



Datación de estructuras monticulares por OSL/TL

Christopher Duarte*, **Roberto Bracco Boksar****, **Daniel Panario***, **Marcos Tassano*****, **Mirel Cabrera*****, **Andreina Bazzino****** y **Laura del Puerto*******

* Unidad de Ciencias de Epigénesis (UNCIEP), Facultad de Ciencias, Universidad de la República (UdelaR). christopherduarte1@gmail.com, daniel.panario@gmail.com

** Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UdelaR / Laboratorio 14C, Ministerio de Educación y Cultura - Facultad de Química, UdelaR / Centro Universitario Regional del Este (CURE). braccoboksar@montevideo.com.uy

*** Laboratorio de Radioquímica, Centro de Investigaciones Nucleares, Facultad de Ciencias, UdelaR. tassanom@gmail.com

**** Equipo técnico Proyecto RLA0058-AIEA. andre_6bazz@hotmail.com

***** CURE, UdelaR. lau2phy@yahoo.com

Recibido 05 de Junio de 2017, aceptado para su publicación 02 de Agosto de 2017.

Palabras Clave:

Arqueología de la laguna Merín;
Montículos;
Datación por luminiscencia.

Keywords:

Merín lagoon archeology;
Mounds;
Luminescence dating.



Los trabajos publicados en esta revista están bajo la licencia Creative Commons Atribución - No Comercial 2.5 Argentina.

RESUMEN

En este trabajo se presentan las primeras dataciones TL y OSL hechas a partir de concreciones de tierra quemada procedentes de estructuras monticulares. Las muestras se tomaron de la estructura monticular 10 del sitio Garcia Ricci, ubicado en el Bañado de la India Muerta, cuenca de la Laguna Merín, este del Uruguay. Se exponen los procedimientos seguidos en la toma de muestras, procesamiento de laboratorio y medición. Se analiza la consistencia de los datos obtenidos por las dos técnicas y con cronologías ^{14}C de la misma estructura monticular como asimismo de los que se disponen para manifestaciones arqueológicas similares de la región. A la luz de los resultados se evalúa la potencialidad de ambas técnicas para mejorar el abordaje de las estructuras monticulares, particularmente en aquellos aspectos culturales que tuvieron como eje la dimensión temporal.

ABSTRACT

This work presents the first TL and OSL dating made from concretions of burned earth. The samples were taken from a mound of the Garcia Ricci site, located in the Bañado de la India Muerta, Laguna Merín basin, eastern of Uruguay. We expose the procedures followed in sampling, laboratory processing and measurement and then analyze the consistency of the data obtained by the two techniques as well as with ^{14}C chronologies of the same mound and mounds of the region. In light of the results, the potential of both techniques is evaluated to improve the approach to the sites with mounds, particularly in those cultural aspects that were based on the temporal dimension.

INTRODUCCIÓN

La Cuenca de la Laguna Merín se caracteriza por la presencia de estructuras monticulares (EMs), también conocidas como “cerritos de indios” o “aterros”. Estas construcciones en tierra son la manifestación arqueológica prehistórica más sobresaliente de la región (ver entre otros Bracco *et al.* 2000a; Cabrera 2013; Iriarte *et al.* 2000; López 2001; Milheira *et al.* 2014a, 2014b; Schmitz 1976, 1981). Las EMs desde el inicio de su investigación, hacia fines del siglo XIX, fueron objeto de diversas interpretaciones funcionales que oscilaron principalmente entre estructuras funerarias, estructuras rituales y plataformas de habitación, las cuales en algunos casos habrían conformado aldeas (ver Bauza 1895; Ferres 1927; Figueira 1892; Schmitz 1976; Schorr 1975). Un importante salto en su investigación se produce a partir de 1980, cuando en el sector sur de Uruguay se inician extensos relevamientos y excavaciones arqueológicas sistemáticas (ver entre otros Bracco

et al. 2000a; Bracco y Ures 1999, 2001; Cabrera 1999; Curbelo *et al.* 1990; Femenías *et al.* 1991; López 1995, 2001; López y Bracco 1992, 1994). Durante este período se precisa la cronología de este particular fenómeno cultural a través de un número significativo de dataciones ^{14}C (Bracco 2008; Bracco y Ures 1999, 2001). Estos datos evidenciaron tres aspectos relevantes. Por una parte, mostraron que las EMs comienzan a elevarse en un período muy temprano, ca 5.5 ka ^{14}C AP, por lo menos en la zona de India Muerta, la cual ya había sido señalada por el padre Schmitz (1981) como el centro de dispersión regional de este fenómeno cultural. En segundo término, las cronologías de las EMs ubicadas en diferentes sectores del paisaje, señalaron que correspondían a períodos diferentes (Bracco *et al.* 2015). Por último, las dataciones de una misma EM evidenciaron que estas fueron elevadas en forma continua, a escala secular, a lo largo de siglos y en algunos casos milenios (Bracco 2006; Bracco y Ures 1999, 2001). La constatación

de dicho patrón de crecimiento y particularmente los tiempos involucrados, produjo una necesaria revisión de algunas de sus interpretaciones, por lo menos en sus versiones más extremas. No aparece como verosímil que construcciones planificadas involucren siglos, cuando no milenios en su consecución (Bracco *et al.* 2015).

Lo señalado pone de manifiesto la relevancia de la dimensión temporal para poder interpretar las EMs. Disponer de una técnica de datación complementaria al ^{14}C permite verificar y profundizar en su cronología y particularmente en las dimensiones culturales que se desarrollan en el tiempo y que son las que dan cuenta de sus ritmos de elevación, dispersión y permanencia. En este trabajo se presentan una serie de dataciones TL/OSL de una de las EM que componen el sitio García Ricci, ubicado en el Bañado de la India Muerta, departamento de Rocha, Uruguay. Analizamos su consistencia así como la potencialidad de las técnicas en la producción de datos relevantes para la problemática de las EMs de las tierras bajas sudamericanas.

PRINCIPIOS DE DATACIÓN POR TL/OSL

Las técnicas de datación absolutas TLD (*Thermoluminescence Dating*) y OSL (*Optically Stimulated Luminescence Dating*) permiten datar aquellos materiales que presentan una red cristalina en su estructura a partir de la intensidad de su señal luminiscente, la cual se genera por haber acumulado energía a lo largo del tiempo. La diferencia entre ambas técnicas radica en que en un caso la señal luminiscente se induce estimulando el mineral con luz (OSL), mientras que en el otro la estimulación es con calor (TLD) (Aitken 1974, 1985, 1997, 1998; Murray y Olley 2002; Shrestha 2013). Ambas técnicas tienen ventajas sobre otras como por ejemplo el ^{14}C , por tener rangos más amplios de datación y ser aplicables a materiales que son mucho más abundantes que los restos orgánicos (Aitken 1985), como ser cuarzo y feldespato, los dos minerales más abundantes de la litosfera.

Al quedar sepultado los minerales reciben radiación de fondo. Esta proviene de la radiación cósmica y

de los isotopos inestables, principalmente el ^{238}U , ^{232}Th y ^{40}K , que se encuentran en el sedimento circundante. La radiación causa que algunos electrones sean desplazados de su posición en la red cristalina y queden atrapados en "trampas", defectos presentes en esta última. Cuando el mineral es expuesto a luz o calor se liberan los electrones que estaban retenidos en las trampas, emitiendo energía en forma de luz; en consecuencia se borra su registro luminiscente (reinicio del reloj a cero). Este proceso se conoce como blanqueo (*bleaching*). Se puede producir por causas naturales o por acción humana. Por ejemplo, el blanqueo por luz de los minerales que componen una partícula de limo o arena se da durante su transporte por acción del viento o del agua. El blanqueo por calentamiento puede ser por vulcanismo o por exposición intencional al calor, como por ejemplo durante la cocción de un cerámico o el tratamiento térmico al cual es sometida la materia prima para mejorar sus cualidades de talla. Una vez que el mineral queda nuevamente enterrado comienza de nuevo a almacenar energía. La cantidad de energía acumulada –paleodosis– es proporcional a la intensidad y al tiempo de exposición a la radiación de fondo. Si se mide la paleodosis y la dosis anual (cantidad de radiación de fondo/año) se puede determinar el tiempo que ha transcurrido desde que el mineral se blanqueo por última vez (Aiken 1985, 1997).

La paleodosis se calcula comparando la señal luminiscente natural de una muestra con la señal obtenida luego de haberla irradiado con una dosis conocida. En sí lo que se obtiene es la magnitud de una "dosis equivalente" a la paleodosis. Los dos métodos más usados para obtener la paleodosis-dosis equivalente son el método aditivo y el método regenerativo. En el primero, una serie de alícuotas de la muestra, sin borrar su señal natural, es irradiada con una dosis conocida (adicionando más radiación a la que ha estado expuesta naturalmente). Luego, se estimulan con luz o calor, y a partir de los datos de intensidad lumínica que se obtienen para las distintas dosis se construye una función de regresión. Por extrapolación se estima la dosis equivalente (Figura 1). En el método regenerativo una serie de alícuotas preparadas a

partir de la muestra son blanqueadas, se borra la señal natural exponiéndolas a la luz o calor (se lleva a cero su registro luminescente). Luego, se procede a su irradiación a diferentes dosis y al igual que en el método anterior se construye a partir de las intensidades luminescentes correspondientes a las diferentes dosis una función de regresión. En forma paralela se miden la señal natural a partir de una serie de alícuotas de la muestra no blanqueada. Por interpolación se calcula la dosis equivalente (Figura 2).

Para determinar la dosis equivalente en un sedimento o cerámica se puede utilizar tanto la fracción limo como arena. En el primer caso la muestra será polimineral, compuesta principalmente de cuarzo y feldespato. En el segundo, a través de la separación mecánica de la fracción arena, un ataque con HF y separación por densidad, se obtiene una muestra compuesta prácticamente en su totalidad por cuarzo (monomineral).

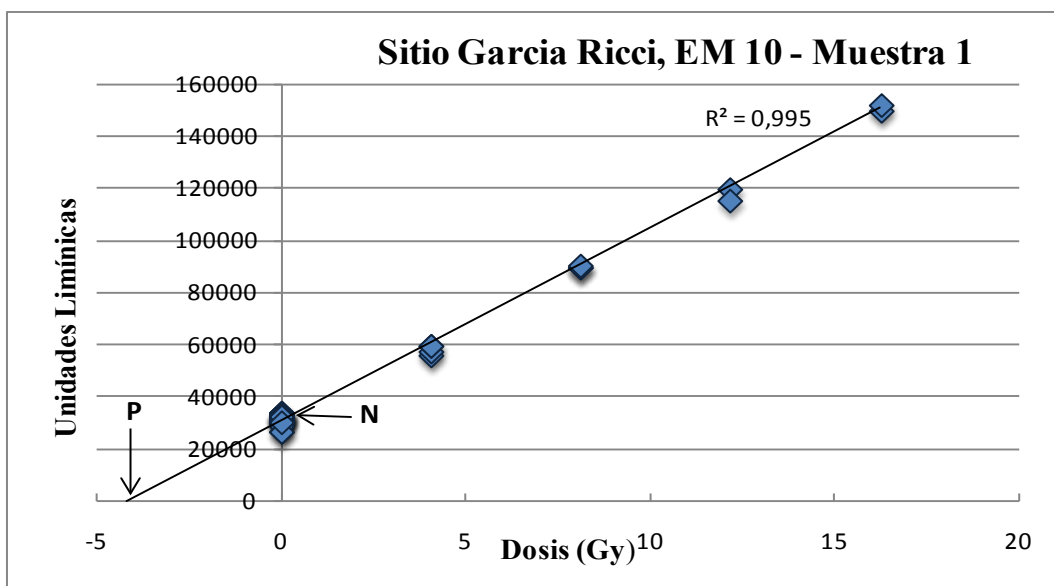


Figura 1. Ejemplo determinación de la paleodosis por el método aditivo. N = señal natural, P=dosis equivalente.

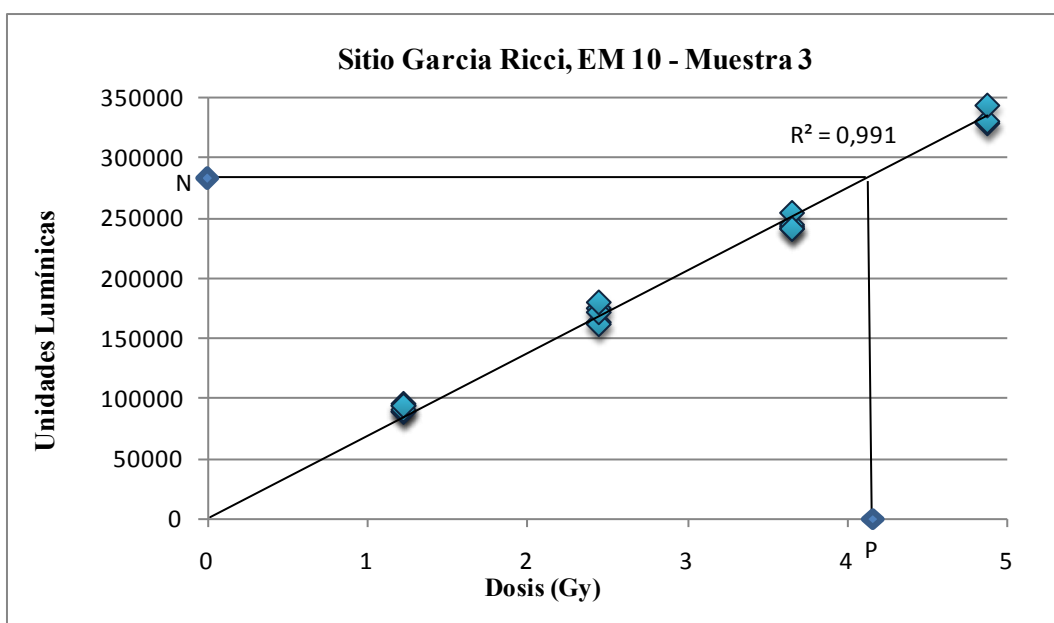


Figura 2. Ejemplo de interpolación para determinar la dosis equivalente (P) por el método regenerativo. N = señal natural, P= dosis equivalente

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras datadas proceden del sitio García Ricci (33° 38.427'S - 54°4.891'O) que se ubica en la margen derecha del arroyo de la India Muerta, en el centro del departamento de Rocha (Uruguay) en la región de India Muerta - Paso Barrancas (Figura 3). Se emplaza en una paisaje en el cual domina “una matriz de tierras que se inundan en forma permanente o temporaria” (PROBIDES 1999:55), caracterizada por geformas planas, con un desarrollo sedimentario profundo, texturas medias, drenaje lento, con hidromorfismo intermitente y pH alcalino (Panario *et al.* 2015). El sistema fluvial está conformado por cursos anastomosados (Bracco *et al.* 2015). El clima actual de la región es templado con tendencia subtropical. La temperatura media anual es de 16° C. La amplitud térmica anual y diaria es moderada por la proximidad del océano. Los acumulados anuales de precipitación

se sitúan entre 1.123 y 1.293mm, sin una clara preponderancia estacional (PROBIDES 2009).

En la región de India Muerta - Paso Barranca, en un área de 900 km², se identificaron 174 sitios que integran aproximadamente 600 estructuras monticulares. Es el espacio de llanuras del sector sur de la cuenca con mayor concentración de sitios con estructuras monticulares y donde también se hallan los más altos y las más antiguos hasta hoy reportados (Bracco *et al.* 2015). Las cronologías ¹⁴C indican que la gran mayoría fueron elevadas entre el 4.500 y el 2000 ¹⁴C AP (3209 – 6 Cal BC (Reimer *et al.* 2013) aunque dos presentan en su base edades de *ca* 5300 a Cal BC (ver Bracco *et al.* 2015: tabla 1).

El sitio García Ricci está compuesto por 10 EMs, de las cuales dos superan los 4 metros de altura, dos los 3 metros y las restantes son inferiores a los dos metros (Figura 4).

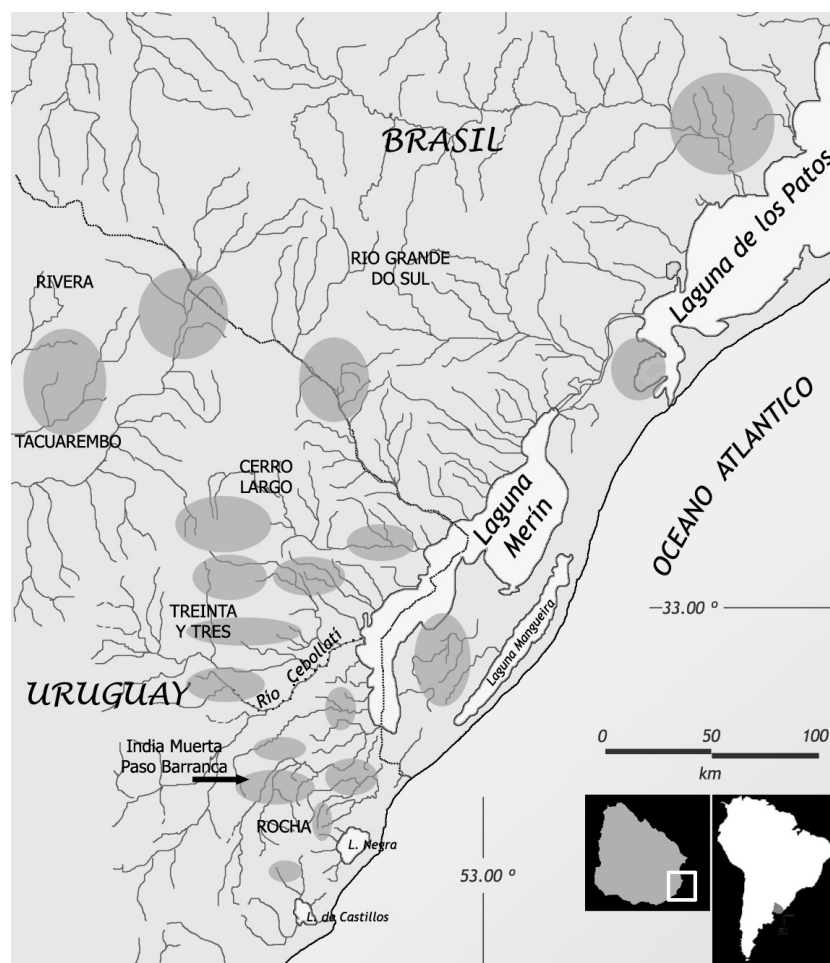


Figura 3. Distribución de sitios con estructuras monticulares para Sur de Brasil y Este de Uruguay. Se indica la ubicación de la región India Muerta-Paso Barranca.



Figura 4. Imagen satelital del sitio García Ricci. Los círculos indican el emplazamiento de las estructuras monticulares.

Hasta hoy se han muestreado para análisis geoquímicos y datación las dos más altas, dos de aproximadamente 1,5 metros y seis puntos de la planicie circundante¹. Para el muestreo se utilizó un *Signature Series Basic Soil Sampling Kit (AMS Samplers)*, tomándose desde la cima hasta la base de las EM sucesivas muestras verticales no perturbadas, encamisadas en tubos de PVC de 15 cm de largo. Las destinadas para ser datadas por TL/OSL fueron extraídas del cabezal del muestreador dentro de bolsas de nylon negras, preservándolas de la exposición a la luz hasta que llegaron al laboratorio.

La fracción de la matriz sobre la cual se planteó las dataciones por TL/OSL es “tierra quemada”, la cual corresponde a fragmentos de sedimento que llegan a alcanzar más de cinco centímetros en su dimensión mayor y que muestran claras evidencias de alteración térmica (color, dureza) en todas sus caras (Figura 5). En algunos casos la presencia de galerías en dichos fragmentos prueba que se partió de trozos de hormigueros o termiteros, material ya cementado (Bracco *et al.* 2000b). En las EMs de India Muerta-Paso Barranca la tierra quemada

corresponde prácticamente a la totalidad de la fracción grava de la matriz (no considerando los artefactos). En el caso de la EM 10 del sitio García Ricci su abundancia alcanza 25-30%.

La tierra quemada junto a niveles cenizos, fragmentos de carbón, carbonilla son claras evidencias de intenso uso del fuego. La baja frecuencia de hallazgo de fogones estructurados señalaría agentes o actividades que los desestructuraron o combustiones en áreas muy extensas y poco delimitadas -y quizás más probable, en función a la dispersión de los vestigios-. La presencia de este rasgo ha sido observada para estructuras similares ubicadas en regiones próximas. Castiñeira y colaboradores (2013, 2014) lo reportan para la localidad arqueológica Los Tres Cerros y Los Marinos, Delta del río Paraná.

SELECCIÓN Y TRATAMIENTO DE MUESTRAS

Las muestras datadas proceden de las tomas hechas a 78; 162; 246; 339; 378 y 428 cm de profundidad para la EM 10 del sitio². Las mismas fueron procesadas en el Laboratorio de Luminiscencia de Facultad de Ciencias, Universidad de la República. En primer lugar, bajo luz apropiada, se procedió a la extracción del sedimento de los tubos de PVC, eliminándose 1 cm de cada extremo

¹ Estos muestreos se hicieron en el marco del proyecto “Uso de Técnicas Nucleares en la Preservación, Conservación y Caracterización de Bienes Culturales (ARCAL RL058, 2016-17)”, Sub-proyecto “Caracterización Geoquímica de las EM del Sitio García Ricci”.

² El “cero” corresponde al punto más alto de la EM.

ya que ambas caras quedaron expuestas a la luz durante su extracción. Luego, para separar las concreciones de tierra quemada del sedimento, se colocó la muestra en baño de ultrasonido con agua destilada, durante 20 minutos. Posteriormente, se tamizó (500 μm) y se seleccionaron las concreciones de mayor tamaño. Obtenidos diez gramos, se molieron con mortero de mano, en forma muy suave, para evitar el fenómeno de triboluminiscencia. Posteriormente se defloculó agregando 600 ml de hexametáfosfato de sodio al 0,5% y dejándola en ultrasonido durante 30 minutos. Para la eliminación del hexametáfosfato se dejó reposar 1 hora 20 minutos en probeta enrasada con agua destilada a 1.000 cc y se descartó el sobrenadante. Esta operación se repitió dos veces. Posteriormente, se procedió al secado en estufa a 60°C por 24 horas. Una vez seca, se eliminó materia orgánica con 50ml H_2O_2 , 100v, por 24hs a 40°C. Pasadas las 24 hs se procedió a la eliminación del H_2O_2 de la misma forma que se hizo con el hexametáfosfato. Después se separaron las fracciones arena y limo utilizando un tamiz de 63 μm . Para eliminar los carbonatos, en la fracción limo, se hizo un ataque ácido (HCl 38%, 15 minutos). Una vez transcurrido el tiempo

se procedió a neutralizar por sucesivos lavados dejando decantar 1 hora 20 minutos entre ellos. Ulteriormente, se pasó a extraer la fracción limo a medir. Se colocó la muestra en probeta de 1.000 ml y se enrasó con agua destilada, se agitó enérgicamente. Se trasvasó rápidamente a tubos de 200 ml. En ellos se dejó decantar tres minutos a 25°C y se extrajeron por succión los primeros cinco centímetros. Dicha extracción separó un tamaño de partícula en el rango de limo medio. A continuación, se dejó en estufa a 40°C por 48 horas. Una vez seca se pesaron 180 mg de la muestra procesada y se colocaron en una mezcla de 100 ml de agua destilada y alcohol metílico (3:7). Bajo agitación continua y con una pipeta automática se cargaron dos mililitros de la muestra en suspensión en 64 tubos de vidrio de fondo plano, de 1,2 cm de diámetro por 3,5 cm de altura. En cada uno previamente, se había colocado en su fondo un disco de aluminio de 1 cm de diámetro. Una vez que los tubos se encontraron cargados se dejaron en estufa a 40°C, para que la muestra decantara sobre los discos y se evaporara la mezcla de agua /alcohol; quedando pronta las alícuotas para su medición.

A la fracción mayor a 63 μm se le atacó con

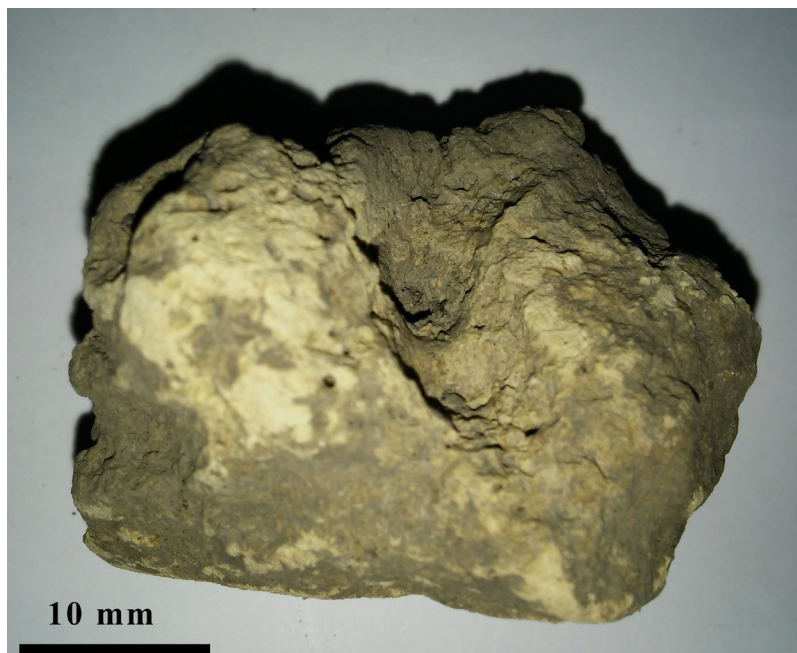


Figura 5. Concreción de tierra quemada procedente del sitio García Ricci.

HF 30% durante una hora, con el objetivo de eliminar feldespatos y la parte externa de los granos de cuarzo. Luego de transcurrido el tiempo, se realizaron sucesivos lavados con agua destilada hasta neutralidad. y se agregó HCl 38% dejándolo actuar diez minutos con el objetivo de eliminar fluoruros producidos en el paso anterior. Transcurrido el tiempo, se procedió a la eliminación del HCl por sucesivos lavados con agua destilada. Se dejó en estufa a 40°C hasta sequedad. Por último, se procedió a la separación mediante líquido denso, con el fin de obtener solo granos de cuarzo para la medición. La separación se realizó con heteropolitugstenato de litio (LST™) a densidades de 2,75 g/ml y 2,63 g/ml. Una vez finalizado el paso anterior y estando la muestra seca se procedió a su montaje para la medición, sobrediscos de acero inoxidable de 1 cm de diámetro utilizando siliconas como adherente.

MEDICIÓN

Para obtener las medidas TL y OSL se utilizó un equipo Daybreak™ 1100. Para las irradiaciones se empleó un irradiador Daybreak™ Modelo 801 E *Multiple Sample Irradiator* equipado con una fuente beta de ⁹⁰Sr (1Gy= 24,3 segundos/2016).

Para todas las muestras correspondientes a los niveles seleccionados se determinó su dosis equivalente TL a partir de la fracción fina (limos) y su dosis equivalente OSL para la fracción mayor a 63 μm (arenas). Asimismo, se ensayó la técnica de OSL, también a partir de la fracción limos, en tres de las muestras medidas por TL (Tabla 5).

TL fracción fina

Para la medición TL se utilizaron 64 alícuotas. Cuatro se destinaron para determinar la temperatura y tiempo de precalentamiento. Luego de determinados dichos parámetros, se procedió a la medición a través del método de *Multiple Aliquot Aditive Dose* (MAAD), corrigiéndose supralinealidad a través del método *Multiple-Aliquot Regeneration Dose* (MARD) (Vandenberghe 2003-2004). Las condiciones de medición se presentan en la tabla 1.

Las alícuotas blanqueadas no fueron descartadas sino que fueron utilizadas para corregir supralinealidad (Aitken 1985).

Desde la irradiación a la medición las alícuotas se dejaron reposar durante 10 días para estabilizar su señal. La región del espectro que se utilizó para determinar la dosis equivalente se selecciono

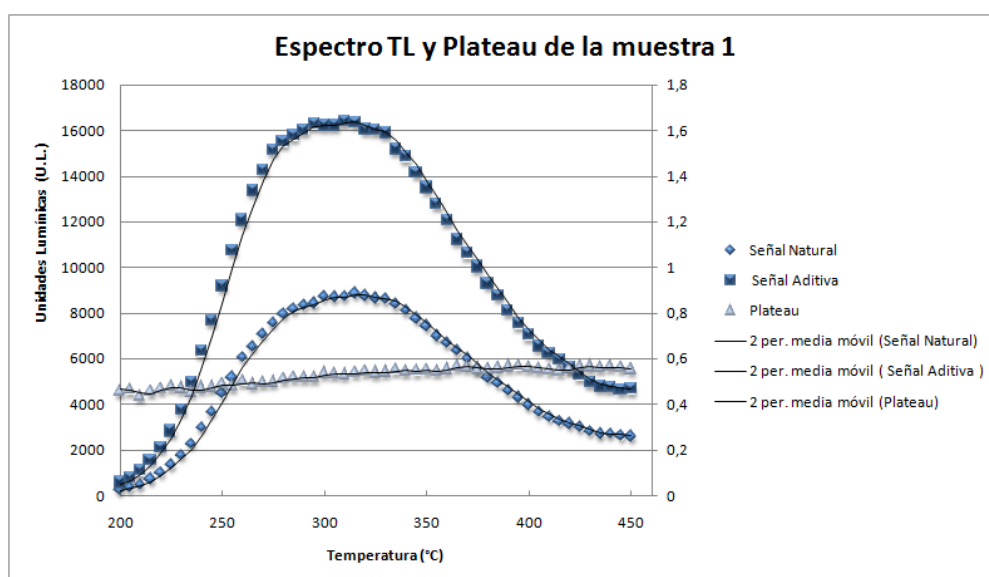


Figura 6. La plateau permite determinar donde los espectros naturales e irradiados tienen la misma forma, indicando que nos encontramos midiendo las mismas trampas. Para ubicarla se divide la señal natural por la señal aditiva y graficar el resultado en función de la temperatura. De esta forma la plateau se manifiesta en aquellos puntos contiguos que se encuentran paralelos al eje de abscisas (Aitken 1974). En el caso de la muestra 1 la plateau fue ubicada en el rango de temperatura que va desde los 335°C a los 350°C.

Medición TL MAAD Fracción Limo				
	N° Alicuotas	Pre calentamiento	Máx. Temp. de estimulación	Rampa
Natural	24	220°C x 10 segundos	450°C	10°C/s
Irradiadas	24*	220°C x 10 segundos	450°C	10°C/s
Irradiación	4,12; 8,23; 12,35; 16,46 Gray *6 alicuotas por escalón			

Tabla 1. Parámetros de medición TL MAAD fracción limo.

Medición OSL MAAD Fracción Limo				
	N° Alicuotas	Pre calentamiento	Temp. de estimulación	Tiempo de medición
Natural	12	220°C x 10 segundos	125°C	45 segundos
Irradiadas	24*	220°C x 10 segundos	125°C	45 segundos
Irradiación	4,12; 8,23; 12,35; 16,46 Gray * 6 alicuotas por escalón			

Tabla 2. Parámetros de medición OSL MAAD fracción limo.

Medición OSL MAAD y MARD Fracción Arena				
	N° Alicuotas	Pre calentamiento	Temp. de estimulación	Tiempo de medición
Natural	6	285°C x 10 segundos	25°C	45 segundos
Irradiadas	16*	285°C x 10 segundos	25°C	45 segundos
Irradiación	1,23; 2,47; 3,29; 4,94 Gray * 4 alicuotas por escalón			

Tabla 3. Parámetros de medición OSL MAAD y MARD fracción arena.

Elemento	Abundancia	σ
²³⁸ U	1,8 ppm	0,054
²³² Th	9,3 ppm	0,279
⁴⁰ K	1,80%	0,002

Tabla 4. Concentraciones de isótopos inestables presentes en el sedimento.

mediante el método de la *plateau* o meseta (Aitken 1974) (ver figura 6).

OSL fracción fina

Para la medición OSL se utilizaron 36 alicuotas de las cuales 12 se destinaron a medir su señal natural. Las condiciones de medición se presentan en la tabla 2.

OSL fracción gruesa

Para todas las muestras se midió por OSL la fracción mayor a 63 μ m. Se utilizaron por cada nivel 26 alicuotas. Luego de determinada la temperatura de pre calentamiento por tanteo, comparando la forma de los espectros naturales con irradiados, se procedió a la medición por los métodos de *Multiple - Aliquot Aditive Dose* (MAAD) o *Multiple - Aliquot Regeneration Dose*

(MARD) indistintamente. Se utilizaron 6 alicuotas para la medición de la señal OSL natural. Los parámetros de medición se presentan en la tabla 3. Cuando se aplicó el método MARD, el blanqueo se realizó dejando las alicuotas directamente expuestas a la luz solar durante 30 minutos. La concentración de ²³⁸U, ²³²Th y ⁴⁰K, presente en el sedimento fue determinada por espectrometría gamma, en el Centro de Investigaciones Nucleares de la Universidad de la República. En la tabla 4 se presentan los resultados.

RESULTADOS

El cálculo de la edad se realizó siguiendo a Adamiec y Aitken (1998). En la tabla 5 se exponen los resultados obtenidos. En la tabla 6 se presentan edad ¹⁴C convencional y calibrada obtenida a partir de materia orgánica procedente de los niveles

N° de muestra	Prof. (cm.)	Técnica	Método	Fracción	Dosis equiv. Gy	σ	Edad a.C.	σ	Edad Ponderada a.C.	σ
										Ponderado
6	428	TL	MAAD	Limo	177,29	19,5	2.185	400		
6	428	OSL	MARD	Arena	95,76	4,97	1.726	228	1.643	120
6	428	OSL	MAAD	Arena	92,84	2,06	1.612	141		
5	378	OSL	MARD	Arena	97,76	5,58	1.664	239	1.822	190
5	378	OSL	MARD	Arena	109,9	8,03	2.121	328		
5	378	TL	MAAD	Limo	171,33	14,73	1.869	343		
4	339	TL	MAAD	Limo	162,78	15,56	1.798	373	1.922	275
4	339	TL	MAAD	Limo	174,51	17,1	2.073	410		
4	339	OSL	MARD	Arena	84,83	4,03	1.269	187		
3	246	TL	MAAD	Limo	160,69	16,03	1.718	381		
3	246	OSL	MAAD	Limo	170,24	13,21	1.940	318	1.709	145
3	246	OSL	MARD	Arena	95,29	3,03	1.648	164		
2	162	TL	MAAD	Limo	149,45	14,06	1.462	335		
2	162	OSL	MAAD	Limo	141,29	4,33	1.272	122	1.283	110
2	162	OSL	MARD	Arena	86,01	7,84	1.364	326		
1	78	TL	MAAD	Limo	119,48	13,69	831	332		
1	78	OSL	MAAD	Limo	109,47	11,11	593	270	593	270
1	78	OSL	MARD	Arena	57,31	2,97	236	137		

Tabla 5. Resultados de las dataciones obtenidas sobre tierra quemada del cerrito García Ricci 10. En celeste datos atípicos; en turquesa dataciones OSL. La media ponderada se calculó ponderando cada dato con su error.

$$\text{El error se calculó } \sigma = 1/\sqrt{(1/\sigma_A^2 + 1/\sigma_n^2)}$$

Prof. cm	Edad 14C convencional	# Laboratorio	Edad Cal (2σ)BP	Edad Cal (2σ)BC	P
414	3.680±30	Beta 458464	3.850-4.011	2.062-1.901	0,822
			4.028-4.083	2.134-2.079	0,178

Tabla 6. Edad ¹⁴C convencional y calibrada obtenida a partir de materia orgánica procedente de los niveles inferiores de la EM 10.

inferiores de la EM 10.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los datos producidos por ambas técnicas (TL y OSL) a partir de diferentes fracciones obtenidas de las concreciones de tierra quemada, se presentan como estadísticamente no diferenciables, para cada uno de los niveles, a excepción de dos dataciones OSL, una procedente del nivel 239cm y la otra del nivel 78,5cm. Asimismo excepto en un nivel (246cm) los valores centrales de las dataciones OSL son más recientes que los valores centrales de las dataciones TL. Eliminando los dos datos atípicos, las dataciones se presentan consistentes, siendo más antiguos los más profundos y más recientes los más superficiales. Los valores atípicos pueden ser la consecuencia entre otros factores, de procesos tafonómicos (por ejemplo

acción de cavadores) o de variaciones puntuales en la intensidad de la radiación de fondo, ocasionada por la heterogeneidad de la matriz. Observando las cronologías obtenidas a partir de dataciones ¹⁴C para la EM10 y para las EMs de la región, todas las edades OSL-TL son consistentes y caen dentro del lapso esperado. Asimismo, manifiestan un comportamiento coherente con el “Modelo de Crecimiento Continuo”, el cual se propuso para las estructuras monticulares de la región este del Uruguay a partir de dataciones ¹⁴C (Bracco 2006; Bracco y Ures 1999, 2001). Ajustándose mejor al modelo las dataciones TL que las OSL (Figura 7), aunque estarían evidenciando cambios en los ritmos de crecimiento, lo cual hasta ahora no se había vislumbrado. Un crecimiento más acelerado al inicio, hasta que alcanzó aproximadamente 200 cm de altura, para luego enlentecerse. El

reconocimiento de estos cambios de ritmo no se le puede acreditar directamente a las bondades de las técnicas, sino a densidad de datos. Aunque sí consideramos costos, pasa a ser una ventaja de la técnica al momento de construir cronologías densas.

De acuerdo a lo expuesto se puede concluir que el uso de ambas técnicas con sus posibles variaciones, aplicadas a las concreciones de tierra quemada se presenta como una vía independiente en la construcción de cronologías para los sitios con estructuras monticulares. Ello ofrece la

ventaja de poder trabajar con datos independientes (producidos por diferentes técnicas) y controlar ciertos problemas que pueden presentar algunas de las muestras más frecuentemente datadas por ^{14}C (muestras pequeñas de carbón o materia orgánica) como ser contaminación o desplazamiento vertical ocasionado por animales. Este es un problema particularmente importante en los planteos de investigación que no integran excavaciones extensas, sino que utilizan técnicas de muestreo menos invasivas y más puntuales.

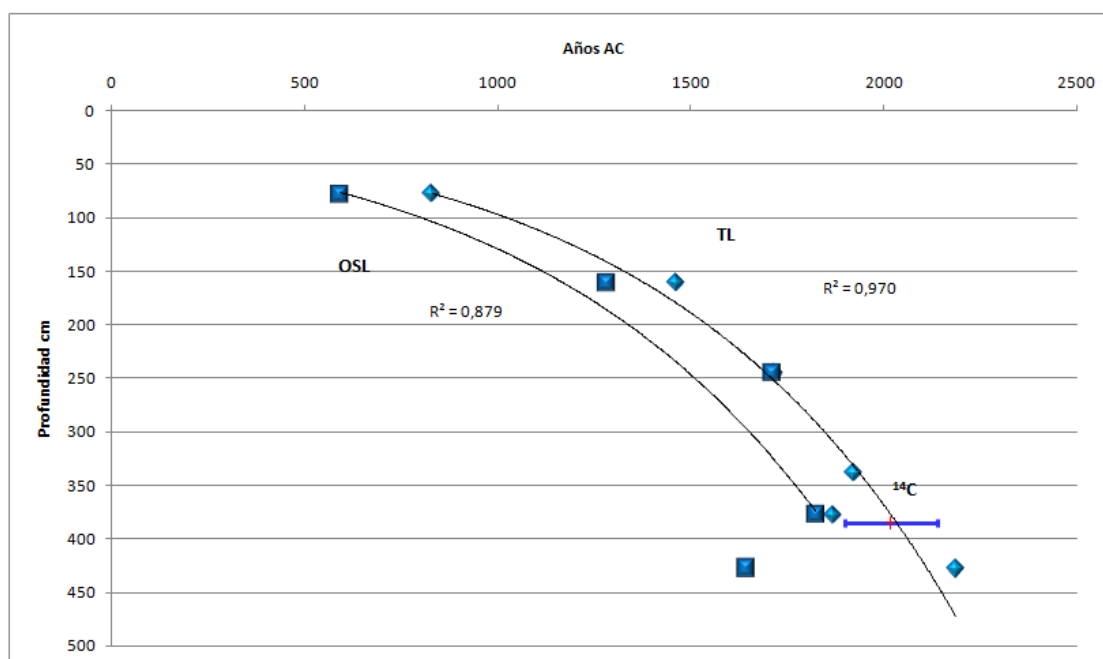


Figura 7. Ajuste de los datos centrales de las dataciones TL - OSL/Profundidad-Edad ^{14}C .

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del sub proyecto “Uso de Técnicas Nucleares en la Preservación Conservación y Caracterización de Bienes Culturales (ARCAL RL058, 2016-17)”, Sub-proyecto “Caracterización Geoquímica de las EMs del Sitio García Ricci”. Agradecemos a Ofelia Gutierrez y a Joaquín Mazarino quienes participaron en las etapas de muestreo.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAMIEC, G. y M. AITKEN
1998. Dose-rate conversion factors: update. *Ancient TL*, 16 (2): 37-50.
- AITKEN, M. J.
1974. *Physics and Archaeometry*. Oxford University Press, London.
1985. *Thermoluminescence Dating*. London Academic Press.
1997. Luminescence Dating. En: *Chronometric Dating in Archaeology*, editado por R. Taylor y M.

- Aitken, pp. 183-216. Springer Science + Business Media, New York.
1998. *An Introduction to Optical Dating*. Oxford University Press, Oxford.
- BAUZÁ, F.
1895. *Historia de la Dominación Española en Uruguay*. Tomo I. Libro 1. Barreiro y Ramos, Montevideo, Uruguay.
- BRACCO, R.
2006. Montículos de la cuenca de la laguna Merín: tiempo, espacio y sociedad. *Latin American Antiquity*, 17 (4): 511-540.
- BRACCO, R.; L. CABRERA y J. M. LÓPEZ
- 2000a. La prehistoria de las tierras bajas de la cuenca de la laguna Merín. En: *Arqueología de las Tierras Bajas*, editado por A. Duran y R. Bracco Boksar, pp. 13-38. Ministerio de Educación y Cultura. Uruguay.
- BRACCO, R.; J. R. MONTAÑA; O. NADAL y F. GANCIO
- 2000b. Técnicas de construcción y estructuras monticulares, termiteros y cerritos: de lo arqueológico a lo estructural. En: *Arqueología de las Tierras Bajas*, editado por A. Duran y R. Bracco Boksar, pp. 285-300. Ministerio de Educación y Cultura. Uruguay.
- BRACCO, R.; L. DEL PUERTO y H. INDA
2008. Prehistoria y arqueología de la cuenca de la laguna Merín. En: *Entre la Tierra y el Agua: Arqueología de Humedales de Sudamérica*, editado por D. Loponte y A. Acosta, pp. 1-59. Asociación Amigos del Instituto de Antropología y Pensamiento Latinoamericano (AINA), Buenos Aires.
- BRACCO, R.; H. INDA y L. DEL PUERTO
2015. Complejidad en montículos de la cuenca de la laguna Merín y análisis de redes sociales. *Intersecciones en Antropología*, 16: 271-286.
- BRACCO, R. y C. URES
1999. Ritmos y dinámica constructiva de las estructuras monticulares. Sector Sur de la cuenca de la laguna Merín. Uruguay. En: *Arqueología y Bioantropología de las Tierras Bajas*, editado por J. M. López y M. Sanz, pp. 13-33. Universidad de la República, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Uruguay.
2001. Ritmo y dinámica constructiva de las estructuras monticulares. Sector sur de la cuenca de la laguna Merín. En: *Arqueología Uruguaya Hacia el Fin del Milenio*. Anales del IX Congreso Nacional de Arqueología. Colonia de Sacramento. R.O. U. (1997).
- CABRERA, L.
1999. Funebria y sociedad entre los “constructores de cerritos” del este uruguayo. En: *Arqueología y Bioantropología de las Tierras Bajas*. J. M. López y M. Sanz (Comps.), pp. 63-80. Universidad de la República. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación – Uruguay.
2013. Construcciones en tierra y estructura social en el Sur del Brasil y Este de Uruguay (Ca. 4.000 a 300 a. A.P.). *Techne*, 1: 25-33. <http://revistatechne.org>.
- CASTIÑEIRA, C.; A. BLASI; G. POLITIS; M. BONOMO; L. DEL PUERTO; R. HUARTE; J. CARBONARI; F. MARI y F. GARCÍA-RODRÍGUEZ
2013. The origin and construction of pre-Hispanic mounds in the Upper Delta of the Paraná River (Argentina). *Archaeological and Anthropological Science*, 5: 37-57.
- CASTIÑEIRA, C.; A. BLASI; M. BONOMO; G. POLITIS y E. APOLINAIRE
2014. Modificación antrópica del paisaje durante el Holoceno tardío: las construcciones monticulares en el Delta superior del río Paraná. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71 (1): 33 – 47.
- CURBELO, C.; L. CABRERA; N. FUSCO; E. MARTINEZ; R. BRACCO; J. FEMENINAS y J. M. LÓPEZ
1990. Sitio Ch2D01, área de San Miguel, Departamento de Rocha, R.O. del Uruguay. Estructura de sitio y zonas de actividad. *Revista do CEPA*, (17) 20: 333-344. Santa Cruz do Sul, Brasil.
- FEMENINAS, J.; J. LÓPEZ; E. MARTÍNEZ; N. FUSCO; L. CABRERA; C. CURBELO y R. BRACCO
1991. Tipos de enterramiento en estructuras monticulares en la cuenca de la laguna Merín. *Revista*

- do CEPA, 19:139-155. Santa Cruz do Sul, Brasil.
- FERRES, C.
1927. Los Terremotos de indios. *Revista de la Sociedad Amigos de la Arqueología*, 1: 139-151. Montevideo, Uruguay.
- FIGUEIRA, J. H.
1892. *Los Primitivos Habitantes del Uruguay. El Uruguay en la Exposición Histórico-Americana de Madrid*. Imprenta Artística de Dornaleche y Reyes, Montevideo.
- IBERSIS
2001. *Regulación Hídrica de los Bañados de Rocha*. EVARSA. Informe mecanografiado. Montevideo.
- IRIARTE, J.; I. HOLST; J. LÓPEZ y L. CABRE-
RA
2000. Subtropical wetland adaptation in southeastern Uruguay during the mid-Holocene: an archaeobotanical perspective. En: *Enduring Records: the Environmental and Cultural Heritage of Wetlands*, pp 62-70. Ed. B. Purdy. University of Florida.
- LÓPEZ, J.
2001. Las estructuras tumulares del litoral atlántico uruguayo. *Latin American Antiquity*, 12: 231-251.
- LÓPEZ, J. y R. BRACCO
1992. Relación hombre medio ambiente en las poblaciones prehistóricas de la zona Este del Uruguay. En: *Archaeology and Environment in Latin América*, editado por O. R. Ortiz Troncoso y T. Van der Hammen, pp 259-282. University of Amsterdam.
1994. Cazadores-recolectores de la cuenca de la laguna Merín: aproximaciones teóricas y modelos arqueológicos. En: *Arqueología de Cazadores-Recolectores. Límites, Casos y Aperturas*, editado por J. L. Lanata y L. A Borrero, Arqueología Contemporánea. Edición Especial: 51-64.
- MILHEIRA, R.; D. MARIN; S. ORTIZ; S. CO-
RADI; P. MOTA y C. MÜHLEN
2014a. Escavação arqueológica no cerrito PSG-02-Valverde-02, banhado do Pontal da Barra, Pelotas-RS. Campanha de 2011. *Revista Memória em Rede*, 4: 1-12.
- MILHEIRA, R.; M. PEÇANHA y C. MÜHLEN
2014b. Mapeamento arqueológico dos cerritos da Lagoa do Fragata, Capão do Leão-RS. En: Campos, J. B., Zocche, J. J., Cerezer, J. F., Oosterbeek, L. M. (Orgs.). *Arqueologia Ibero-americana e Transatlântica: Arqueologia, Sociedade e Território*. Erechim, Habilis, pp. 51-70.
- MURRAY, A. y J. OLLEY
2002. Precision and accuracy in the optically stimulated luminescence dating of sedimentary quartz: a status review. *Geochronometria*, 21: 1-16.
- PANARIO, D.; O. GUTIÉRREZ; M. ACHKAR;
L. BARTESAGHI y M. CERONI
2015. Clasificación y mapeo de ambientes de Uruguay. En: Alejandro Brazeiro (Organizador), *Eco-Regiones de Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad: 32 - 45*, Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay.
- PROBIDES
2009. *Plan Director de la Reserva Bañados del Este*. PNUD – UE – GEF. Uruguay
- REIMER, P. J.; E. BARD; A. BAYLISS; J.
W. BECK; P. G. BLACKWELL; C. BRONK
RAMSEY; C. E. BUCK; H. CHENG; R. L. ED-
WARDS; M. FRIEDRICH; P. M. GROOTES; T.
P. GUILDERSON; H. HAFLIDASON; I. HAJ-
DAS; C. HATTÉ; T. J. HEATON; A. G. HOGG;
K. A. HUGHEN; K. F. KAISER; B. KROMER; S.
W. MANNING; M. NIU; R. W. REIMER; D. A.
RICHARDS; E. M. SCOTT; J. R. SOUTHON; C.
S. M. TURNEY y J. VAN DER PLICHT
2013. IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0-50000 years cal BP. *Radiocarbon*. 55 (4). DOI: 10.2458/azu_js_rc.55.16947
- SCHMITZ, P. I.
1976. *Sítios de Pesca Lacustre em Rio Grande, RS, Brasil*. Tese de livre docência. RGS, Brasil.
1981. Contribuições a la prehistoria do Brasil. *Pesquisas, Antropologia*, 32.
- SCHORR, M. H.
1975. *Abastecimento Indígena na Área Alagadiça Lacustre de Rio Grande do Sul, Brasil*. Associação Santanense Pró Encino Superior(Cuadernos1),

Sant'Ana do Livramento.

SHRESTHA, R.

2013. *Optically Stimulated Luminescence (OSL) Dating of Aeolian Sediments of Skåne, South Sweden*. Master Thesis. Department of Geology. Lund University.

VANDENBERGHE, D.

2003-2004. *Investigation of the Optically Stimulated Luminescence Dating Method for Application to Young Geological Sediments*. Thesis. Universities Gent. Department of Analytical Chemistry. Institute for Nuclear Sciences.