y otros entre 0-50%. Las incertidumbres externas comúnmente sobrepasan el 10% (BALCO *et al.* 2008) y las internas se encuentran entre el 1-5% (DUNAI 2010).

Una fuente de error importante que hay que considerar es el efecto de la erosión. Este error intenta minimizarse durante la etapa de recolección de las muestras, seleccionando bloques de gran tamaño que no puedan ser fácilmente transportados y que se encuentren en la parte superior de una morrena. Por otra parte, en muestras de basamento rocoso debe identificarse la presencia de estriás glaciares y las rocas aborregadas que aseguren la permanencia *in-situ* de los cuerpos glaciares (véase Fig. 2c).

Las incertidumbres obtenidas en los resultados se encuentran generalmente alrededor del 10 %, mientras que la mayoría de los errores internos son menores a los errores externos, lo que garantiza la confiabilidad de las edades determinadas. Las concentraciones de ^{10}Be se encuentran entre $270,19 \cdot 10^3$ atoms/gqtz/año y $522,40 \cdot 10^3$ atoms/gqtz/año; las edades entre $9,08 \pm 0,82$ y $18,14 \pm 2,11$ ka (tabla 1).

Tabla 1: Resultados obtenidos en concentración de ^{10}Be en $\times 10^3$ átomos/gqtz/año y las edades en kiloños (ka).

Muestra	Latitud	Longitud	Elevación	Información del sitio	Información de las muestras	Espesor	Concentración ^{10}Be		Edades		
							Valor	Error	Valor	Error externo	Error interno
	°N	°O	m.s.n.m		Tamaño aparente (largo*anch o*alto)	cm	$\times 10^3$ átomos/gQtz/año		ka		
LZ09-01	8,8117	70,7884	3127	Morrena frontal, en la cresta	Bloque(4.2*2.7*1)	3	301,42	27,95	13,837	1,74	1,352
LZ09-02	8,8117	70,7874	3113	Morrena frontal en la cresta	Bloque(3.7*2*2.3)	3	270,19	19,41	12,481	1,386	0,944
Mu09-01	8,8009	70,8279	3620	Lado izquierdo de la morrena frontal, en la cresta	Bloque (7*4.5*4)	4	477,12	16,54	16,784	1,536	0,625
Mu09-02	8,7954	70,8343	3589	Morrena frontal en la cresta	Bloque(1.6*1.2*0.9)	3	522,40	41,55	18,144	2,112	1,563
Mu09-03	8,7951	70,8267	3572	Morrena frontal en la cresta	Bloque (1.7*1.5*0.7)	3	440,60	28,60	15,661	1,673	10,84
Mu09-04	8,7874	70,8233	3607	Morrena frontal en la cresta	Bloque (1.3*1*0.8)	4	372,93	11,46	13,273	1,195	0,431
Mu09-05	8,7850	70,8229	3615	Morrena frontal en la cresta	Bloque (3.5*1.5*1.2)	4	375,45	27,10	13,321	1,483	1,016
Mu09-06	8,7852	70,8224	3620	Morrena frontal en la cresta	Bloque (1.4*1.3*0.8)	2	463,22	34,48	15,957	1,801	1,269
Mu09-07	8,7790	70,8197	3697	Basamento con estría en eje del valle		3	374,12	16,53	13,841	1,322	0,647
Mu09-08	8,7785	70,8189	3727	Basamento con estría en eje del valle	~2 m alto	3	408,50	16,71	14,201	1,335	0,615
Mu09-10	8,7667	70,8129	4067	Basamento con estría en eje del valle	~2 m alto	4	306,04	9,55	9,078	0,818	0,304
Mu09-11	8,7633	70,8119	4213	Morrena lateral	Bloque (2*1.5*1)	3	334,55	10,27	10,629	0,956	0,348
Mu09-12	8,7659	70,8121	4091	Basamento con estría en eje del valle		3	324,42	26,38	9,483	1,113	0,825
Mu09-13	8,7689	70,8164	3982	Morrena en el eje del valle	Bloque (3*2*1.5)	3	301,52	9,74	9,732	0,881	0,336
Mu09-14	8,7719	70,8152	3862	Morrena en el eje del valle	Bloque (1.5*1.5*1.5)	3	305,27	24,76	9,925	1,164	0,858
Mu09-15	8,7758	70,8161	3804	Basamento con estría en eje del valle		3	390,44	34,08	12,864	1,566	1,188

La última época glacial (Würm/Wisconsin) está representada por la glaciación Mérida (SCHUBERT 1974) y caracterizada por dos etapas principales: Mérida Temprana hace unos 30000 años (Wisconsin Intermedia) y Mérida Tardía (Wisconsin Tardía), la cual incluye el último máximo glacial (LGM, según sus siglas en inglés) entre 13000 y 25000 años (SCHUBERT & CLAPPERTON 1990).

El estudio cuantitativo de la geomorfología glacial en Los Andes venezolanos es un tema novedoso y

actualmente en auge. En la bibliografía puede encontrarse el trabajo de WESNOUSKY *et al.* (2012), quién estudió las morrenas de la Victoria y Los Zerpa mediante la geocronología con el isótopo cosmogénico ^{10}Be .

Sus valores arrojaron edades entre 15000 años y alrededor de 18000 años. Al comparar con los resultados de este trabajo, los valores deberían ser más cercanos a los obtenidos para la morrena de Los Zerpa,

sin embargo, se observan discrepancias (véase Fig. 4, tablas 1 y 2).

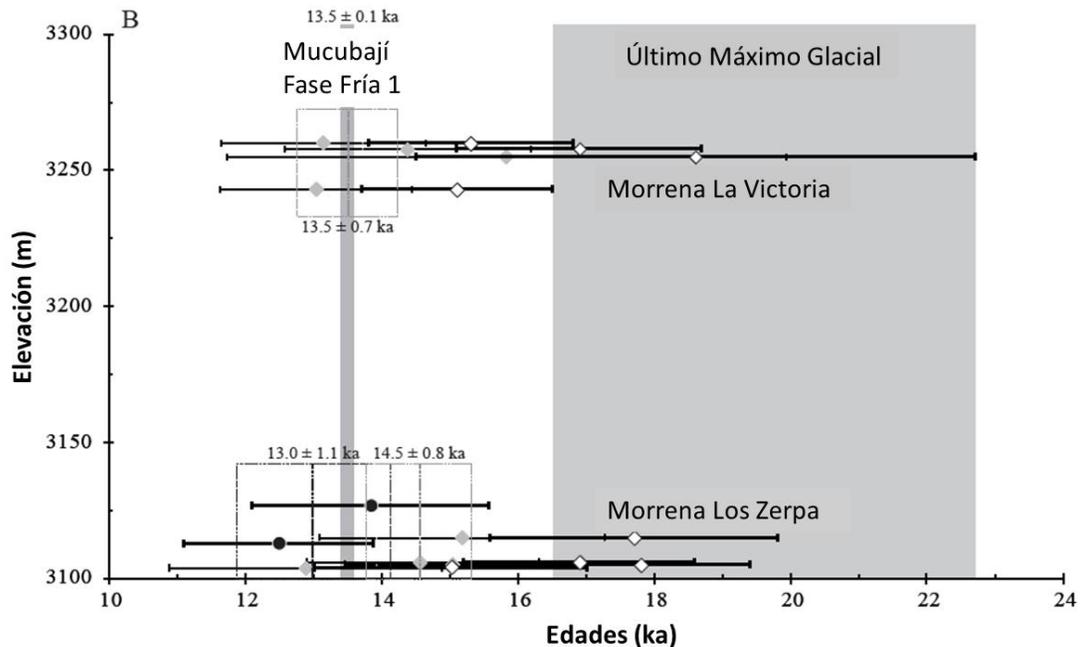


Fig. 4. Gráfico de Edades (ka) vs. Altura (m). A) Morrena de Los Zerpa y morrena de la Victoria. B) Puntos negros pertenecen a este trabajo, rombos blancos son datos publicados (revisar tablas 1 y 2 para detalles), rombos grises son los datos de Wesnousky et al. 2012 recalculados con el modelo de tasa de producción del cosmogénico dependiente del tiempo.

Al considerar las incertidumbres de los valores, los datos del trabajo de WESNOUSKY *et al.* (2012) podrían entrar dentro del rango de edades que han sido determinadas en este trabajo. Dichas discrepancias podrían ser causadas por el tratamiento matemático utilizado, ya que la metodología de recolección y el tratamiento químico fueron los mismos. Los cálculos en este trabajo han sido realizados considerando la variación de la tasa de producción del cosmogénico dependiente del tiempo, de LAL (1991) modificado por STONE (2000), mientras que WESNOUSKY *et al.* (2012) escogieron una tasa de producción invariante en el tiempo, la cual no considera cambios en el campo magnético terrestre.

Considerando la información de SCHUBERT & CLAPPERTON (1990), los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con la Glaciación Mérida, específicamente la etapa de Mérida Tardía, la que incluye el último máximo glaciar e incluso edades más jóvenes.

Los resultados en el valle glaciar de Mucubají muestran una correlación inversa entre la altitud y la edad, característica de un proceso en el que el glaciar va desapareciendo, dejando primero al descubierto la

morfología más baja hasta que desaparece completamente a mayores altitudes (véase Fig.5).

En función del resultado de la muestra Mu09-02, perteneciente a la morrena frontal más externa, podemos establecer que el avance máximo del glaciar en el Valle de Mucubají ocurrió hace más de 18000 años. En función de la muestra Mu09-11, ubicada en el circo glaciar más alto, podemos establecer que la completa desaparición, al menos temporalmente, del glaciar en el Valle de Mucubají, ocurrió hace menos de 9000 años aproximadamente.

Velocidades que pueden ser indicativas del proceso de desaparición del glaciar en el valle de Mucubají pueden ser inferidas al graficar edad vs. altura. Logran observarse dos grandes tendencias. Las muestras del Pleistoceno presentan una menor velocidad de retroceso del glaciar comparadas con el grupo de muestras del Holoceno (Fig. 5). Las diferentes etapas de desaparición del glaciar podrían estar asociadas con diferentes eventos climáticos globales.

Comparando los valores de Los Zerpa y Mucubají, en la primera las muestras se encuentran cerca de 3100 m con una edad alrededor de 13000 años, mientras que en Mucubají, las muestras con edades cercanas a los 13000

años corresponden a altitudes superiores a 3600 m (Figs. 4 y 5).

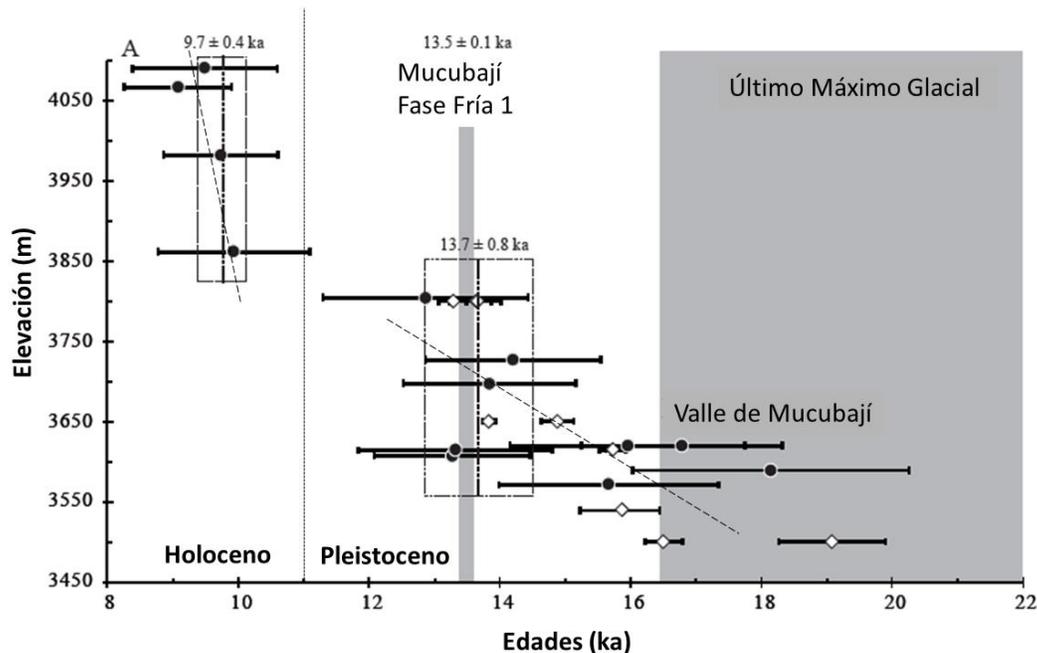


Fig. 5. Resultados de las Edades (ka) vs. Altura (m) para las muestras del valle glaciar de Mucubají. Puntos negros son resultados del presente estudio, rombos blancos son datos publicados. Rectas punteadas inclinadas representan las diferentes tendencias en velocidades del retroceso del glaciar durante el Pleistoceno y Holoceno.

Además de la diferencia en altitud entre las morrenas de Los Zerpa y el Valle de Mucubají, se encuentra también la orientación de los valles, aunado a la afectación estructural diferente en ambas zonas. Posiblemente las diferencias en las orientaciones de los valles generen condiciones meteorológicas variantes, por ejemplo la pluviometría, que influyan en la desaparición de los glaciares.

CONCLUSIONES

Todas las muestras presentadas en este trabajo arrojaron ^{10}Be edades que corresponden a la Etapa Tardía de la Glaciación Mérida e incluso edades más jóvenes. En el valle glaciar de Mucubají, parte de la dinámica del glaciar puede plantearse de la siguiente manera: el avance máximo hace más de 18000 años y la completa desaparición hace menos de 9000 años. A grosso modo este proceso transcurrió en dos grandes etapas, durante el Pleistoceno con una menor velocidad de desaparición del glaciar y durante el Holoceno a una mayor velocidad.

BIBLIOGRAFÍA

BALCO G., J.O. STONE, N.A. LIFTON & T.J. DUNAI. 2008. A complete and easily accessible means of calculation surface exposure ages or erosion rates

from ^{10}Be and ^{26}Al measurements. *Quaternary Geochronology* 3:174-195.

BROWN E.T., J.M. EDMOND, G.M. RAISBECK, F. YIOU, M.D. KURZ & E.J. BROOK. 1991. Examination of surface exposure ages of Antarctic moraines using in situ produced ^{10}Be and ^{26}Al . *Geochim. Cosmochim. Acta* 55:2269-2283.

DIRSZOWSKY R. W., W.C. MAHANEY, K.R. ODRE, M.W. MILNER, V. KALM, M. BEZADA & R.P. BEUKENS. 2005. Lithostratigraphy of the Mérida (Wisconsinan) glaciation and Pedregal interstade, Mérida Andes, northwestern Venezuela. *Journal of South American Earth Sciences* 19:525-536.

DUNAI T. 2010. *Cosmogenic Nuclides: Principles, Concepts and Applications in the Earth Surface Sciences*. Cambridge University Press. 180 p.

GOSSE J.C. & F.M. PHILLIPS. 2001. Terrestrial in situ cosmogenic nuclides: theory and application. *Quaternary Science Reviews* 20:1475-1560.

KOBER F., S. IVY-OCHS, I. LEYA, H. BAUR, T. MAGNA, R. WIELER & P.W. KUBIK. 2005. In situ cosmogenic ^{10}Be and ^{21}Ne in sanidine and in situ cosmogenic ^3He in Fe-Ti-oxide minerals. *Earth and Planetary Science Letters* 236(1-2):404-418.

- LAL D. 1991. Cosmic ray labeling of erosion surfaces: in situ nuclide production rates and erosion models. *Earth and Planetary Sciences Letters* 104:429-43.
- MAHANEY W. C., S.E. RUSSELL, M.W. MILNER, V. KALM, M. BEZADA, R.G.V HANCOCK & R.P. BEUKENS. 2001. Paleopedology of Middle Wisconsin/Weichselian paleosols in the Mérida Andes, Venezuela. *Geoderma* 104:215-237.
- MAHANEY W.C., M.W. MILNER, V. KALM, R.W. DIRSZOWSKY, R.G.V HANCOCK & R.P. BEUKENS. 2008. Evidence for a Younger Dryas glacial advance in the Andes of northwestern Venezuela. *Geomorphology* 96:199-211.
- MERCHER S. & U. HERPERS. 1999. An Update on Radiochemical Separation techniques for the determination of Long-Lived Radionuclides via Accelerator Mass Spectrometry. *Radiochim. Acta* 84:215-229.
- NISHIZUMI K., M. IMAMURA, M.W. CAFFEE, J.R. SOUTHON, R.C. FINKEL & J. MCANINCH. 2007. Absolute calibration of ^{10}Be AMS standards. *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B* 258:403-413.
- SALGADO-LABOURIAU M.L., M.L. SCHUBERT & S.J. VALASTRO. 1977. Paleoecologic analysis of a Late Quaternary terrace from Mucubají, Venezuelan Andes. *Journal of Biogeography* 4:313-325.
- SCHUBERT C. 1974. Late Pleistocene Merida Glaciation, Venezuelan Andes. *Boreas* 3:147-151.
- SCHUBERT C. & C.M. CLAPPERTON. 1990. Quaternary Glaciations in the northern Andes (Venezuela, Colombia and Ecuador). *Quaternary Science Reviews* 9:123-135.
- SCHUBERT C. & M. RINALDI. 1987. Nuevos datos sobre la cronología del estadio tardío de la Glaciación Mérida, Andes Venezolanos. *Acta Científica Venezolana* 38:135-136.
- STANSELL N.D., M.B. ABBOTT, P.J. POLISSAR, A.P. WOLFE, M. BEZADA & V. RULL. 2005. Late Quaternary deglacial history of the Mérida Andes, Venezuela. *Journal of Quaternary Science* 20(7-8):801-812.
- STONE J.O. 2000. Air pressure and cosmogenic isotope production. *J. Geophys. Res.* 105:23753-23759.
- WESNOUSKY S.G., R. ARANGUREN, M. RENGIFO, L.A. OWEN, M.W. CAFFEE, M. KRISHNA MURARI & O.J. PÉREZ. 2012. Toward quantifying geomorphic rates of crystal displacement, landscape development, and the age of glaciation in the Venezuelan Andes. *Geomorphology* 141-142:99-113.

Tabla 2: Información cronológica de rasgos geomorfológicos del área de estudio publicada: Mesa del Caballo, Valle de Mucubají y morrenas de Los Zerpa y La Victoria.

Muestra	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Información de las muestras	Edades			Referencia	
					Método	Valor	Error -		Error +
	°N	°W	m.s.n.m.		ka				
Ped 5-3 VI	8.78	70.84	3500	Capa de turba - Mesa del Caballo	¹⁴ C unCal. BP	60,24	2,84	2,84	Mahaney et al., 2001
Ped 5-3 VII Top	8.78	70.84	3500	Capa de turba - Mesa del Caballo	¹⁴ C unCal. BP	58,35	2,79	2,79	Mahaney et al., 2001
Ped 5-3 VII Middle	8.78	70.84	3500	Capa de turba - Mesa del Caballo	¹⁴ C unCal. BP	>64.64	0	0	Mahaney et al., 2001
Ped 5-3 VII Bottom	8.78	70.84	3500	Capa de turba - Mesa del Caballo	¹⁴ C unCal. BP	>63.48	0	0	Mahaney et al., 2001
Ped 5-3 VII Top	8.78	70.84	3500	Capa de turba - Mesa del Caballo	¹⁴ C unCal. BP	56,94	2,26	2,26	Mahaney et al., 2001
PED 5	8.78	70.84	3500	Capa de turba - Mesa del Caballo	¹⁴ C cal. BP	22.75 - 19.96	1.04 - 0.27	1.14 - 0.28	Schubert and Rinaldi, 1987

Tabla 2: Información cronológica de rasgos geomorfológicos del área de estudio publicada: Mesa del Caballo, Valle de Mucubají y morrenas de Los Zerpa y La Victoria. (Continuación)

Muestra	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Información de las muestras	Edades			Referencia	Edades modificadas		
					Método	Valor	Error -		Error +	Valor	Error
	°N	°W	m.s.n.m.			ka			ka		
CAMS-104915	8,784	70,82	3615	Macrofósiles acuáticos	¹⁴ C cal. BP	15,73	0,207	0,195	Stansell et al., 2005		
0	8.78	70.82	3650	Sedimentos de terrazas de Mucubají	¹⁴ C cal. BP	14,88	0,25	0,25	Salgado-Labouriau et al., 1977		
0	8.78	70.82	3650	Sedimentos de terrazas de Mucubají	¹⁴ C cal. BP	13,83	0,1	0,1	Salgado-Labouriau et al., 1977		
MUM 7B	8.77	70.81	3800	Aluvión orgánico	¹⁴ C cal. BP	13,29	0,22	0,19	Mahaney et al., 2008		
MUM 7B	8.77	70.81	3800	Turba	¹⁴ C cal. BP	13,64	0,15	0,22	Mahaney et al., 2008		
MUM 7B	8.77	70.81	3800	Turba	¹⁴ C cal. BP	13,66	0,44	0,36	Mahaney et al., 2008		
CAMS-104914	8,784	70,82	3615	Turba	¹⁴ C cal. BP	6,28	0,063	0,021	Stansell et al., 2005		
VEN 19	8,8141	70,8006	3255	Bloque de Gneiss de Morrena La Victoria	¹⁰ Be	18,6	4,1	4,1	Wesnousky et al., 2012	15,8	3,4

Tabla 2: Información cronológica publicada de rasgos geomorfológicos del área de estudio: Mesa del Caballo, Valle de Mucubají y morrenas de Los Zerpa y La Victoria. (Continuación)

Muestra	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Información de las muestras	Edades			Referencia	Edades modificadas		
					Método	Valor	Error -		Error +	Valor	Error
	°N	°W	m.s.n.m.			ka			ka		
VEN 23	8,8139	70,7993	3243	Bloque de Metagranito de Morrena La Victoria	^{10}Be	15,1	1,4	1,4	Wesnousky et al., 2012	13,0	1,2
VEN 25	8,8121	70,7881	3115	Bloque de Gneiss de Los Zerpa	^{10}Be	17,7	2,1	2,1	Wesnousky et al., 2012	15,2	1,7
VEN 26	8,812	70,7873	3104	Bloque de Gneiss de Los Zerpa	^{10}Be	15	2	2	Wesnousky et al., 2012	12,9	1,7
VEN 27	8,8117	70,7875	3105	Bloque de Gneiss de Los Zerpa	^{10}Be	17,8	1,6	1,6	Wesnousky et al., 2012	15,1	1,4
VEN 28	8,8118	70,7873	3106	Bloque de Gneiss de Los Zerpa	^{10}Be	16,9	1,7	1,7	Wesnousky et al., 2012	14,6	1,4