

# Primer análisis de la cronología obtenida en el sitio Choya 68 (Depto. de Capayán, Provincia de Catamarca, Argentina)

MARTA BALDINI,<sup>1</sup> JORGE CARBONARI,<sup>2</sup> GERVASIO CIEZA,<sup>3</sup> MARÍA E. DE FEO,<sup>3</sup>  
MARÍA F. DEL CASTILLO,<sup>4</sup> ANÍBAL FIGINI,<sup>2</sup> ALBERTO REX GONZÁLEZ,<sup>1</sup>  
ROBERTO HUARTE<sup>2</sup> Y JOSÉ TOGO<sup>5</sup>

## RESUMEN

*Choya 68 es un sitio ceremonial, con una estructura monticular y en sus adyacencias amplias superficies preparadas y estructuras de paredes de piedra cuadrangulares y rectangulares. En la excavación se recuperó abundante cerámica del tipo Aguada Portezuelo. En menor proporción Aguada pintado y Aguada negro grabado. Se dan a conocer las edades suministradas por tres laboratorios de C<sup>14</sup>, para estas estructuras, se efectúan observaciones respecto de la asociación entre las muestras y los eventos arqueológicos respectivos, y se analizan las probables causas de las diferencias interlaboratorios observadas. Se concluye estimando que la variable más importante de las dataciones C<sup>14</sup> es la heterogeneidad cronológica de las muestras de carbón analizadas.*

**Palabras claves:** Choya 68 – arqueología – Aguada – radiocarbono – intercomparación.

## ABSTRACT

*Choya 68 is a ceremonial site, with a mottled structure, that is adjacent to ample prepared surfaces and quadrangular and rectangular stone structures. Abundant Aguada Portezuelo ceramic type was recovered from the excavation, and in smaller proportions, painted and black-engraved Aguada types. We present the dates for these structures as provided by three C<sup>14</sup> laboratories. We make observations on the association between the samples and related archaeological events, analyzing the probable causes of the interlaboratory differences. We conclude that the most important variable of the C<sup>14</sup> dates is the chronological heterogeneity of the charcoal samples that we analyzed.*

**Key words:** Choya 68 – archaeology – Aguada – radiocarbon – intercomparison.

Recibido: febrero 2002. Manuscrito revisado aceptado: octubre 2003.

## Introducción

El Laboratorio de C<sup>14</sup> instalado en el Museo de La Plata (LATYR) procesó un conjunto de 13 muestras de carbón. Diez de ellas fueron obtenidas del interior del montículo, procedentes de un corte longitudinal E-O en uno de sus radios y seleccionadas de manera tal que quedaran aproximadamente en columnas, desde la superficie hasta el nivel más profundo, abarcando toda la secuencia. De las restantes, dos muestras proceden de las estructuras excavadas en el espacio este, y la última del nivel del piso de ocupación de las estructuras del sector sur. Debido a que, en conjunto, las edades radiocarbónicas obtenidas eran más tardías de lo que el conocimiento arqueológico estimaba, posteriormente, el equipo encargado de la investigación arqueológica decidió realizar una contrastación de esos fechados enviando parte de las mismas muestras a otros laboratorios, seleccionando cinco para procesar en Beta Analytic y seis en Arizona (Lab. of Isotope Geochemistry).

Para explicar las diferencias observadas de los resultados interlaboratorios, e intentar establecer una cronología absoluta de este sitio arqueológico, analizaremos los siguientes aspectos:

- 1) Estrategias de excavación y aspectos estratigráficos.
- 2) Asociación muestra-evento arqueológico.
- 3) Edades radiocarbónicas obtenidas en el LATYR.
- 4) Conjunto de las edades obtenidas en los tres laboratorios.

<sup>1</sup> CONICET, Museo Etnográfico J. B. Ambrosetti, Moreno 350 (1091), Buenos Aires. Email: mbaldini@netverk.com.ar, gonzalezrex@hotmail.com

<sup>2</sup> Lab. de Tritio y Radiocarbono, LATYR-CIG, CONICET, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, Paseo del Bosque s/n (1900), La Plata. Email: afigini@museo.fcnym.unlp.edu.ar

<sup>3</sup> Carrera de Antropología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, calle 122 y 60 (1900), La Plata.

<sup>4</sup> Museo Etnográfico J. B. Ambrosetti, Moreno 350 (1091), Buenos Aires.

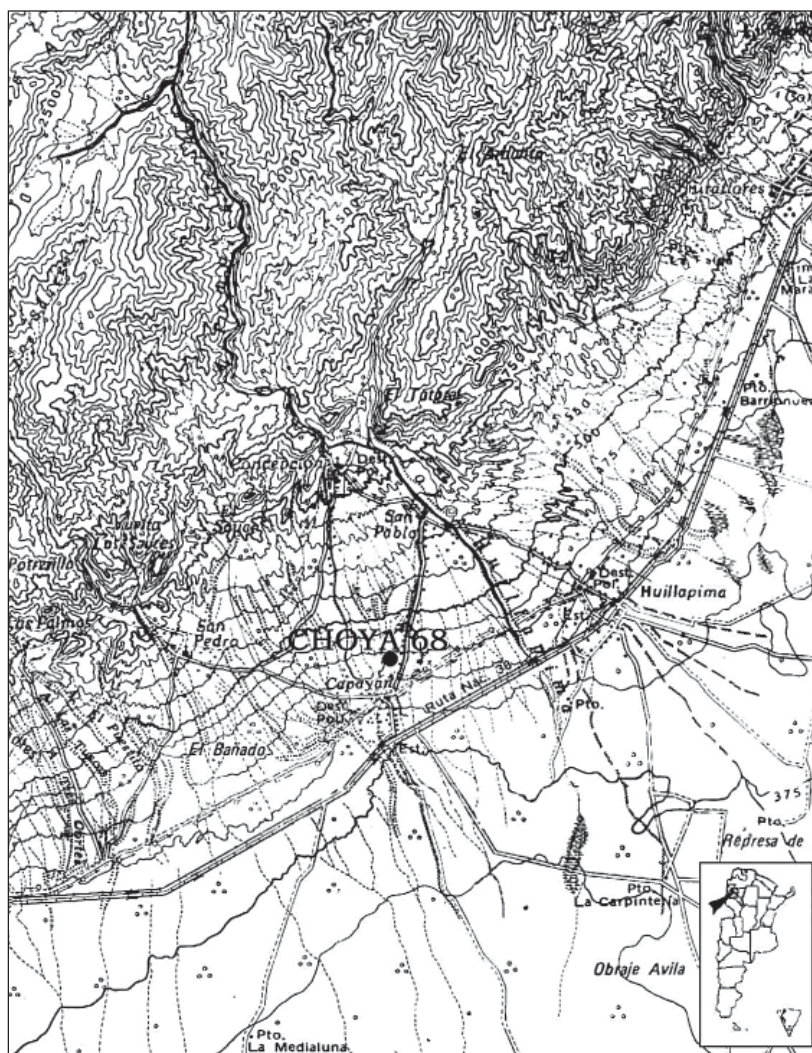
<sup>5</sup> Escuela de Arqueología, Universidad Nacional Santiago del Estero, Avda. Belgrano 1912 (4200), Santiago del Estero. Email: togojami@arnet.com.ar

- 5) Intercomparación de los resultados del LATYR, Beta Analytic y Arizona.
- 6) Análisis y conclusiones.

La recuperación de las muestras para datación, selección y envío a los laboratorios radiocarbónicos, así como aspectos relativos a las condiciones de hallazgo, estuvo a cargo de los autores del equipo arqueológico. Los análisis  $C^{14}$  y las consideraciones cronológicas involucradas fueron efectuadas por los autores del área isotópica en el LATYR. El informe final fue consensuado por todos los coautores.

### Estrategias de excavación y aspectos estratigráficos

En el Departamento de Capayán, Provincia de Catamarca (Argentina) se encuentra el sitio Choya 68 (Figura 1). Se trata de un sitio ceremonial monticular con amplias superficies preparadas y estructuras de paredes de piedra cuadrangulares y rectangulares en sus adyacencias. La estrategia de excavación del montículo consistió en la delimitación de una trinchera dividida en cuadrículas de 2 m de lado, siguiendo uno de sus radios, en sentido E-O, con el objeto de lograr una aproxima-



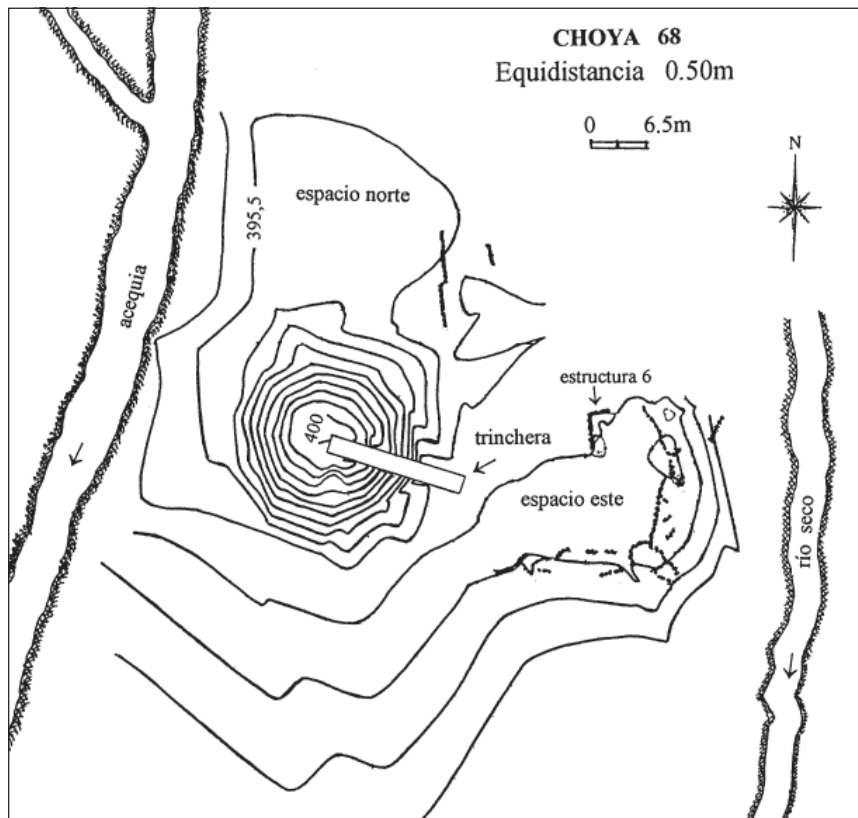
**Figura 1.** Emplazamiento del sitio Choya 68. Sector suroeste de la hoja 15 f “Huillapima” (base topográfica para la carta geológica-económica de la República Argentina. Servicio Geológico Nacional, Secretaría de Estado de Minería. Escala 1: 200.000). La Ruta 38 conduce al norte a San Fernando del valle de Catamarca, y a La Rioja hacia el sur.

ción al conocimiento de su estructura interna (Figura 2). Por otra parte se realizaron sondeos estratigráficos en las áreas contiguas del norte, sur y este, siguiendo las mencionadas hileras de piedras, a fin de determinar su asociación con la estructura monticular, y lograr una visión más acabada de la totalidad del sitio y su funcionalidad.

La excavación expuso la complejidad interna del montículo. Desde el punto de vista estructural se distingue una construcción vertical denotada por sucesivas paredes levantadas a distintos niveles y una construcción horizontal definida por el relleno colocado entre ellas: sedimentos finos, ripio, barro y capas de piedras de gran tamaño. En algunos casos, se puede observar en los perfiles que entre una pared y otra existe una cierta inclinación mientras que en otros la disposición de las capas es horizontal. La pared más externa –situada a unos 3 m hacia el interior del límite del montículo– es de piedras alargadas dispuestas verticalmente según su eje mayor, algunas de las cuales alcanzan 0.97 m de altura. Paralela a ella, se

construyó otra con bloques irregulares de adobe. Entre ambas se halló, en la cota más baja del perfil, una capa de rodados, por encima un relleno de sedimentos finos de color amarillento, y cubriéndolos, a manera de unión, una capa nivelada compuesta por bloques de barro consolidado (Figura 3). A continuación, siempre hacia el interior, se suceden otras paredes de piedra. Estos dos elementos (piedra y barro) tienen una presencia constante hacia el centro del montículo (González *et al.* 1999).

La excavación reveló, además, la existencia de amplios depósitos de materiales. Algunos de ellos consisten en sedimentos finos mezclados con guijarros y a veces piedras de mediano tamaño, estériles desde el punto de vista arqueológico; otros consisten en capas de sedimentos finos mezclados con ceniza, carbón y restos culturales, entre ellos fragmentos de alfarería, huesos de animales y cáscaras de huevo. Dos capas horizontales de grandes piedras se destacan en la mitad superior de la estratigrafía, una se inicia a 0.50 m y la otra a 2 m



**Figura 2.** Relevamiento en planta del sitio Choya 68. Montículo, espacio norte, espacio este y estructuras. Espacio sur no representado.

por debajo de la superficie actual del montículo. Inmediatamente por debajo de la primera de estas capas, en las cuadrículas 7 y 8, correspondientes al sector central del montículo, se halló una gran concentración de carbón y troncos quemados, sobre una superficie nivelada a 1-1.10 m de profundidad. En la base del montículo, también se encontró un fogón en el área ocupada por estas cuadrículas. En el perfil norte de la trinchera E-O pueden observarse estos detalles (Figura 3).

Además se practicaron otras excavaciones fuera del montículo, como en el extenso espacio contiguo al este y un sector al norte, fueron divididos en cuadrículas de 4 m de lado y excavados en gran parte; también en las estructuras delimitadas por paredes de piedra ubicadas dentro de estos sectores, localizándose fogones en algunas de ellas (González *et al.* 1999).

Alejadas del montículo, a unos 150 m hacia el sur, se excavaron dos estructuras cuadradas (3a y 3b) que seguramente constituyeron una unidad habitacional.

La totalidad de las excavaciones permitieron recuperar abundante cantidad de carbón asociado a material arqueológico. Este material consiste básicamente en restos óseos de animales (la mayo-

ría de camélidos, y con menor frecuencia, de aves) y fragmentos de piezas cerámicas que corresponden en su mayor parte a los tipos conocidos como Aguada Portezuelo. En menor proporción se hallaron fragmentos de los tipos Aguada pintado definidos para el valle de Hualfín, y fragmentos negros grabados como los característicos del valle de Ambato (Cremonte *et al.* 2000; González 1998; González *et al.* 1999).

#### Asociación muestra-evento

El contexto de hallazgo de donde proviene la mayor parte de las muestras ( $n=10$ ) es resultado de procesos de formación de sitio predominantemente culturales, evidenciado por la construcción de una estructura monticular sumamente compleja, con paredes de piedra y barro verticales aparentemente dispuestas en forma concéntrica, con relleno de ripio y sedimentos finos entre ellas, definiendo superficies niveladas. No se registran evidencias que procesos de alteración naturales se hayan manifestado, observándose una secuencia artificial ordenada. Sin embargo, los conceptos clásicos aplicables a una estratigrafía natural pueden verse limitados en este caso, porque se trata de una construcción artificial, implicando prácticas de construcción y de modificación del sitio.

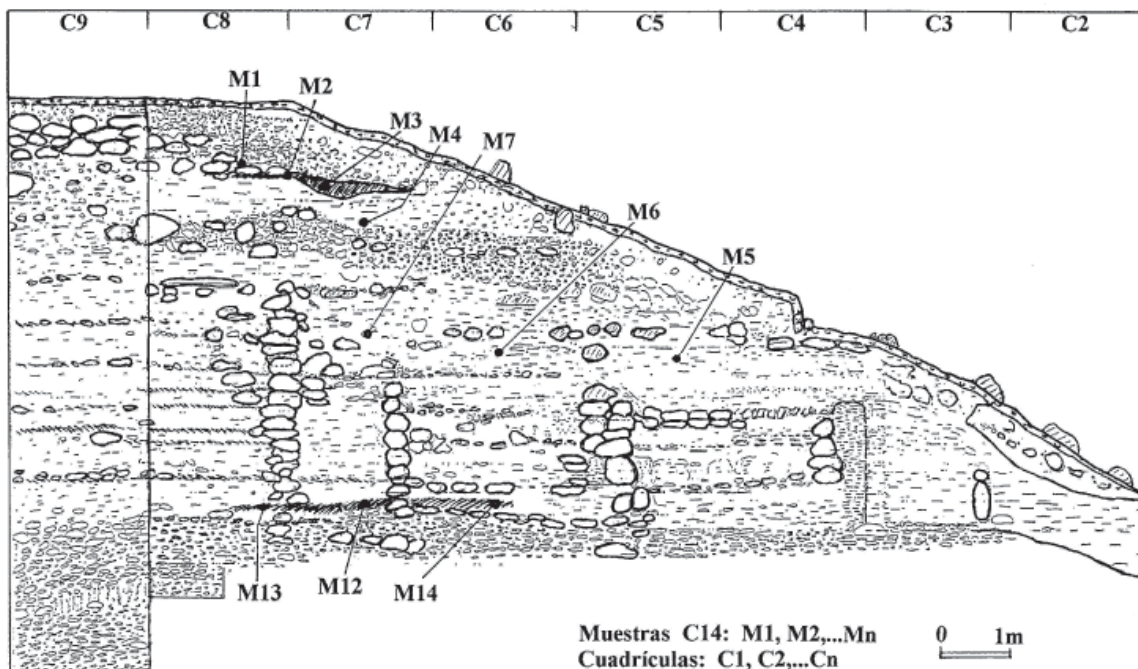


Figura 3. Choya 68, Montículo. Muestras radiocarbónicas en el perfil de la pared norte, trinchera E - O.

En general, la edad de un contexto arqueológico puede ser establecida mediante la datación radiocarbónica de materiales orgánicos asociados. Pero se deben tener en cuenta importantes limitaciones en su aplicación. Aunque el material que integra el contexto ha sido utilizado y sepultado conjuntamente (contemporaneidad contextual y estratigráfica) no es evidencia suficiente para considerar también contemporaneidad cronológica. La datación radiocarbónica solo establece la edad de muerte de un organismo del cual derivó el resto orgánico empleado como muestra. No establece la edad de su asociación. La condición de pertenencia de materiales a un contexto es vital para el análisis de la asociación arqueológica, pero es insuficiente para el análisis de las cronologías absolutas establecidas por métodos isotópicos porque quedan sin responder preguntas fundamentales como ¿la edad de muerte de los restos orgánicos corresponde a la edad en que fueron sepultados e integraron el contexto?, ¿corresponde la edad de muerte de los restos orgánicos con la edad de su utilización?, ¿la edad absoluta de la muestra estima la edad verdadera de utilización de esos materiales por esa sociedad del pasado? Los problemas inherentes a asociación muestra-evento no pueden ser resueltos *-a posteriori-* de la excavación estratigráfica arqueológica, mediante dataciones  $C^{14}$  de alta precisión y configuran situaciones que provocan desavenencias entre arqueólogos e isotopistas (Figini 1999a: 378).

Las 13 dataciones efectuadas en el LATYR provienen de 10 muestras del montículo y cuatro muestras de estructuras de probable uso doméstico.

Todas consistían en fragmentos de carbón, de tallos de variados diámetros (desde 4-5 mm hasta 150 mm) y que desconociéndose los taxones representados, solo podemos afirmar diferentes períodos de crecimiento (efecto de *"old wood"*) por la cantidad de anillos visibles en los mismos, y por la reconstrucción del diámetro de los tallos (Waterbolk 1971; Warner 1990; Sementsov *et al.* 1998). Para intentar evitar errores vinculados al efecto *"old wood"* en las edades  $C^{14}$  en el LATYR, no se extrajeron fragmentos al azar de cada muestra (algunas mayores a 1 k), sino por el contrario, se identificaron fragmentos que proviniesen de tallos del más corto período de crecimiento del vegetal por dos motivos:

a) reducir el error en la edad  $C^{14}$  generado por la diferencia entre la edad de muerte del vegetal y la

edad de incorporación del fragmento de carbón al contexto.

b) Asegurar que luego de la separación del pequeño tallo del vegetal (entre 4 mm y 10 mm de diámetro) pudo transcurrir, en el peor de los casos, pocos años hasta su utilización; puesto que en el caso contrario las alteraciones de superficie (meteorización fundamentalmente) hubiesen destruido ese pequeño resto. Un tallo de mayor diámetro puede resistir perfectamente esos procesos de alteración y su edad de muerte puede no tener nada que ver con la edad de su utilización y en el peor de los casos reutilización (p.e., troncos quemados en cuadrícula C8).

Debemos tener en mente que toda muestra (para uso radiométrico), siempre representa una edad mayor que la de los objetos asociados. Por ejemplo, la edad  $C^{14}$  de un artefacto de madera manufacturado con los anillos centrales de un tronco de árbol, es más antigua que el momento de su elaboración (Evin 1983).

Podemos efectuar una estimación cuantitativa de ese efecto de incremento de la edad  $C^{14}$ : carbón en el hornillo de una pipa ceremonial expresará como máximo 20 años de diferencia; carbones de especies vegetales de ciclo vital corto y de anillos externos de especies longevas pueden expresar de 20 a 100 años de error; carbones provenientes del interior de tallos de especies longevas serán mayores a 100 años (Waterbolk 1983).

Para complejizar algo más la problemática planteada, las muestras datadas provenían de diferentes estructuras del contexto arqueológico:

- a) carbones de fogones: M8, M9, M12, M13;
- b) carbones esparcidos en pisos de ocupación: M10, M11;
- c) carbones provenientes de la combustión de troncos (tallos que superan los 15 cm de diámetro): M3;
- d) carbones dentro de niveles arqueológicos claramente determinados, en donde se observan también fragmentos de huesos de camélidos y fragmentos de alfarería. Es decir, prácticas de combustión sin estructuras de combustión determinables: M1, M2, M4, M5, M6, M7, M14. (Tabla 1).

N° MUESTRA	UNIDAD	PROFUNDIDAD
1	Montículo-trincheras este (MTE) Cuadrícula 7-8	0.85 m
2	Montículo-trincheras este (MTE) Cuadrícula 7-8	Nivel 1.05 – 1.10 m
3	Montículo-trincheras este (MTE) Cuadrícula 7-8	Nivel 1.15 – 1.20 cm
4	Montículo-trincheras este (MTE) Cuadrícula 7	Nivel 1.65 – 2.15 m
5	Montículo-trincheras este (MTE) Cuadrícula 5	Nivel 3.40 – 3.90 m
6	Montículo-trincheras este (MTE) Cuadrícula 6	Nivel 3.40 – 3.90 m
7	Montículo-trincheras este (MTE) Cuadrícula 7	Nivel 3.15 – 3.60 m
8	Espacio este, estructura 6 Sector O	0.55 m
9	Espacio este, estructura 6 Sector E	0.90 m
10	Estructura 3b	0.90 m
11	Estructura 3a	0.90 m
12	Montículo-trincheras este (MTE) Cuadrícula 7	5.55 m
13	Montículo-trincheras este (MTE) Cuadrícula 8	5.60 m
14	Montículo-trincheras este (MTE) Cuadrícula 6	Nivel 5.35 – 5.70 m

**Tabla 1.** Procedencia de las muestras.

Dada esta variabilidad en la proveniencia de cada muestra respecto del contexto arqueológico, debemos aclarar que existen diferentes grados de certeza en la asociación entre la muestra a datar y el contexto del que forman parte. Es indudable que la asociación es completamente cierta si datamos un resto óseo articulado de un enterratorio (aunque no sea nuestro caso) porque muestra, evento y contexto integran el mismo material. Es altamente probable si provienen de un fogón porque existe una relación funcional directa entre: la muestra, la estructura arqueológica de la cual proviene y el contexto arqueológico. Es probable, cuando no hay una relación funcional demostrable pero la distribución y tamaño argumentan a favor de su asociación: el caso de fragmentos de carbón diseminados en un piso de ocupación. Es poco probable en el caso de partículas de carbón esparcidas en la matriz sedimentaria que contiene

materiales arqueológicos, y deberían ser desechadas para datación radiocarbónica. En los dos últimos casos: fragmentos de carbón diseminado en pisos de ocupación y partículas finamente divididas de carbón en una matriz sedimentaria configuran mayor riesgo de asociación porque el sitio pudo haber sido afectado por procesos de alteración postdepositacionales, entre ellos los vinculados a tránsito y actividad humana de construcción concentrada en un espacio limitado, que hayan modificado sus antiguas superficies durante sus etapas de formación (Waterbolk 1983).

#### **Edades C<sup>14</sup> obtenidas por el LATYR**

Las muestras provenientes del montículo son: M12 y M13 de fogón; M3 de tronco y M1, M2, M4, M5, M6, M7 y M14 de niveles arqueológicos sin estructuras de combustión definidas. Las proce-

dentes de fogones ubicados en una estructura del espacio situado al este del gran montículo son: M8 y M9 (estructura 6) y las de un piso de habitación: M10 y M11, situado al sur del gran montículo (Tabla 1).

Las muestras fueron analizadas durante el año 1998 en el Laboratorio de  $C^{14}$  (LATYR). Fueron tratadas por el procedimiento estándar conocido internacionalmente como AAA (ácido, álcali, ácido), para minimizar los errores por contaminación (principalmente carbonatos y ácidos húmicos) y sintetizadas a benceno. Las actividades  $C^{14}$  fueron medidas por espectrometría de centelleo líquido.

Las edades  $C^{14}$  (en años AP, antes de 1950) fueron calculadas empleando 5.568 años como período de semidesintegración y corregidas por fraccionamiento isotópico estimando en -25% el valor de  $\delta C^{13}$  en las muestras. El error informado ( $\pm 1$  s) incluye por convención únicamente las variaciones estadísticas de medición de la actividad  $C^{14}$ . No estima la variación total del procedimiento analítico de los laboratorios: tratamiento; síntesis y medición (Figini 1994a; Figini 1994b; Figini *et al.* 1999).

Dado que la concentración de  $C^{14}$  en la atmósfera ha sufrido fluctuaciones a través del tiempo, las edades  $C^{14}$  deben ser calibradas para obtener edades en años calendarios (años cal AP). Las edades  $C^{14}$  fueron calibradas dendrocronológicamente

con un 95.4% de confianza (2s) con el programa Calib Rev. 3.0.3 (Stuiver y Reimer 1993; Stuiver y Pearson 1993). En Figini (1994b y 1999b) se hacen consideraciones y se ofrecen criterios para la calibración de muestras del hemisferio sur.

Los datos de las 13 mediciones  $C^{14}$  se informan en la Tabla 2.

### Grados de certeza en las asociaciones

El análisis de los datos  $C^{14}$  se realizó de acuerdo a los diferentes grados de certeza entre la asociación de las muestras de carbón y el contexto arqueológico, como se expresa en la Tabla 3.

1) Carbón de fogones ubicados al este del gran montículo, muestras M8 y M9.

Dos o más edades  $C^{14}$  pueden o no estimar la misma edad verdadera (edad de muerte). Por medio del análisis estadístico propuesto por Ward y Wilson (1978) las edades  $C^{14}$  de las muestras M8 y M9 no son significativamente diferentes entre sí (con un 95% de confianza) y estiman la misma edad verdadera. La media ponderada de dichas edades  $C^{14}$  es de  $985 \pm 34$  años  $C^{14}$  AP.

2) Carbón de fogón, ubicado en el gran montículo, separado por una pared, muestras M12 y M13, construida directamente sobre la ceniza y el carbón de un fogón preexistente.

CHOYA 68	MUESTRA	EDAD $C^{14}$ AP		ESTRUCTURA
Montículo	M12	LP 977	1020 $\pm$ 50	Carbón de fogón
	M13	LP 1026	1140 $\pm$ 50	" "
	M3	LP 951	1020 $\pm$ 60	Carbón de tronco
	M1	LP 948	960 $\pm$ 60	Carbón diseminado
	M2	LP 882	840 $\pm$ 50	" "
	M4	LP 912	810 $\pm$ 40	" "
	M5	LP 917	1030 $\pm$ 60	" "
	M6	LP 966	940 $\pm$ 50	" "
	M7	LP 908	830 $\pm$ 50	" "
	M14	LP 1035	1070 $\pm$ 50	" "
	Estructura sector E	M8	LP 971	1010 $\pm$ 50
M9		LP 975	960 $\pm$ 50	" "
Estructura sector S	M10 + M11	LP 1061	1050 $\pm$ 70	Carbón en piso de ocupación

**Tabla 2.** Edades  $C^{14}$  (en años AP, antes de 1950) determinadas en el LATYR. Se aclara sector del sitio y estructura de proveniencia.

CHOYA 68	ESTRUCTURA	GRADO DE SIGNIFICACION	ESTIMACION DE LA EDAD VERDADERA	
M8	Carbón fogón	95% confianza	985±34	1033±25
M9	” ”	” ”		
M12	” ”	” ”	1080±35	
M13	” ”	” ”		
M3	Carbón tronco		1020±60	
M10+ M11	Carbón disperso piso ocupación		1050±70	
M1,M5, M6, M14	Carbón diseminado	95% confianza	1000±27	
M2, M4, M7	Carbón diseminado	95% confianza	824±26	

**Tabla 3.** Estimación estadística de edades verdaderas (Ward y Wilson 1978).

Aplicando el mismo criterio estadístico anterior, las edades  $C^{14}$  de las muestras M12 y M13 no son significativamente diferentes entre sí y estiman la misma edad verdadera. La media ponderada de ambas edades es de  $1080\pm35$  años  $C^{14}$  AP.

Si comparamos las edades del fogón del montículo con la de los fogones de las estructuras, estadísticamente podemos decir que las mismas no son significativamente diferentes entre sí, estimando la misma edad verdadera. La media ponderada de los cuatro datos es de  $1033\pm25$  años  $C^{14}$  AP y el rango de edades calibradas, con una probabilidad del 95%, es de 921-970 años cal AP. Esta edad ponderada marca el inicio de la ocupación del sitio.

3) Carbón de troncos quemados, M3, en el gran montículo. La edad  $C^{14}$  obtenida fue de  $1020\pm60$  años  $C^{14}$  AP.

4) Carbón diseminado, M10 y M11, en pisos de ocupación de dos recintos adyacentes que comparten una pared, ubicado al sur del gran montículo.

Como las cantidades de carbón eran insuficientes para fecharlas individualmente, se unieron y constituyeron una única muestra M10 + M11. La edad determinada fue de  $1050\pm70$  años  $C^{14}$  AP. Esta edad, la del tronco quemado M3 y la media ponderada de los fogones M8, M9, M12 y M13, no son significativamente diferentes.

5) Carbones diseminados dentro de niveles arqueológicos a diferentes profundidades en el gran montículo (M1, M2, M4, M5, M6, M7 y M14).

Si se juzga estadísticamente que en una serie de edades  $C^{14}$  (que se presupone no provengan de un mismo material) existen edades  $C^{14}$  que son significativamente diferentes entre sí, cada grupo puede estar estimando distintas edades verdaderas. Por medio del análisis estadístico desarrollado por Wilson y Ward (1981), considerando sólo los errores de medición, nos permitió conocer con un 95% de confianza dentro de la serie de edades  $C^{14}$  de las muestras diseminadas en el gran montículo, dos grupos de edades  $C^{14}$ :

Grupo A: integrado por las muestras M2, M4 y M7 que estiman una misma edad verdadera, con una edad  $C^{14}$  media ponderada de  $824\pm26$  años  $C^{14}$  AP. El rango de edad calibrada (2s) es de 670-774 años cal AP.

Grupo B: compuesto por las muestras M1, M5, M6 y M14 que estiman una misma edad verdadera, pero diferente a la del Grupo A. La edad media ponderada es de  $1000\pm27$  años  $C^{14}$  AP y el rango de edad calibrada (2s) de 798-951 años cal AP.

No existe correlación entre las edades medias ponderadas del Grupo A ( $824\pm26$  años  $C^{14}$  AP) y Grupo B ( $1000\pm27$  años  $C^{14}$  AP) con la profundidad.

En síntesis, la media ponderada de los cuatro carbones (M8, M9, M12 y M13) de los fogones:  $1033\pm25$  años  $C^{14}$  AP, la media ponderada del Grupo B (M1, M5, M6 y M14):  $1000\pm27$  años  $C^{14}$  AP, la edad de la muestra M3 (tronco quemado):  $1020\pm60$  años  $C^{14}$  AP y la del carbón diseminado M10 + M11:  $1050\pm70$  años  $C^{14}$  AP, podemos estadísticamente señalar que todas estas



edades  $C^{14}$  no son significativamente diferentes entre sí con una confianza del 95%, estimando una única edad verdadera.

### **Intercomparación de los resultados del LATYR, Beta Analytic y Arizona**

Evidencias de las dificultades de mantener un sistema de medición de  $C^{14}$  confiable, las suministra el laboratorio British Museum (Bowman *et al.* 1990; Ambers 1998), que debió recalcular las edades  $C^{14}$  informadas entre los años 1980 y 1984, con diferencias de 200 a 300 años más “jóvenes”. La reacción de los laboratorios fue instituir un sistema de control de calidad por intercomparación de resultados  $C^{14}$  que se realizan aproximadamente cada cuatro años (Figini 1994a, 1994b; Figini *et al.* 1999).

Figini y colaboradores (1999) dan a conocer las conclusiones del último estudio internacional denominado TIRI (*Third International Radiocarbon Intercomparison*) (Scott *et al.* 1997). Los laboratorios Arizona, Beta Analytic y LATYR integraron un grupo de buena calidad analítica para obtener resultados  $C^{14}$  confiables y reproducibles.

En los análisis interlaboratorios se observan, entre otras cuestiones, una subestimación del error (se informa por convención sólo el error de medición) y la existencia de errores sistemáticos de magnitud y signo variable.

En estos estudios internacionales de intercomparación de resultados radiocarbónicos, se utilizó una variedad de sustancias (madera, valvas, ácido húmico, calcita, hueso, semillas, turba) que permitieron obtener muestras homogéneas para suministrar a los laboratorios. Nunca se usó carbón, por las dificultades en lograr una muestra homogénea para distribución internacional.

En la 16ª Conferencia Internacional de Radiocarbono, uno de los tópicos tratados fue su aplicación en arqueología. En Ambers (1998), Sementzov y colaboradores (1998) y Alexandrovskiy y colaboradores (1998) se brindan ejemplos de resultados  $C^{14}$  significativamente diferentes en muestras duplicadas medidas en distintos laboratorios. Esta discrepancia nos hace preguntar si ¿existe alguna clase de error desconocido que se ocasionó en el procedimiento analítico de la determinación radiocarbónica en uno o en ambos resultados? Waterbolk (1990: 148) expresa que

*“si una muestra ha sido medida dos veces por el mismo u otro laboratorio, y los resultados son significativamente diferentes, desconocemos que dato debemos eliminar”.*

Determinados resultados del LATYR se usaron para comparar edades  $C^{14}$  obtenidas en los laboratorios de Beta Analytic (MI, M3, M7, M9 y M12) y de Arizona (M1, M3, M4, M5, M6 y M12). Las mediciones fueron realizadas en el año 1998.

A las muestras de carbón se les efectuaron tratamientos similares (“AAA”) y se aplicaron las mismas técnicas de medición de la actividad radiocarbónica (síntesis de benceno y espectrometría de centelleo líquido) que en el LATYR. Los resultados fueron calculados y expresados en la forma convencional, por los tres laboratorios (Tabla 4).

Las edades  $C^{14}$  de las muestras de carbón del gran montículo: MI, M3, M4, M5, M6, M7 y M12 determinadas en el LATYR son más “jóvenes” que las obtenidas en Beta Analytic (MI, M3, M7 y M12) y Arizona (MI, M3, M4, M5 y M6), en aproximadamente  $300 \pm 80$  años.

Hay sólo tres muestras de carbón (MI, M3 y M12) analizadas por los tres laboratorios. La M1, que dio las edades:  $960 \pm 60$  años  $C^{14}$  AP en el LATYR,  $1140 \pm 50$  años  $C^{14}$  AP en Beta Analytic y  $1280 \pm 45$  años  $C^{14}$  AP en Arizona.

La M3, con  $1020 \pm 60$  años  $C^{14}$  AP en el LATYR,  $1300 \pm 60$  años  $C^{14}$  AP en Beta Analytic y  $1330 \pm 45$  años  $C^{14}$  AP en Arizona.

La M12, con  $1020 \pm 50$  años  $C^{14}$  AP en el LATYR,  $1300 \pm 0$  años  $C^{14}$  AP en Beta Analytic y  $1330 \pm 50$  años  $C^{14}$  AP en Arizona.

Las diferencias pueden atribuirse a error de muestreo porque no fue realizado al azar: el LATYR utilizó carbón derivado de vegetales de corto período de crecimiento mientras que Beta Analytic y Arizona usaron posteriormente el resto de las muestras que consistían en fragmentos de tallos carbonizados que corresponden a anillos de crecimiento de mayor edad (efecto de “*old wood*”); a un posible error sistemático, diferente en magnitud y signo, entre los laboratorios y a

Choya 68	LATYR	Beta Analytic	Arizona
Muestras	Edad C <sup>14</sup> AP	Edad C <sup>14</sup> AP	Edad C <sup>14</sup> AP
M1	960±60	1140±50	1280±45
M2	840±50		
M3	1020±60	1300±60	1330±45
M4	810±40		1300±45
M5	1030±60		1375±45
M6	940±50		1300±50
M7	830±50	1210±60	
M8	1010±50		
M9	960±50	1120±50	
M10 + M11	1050±70		
M12	1020±50	1300±50	1330±50
M13	1140±50		
M14	1070±50		

**Tabla 4.** Edades radiocarbónicas convencionales de los laboratorios participantes, expresadas en años C<sup>14</sup> AP (años antes de 1950).

una subestimación del error informado de medición. Es decir, el error expresado en una datación (Edad±error) solo cuantifica el error estadístico de medición de la muestra y no estima, además, los errores introducidos durante el procedimiento analítico de tratamiento y síntesis química de las muestras en los laboratorios.

Las muestras del montículo M1, M3, M7 y M12 analizadas en Beta Analytic dan edades C<sup>14</sup> que no son significativamente diferentes desde el punto de vista estadístico. No existe correlación entre la edad C<sup>14</sup> y la profundidad, y el asentamiento es de muy pocos años. Estiman una misma “edad verdadera”, siendo el promedio ponderado de 1234±27 años C<sup>14</sup> AP. La edad calibrada (2s) está en el rango de 1066-1240 años cal AP.

El laboratorio de Arizona empleó las muestras del montículo M1, M3, M4, M5, M6 y M12, dieron edades C<sup>14</sup> que no son significativamente diferentes. No hay correlación entre la edad y la profundidad en la secuencia y el período de asentamiento humano se reduce a muy pocos años. La edad promedio ponderada es de 1319±19 años C<sup>14</sup> AP que estima la “edad verdadera”, diferente a la estimada por Beta Analytic. La edad calibrada (2s) está en el rango de 1180-1286 años cal AP.

## Conclusiones

El período de construcción del montículo (1060 m<sup>3</sup> equivalente a 1600 Tn de sedimento y rocas, en valores aproximados) ha sido breve, cuantitativamente menor o igual respecto del error

C<sup>14</sup> informado. Por lo tanto es una limitación del método no permitir una mayor aproximación.

Se comprueba la contemporaneidad de las estructuras del sur, el espacio este y el montículo. El material arqueológico es muy similar y en todos los casos predomina Aguada Portezuelo. Esta es la primera vez que aparece esta alfarería en excavaciones sistemáticas y asociada a estructuras ceremoniales.

De acuerdo al último estudio de intercalibración internacional de laboratorios de C<sup>14</sup> efectuado (*Third International Radiocarbon Intercomparison*, TIRI), los tres laboratorios que dataron el sitio arqueológico Choya 68 (LATYR, Beta Analytic, Arizona) integraron un grupo de muy buena calidad analítica respecto de los otros tres grupos restantes, en donde descendía marcadamente esa calidad. Por lo tanto, consideramos que la variable que se encuentra fuera de control y de estimación está constituida por la heterogeneidad cronológica de las muestras analizadas, cuya magnitud hasta el momento nos es desconocida. Esto no significa desconocer los aportes al error total de la subestimación del error informado con la edad C<sup>14</sup> y los errores sistemáticos en la medición de la actividad C<sup>14</sup> entre laboratorios.

Como propuesta de trabajo futuro, los fragmentos de carbón para datación deben ser previamente determinados taxonómicamente con el objeto de evitar el uso de restos provenientes de especies longevas que pueden introducir efecto de “old wood” en la edad C<sup>14</sup> o para analizar su incidencia.

Un juicio cronológico más sólido se podría efectuar datando muestras de distinta naturaleza que integren una estructura arqueológica isocrona, bien definida.

De acuerdo a la expresión citada anteriormente de Waterbolk (1990) respecto de la eliminación de datos  $C^{14}$  debemos agregar que será la contrastación con las evidencias arqueológicas la que suministre una respuesta final para la resolución de esta discrepancia.

La problemática que desarrollamos en este trabajo nos permite mostrar parte de las dificultades que se presentan en el establecimiento de cronologías absolutas, y también nos permite difundir el alto grado de desarrollo y precisión alcanzado en estos tópicos, producto de una metodología muy desarrollada con contrastación internacional.

**Agradecimientos** Los autores Alberto Rex González, Marta Baldini y José Togo agradecen a la empresa SHELL-CAPSA por el patrocinio y

financiamiento de los trabajos arqueológicos realizados durante la temporada 1997-98. Igualmente, a la Dirección de Antropología de Catamarca, a las autoridades municipales y policiales de Concepción y Capayán y al Sr. Nieto, propietario del terreno donde se encuentra el sitio Choya 68. También expresan su reconocimiento a los pobladores locales por su colaboración y amistad, especialmente a las familias Cárdenas, Chasampi y Perea, quienes acompañaron al equipo arqueológico durante siete meses de trabajo de campo. Los autores Aníbal Figini, Jorge Carbonari y Roberto Huarte de la carrera del CONICET, expresan su agradecimiento a las instituciones patrocinantes del LATYR (CIG): el CONICET y la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de La Plata. Al CONICET, ANPCyT y CICIPBA por el permanente apoyo económico. A la Lic. Alicia Zubiaga por su colaboración en el cálculo de edades  $C^{14}$ ; a la Lic. Gabriela Apolinaire Vaamonde y a la alumna Verónica Palma Romero (adscriptas al LATYR), por su colaboración en tareas de pretratamiento de muestras y manejo de base de datos.

## REFERENCIAS CITADAS

- ALEXANDROVSKIY, A.L., J. VAN DEL PLICHT, N. KRENKE, O. CHICHAGOVA, N. KOVALIUKH y L.D. SULERZHITZKY, 1998. The early history of Moscow:  $^{14}C$  dates from Red Square. *Radiocarbon* 40 (2): 583-589.
- AMBERS, J., 1998. Dating grimes graves. *Radiocarbon* 40 (2): 591-600.
- BOWMAN, S. G. E., J. C. AMBERS y M. N. LEESE, 1990. Re-evaluation of British Museum Radiocarbon dates issued between 1980 and 1984. *Radiocarbon* 32 (1): 59-79.
- CREMONTE, M. B., M. I. BALDINI y A. M. DIAZ, 2000. Caracterización petrográfica de una muestra de pastas Aguada. Variaciones de manufactura y tipológicas. En *Actas del XV Congreso Nacional de Arqueología Chilena*, Arica (en prensa).
- EVIN, J., 1983. Les matériaux d'origine terrestre utilisés pour les datations par le radiocarbone. En  $C^{14}$  and Archaeology, W. Mook, y H. T. Waterbolk (Eds.), Proc: *PACT* 8: 235-276.
- FIGINI, A., 1994a. Reproducibilidad de edades radiocarbónicas: Programa internacional de intercomparación. Jornadas de Arqueología e Interdisciplinas, PREP-CONICET, pp. 87-93, Buenos Aires.
- 1994b. Variabilidad de los resultados radiocarbónicos. Un estudio interlaboratorios. Actas y Memorias XI Congreso Nacional Arqueología Argentina (Resúmenes), *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael* T XIII, pp. 312.
- 1994c. Calibración de edades radiocarbónicas. Actas y Memorias XI Congreso Nacional Arqueología Argentina (Resúmenes), *Revista del Museo Historia Natural de San Rafael* T XIII, pp. 313.
- 1999a. Geocronología. En *Actas del XII Congreso de Arqueología Argentina*, T II, pp. 375-379.
- 1999b. Análisis de la calibración en años calendarios de las edades  $C^{14}$ . Corrección para el hemisferio sur. En *Actas del XII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, T II, pp. 349-352.
- FIGINI, A., J. CARBONARI y R. HUARTE, 1999. Intercomparación radiocarbónica internacional (TIRI). Calidad analítica de las mediciones  $C^{14}$  en el LATYR. En *Actas del XII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, T II, pp. 357-361.
- GONZALEZ, A. R., 1998. *Cultura La Aguada. Arqueología y diseños*. Filmediciones Valero, Buenos Aires.

- GONZALEZ, A. R., J. TOGO, M. BALDINI, M. F. DEL CASTILLO BERNAL y M. E. DE FEO, 1999. Un sitio Aguada del sector sur del valle de Catamarca: Choya 68. *Resúmenes del XII Congreso de Arqueología Argentina*, pp. 46-47, Córdoba.
- SCOTT, M., D. HARKNESS y G. COOK, 1997. *Report on Third International Radiocarbon Intercomparison*. Department of Statistics, Glasgow University, Glasgow.
- SEMENTSOV, A. A., G. I. ZAITSEVA, J. GÖRSDORF, A. NAGLER, H. PARZINGER, N. A. BOKOVENKO, K. V. CHUGUNOV y L. M. LEBEDEVA, 1998. Chronology of the burial finds from scythian monuments in southern Siberia and Central Asia. *Radiocarbon* 40 (2): 713-720
- STUIVER, M. y P. J. REIMER, 1993. Extended  $^{14}\text{C}$  data base and revised Calib 3.0  $^{14}\text{C}$  age calibration program. *Radiocarbon* 35 (1): 215-230.
- STUIVER, M. y G. PEARSON, 1993. High-precision bidecadal calibration of the radiocarbon time scale, AD 1950-500 BC and 2500-6000 BC. *Radiocarbon* 35 (1): 1-23.
- WARNER, R. B., 1990. A proposed adjustment for the "Old-Wood Effect". En  $\text{C}^{14}$  and Archaeology, W. Mook, y H. T. Waterbolk (Eds.), Proc: *PACT* 29: 159-172.
- WARD, G. K. y S. R. WILSON, 1978. Procedures for comparing and combining radiocarbon age determinations: A critique. *Archaeometry* 20 (1): 19-31.
- WATERBOLK, H. T., 1971. Working with Radiocarbon Dates. *Proceedings of the Prehistoric Society* 37: 15-33.
- 1983. Ten guidelines for the archaeological interpretation of radiocarbon dates. En  $\text{C}^{14}$  and Archaeology, W. Mook, y H. T. Waterbolk (Eds.), Proc: *PACT* 8: 337-343.
- 1990. Quality differences between radiocarbon laboratories illustrated on material from SW Asia and Egypt. En  $\text{C}^{14}$  and Archaeology, W. Mook, y H. T. Waterbolk (Eds.), Proc: *PACT* 29: 141-158.
- WILSON, S. R. y G. K. WARD, 1981. Evaluation and clustering of radiocarbon age determinations: Procedures and paradigms. *Archaeometry* 23 (1): 19-39.