

LA DATACIÓN ABSOLUTA POR ^{14}C . AVANCES Y PERSPECTIVAS PARA LA ARQUEOLOGÍA ANDINA

Rafael Vega Centeno Sara Lafosse¹

RESUMEN

Se discute la relación histórica entre la datación cronológica en arqueología y el uso de la técnica del carbono-14, evaluando las dificultades y anomalías que suelen afectar los resultados de las fechas radiocarbónicas. Se discuten también las implicancias de la aplicación de la curva de calibración, así como las posibilidades que ofrecen a la investigación arqueológica el uso de la datación por AMS y el uso de la estadística bayesiana. Finalmente, se ilustran estas posibilidades con el caso de las muestras radiocarbónicas en el fechado del sitio de Cerro Lampay, un edificio ritual del Formativo Inicial del valle de Fortaleza.

Palabras clave: *carbono-14, calibración, estadística bayesiana, Formativo Inicial*

ABSTRACT

This paper discusses the historical relationship between chronological dating in archaeology and the use of the carbon-14 technique, evaluating the difficulties and anomalies that often affect the results of radiocarbon dating. The implicancias of the application of the calibration chart, as well as the possibilities are also discussed that offer to the archaeological investigation the use of the dating by AMS and the use of the Bayesian statistic. Finally, these possibilities are illustrated with the case of radiocarbon samples in the dating of the site of Cerro Lampay, a ritual building of the Initial Formative of the Fortaleza Valley.

Keywords: Radiocarbon dating, calibration, bayesian statistics, Initial Formative

1. Pontificia Universidad Católica del Perú, correo: fvega@pucp.edu.pe

INTRODUCCION

No cabe duda que, desde que Willard Libby (Figura 1) sistematizó en 1949 el principio del isótopo de carbono-14 y se estableció su aplicación en la medición del tiempo de muerte de especímenes orgánicos, se ampliaron enormemente los alcances interpretativos de la arqueología. Esta nueva técnica proveía una fuente independiente para ordenar los restos de culturas antiguas en una línea de tiempo calendárica. Era el paso que esperaba la joven disciplina para abordar sistemáticamente el tema de la cronología absoluta.

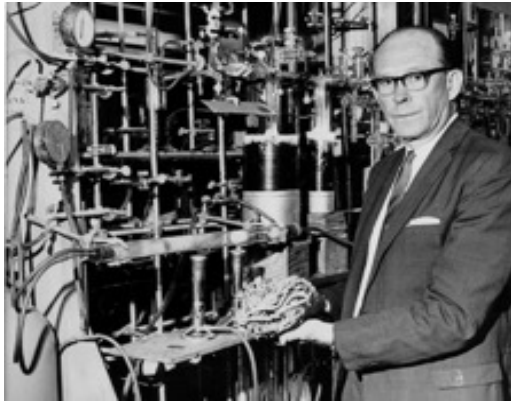


Figura 1: Willard Libby

No está de más recordar que, por otro lado, la importancia de la cronología absoluta en arqueología no solo radica en este posicionamiento de eventos en una línea de tiempo, sino en la posibilidad de establecer la duración de procesos, etapas de la historia o, lo que llamamos con frecuencia períodos y fases. Establecer esta duración siempre ha sido importante, en tanto que el carácter episódico o prolongado de los procesos históricos es fundamental para evaluar su relevancia o su naturaleza.

La relación entre la evidencia arqueológica y las fechas radiocarbónicas fue, desde entonces, de mutua cooperación, pero con frecuencia, también, de conflictividad, debido a que podía ocurrir que existiesen inconsistencias entre una y otra, algo que se convertía un desafío para las y los colegas. ¿Qué se podía hacer cuando los resultados provenientes del laboratorio contradecían lo que uno había inferido luego del examen del contexto arqueológico?

Estas situaciones suelen ocurrir con frecuencia y, frente a ellas, suelen haber diversas soluciones. De un extremo a otro, hay quienes rápidamente buscarán desestimar el resultado radiocarbónico a favor de la evidencia contextual, mientras hay otros que cuestionarán las evidencias contextuales a favor del resultado radiocarbónico.

Considero que, como suele ocurrir, posiciones extremas como las que he resumido caen en el error de simplificar la compleja relación entre ambos tipos de información. El diálogo entre evidencia contextual y resultado radiocarbónico requiere de ejercicios analíticos de ambos tipos de información, de sus potencialidades y limitaciones. En ese camino, se requiere de mejorar, para ambos, nuestra capacidad de registro y de muestreo.

En las páginas siguientes, me ocuparé de la historia reciente de los procesos de registro y muestreo en el uso de la técnica de fechado por ^{14}C , buscando ilustrar cómo es que esta técnica ha ido mejorando su capacidad de contribuir a la construcción de cronologías absolutas y los desafíos que aún tiene por delante.

Es frecuente que, cuando los resultados radiocarbónicos no cubren nuestras expectativas contextuales, solemos descartarlos usando el aforismo «son muestras contaminadas». Bajo esta afirmación, se suele decir que algo alteró a la muestra para que no nos diera los resultados esperados. Esta salida aparentemente fácil contiene, sin embargo, varias dificultades. La principal es que la contaminación es un hecho específico que suele consistir en la inclusión de material orgánico en la muestra original, que, al ser incluida en el análisis, alterará el conteo de ^{14}C . El problema es que esta inclusión suele ser de material reciente. Por lo tanto, con raras excepciones², el efecto contaminante hace que las fechas sean más jóvenes y no más antiguas.

Existen otros tipos de factores que pueden generar anomalías en los resultados radiocarbónicos debido a condiciones atmosféricas o biodinámicas específicas, como el efecto reservorio o el fraccionamiento (Bowman 1990). En ambos casos, las fechas resultantes suelen ser más antiguas de lo que uno esperaría. Existen, sin embargo, procedimientos para calcular la alteración y no descartar las muestras.

Hay, por otro lado, factores de carácter cultural que contribuyen también a tener resultados no esperados, como el fenómeno de la «madera vieja» (Schiffer 1986). Se trata de la reutilización de objetos de madera a lo largo de tiempos largos que suele darse en contextos de lento deterioro de componentes orgánicos y relativa escasez de especies leñosas (como un desierto, por ejemplo).

Los problemas arriba mencionados ilustran un conjunto de factores que requieren que las investigaciones incluyan protocolos para controlar posibles anomalías en los resultados radiocarbónicos. Estos protocolos incluyen formas de recojo y almacenamiento, pero también de selección del tipo de material a fechar. Vemos cómo el material malacológico, madera o pastos

2. La polémica en torno a los fechados del abrigo rocoso de Meadowcroft, en Pensylvania-EEUU, es un buen ejemplo de posible contaminación que «avejenta» una muestra (Adovasio y otros 1978; Haynes 1980).

pueden estar afectos a diferentes agentes que distorsionen los resultados que esperamos. No se trata, sin duda, de descartar este tipo de materiales (a veces son los únicos que nos da la excavación), pero sí de contemplar los factores que pueden afectarlos.

Salvando los obstáculos de las anomalías, otro aspecto con el que la comunidad arqueológica ha tenido que lidiar es con los márgenes de error de una fecha radiocarbónica. Por varias décadas, se daba con frecuencia una ilusión de que un resultado de ^{14}C ofrecía una fecha, cuando lo que ofrece es un rango de tiempo donde se encontraría nuestra fecha, con un margen de probabilidad de 68%, expresado en el +/- que suele acompañar al resultado de laboratorio. Si queremos tener una probabilidad de 95%, deberíamos multiplicar el rango por dos. Las primeras fechas que se dieron para el área andina ofrecían, si recordamos, márgenes de probabilidad muy amplios.

Pongamos solo un ejemplo. En 1980, Robert Feldman presentó siete fechados para el sitio de Áspero, en el valle de Supe. Las tres fechas de Huaca de los Ídolos presentaban los siguientes resultados: 4900+/-160 (GX-3859), 4360+/-175 (GX-3860) y 3970+/-145 (GX-3861) (Feldman 1980:246). Luego de un proceso de corrección, se propuso que las fechas ofrecían edades de 3702, 3055 y 2558 a.C. Esta estimación, sin embargo, cometía el error de considerar que el punto medio del intervalo equivalía a la fecha del resultado, cuando, en el primer caso, se debía considerar que la fecha caía en un rango entre los 3862 y los 3542 a.C., mientras que, en el segundo caso, el rango sería entre los 3225 y 2880 a.C. y el tercer caso, entre los 2703 y los 2413 a.C. En el escenario más pesimista, estas fechas nos ofrecían un rango de probabilidades para fechar el sitio que cubrían más de un milenio. Esto, sin lugar a dudas, es un problema para la cronología absoluta de cualquier sitio.

El ejemplo de Áspero ilustra los desafíos que encierra el manejo de información proveniente de ensayos de ^{14}C . Por un lado, tenemos el problema de la consistencia o inconsistencia entre las fechas y entre fechas y sus contextos de procedencia. Por otro lado, está la resolución de los resultados y el rango de precisión, que nos ofrecen para fechar eventos u ocupaciones. Por último, hay que considerar el problema de la correspondencia entre los años radiocarbónicos generados en el ensayo de ^{14}C y los años calendáricos. Afortunadamente, cuarenta años después de la publicación de los resultados de Áspero y otros ensayos contemporáneos, contamos con una serie de avances en los procedimientos de fechado por ^{14}C que contribuyen a superar los desafíos antes mencionados. En las páginas siguientes, presentaré brevemente el desarrollo de tres de estos avances e ilustraré su utilidad en una de mis investigaciones.

LA CURVA DE CALIBRACIÓN

Sin duda un importante momento en la historia del fechado por ^{14}C fue

la construcción de la(s) curva(s) de calibración (Browman 1990; León 2006). Como se sabe, esta curva se estableció al detectarse que uno de los principios en los que se basaba el fechado por ^{14}C era que la intensidad de la radiación solar era constante año tras año. Al ponerse esto en duda, considerando que la intensidad solar pudo ser mayor en el pasado, se hizo una correlación entre fechas dendrocronológicas (más precisas que las radiocarbónicas) y fechas radiocarbónicas, a partir del análisis de ^{14}C de muestras previamente datadas por dendrocronología. Esto permitió construir una curva de correspondencia entre resultados radiocarbónicos y fechas calendáricas. Si observamos la curva (Figura 2), uno de los aspectos más llamativos es justamente cómo las fechas son más antiguas conforme se retrocede en el tiempo. La datación reciente de sitios como Caral es una buena muestra del uso de la calibración (Shady 2006: 60-61). La curva, por otro lado, no solo nos presenta el desafío de una correcta ubicación de nuestras muestras, sino que además tiene efectos en el grado de precisión de las fechas. Esto se debe a que los cambios en la intensidad de la radiación solar por años, si bien constantes, no fueron uniformes, por lo que la curva de calibración presenta lo que se llaman «pendientes» y «mesetas». Las mesetas de la curva son particularmente problemáticas porque, al calibrar una fecha que cae en ellas, los márgenes de error de la fecha se incrementan significativamente. Una de las mesetas más conocidas es la Meseta de Hallstätt que se ubica entre los 800 a 400 años a.C (León 2006: 79).

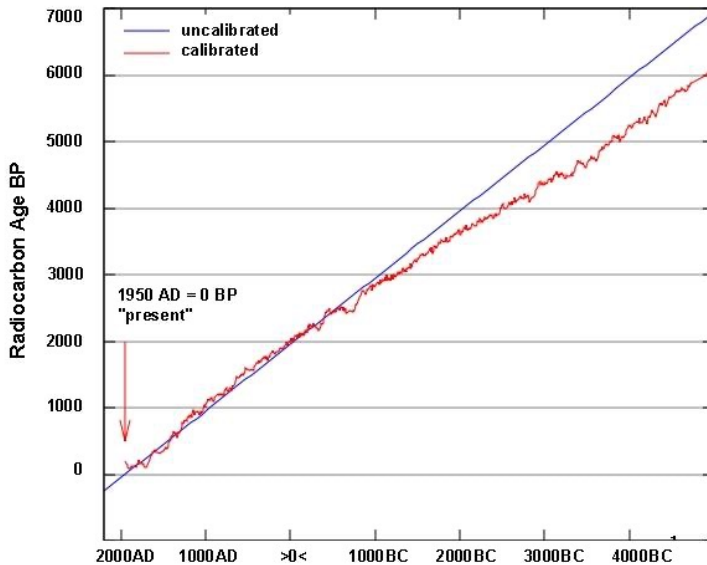


Figura 2: Curva de calibración (Fuente: Oxcal 4.4).

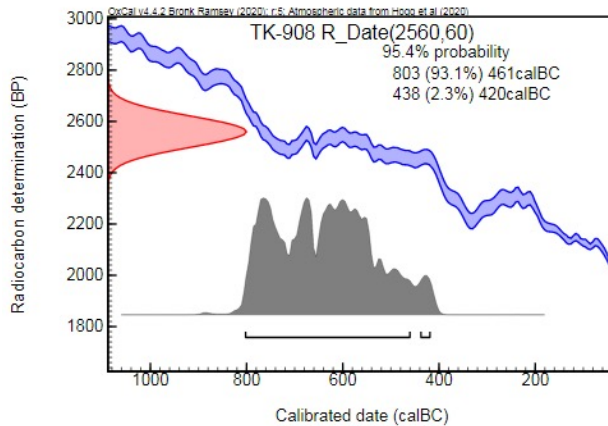


Figura 3: Calibración, con el programa OxCal 4.4, de la muestra TK-908, procedente del sitio de Kuntur Wasi (Inokuchi 1998: 178).

Esta meseta en la curva hace que las ocupaciones humanas asignadas a esa época suelen tener problemas en la precisión de su asignación cronológica. Como sabemos, esta meseta corresponde a lo que se conoce como el Período Formativo Tardío o Período Horizonte Temprano en la cronología andina y aún genera desafíos en la precisión de las asignaciones cronológicas en ese período. En la Figura 3, observamos un ensayo de calibración de la muestra TK-908, proveniente de las excavaciones de la misión japonesa en el sitio de Kuntur Wasi (Inokuchi 1998:178). La fecha original tenía un margen de error de ± 60 años, que se convierte en ± 120 si ampliamos el margen a un 95.4% de confianza. Esta misma fecha, al ser calibrada, se ubica 803 a 420 años a.C., es decir, casi el doble del margen de la fecha sin calibrar. Como se ve en la figura, esto ocurre porque la fecha cae en una meseta de la curva.

LA ESPECTROMETRÍA DE MASA POR ACELERADOR (AMS)

Si bien la curva de calibración marco un hito importante en la evolución de la técnica de fechado por ^{14}C al proveer una referencia confiable de asignación de años calendáricos a las fechas radiocarbónicas, aún resultaba un problema el fechado de las ocupaciones humanas con un margen confiable de precisión. Esta precisión enfrentaba los desafíos de los márgenes de error que ofrecían los ensayos, el posible incremento del margen de error como producto de la calibración y, por otro lado, los problemas inherentes al fechado de madera (carbonizada o no carbonizada), moluscos o huesos. La cantidad de material requerido para cada fechado (entre 20 a 50 gramos) era, por otro lado, un limitante para el tipo de materiales susceptibles de fechado.

Frente a esta situación, fue un notable avance el surgimiento de la técnica de análisis radiocarbónico basado en la lectura (espectrometría) de masa del espécimen, conocida como AMS por sus siglas en inglés. En contraste a las técnicas radiométricas tradicionales, que se basaban en el conteo del decaimiento de átomos de ^{14}C por un determinado lapso de tiempo (en horas), el fechado por AMS se basaba en el conteo de átomos de una muestra sometida a un proceso de aceleración de partículas, en las que se puede registrar la frecuencia de átomos de ^{14}C en una porción mucho menor de tiempo. Esta técnica otorgó dos ventajas principales frente a las técnicas anteriores. Por un lado, permitía el fechado de muestras de mucho menor peso. Por ejemplo, en vez de un mínimo de 20 g de carbón, se podía obtener un fechado de una muestra de 100 mg. Se podían usar, por otro lado, muestras orgánicas no carbonizadas también menores a 1 g. Así, se podían incluir como muestras a las semillas de plantas anuales, hojas de pastos secos, piezas textiles e incluso porciones del colágeno de los huesos (Bowman 1990: 34-37).

La segunda ventaja es que, por sus características, el análisis de muestras por AMS ofrece resultados con márgenes de error significativamente menores (por lo general, de menos de 40 años), proporcionando una mayor posibilidad de precisión en las fechas.

La desventaja inicial del fechado por AMS fue sin duda económica, ya que, en un inicio, se trataba de una técnica con un costo de 500 dólares de por muestra, mientras que las técnicas tradicionales estaban en 200 dólares. En estos tiempos, sin embargo, los costos han bajado, siendo en algunos laboratorios de 380 dólares y es posible que continúen bajando. Esperemos que a futuro puedan ser cada vez más accesible.

LA ESTADÍSTICA BAYESIANA

La curva de calibración y el fechado por AMS contribuyeron sin duda a contar con bases más sólidas para la asignación de fechas con precisión, reduciendo los márgenes de error, los problemas de contaminación y la restricción de muestras. Aún, sin embargo, seguía existiendo el desafío de lidiar con fechas que podían presentar resultados anómalos o contradictorios aún proviniendo de contextos confiables. Frente a eso, son cada vez más frecuentes los procedimientos de fechado que descansan en el recojo de una colección de más de 10 ensayos, que permitan en la medida de lo posible controlar los comportamientos anómalos y, sobre el principio de recurrencia, reconocer tendencias dentro de las fechas. No obstante, sigue siendo un problema la sistematización de los criterios para asignar qué márgenes uno debe estimar para contemplar el inicio o el fin de las ocupaciones. ¿Cuáles son los límites que uno debe considerar si tiene 10 fechas que presentan fechas cercanas, pero con diferentes márgenes de error? ¿Cómo establecemos el inicio o el fin de

nuestras secuencias? Es lo que líneas atrás señalábamos como los desafíos en la consistencia de nuestra muestra de ensayos radiocarbónicos.

Es allí donde, en las últimas fechas, se ha logrado un gran avance con la inclusión de cálculos provenientes de la estadística bayesiana para construir secuencias de cronología absoluta que controlen las estimaciones subjetivas (Bronk 2009). La estadística bayesiana proporciona una técnica de conteo que, fundamentalmente, reduce los márgenes de probabilidad de las muestras sobre la base del principio bayesiano de la probabilidad de un evento dado la ocurrencia de un evento previo. Para el caso de la datación absoluta por medio de ^{14}C , se requiere de una muestra de ensayos significativa que, a su vez, provenga de contextos ordenados estratigráficamente. De esta manera, partiendo de las muestras más tempranas, se procede a agrupar las fechas por estratos. El cálculo bayesiano entonces leerá las muestras descartando los márgenes de error que se observen como anómalos a la distribución esperada. Como resultado, se obtiene un ajuste en la distribución de fechas y, por consiguiente, una asignación cronológica absoluta de mayor confianza y precisión.

De lo señalado, es claro que el uso del cálculo bayesiano para afinar nuestra datación radiocarbónica requiere, por un lado, de una muestra representativa de fechas por ocupación y, por otro lado, de contextos de procedencia claramente secuenciados. A continuación, presento un ejemplo de las técnicas aplicadas en el fechado del sitio de Cerro Lampay.

LA DATACIÓN ABSOLUTA DE CERRO LAMPAY

Cerro Lampay es un sitio que contiene una ocupación del Período Formativo Inicial (3000-1800 a.C.), contemporáneo y culturalmente afín con sitios como Caral, Áspero, Chupacigarro, Bandurria, San José o Caballete (Vega Centeno 2005). Las excavaciones en el sitio permitieron documentar un conjunto arquitectónico de carácter ritual caracterizado por dos recintos articulados, acompañados de accesos frontales y laterales, y divididos por banquetas en su interior (Figura 4). En un segundo momento, se construyó una plaza circular asociada al conjunto y, en un tercer momento, se construyó un segundo conjunto de tamaño menor. Finalmente, todos los conjuntos mencionados fueron cubiertos en un complejo proceso de «enterramiento ritual», que precedió al abandono de la estructura (Figura 5). Como parte del esfuerzo por fechar la ocupación del sitio, se obtuvieron 28 muestras de material orgánico para conducir igual número de ensayos radiocarbónicos. Para tal fin, se contó con los servicios del laboratorio de AMS de la Universidad de Arizona. En tal sentido, fue posible incluir para el análisis tanto muestras de carbón vegetal como de hilos carbonizados y sin carbonizar, así como trozos de totora y cortaderia usadas en la confección de shicras. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1. Como allí puede verse, los márgenes de

error de las muestras son de +/-39 a +/-42 años en su mayoría, algo promisorio para el fechado del sitio. Una primera revisión, por otro lado, muestra que las muestras se agrupan consistentemente en un rango entre los 4000 y 3700 años a.p. (años radiocarbónicos), con excepción de dos muestras. La primera (AA 58783) se presenta en un rango entre los 3383 y 3463 a.p., mientras que la segunda (AA 58788) ofrece un rango entre los 4499 y 4581 a.p. Con relación a la primera muestra, se trata del único contexto que no fue «sellado». La muestra se recogió de un hueco de poste ubicado cerca a una de las escaleras de la plaza circular, área que quedó expuesta a procesos posocupacionales y, en ese sentido, la muestra ha podido experimentar procesos de contaminación que originaron su resultado significativamente más joven que el resto. Con relación a la segunda, esta se muestra como medio milenio más antigua que las otras 25 muestras. Si bien no contamos con una explicación lógica para este resultado anómalo, la inconsistencia del mismo nos lleva a retirarlo del análisis, al menos hasta tener una explicación.

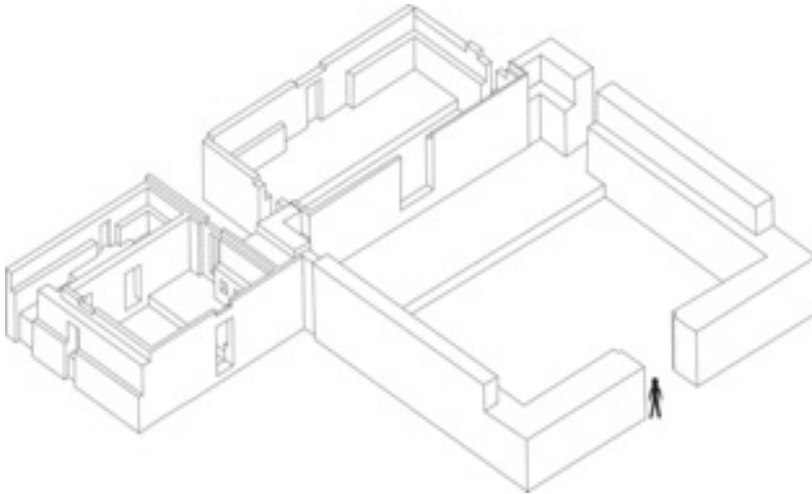


Figura 4 Reconstrucción isométrica de los conjuntos arquitectónicos de Cerro Lampay.

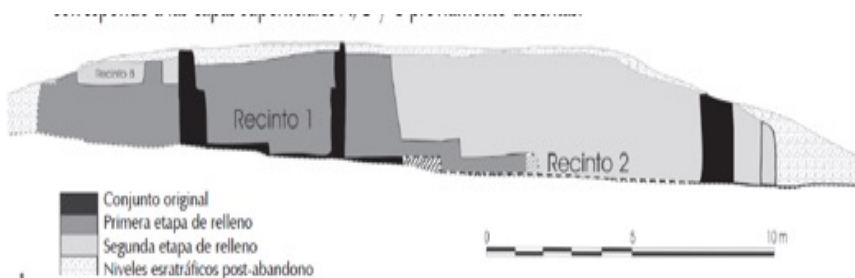


Figura 5: Perfil de la secuencia deposicional en Cerro Lampay.

Las 25 muestras restantes fueron calibradas usando el programa OxCal 4.4 de la Universidad de Oxford. El resultado de la calibración de las fechas se observa en la Tabla 2 y en el gráfico de la Figura 6. Como podemos ver, nos encontramos en un rango de tiempo entre los 2500 a 2000 años antes de Cristo, si usamos los parámetros más amplios de las distribuciones. Nos encontramos así en lo que parece ser la segunda mitad del tercer milenio a.C., dentro de la segunda parte de Período Formativo Inicial. Cabe preguntarse, sin embargo, si es que esta estimación puede hacerse con una mayor precisión. En ese sentido, procedimos a hacer un análisis por agrupamientos, también a través del Programa OxCal 4.4. Este análisis se realiza a partir de los principios de estadística bayesiana antes descritos.

Tabla 1

Relación de ensayos radiocarbónicos obtenidos del sitio de Cerro Lampay

Muestra	Material	Contexto	Años A.P.
AA 58779	Madera	Dintel del acceso posterior del Recinto 1	3923±51
AA 58780	Madera	Dintel del acceso lateral del Recinto 4	3875±42
AA 58781	Madera	Dintel del acceso posterior del Recinto 4	3925±42
AA 58782	Pasto	Shicra en relleno bajo el piso del Recinto 3	3740±39
AA 58783	Carbón	Hueco de poste en el patio circular hundido	3423±40
AA 58784	Pasto	Shicra en el relleno de la Plataforma Central	3,897±77
AA 58785	Textil carbonizado	Ofrenda 6, sobre el relleno de la Plataforma Central	3885±39
AA 58786	Pasto	Shicra en la parte superior del relleno de la Plataforma Central	3746±49
AA 58787	Textil carbonizado	Depósito de Basura 2 en el relleno del Recinto 4	3949±40
AA 58788	Textil	Ofrenda 1, en nicho del Recinto 4	4540±41
AA 58789	Textil carbonizado	Ofrenda 4, en parte superior del relleno de la Plataforma Lateral	3939±42
AA 58790	Carbón	Trash Deposit 5, on Room 6 fill	3968±42
AA 58791	Pasto	Shicra del relleno bajo Recinto 3A	3734±38
AA 58792	Madera	Depósito de Basura 5, en el relleno del Recinto 8	3879±41

AA 58793	Carbón	Depósito de Basura 9, sobre la superficie inferior de la Plataforma Posterior	3855±42
AA 58794	Carbón	Depósito de Basura 10, sobre la superficie superior de la Plataforma Posterior	3833±39
AA 58795	Pasto	Shicra del relleno periférico	3766±39
AA 58797	Pasto	Shicra de relleno periférico	3814±39
AA 58798	Pasto	Shicra del relleno del Recinto 2A	3877±48
AA 58799	Pasto	Shicra del relleno del Recinto 2A	3852±40
AA 58800	Pasto	Shicra del relleno de la Plataforma Posterior	3921±47
AA 58801	Carbón	Ofrenda 5, de la parte superior del relleno de la Plataforma Final	3902±40
AA 58802	Pasto	Shicra del relleno de la Plataforma Final	3984±49
AA 58803	Carbón	Depósito de Basura 7, en el piso del Recinto 5	3897±41
AA 58804	Carbón	Depósito de Basura 3, relleno del Corredor Central	3898±41
AA 58805	Carbón	Depósito de Basura 8, relleno del Recinto5	3930±41
AA 58806	Carbón	Elemento 6, fogón en la superficie superior de la Plataforma Posterior	3869±40

Tabla 2
Relación de los resultados de la calibración por OxCal 4.4 de las muestras
provenientes de Cerro Lampay

Muestra	Años A.P.	Años calendáricos (con 68.3% de confianza)	Años calendáricos (con 95.4% de confianza)
AA 58779	3923±51	2472-2340 a.C. (63.2%) 2320-2305 a.C. (5.1%)	2570-2518 a.C. (8.9%) 2500-2282 a.C. (83.5%) 2251-2231 a.C. (2.1%) 2221-2209 a.C. (1.1%)
AA 58780	3875±42	2454-2418 a.C. (16.7%) 2409-2294 a.C. (51.5%)	2466-2276 a.C. (83.7%) 2256-2206 a.C.(11.7%)
AA 58781	3925±42	2471-2343 a.C. (68.3%)	2568-2526 a.C. (6.8%) 2498-2287 a.C. (88.6%)
AA 58782	3740±39	2202-2129 a.C. (43.9%) 2090-2044 a.C. (24.3%)	2286-2247 a.C. (8.4%) 2236-2028 a.C. (87.1%)

AA 58784	3,897±77	2471-2282 a.C. (62.3%) 2250-2232 a.C. (4.1%) 2219-2210 a.C. (1.9%)	25762191 a.C. (92.3%) 2182-2142 a.C. (3.1%)
AA 58785	3885±39	2456-2340 a.C. (60.6%) 2320-2305 a.C. (7.7%)	2468-2280 a.C. (88.7%) 2252-2228 a.C. (4.4%) 2224-2208 a.C. (2.4%)
AA 58786	3746±49	2275-2256 a.C. (6.5%) 2206-2124 a.C. (39.8%) 2094-2040 a.C. (22.0%)	2335-2328 a.C. (0.4%) 2298-2020 a.C. (93.8%) 1996-1980 a.C. (1.2%)
AA 58787	3949±40	2563-2534 a.C. (14.2%) 2493-2440 a.C. (30.8%) 2424-2404 a.C. (9.6%) 2378-2350 a.C. (13.7%)	2572-2515 a.C. (20.8%) 2502-2338 a.C. (71.2%) 2324-2301 a.C. (3.5%)
AA 58789	3939±42	2556-2543 a.C. (4.9%) 2488-2399 a.C. (44.0%) 2384-2346 a.C. (19.4%)	2569-2521 a.C. (13.4%) 2499-2296 a.C. (82.1%)
AA 58790	3968±42	2571-2516 a.C. (34.1%) 2501-2454 a.C. (31.7%) 2417-2410 a.C. (2.5%)	2579-2341 a.C. (94.5%) 2318-2306 a.C. (1.0%)
AA 58791	3734±38	2200-2127 a.C. (40.7%) 2092-2042 a.C. (27.5%)	2283-2250 a.C. (6.2%) 2232-2219 a.C. (1.4%) 2210-2026 a.C. (87.9%)
AA 58792	3879±41	2455-2416 a.C. (17.6%) 2410-2297 a.C. (50.6%)	2468-2276 a.C. (85.3%) 2256-2206 a.C. (10.2%)
AA 58793	3855±42	2451-2421 a.C. (10.8%) 2406-2376 a.C. (11.8%) 2351-2281 a.C. (32.4%) 2252-2230 a.C. (8.6%) 2222-2210 a.C. (4.6%)	2462-2202 a.C. (95.4%)
AA 58794	3833±39	2395-2388 a.C. (2.2%) 2344-2203 a.C. (66.1%)	2456-2197 a.C. (91.7%) 2168-2148 a.C. (3.8%)
AA 58795	3766±39	2282-2251 a.C. (15.1%) 2230-2221 a.C. (3.4%) 2210-2136 a.C. (46.0%) 2076-2066 a.C. (3.7%)	2296-2112 a.C. (79.8%) 2102-2036 a.C. (15.7%)
AA 58797	3814±39	2338-2324 a.C. (5.0%) 2300-2198 a.C. (57.2%) 2166-2150 a.C. (6.1%)	2453-2418 a.C. (3.8%) 2408-2373 a.C. (5.5%) 2355-2139 a.C. (86.1%)
AA 58798	3877±48	2456-2294 a.C. (68.3%)	2470-2202 a.C. (95.4%)

AA 58799	3852±40	2442-2424 a.C. (6.6%) 2404-2378 a.C. (10.8%) 2350-2280 a.C. (33.4%) 2252-2208 a.C. (17.5%)	2460-2202 a.C. (95.4%)
AA 58800	3921±47	2470-2341 a.C. (64.8%) 2318-2308 a.C. (3.5%)	2568-2526 a.C. (6.8%) 2498-2284 a.C. (86.7%) 2249-2234 a.C. (1.5%) 2217-2211 a.C. (0.5%)
AA 58801	3902±40	2464-2342 a.C. (68.3%)	2475-2280 a.C. (91.0%) 2252-2208 a.C. (4.4%)
AA 58802	3984±49	2574-2460 a.C. (68.3%)	2628-2341 a.C. (94.7%) 2319-2306 a.C. (0.8%)
AA 58803	3897±41	2462-2341 a.C. (65.3%) 2316-2310 a.C. (3.0%)	2473-2280 a.C. (89.9%) 2253-2208 a.C. (5.6%)
AA 58804	3898±41	2462-2341 a.C. (65.3%) 2316-2310 a.C. (2.9%)	2474-2278 a.C. (90.0%) 2254-2208 a.C. (5.5%)
AA 58805	3930±41	2474-2343 a.C. (68.3%)	2568-2528 a.C. (8.3%) 2497-2291 a.C. (87.2%)
AA 58806	3869±40	2454-2418 a.C. (16.1%) 2409-2371 a.C. (17.5%) 2363-2290 a.C. (34.7%)	2464-2275 a.C. (82.1%) 2256-2206 a.C. (13.3%)

En el análisis, se consideraron dos bloques temporales. El primero incluye las muestras asociadas con los eventos relacionados con la construcción de los conjuntos, mientras que el segundo incluye las muestras asociadas con el enterramiento de los mismos. El resultado de los análisis puede observarse en la Figura 7, en la que se ve cómo el cálculo bayesiano va priorizando ciertos márgenes de probabilidad de cada fecha mientras que va descartando otros. Por otro lado, el mismo análisis ofrece márgenes de probabilidad para el inicio y el fin de la secuencia. Así, luego del análisis, nos fue posible precisar el tiempo de la ocupación de Cerro Lampay entre los 2450 a 2250 años a.C. Esto quiere decir que se trata de una ocupación relativamente corta en comparación a la de otros sitios contemporáneos, pero más longevos, algo clave para entender la dinámica de surgimiento o abandono de este tipo de conjuntos arquitectónicos en el período en cuestión.

REFLEXIONES FINALES

El caso presentado sirve para ilustrar el desarrollo de los análisis de ensayos de ¹⁴C en las últimas décadas y cómo es que estos nos permiten acercarnos cada vez con mayor precisión, no solo a ubicar las ocupaciones humanas que estudiamos en el tiempo, sino también a medir su grado de longevidad.

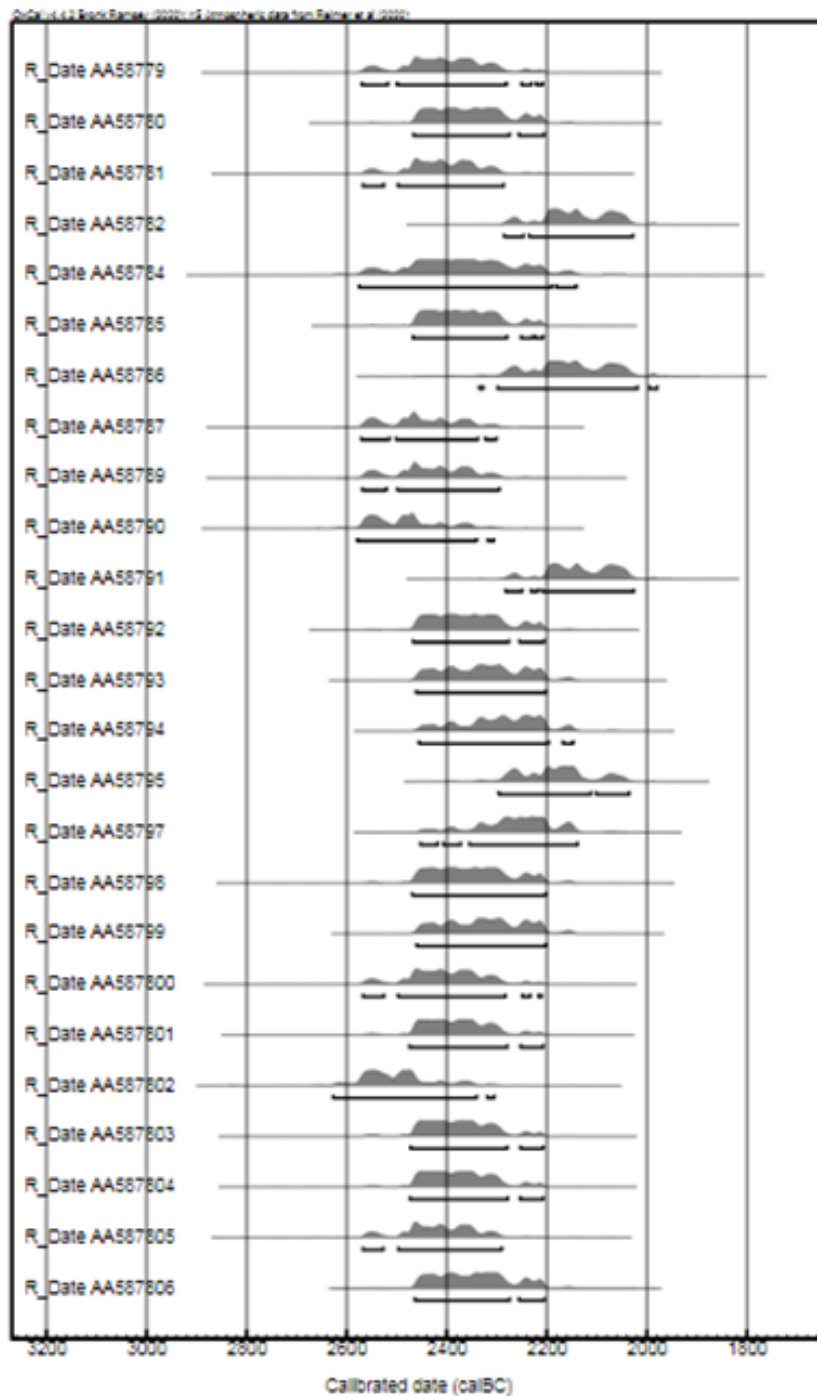


Figura 6. Distribución de fechas calibradas de Cerro Lampay de acuerdo con el programa OxCal 4.4.

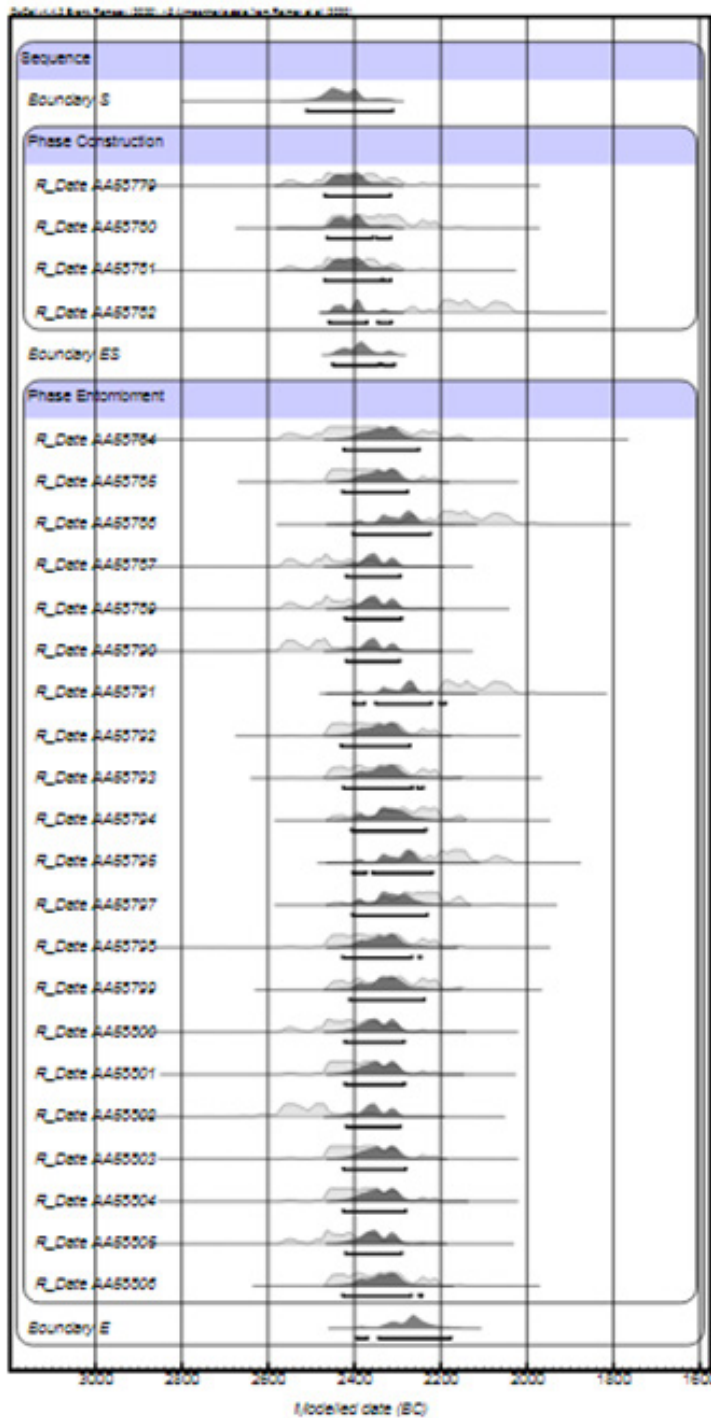


Figura 7. Distribución de las fechas calibradas de Cerro Lampay luego del análisis de agrupamientos realizado con el programa OxCal 4.4.

Queda claro, por otra parte, que este tipo de avances requiere de una estrategia de recolección de muestras que contemple con claridad la procedencia, contexto y naturaleza de materiales a fechas. Se trata, en ese sentido, de un desafío de afinamiento de nuestras estrategias de recojo de datos, que nos permitirá a futuro avanzar en la construcción de las cronologías absolutas de diferentes regiones de los Andes centrales.

BIBLIOGRAFÍA

ADOVASIO, James y otros

1978 «Meadowcroft Rockshelter, 1977. An overview». *American Antiquity*, volumen 43, número 4, pp. 632-651.

BRONK, Christopher

2009 «Bayesian analysis of radiocarbon dates». *Radiocarbon*, volumen 51, número 1, pp. 337-360.

BROWMAN, Sheridan

1990 *Radiocarbon Dating*. Berkley: University of California Press.

FELDAM, Robert

1980 *Aspero, Peru: Architecture, subsistence, economy and other artifacts*. Tesis de doctorado en Filosofía. Cambridge: Universidad de Harvard.

HAYNES, Vance

1980 «Paleoindian charcoal from Meadowcroft Rockshelter. Is contamination a problem?». *American Antiquity*, volume 45, número 3, pp. 582-587.

INOKUCHI, Kinya

1998 «La ceramic de Kuntur Wasi y el Problema Chavín». *Boletín de Arqueología PUCP*, número 2, pp. 161-180.

LEÓN, Elmo

2006 «Radiocarbono y calibración. Potencialidades para la arqueología». *Arqueología y Sociedad*, número 17, pp. 67-89.

SHADY, Ruth

2006 «America's First City? The Case of Late Archaic Caral». ISBELL, William y Helaine SILVERMAN. *Andean Archaeology III. North and South*. Nueva York: Springer, pp. 28-66.

SCHIFFER, Michael

1986 «Radiocarbon dates and the «old wood» problem: The Case of Hohokam Chronology». *Journal of Archaeological Science*, volumen 13, n° 1, pp. 13-30.

VEGA-CENTENO, Rafael

2005 *Ritual and architecture in a context of emergent complexity. A perspective from Cerro Lampay, a Late Archaic site in the Central Andes*. Tesis de doctorado en Filosofía. Tucson: Universidad de Arizona.