

La datación por ^{14}C en la Arqueología de los Andes Centrales

Daniel A. Contreras

DEXTRA
EDITORIAL

La Datación por ^{14}C en la Arqueología de los Andes Centrales: su desarrollo histórico y trayecto actual

Daniel A. Contreras

Department of Anthropology, University of Maryland

Introducción

La costa desértica de la región andina central parece ideal para construir cronologías del pasado humano basadas en el reloj isotópico del ^{14}C (cf. Capítulos 4 y 11 de este volumen). La notable preservación de materiales orgánicos en este ambiente árido plantea la tentadora perspectiva de una abundancia de muestras de especies de vida corta, mientras que la abundancia de restos arqueológicos ofrece contextos sellados claramente vinculados al tipo de eventos que interesa a la arqueología profesional. La cuidadosa selección de tales muestras es fundamental para las directrices de aplicación de la datación ^{14}C a cuestiones arqueológicas (por ejemplo, Bayliss 2009. Véase también el capítulo 11 de este libro). Por otra parte, la correlación cronológica de materiales culturales aparentemente relacionados, pero geográficamente dispersos (principalmente, pero no exclusivamente, cerámica) ha sido una cuestión fundamental en la arqueología centroandina desde los primeros años de la disciplina, ya que la construcción inicial de marcos histórico-culturales supuso una búsqueda de marcadores cronológicos en la cultura material de la región (es decir, la traducción de semejanzas percibidas a través del espacio en semejanzas a lo largo del tiempo).

El hecho de que la Secuencia Maestra de Ica (Rowe 1962; Menzel 1964), una cronología basada en tipos cerámicos de referencia, definida por Dorothy Menzel, John Rowe y Lawrence Dawson para el Valle de Ica con la intención explícita de que pudiera servir como un ancla cronológica para el trabajo en otros lugares, todavía esté en uso regular medio siglo después de su publicación, es testimonio de del interés por este tipo de cronologías relativas y seriaciones de artefactos-tipo. Además de ordenar el pasado en Ica, esta secuencia sirvió como una herramienta para discutir el proceso cultural -la subsunción ocasional de Ica en corrientes históricas más grandes de los Andes Centrales, marcadas por cambios en la cerámica y la iconografía- como un medio para aprovechar la preservación arqueológica de la costa en otras áreas menos afortunadas de los Andes Centrales. El impacto duradero de esta obra es testimonio de su calidad, la riqueza del registro arqueológico, y

¹ Traducido del original en inglés por J.A. Barceló.

la agudeza de la necesidad. El hecho de que la investigación se llevara a cabo sin hacer referencia a la datación ^{14}C no es sorprendente dado el período en el que se llevó a cabo. Lo que es sorprendente es la casi ausencia de esfuerzos posteriores para probar y/o refinar este pilar fundamental de la arqueología andina central a través del ^{14}C u otra modalidad de reloj isotópico. Otras secuencias similares basadas en la seriación también han permanecido en gran medida intactas por los desarrollos en la datación mediante relojes isotópicos (aunque ver Vaughn et al. 2014), a pesar de la explosión en el número de fechas ^{14}C producidas desde el advenimiento de la datación AMS (discutido en la Sección 12.3). A pesar de esta influencia limitada hasta la fecha, la datación absoluta ofrece la posibilidad de poner a prueba los postulados de estos marcos, e incluso llegar a las dinámicas sociales, políticas y económicas que impulsan los patrones identificados en el establecimiento de los períodos histórico-culturales.

La posibilidad de vincular marcos histórico-culturales -construidos en gran parte a partir de seriaciones flotantes de cerámica, iconografía y arquitectura- a una escala de tiempo absoluta tenía (y sigue teniendo) un atractivo evidente (véase la discusión metodológica en el capítulo 10). Inicialmente, este atractivo fue resultado de la necesidad de vincular las seriaciones flotantes entre sí y con escalas calendáricas, vinculando los sitios espacial y cronológicamente dispersos en un conjunto secuencial que podría sustentar una trayectoria histórica regional. Posteriormente, la atención se desplazó hacia la definición de etapas y/o períodos arqueológicos con respecto a los años calendáricos y, en las últimas décadas, hacia cuestiones de proceso cultural a lo largo del tiempo.

A pesar de la necesidad de contar con marcadores absolutos de tiempo (por ejemplo, Rowe 1945; Kubler 1948), las iniciales complicaciones metodológicas crearon inconsistencias entre los resultados del ^{14}C y otros diagnósticos cronológicos, produciendo un grado de escepticismo sobre la confiabilidad de los métodos de datación basados en relojes isotópicos en general (por ejemplo, Rowe 1965). Estos incluyen, por ejemplo, las limitaciones en la precisión de la medición producidas por la variación de los cálculos de la vida media de ^{14}C , las fluctuaciones en la proporción de ^{14}C atmosférico a lo largo del tiempo que ahora se tratan a través de la calibración basada en la dendrocronología, y el fraccionamiento isotópico variable en diferentes materiales de la muestra, por no mencionar cuestiones tan aparentemente triviales como el pretratamiento y la contaminación de la muestra, y la relación entre la fecha y el evento objetivo. Como ciertamente reconoció la propia comunidad de analistas del radiocarbono, el error podría introducirse en muchas etapas diferentes del proceso, por lo que los métodos técnicos e interpretativos han continuado evolucionando incluso cuando la técnica estaba en uso activo (cf. Spriggs 1996). Hay que tener precaución, como demuestra por ejemplo, lo que ha sucedido en arqueología insular del Asia sudoriental, cuyos investigadores e investigadores se ven obligados a prescindir en la actualidad, de las fechas de los años sesenta y principios de los setenta procesadas el Laboratorio de Gakushuin (GaK) en Japón como poco fiables (Spriggs 1989:604, 1996); a efectos de la presente revisión, es interesante señalar que la reciente compilación de fechas ^{14}C de América del Sur por Goldberg y sus colegas (2016), incluye 48 referencias procesadas por ese laboratorio (GaK) para los Andes Centrales².

De hecho, tanto el cauteloso optimismo de Junius Bird (1951) como las advertencias de Rowe sobre el uso incauto de las fechas del ^{14}C , y la conveniencia de actuales de modelado bayesiano (cf. Capítulos 21-24 de este libro), que integra formalmente la información arqueológica como antecedentes de una inferencia estadística; cf. Bayliss (2009:126). Sin embargo, en lugar de

² Aunque las fechas de análisis no son obvias, ya que las fuentes son compilaciones previas (Gayo et al. 2015 y Ziolkowski et al. 1994), al menos varias muestras (de Kotosh, Las Haldas y Tiwanaku, como mínimo) fueron analizadas durante el período en cuestión.

estimular el desarrollo de programas rigurosos de datación ^{14}C , escepticismos como el de Rowe ha provocado una continua dependencia en los Andes Centrales de cronologías relativas a escala local, principalmente series cerámicas e iconográficas. Con pocas excepciones, las fechas ^{14}C en los Andes Centrales han sido generalmente utilizadas sólo como anclajes para estas secuencias, a través de las cuales sitios o contextos particulares se relacionan con marcos regionales, más que como medios para desarrollar modelos cronológicos detallados de sitios o trayectorias regionales (mucho menos para probar o desempacar marcos culturales e históricos).

Después de una breve revisión del uso de la datación ^{14}C en la arqueología de los Andes Centrales, me centro en este capítulo en cuestiones prácticas que enfrentan los arqueólogos que trabajan en la región, ya que ambos emplean fechas ^{14}C y buscan ser consumidores informados y críticos de las fechas y cronologías publicadas por medio de relojes isotópicos. Reviso los temas generales de la datación ^{14}C aplicada a la región Andina Central, considero temas particulares de los Andes Centrales y estudios de caso recientes en la aplicación de estos métodos cronométricos dentro de la región, y concluyo con una discusión de las preguntas salientes relacionadas con la medición del tiempo en arqueología que continúan demandando atención de la investigación.

Una Breve Historia de la datación por ^{14}C en los Andes Centrales

Renfrew (1973) y posteriormente Taylor (1995) y Bayliss (2009) plantean tres impactos revolucionarios distintos de la datación por radiocarbono en la arqueología: la introducción de un método fiable de datación absoluta, la calibración que podría relacionar esas fechas directamente con los años naturales, y las mejoras metodológicas (espectroscopia de masas [AMS]) que aumentaron enormemente el número de fechas producidas (cf. Capítulo 4 de este libro). Estas "revoluciones de radiocarbono" pueden ser detectadas en los Andes Centrales, donde los arqueólogos han sido cautelosos y precoces en la datación del ^{14}C . Cabe destacar los trabajos pioneros en la relación de las fechas del ^{14}C con las relaciones estratigráficas (Bird 1951), en el meta-análisis de las fechas del ^{14}C (Rick 1987) y en el modelado bayesiano (Zeidler et al. 1998). Sorprendentemente, estos avances metodológicos han tenido un impacto general sorprendentemente limitado en los marcos cronológicos regionales.

LA PRIMERA REVOLUCIÓN RADIOCARBÓNICA

Las primeras décadas de datación arqueológica ^{14}C en los Andes Centrales formaron parte de la "primera revolución del radiocarbono": la adopción de un método fiable de datación absoluta (cf. Taylor 1995; Bayliss 2009). Materiales de la arqueología andina estuvieron entre los primeros en ser datados por Willard Libby: 14 muestras de los Andes Centrales (de las cuales 12 eran arqueológicas) fueron proporcionadas por Junius Bird, George Kubler y Donald Collier y fueron incluidas en la primera lista de dataciones en 1951 (Arnold y Libby 1951:119-120; Bird 1951). Incluso cuando se publicaron por primera vez, Bird ya estaba tratando de usar las relaciones estratigráficas entre estas fechas para restringir los largos intervalos de confianza, y lidiando con la forma de interpretar la naturaleza probabilística de los resultados (por ejemplo, Bird 1951:Fig. 1 y p. 47). El objetivo entonces era la construcción de cronologías a macroescala (por ejemplo, Bird 1951: Tabla 2) para la región andina. De hecho, el advenimiento de la datación en el ^{14}C coincidió con un imperativo de investigación más amplio en la arqueología de los Andes Centrales: el establecimiento de marcos cronológicos y la comprensión de los procesos culturales que habían producido el patrón observado (por ejemplo, Bennett 1948; Larco Hoyle 1948; cf. Ramón Joffré 2005:11-14).

LA SEGUNDA REVOLUCIÓN RADIOCARBÓNICA

Renfrew (1973) calificó el impacto de la calibración dendrocronológica -es decir, la relación fiable entre los resultados del reloj isotópico y los años calendáricos- como la "segunda revolución del radiocarbono", por su impacto en la comprensión arqueológica de la historia de la cultura. En los Andes Centrales, dominados más por un amplio reconocimiento de la necesidad de construir un marco cronológico que por ideas establecidas sobre las relaciones cronológicas, esta segunda revolución tal vez tuvo un efecto menos dramático. El impacto se mezclaba con el de la primera revolución, y si anota, por ejemplo, en las secuencias temporales definidas por Bennett (1946:80) y por Willey (1948:Tabla 1), con las formulaciones subsiguientes (por ejemplo, Bennett y Bird 1964:Fig. 8; Lanning 1967:Tabla 2; Lumbreras 1974:14-18), que mantienen un esquema en gran medida comparable, pero extienden el período de tiempo en aproximadamente un milenio. De hecho, tanto antes como después de que la calibración de las fechas ^{14}C fuese reconocida como una necesidad, el entusiasmo acerca de la contribución potencial de este método en la construcción de la cronología centro andina fue atenuado por la cautela acerca de las complicaciones metodológicas y la necesidad de vigilar los posibles excesos interpretativos en su uso (por ejemplo, Engel 1963; Bennett y Bird 1964:223-228; Rowe 1965; tanto Bennett como Bird y Rowe incluyen en sus preocupaciones las complicaciones planteadas por el reconocimiento de que la calibración era necesaria).

LA TERCERA REVOLUCIÓN RADIOCARBÓNICA

Una idea de la velocidad con la que los arqueólogos que trabajan en la región han adoptado la datación ^{14}C puede obtenerse agregando el año inicial de publicación de las fechas ^{14}C incluidas en las bases de datos regionales (Ziółkowski et al. 1994; Rademaker et al. 2013; Gayo et al. 2015; Goldberg et al. 2016); el año de análisis de laboratorio es, desafortunadamente, raramente disponible. Los resultados ($n=5167$), muestran, tal como se puede esperar, una tendencia al aumento tras tiempo (ver Figura 1)³.

³ Estos datos ciertamente subestiman el período posterior a 1994, ya que esas fechas no aparecen en ANDES (Ziółkowski et al. 1994), aparecen en Rademaker et al. (2013) sólo si son anteriores a 7000 BP, y aparecen en SCAR (Gayo et al. 2015) sólo si son de los Andes Sur-Centrales. El conjunto de datos de Goldberg et al (2016) es más reciente, pero no mucho más completo. Se puede comparar, por ejemplo, el número de fechas incluidas para Chavín de Huántar ($n=21$, todas de Ziółkowski et al. 1994) con el número reportado en Rick et al. (2009) ($n=75$, incluyendo las 21 que aparecen en Goldberg, 4 que aparecen en Ziółkowski pero no en Goldberg, y 50 extraídos de 6 publicaciones anteriores posteriores a 1994 o que aparecen por primera vez). En Kembel y Haas (2015) se mencionan 32 dataciones, ninguna de las cuales aparece en las otras publicaciones. Si bien Chavín puede no ser representativo de los sitios arqueológicos en los Andes Centrales, en general (habiendo sido objeto de una investigación extensa y en parte cronológica desde fines de la década de 1990), se pueden observar patrones similares para Pacopampa ($n=3$ en Goldberg y $n=23$ en Seki et al. (2008) y para Kuntur Wasi, que no aparece en Goldberg, aunque Inokuchi (2008, 2014) reporta 70 fechas ^{14}C . En resumen, las fechas posteriores a 1994 son ciertamente mucho más abundantes de lo que parece, pero en ausencia de una única base de datos centralizada es (cada vez más) difícil ser consciente de todas ellas. El impacto potencial de los problemas de control de calidad y exhaustividad se explora más adelante en la Sección 4.4.

Publication of Central Andean ¹⁴C Dates

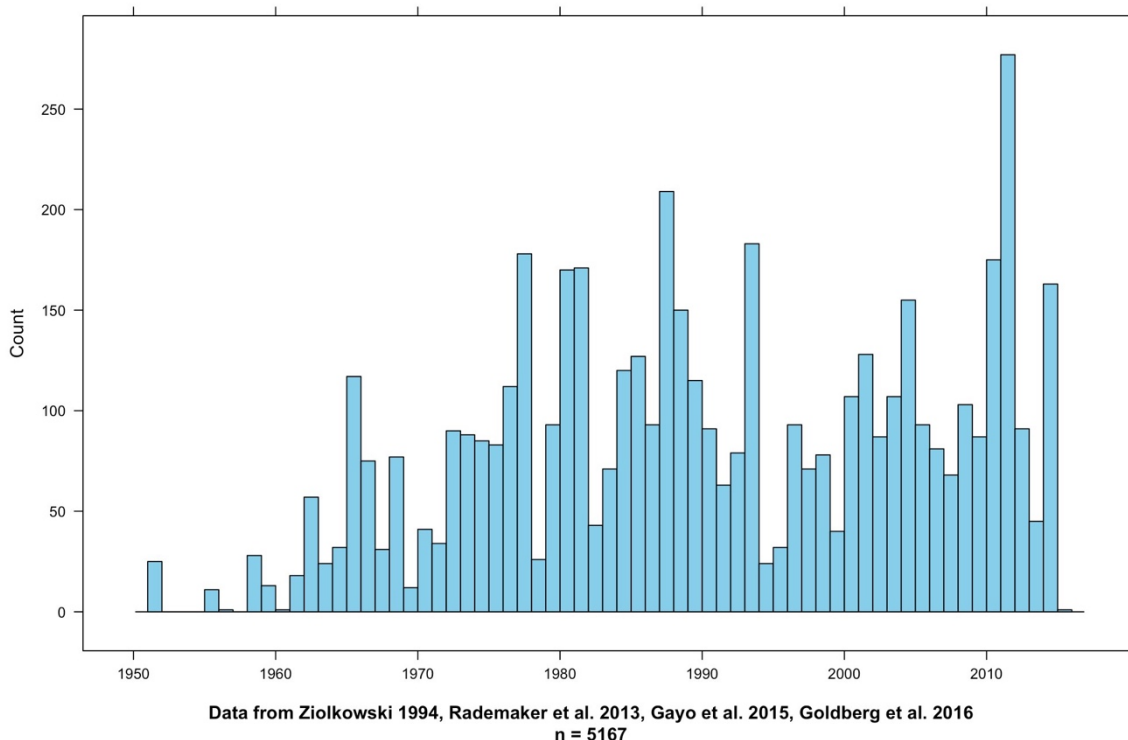


Figura 1. Gráfico de barras que visualiza la evolución temporal en la publicación de dataciones arqueológicas por radiocarbono para la región, 1951-2016. Contando con la subestimación de las fechas posteriores a 1994 (véase la Nota 2), el patrón general es de adopción, aumento incremental hasta aproximadamente mediados de la década de 1990, y luego de rápido aumento.

Esta adopción lenta y paulatina del nuevo método refleja probablemente las limitaciones presupuestarias y la respuesta a las advertencias de Rowe y otros, así como una tendencia a basarse en la cronología relativa y/o la asignación tipológica a los marcos cronológicos existentes. Incluso después de la llegada del ¹⁴C, la periodización tradicional siguió siendo más popular que las cronologías absolutas (Ramón Joffré 2005; Kaulicke 2008; Rowe 1962). Las ambigüedades e incluso las incoherencias producidas por la yuxtaposición de las fechas del ¹⁴C y otra información cronológica (en particular la derivada de la seriación y las relaciones estratigráficas) produjeron una atmósfera disciplinaria en la que las fechas proporcionadas por relojes isotópicos se consideraban a menudo menos fiables que las cronologías culturales preexistentes en las que se pretendía que encajaran esas fechas. Spriggs (1996:941) llega a sugerir que "debemos ser muy cautelosos al interpretar fechas de radiocarbono anteriores a 1970". Como resultado, las fechas ¹⁴C se utilizaron más generalmente para identificar los amplios períodos de tiempo dentro de los cuales los períodos basados en la cultura material deberían caer, antes que como herramientas para refinar la comprensión de esos períodos en sí mismos. Esto es particularmente notable en los períodos arqueológicos más recientes que se han considerado mejor documentados y entendidos y que se han mantenido en gran medida a lo largo del tiempo durante varias décadas, a pesar del aumento en el número de fechas ¹⁴C, tal y como aparece en la Figura 1. Esto es evidente en la escasez de atención explícita a las fechas del ¹⁴C en los tratamientos sintéticos de la arqueología centroandina en síntesis

tan influyentes como las de Lanning (1967), Willey (1972), Lumbreras (1974) y Keatinge (1988); aún cuando las cartas cronológicas que producen se describen como basadas en fechas de radiocarbono, no se describen las fechas específicas y el proceso de síntesis.

El aumento en las dataciones absolutas a partir de los años 90 (que aparece subrepresentado aunque sea) corresponde a la "tercera revolución del radiocarbono" de Taylor (1995): la proliferación de fechas ^{14}C provocada por la disponibilidad cada vez mayor de la técnica de la espectroscopia de masas con acelerador (AMS), así como la consiguiente disminución de los costes de análisis y la relajación de las limitaciones de las muestras aptas para el análisis. Bayliss (2009) argumenta que esta tercera revolución está en curso, ya que los efectos de esta proliferación de fechas ^{14}C permitidas por la datación AMS incluyen innovaciones que están cambiando las formas en que las dataciones absolutas contribuyen a la interpretación arqueológica. Se refiere principalmente al modelado bayesiano (es decir, la incorporación formal de otros tipos de información cronológica en el cálculo de las funciones de densidad de probabilidad usadas para describir las fechas ^{14}C calibradas), pero también se podría incluir razonablemente el meta-análisis (principalmente distribuciones de probabilidad resultado de la suma de los intervalos de confianza de gran número dataciones (véase los Capítulos 25 y 26 de este libro al respecto). A pesar de las críticas a su validez, este método ciertamente se está volviendo más común y tiene un amplio impacto, e incluso la proliferación de registros paleoecológicos que son cada vez más precisos cronológicamente a medida que los modelos estratigráficos se basan en fechas ^{14}C y métodos de modelado más rigurosos. El modelado bayesiano se aplicó relativamente pronto en los Andes Centrales (Zeidler et al. 1998), pero ese esfuerzo inicial no estimuló la adopción generalizada del método, que sólo recientemente se ha aplicado más ampliamente (por ejemplo, Contreras, en prensa; Koons y Alex 2014; Marsh 2012; Marsh et al. 2017; ver la sección 5 de este capítulo). De manera similar, el meta-análisis de las fechas del ^{14}C como una herramienta para examinar los patrones culturales y demográficos prehistóricos fue pionero en los Andes Centrales (Rick 1987), pero sólo recientemente se ha adoptado más ampliamente y luego se ha vuelto a visitar en los Andes Centrales (por ejemplo, Marsh 2015; Goldberg et al. 2016; Riris 2018; ver Sección 5).

LAS REVOLUCIONES NO SE ACEPTAN SIN CRÍTICAS

Incluso con la "tercera revolución" en marcha, las preocupaciones metodológicas -por ejemplo, el efecto reservorio marino y la calibración apropiada para contextos en el hemisferio sur- continúan siendo relevantes, como se discute más adelante en la Sección 4. Por otro lado, es importante tener en cuenta que en cualquier base de datos con dataciones de los últimos 70 años tendrá fechas problemáticas (como lo señaló Ziólkowski 1994 en su comentario sobre las dificultades de compilar las dataciones absolutas para la región). La precaución que ya de buen inicio expresaron Bird (1951), Engel (1963) y Rowe (1965) ha estado justificada, al menos en parte, ya que las décadas posteriores han sido testigos del uso a veces displicente de los métodos cronométricos en los Andes Centrales. Ya sea debido a limitaciones presupuestarias, a una comprensión inadecuada del método o a un exceso de optimismo, hay muchos ejemplos de casos en los que secuencias cronológicas enteras de un sitio o región se han anclado con muy pocas dataciones, o incluso con una única fechas, de lo que se deduce que las relaciones contextuales se han documentado de forma insegura, no se han identificado los materiales fechados, o bien que las fechas se han seleccionado de forma idiosincrática para producir cronologías que se ajusten a las expectativas de sus autores. La publicación periódica y continua de advertencias sobre los peligros de usar fechas ^{14}C (por ejemplo, Ziólkowski 1994; Velarde 1998; Kaulicke 2008; Rick et al. 2009) es testimonio de la persistencia de tales problemas. Los Andes Centrales están lejos de ser la única región en la que sucede esto, como Bayliss (2009:126) observó mordazmente en 2009: "En general, el material de corta duración se aísla ahora para la datación y cada vez más las muestras de una sola entidad... son la regla en lugar de la excepción, pero rutinariamente todavía se presta muy poca atención a la asociación entre la muestra, el contexto en el que fue recuperada, y el evento arqueológico que nuestra datación apunta".

Muchos de estos problemas fueron reconocidos por Ziółkowski y en los esfuerzos pioneros de sus colegas para construir una base de datos regional de cronometrías absolutas (Ziółkowski et al. 1994; Michczyński et al. 1995), y se describen en la contribución de Ziółkowski a la publicación (Ziółkowski 1994), centrándose específicamente en los desafíos que plantea la tarea aparentemente sencilla de yuxtaponer fechas ^{14}C de diversas fuentes. Como ha demostrado este esfuerzo inicial de compilación de una base de datos de fechas ^{14}C de la región, si una base de datos ha de ser más que un catálogo de fechas tal como están publicadas, se tendrá que tener en cuenta si en la publicación original las fechas se calibraron dendrocronológicamente o no, debiéndose especificar con qué método de calibración. Por otro lado, será importante especificar si se ha identificado o no el material fechado o si se ha especificado su contexto y la relación con el evento objetivo. En algunas de las primeras publicaciones se observa la grave omisión de la incertidumbre de la medición (por ejemplo, Engel 1963:Tabla 1, proporciona solamente valores medios; a menudo es más problemática la construcción de cronologías basadas en los valores medios de los intervalos de confianza después de calibración que otros aspectos incompletos de la publicación). Esfuerzos tales como la calibración de mediciones ^{14}C no calibradas previamente, la clasificación de la fiabilidad de las muestras o la búsqueda de patrones dentro de las fechas incluidas, se enfrentan a problemas que requieren algo más que una simple compilación (véanse los capítulos 14-20 de este libro, dedicados a las bases de datos con dataciones radiométricas).

Ziółkowski y sus colegas lucharon con estos problemas porque intentaron:

- a) ejercer algún control de calidad en las fechas incluidas en la base de datos ANDES14C, y
- b) trabajar para yuxtaponer de manera significativa las fechas, intentando no sólo ponerlas a disposición sino también considerar el uso de la base de datos como una herramienta analítica.

Las compilaciones de fechas que no aspiraban a ser más que listas (por ejemplo, Bird 1951; Engel 1963; Ravines y Alvarez Sauri 1967; Ravines 1982) no se enfrentaron a este desafío, mientras que las compilaciones temáticas dirigidas (por ejemplo, Watson 1986[Costa Norte]; Paul 1991[Paracas]; Burger 1992:Appendix[Periodo Inicial y Horizonte Temprano]; Lau 2004[Recuay]) han tendido a centrarse en la recopilación y selección de fechas y no han reconocido explícitamente cuestiones metodológicas de yuxtaposición de fechas o su uso para crear cronologías. Nótese, por ejemplo, que la compilación de fechas en Burger (1992:Appendix) no especifica ninguna información de calibración y proporciona fechas medias únicas en lugar de rangos de probabilidad. Esto se debe en parte a los objetivos de las compilaciones temáticas, que consideran implícitamente que los esquemas cronológicos anteriores son sistemas fiables de periodización en los que pueden ajustarse las fechas ^{14}C . Esto puede ser una manifestación de lo que Politis (2003:118) ha descrito como el continuo dominio de un paradigma fundamentalmente histórico-cultural dentro de la arqueología sudamericana, dentro del cual las fechas del ^{14}C podrían ser cómodamente desplegadas, formando parte de la "historia de la cultura con métodos analíticos más sofisticados".

Por el contrario, los objetivos analíticos generales de los proyectos de bases de datos subsiguientes (por ejemplo, deFrance et al. 2009; Rademaker et al. 2013; Gayo et al. 2015; Goldberg et al. 2016), cuyo objetivo declarado es el análisis de series temporales, hacen que estas cuestiones sean vitales: cuando los resultados analíticos dependen de la densidad de la muestra en el tiempo y el espacio, esos resultados pueden ser muy sensibles a la inclusión o exclusión de muestras particulares (particularmente si el corpus en cuestión tiene pocas muestras para un período de tiempo o una región determinados). Sin embargo, incluso estos proyectos recientes han luchado con el problema de filtrar las fechas según su calidad, fiabilidad y representatividad, particularmente a medida que las bases de datos se hacen más grandes (cf. Goldberg et al. 2016, Rademaker et al. 2013). Aunque tal "higiene cronométrica" (cuidadosa selección de fechas para incluir sólo eventos con fechas exactas que coincidan de manera fiable con los eventos objetivo, cf. Spriggs 1989) es vital para construir interpretaciones arqueológicas robustas, el desafío de evaluar un gran número de fechas

publicadas -a menudo publicadas con diferentes grados de minuciosidad- es tal que los meta-análisis a menudo se basan en el esperanzador principio de que grandes muestras de fechas del ^{14}C pueden obviar la necesidad de escrutinio de fechas individuales.

El meta-análisis de colecciones de fechas ^{14}C empezó, precisamente en la arqueología de los Andes Centrales, donde John Rick (1987) argumentó que las colecciones de fechas ^{14}C podrían permitir el análisis de amplios patrones demográficos en el espacio y el tiempo. A pesar de varios factores de confusión (por ejemplo, sesgos de preservación e investigación), Rick argumentó que el número de fechas ^{14}C podría servir como un estimador de la población para las regiones costeras y montañosas del Perú durante el período precerámico (definido para conveniencia analítica como 20,000 - 3000 años de radiocarbono BP), ya que la producción de material datable debería ser aproximadamente proporcional al tamaño de la población (cf. Rick 1987:Fig. 1). Al excluir los últimos tres milenios evitó problemas de interés variable en la datación ^{14}C por investigadores centrados en diferentes períodos. Este tema se desarrolla en profundidad en el capítulo 25 de este libro, y parcialmente, en el capítulo 26).

Estos análisis dependen en gran medida del tamaño de las muestras en relación con los períodos de tiempo y espacio considerados (es decir, la densidad del muestreo). Rick se basó en 328 dataciones absolutas, mientras que la Figura 1 deja claro que ahora se dispone de muestras considerablemente más grandes, particularmente cuando se consideran períodos de tiempo más largos. Ziolkowski y sus colegas pudieron inicialmente compilar aproximadamente 2650 fechas ^{14}C de Ecuador, Bolivia y Perú en ANDES 14C (1994), Gayo y sus colegas incorporaron 1661 dataciones más en el SCAR (a partir de su publicación en 2015), y Goldberg y sus colegas se basan en 3124 dataciones de los Andes Centrales (2016)⁴. Dicho esto, Rademaker y sus colegas (2013) sólo pudieron compilar 308 dataciones para el período de 13.000 a 7.000 BP, mientras Riris (2018) logró compilar 1180 dataciones para el período 14.000 a 3.000 BP. Evidentemente, los aumentos en el número total de fechas ^{14}C desde la introducción de AMS no están distribuidos uniformemente entre los sitios de todos los períodos de tiempo.

Finalmente, vale la pena señalar un hecho obvio que rara vez se menciona en la literatura arqueológica: las dataciones radiométricas de contextos arqueológicos no son las únicas dataciones absolutas arqueológicamente relevantes en los Andes Centrales. Las fechas de contextos paleoambientales son cada vez más importantes en la interpretación arqueológica, ya que a menudo sirven de enlace entre los datos arqueológicos y paleoambientales (ver Contreras 2010; Rademaker et al. 2013; Marsh 2015). La reciente síntesis de Flantua y sus colegas (2016), por ejemplo, demuestra la relevancia de los datos paleoambientales para la síntesis arqueológica. Estos datos paleoambientales generalmente se basan en fechas radiométricas que sirven como base para modelos de relación profundidad estratigráfica – tiempo en secuencias paleoclimáticas y paleoecológicas en lagos y turberas, así como marcadores de fenómenos tales como eventos extremos de El Niño - Oscilación del Sur (ENOS) y avance y retroceso glaciar. Estas fechas rara vez o nunca figuran en las bases de datos arqueológicos, aunque pueden figurar -generalmente de manera indirecta- en las interpretaciones de sitios o regiones, ya que las trayectorias humanas y ambientales están vinculadas desde el punto de vista interpretativo. Sin embargo, los arqueólogos que trabajan en los Andes Centrales deben tener en cuenta que las mejoras analíticas que afectan la utilidad de los datos ^{14}C (con respecto, por ejemplo, a la calibración o a los efectos de los yacimientos marinos) son tan probables de provenir de la comunidad paleoecológica como de la comunidad arqueológica.

Cuestiones Fundamentales

⁴ Cabe señalar que estas bases de datos se solapan en las fechas ^{14}C que incluyen. Tomando en cuenta la superposición de fechas, Ziolkowski 1994, Rademaker et al. 2013, Gayo et al. 2015, y Goldberg et al. 2016 combinados extraen 5167 fechas de los Andes Centrales. Como se señala en la Nota 2, las fechas recientemente publicadas están ciertamente subestimadas en estos totales.

Los temas fundamentales de las dataciones por ^{14}C ya están cubiertos en otros capítulos de este libro (cf. especialmente capítulos 4 y 11, así como en diversas referencias bibliográficas, por ejemplo, Taylor 1995; Taylor y Bar-Yosef 2014; Bayliss 2009), Sólo menciono brevemente aquí algunos aspectos generales, antes de pasar a los temas más particulares de la cronometría en la arqueología de los Andes Centrales.

En los Andes Centrales como en otros lugares, dos tipos de preocupaciones se ciernen sobre los aspectos de la datación radiométrica que están bajo el control de los arqueólogos: la metodología y la interpretación. Las preocupaciones metodológicas comprenden la selección de muestras (incluyendo el material, el contexto y la documentación) y las convenciones de presentación de informes, mientras que las preocupaciones interpretativas provienen principalmente de la naturaleza probabilística de los resultados del método, e incluyen tanto el análisis a través del modelado cronológico bayesiano como el meta-análisis a través de distribuciones de probabilidad sumadas. Los temas de calibración y corrección (por ejemplo, de ΔR) caen dentro de ambas categorías (cf. el capítulo 11, de Rafael Micó).

La aplicación arqueológica de un conjunto de dataciones radiométricas depende de la relación entre el suceso datado (es decir, la fecha de calendario medida por la estimación ^{14}C en una muestra arqueológica) y el suceso objetivo (es decir, el episodio en el pasado cuya fecha calendárica de ocurrencia queremos determinar). La selección de las muestras para la datación debe guiarse por la identificación de un suceso objetivo, la comprensión de cuál será el suceso datado y la elucidación de la relación entre ambos. Esto puede complicarse por la edad de las muestras en el momento de la depositación, por cualquier característica postdeposicional en el yacimiento, así como por preocupaciones arqueológicas básicas tales como la relación del suceso depositacional con el suceso objetivo, el número de episodios depositacionales y la perturbación postdeposicional. Relacionar el suceso depositacional con otros contextos de interés es, por supuesto, otra tarea fundamentalmente arqueológica.

El análisis o compilación de las dataciones absolutas publicadas también debe confrontar la relación entre el suceso objetivo y el suceso fechado, a menudo con la complicación añadida de que éstas están descritas de manera incompleta en las publicaciones originales. Ziólkowski (1994) describe las dificultades de incluso yuxtaponer fechas encontradas en la compilación de la base de datos ANDES14C; las decisiones sobre la inclusión o exclusión de fechas en meta-análisis (Rick 1987; Goldberg et al. 2016) son fundamentalmente evaluaciones sobre la fiabilidad de las fechas publicadas. Estos desafíos se agravan cuando los análisis son más complejos, o se centran en escalas de sitio o de captación (en lugar de regiones geográficas tradicionales o bien áreas continentales), y cuando se investigan las relaciones relativas de los sucesos objetivo que están próximos en el tiempo. Con esto en mente, Bayliss (2015) ha sugerido convenciones de presentación de informes más completas y rigurosas para las fechas arqueológicas ^{14}C , siguiendo a Millard (2014), y propone que se incluyan:

1. Detalles de los análisis de laboratorio, incluyendo tanto:
 - a. el número de laboratorio comúnmente publicado, la edad de radiocarbono y el error de medición, así como los detalles de calibración, y
 - b. los detalles más raramente mencionados, como características del pretratamiento en laboratorio, síntesis y medición, medición $\delta^{13}\text{C}$ y corrección por efecto reservorio.

2. El contexto arqueológico, incluyendo:

- a. material fechado, idealmente identificado a nivel de especie y con indicación de si se deriva de una sola entidad,
- b. reservorio ^{14}C apropiado,
- c. detalles referidos a la asociación entre la muestra datada y su contexto arqueológico.

Tales estándares facilitan la higiene cronométrica, tal y como ya propusiera en su día Spriggs (1989); el objetivo es un estándar donde la fiabilidad de las fechas publicadas pueda ser fácilmente evaluada por futuros investigadores e investigadoras.

La información más amplia que Bayliss aboga por publicar como algo natural es necesaria si las dataciones publicadas van a ser incorporadas en los modelos cronológicos bayesianos. Éstas se están convirtiendo en la clave de la construcción de cronologías arqueológicas, logrando a la vez una datación más precisa de los acontecimientos y una descripción más explícita de las incertidumbres en la cronología cuando éstas existen. Los modelos bayesianos, basándose en la naturaleza probabilística de las determinaciones ^{14}C calibradas, incorporan formalmente otros tipos de información dataciones calibradas, lo que produce probabilidades posteriores que a menudo pueden estar sustancialmente limitadas en relación con las probabilidades previas de las dataciones calibradas independientemente (véase Bayliss et al. 2007; Capítulo 21 de este libro, obra de Caitlin Buck y Miguel A. Juárez).

El interés de las probabilidades posteriores producidas por los modelos bayesianos radica en su mayor precisión con respecto a las dataciones no modeladas, siempre y cuando se disponga de suficiente información cronológica -por ejemplo, la secuenciación de eventos fechados a través de relaciones estratigráficas-. Además, sirven para subrayar la naturaleza probabilística de las mediciones de los relojes isotópicos. Si bien esto no necesita enfatizarse, habiendo sido reconocido desde las primeras aplicaciones arqueológicas del método, sigue siendo común ver fechas ^{14}C calibradas -funciones de densidad de probabilidad distribuidas asimétricamente (PDFs)- presentadas implícitamente como si fueran distribuciones normales o uniformes. Los ejemplos incluyen el tratamiento de la media o mediana como una estadística resumida significativa (deFrance et al. 2009) y el tratamiento de las probabilidades como si estuvieran distribuidas por igual entre todas las fechas en los intervalos de tiempo que abarcan los intervalos de confianza del 68% o 95% (por ejemplo, Bauer 1996; Görtsdorf y Reindel 2002; Janusek 2003; deFrance et al. 2009; Dillehay et al. 2012; Quilter et al. 2012). Aunque es difícil resumir los PDF de otra manera, la sugerencia de que la probabilidad está distribuida equitativamente a lo largo de todo el rango puede ser engañosa, ya que las probabilidades están distribuidas irregularmente y el área de mayor probabilidad no está necesariamente asociada con el centro de la distribución. Cuando se utilizan en la construcción de secuencias cronológicas, estos efectos pueden multiplicarse.

La dificultad de cómo interpretar distribuciones de probabilidad irregulares también anima debates sobre la utilidad y fiabilidad de los meta-análisis de las dataciones por radiocarbono, que se basan en distribuciones de probabilidad sumadas. Como los PDFs irregulares producidos por la calibración de fechas ^{14}C no pueden segmentarse simplemente para examinar sus frecuencias cambiantes en el tiempo y el espacio, la propuesta de meta-análisis de fechas como datos de Rick (1987; cf. Williams 2012; Contreras y Meadows 2014. Véase también, Capítulo 21 de este libro) se ha fundado en la adopción del enfoque de probabilidad sumada. Donde Rick evitó el problema trabajando con fechas no calibradas y años de radiocarbono antes de la actualidad, el creciente reconocimiento de que las fechas calibradas son necesarias para la interpretación arqueológica ha hecho necesario un medio de resumir las frecuencias de los PDFs. El enfoque de la

suma combina los PDFs de fechas ^{14}C individuales sumando los subintervalos salientes de cada datación individual en cada intervalo discreto de la escala calendárica, para la cual cualquiera de las fechas tiene una probabilidad y normalizando el resultado; la altura del PDF acumulativo resultante se entiende entonces implícitamente que reflejar el número de contextos datados para cualquier punto de la escala calendárica. En general, ese número de fechas a lo largo del tiempo se argumenta (o se supone) que es proporcional a la población, si bien conviene tener presente diversos problemas metodológicos y teóricos (Contreras y Meadows 2014:591-592; Véase también, Capítulo 21 de este libro, contribuido por los mismos Contreras y Meadows).

La calibración de las fechas ^{14}C es obviamente vital para la interpretación arqueológica, ya sea de fechas aisladas, a través del modelado bayesiano, o a través del meta-análisis. Aunque se trata de un problema arqueológico general, las cuestiones de la curva de calibración específica son geográficamente específicas, y discutiremos los problemas de calibración en los Andes Centrales en la Sección 4, más adelante. A este respecto, basta con señalar que, si bien los laboratorios de radiocarbono proporcionarán datos calibrados, ahora también es habitual que los arqueólogos calibren ellos mismos las dataciones radiométricas, ya que en la actualidad se dispone de múltiples herramientas computacionales. Estos incluyen *OxCal* (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>), *CALIB* (<http://calib.org/calib/>), *Bacon* (<http://www.chrono.qub.ac.uk/blaauw/bacon.html>), *Chronomodel* (<https://chronomodel.com/>), y *CalPal* (<http://monrepos-rgzm.de/forschung/ausstattung.html#calpal>), así como los paquetes *BChron* (Parnell 2015), *clam* (<http://www.chrono.qub.ac.uk/blaauw/clam.html> y <https://github.com/SimonGoring/clam>), y *RChronoModel* (Philippe y Vibet 2017). Estas herramientas también facilitan el manejo de correcciones de yacimientos marinos y otras compensaciones de datación, donde son conocidas o calculables, y *OxCal*, *Bacon*, *BChron*, *clam* y *Chronomodel* también están diseñadas para el modelado de las relaciones profundidad estratigráfica-tiempo y/o la construcción de modelos bayesianos y el cálculo de probabilidades posteriores. Véanse los capítulos 23 y 24 de este libro, sobre *OxCal* y *ChronoModel*.

Cuestiones de interés para el uso de dataciones ^{14}C en la Arqueología de los Andes Centrales

La arqueología de los Andes Centrales se enfrenta no sólo a desafíos metodológicos e interpretativos generales en la datación arqueológica ^{14}C , sino también problemas particulares de la región. Metodológicamente, los Andes Centrales son particularmente propensos a las complicaciones derivadas de la irregularidad de la calibración dendrocronológica y la corrección del efecto reservorio marino. El tratamiento adecuado de estos problemas en estas regiones sigue siendo un tema de investigación abierto, por lo que no es sorprendente que históricamente haya sido también un reto importante. Además, la incorporación de los resultados de la datación absoluta a los marcos cronológicos preexistentes (o incluso la total rectificación y posterior reconstrucción de esas secuencias), así como el enfoque "Big Data" a las fechas ^{14}C presentan desafíos interpretativos específicos para los Andes Centrales.

LA CALIBRACIÓN ^{14}C EN LOS ANDES CENTRALES

La necesidad de calibración fue reconocida a partir de la década de 1960 (véase Taylor et al. 1996), y la calibración de alta precisión se volvió manejable para los no especialistas con la publicación del programa *CALIB* a mediados de la década de 1980 (Stuiver y Reimer 1986). Sin embargo, la calibración continuó siendo vista como un tópico lo suficientemente arcano como para que permaneciera poco destacable en la literatura sobre arqueología andina central, publicándose tan sólo las fechas no calibradas hasta principios de la década de 1990 (por ejemplo, Burger 1988; Fung Pineda 1988; Ponce Sanginés 1993), lo que llevó a Silverman a quejarse, en 2004, de que "hay caos

en la literatura, con la mayoría de los eruditos usando fechas no corregidas[no calibradas] o ambos tipos de fechas" (Silverman 2004:13) Otra complicación es que se han utilizado calibraciones tanto del hemisferio norte como del hemisferio sur para la publicación de las fechas ^{14}C de los Andes centrales. La incertidumbre acerca de la curva de calibración aplicable surgió en primer lugar de los diversos intentos de establecer una corrección apropiada para la variación secular en el ^{14}C atmosférico a lo largo del tiempo y el uso de varias curvas por los arqueólogos andinos (véase Ziolkowski 1994), pero incluso después del establecimiento de una única curva de calibración de alta precisión consensuada por los principales laboratorios de radiocarbono (Stuiver y Kra 1986), y su posterior actualización periódica⁵, los investigadores han utilizado calibraciones tanto en el Hemisferio Norte como en el Hemisferio Sur. Una curva de calibración específica para el Hemisferio Sur no apareció hasta 2002 (McCormac et al. 2002), basada, inicialmente, en datos de latitud relativamente alta. Hasta algunos años más tardes, esta curva específica no pudo extenderse para tratar con muestras anteriores a 1000 BP (McCormac et al. 2004). Sigue siendo el caso que para fechas anteriores a 2145 BP no se dispone de datos de calibración dendrocronológica fiables para el Hemisferio Sur; el resto de la curva de SHCal13 se basa en una compensación de los datos del Hemisferio Norte, calculados sobre la base de los dos últimos milenios (Hogg et al. 2013).

La continua incertidumbre sobre la selección de la curva de calibración apropiada para la región Andina Central ha sido motivada por la preocupación de que ni la curva de calibración desarrollada para el Hemisferio Norte (IntCal13, la versión más reciente, ha sido publicada en Reimer et al. 2013), ni la corrección desarrollada para el Hemisferio Sur (SHCal13, la versión más reciente, publicada en Hogg et al. 2013) son apropiadas para latitudes tropicales del sur dentro del rango de mezcla atmosférica de la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ). Las correcciones del hemisferio sur se basan en la calibración dendrocronológica a partir de muestras del sur de latitud relativamente alta con profundidad temporal limitada, a partir de las cuales se calcula una desviación a escala de todo el hemisferio, y se aplica a períodos para los cuales no se dispone de series de calibraciones dendrocronológicas para el ^{14}C atmosférico (véase Hogg et al. 2013). Si bien es probable que el resultado sea razonablemente robusto (es decir, más preciso que usando la curva del Hemisferio Norte) para latitudes altas en el Hemisferio Sur, dentro de la zona impactada por las compensaciones más pequeñas de la ITCZ es probable que existan algunos desajustes. Las curvas de calibración para el período posterior a 1950AD separan el globo en cinco zonas latitudinales (Hua et al. 2013:Fig. 2) en lugar de simplemente en hemisferios, sobre la base de los patrones de circulación atmosférica marcados por las posiciones de verano e invierno de la ITCZ y el límite de Ferrel-Hadley del Hemisferio Norte⁶. Desafortunadamente, los datos insuficientes aún impiden reconstrucciones del ^{14}C atmosférico con este nivel de resolución espacial para el período previo a la convención 1950AD, pero los datos posteriores sirven para enfatizar que para los Andes Centrales es probable que ni IntCal ni SHCal sean totalmente apropiados. Marsh y sus colegas (2018), tras una exploración detallada, concluyen que, dada la proximidad de la ITCZ, dentro de la región andina se pueden identificar tres zonas, donde por razones atmosféricas son apropiadas IntCal, SHCal, y una mezcla de las dos. Además, definir bien geográficamente tales zonas es difícil, tal en su detalle moderno como mientras por la movilidad de la ITCZ a través del Holoceno, es probable que la compensación apropiada para las fechas del ^{14}C de los Andes Centrales varíe en el tiempo a lo largo de los períodos del Pleistoceno Terminal y el Holoceno de interés para los arqueólogos andinos. Un nivel adicional de complicación viene dado por la variación estacional en

⁵ Varias actualizaciones de las curvas IntCal y SHCal; ver https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcalhelp/hlp_curves.html para una selección de curvas actuales y pasadas

⁶ La **célula de Hadley** es una célula de circulación cerrada de la atmósfera terrestre que domina la circulación global atmosférica en las latitudes ecuatoriales y tropicales. Las células de Hadley se extienden desde el Ecuador hasta latitudes de unos 30° en ambos hemisferios. Este calor es transportado en un movimiento celular con el aire ascendiendo por convección en las regiones ecuatoriales y desplazándose hacia las latitudes superiores por las capas altas de la atmósfera. El ascenso del aire caliente en el ecuador está acompañado de la formación frecuente de tormentas convectivas en la llamada zona de convergencia intertropical.

la ubicación de la ITCZ y, en consecuencia, la fuente del CO₂ incorporado por las plantas la temporada de crecimiento (cf. Finucane et al. 2007:581; Ogburn 2012:223-224), por lo que puede no ajustarse a los tipos de mapeo espacial de medias interanuales ofrecidos por Hua y sus colegas para el período posterior a 1950AD.

En principio, esto podría abordarse mediante el desarrollo de secuencias dendrocronológicas largas para múltiples partes de la región, pero a pesar del potencial para la conservación de la madera en contextos arqueológicos en la costa y para los especímenes de árboles de larga vida en la sierra, la dendrocronología en los Andes centrales demuestra ser todavía un desafío significativo (cf. Boninsegna et al. 2009). Por lo tanto, mientras que el desarrollo de una curva de calibración ¹⁴C específica de la región puede eventualmente realizarse, una alternativa más inmediata y práctica sigue siendo necesaria. Allí donde se ha considerado el tema en detalle, las soluciones pasan por elegir la curva del hemisferio Norte, IntCal (Ziółkowski 1994:14; Rick et al. 2009:91-93), o bien usar una curva de calibración mixta (Marsh et al. 2017:5), adoptando un intermedio de compensación entre IntCal y SHCal así como publicando los resultados usando ambas calibraciones (Unkel et al. 2012; Cadwallader et al. 2015), y usando ya sea IntCal o SHCal en diferentes partes de la región (Ogburn 2012:224). Marsh y sus colegas, en su síntesis reciente (2018:Fig.4), sugieren que una curva mixta es la más apropiada para una gran porción de Sudamérica; los Andes Centrales abarcan las zonas SHCal y mixtas. Afortunadamente la escala de diferencia entre IntCal y SHCal es generalmente <50 años, y con la excepción de la cronología de la Expansión Inca, las cronologías arqueológicas en la región raramente son lo suficientemente precisas para que una diferencia de esa magnitud tenga consecuencias interpretativas.

EFFECTOS DEL RESERVORIO MARINO EN LOS ANDES CENTRALES

Además de la calibración, el efecto reservorio marino también pueden afectar a las fechas ¹⁴C en la costa andina central. Ya en 1964, Bennett y Bird usaron dataciones obtenidas sobre muestras de valvas de marisco, plantas acuáticas y huesos y piel de animales procedentes de un contexto arqueológico sellado, de fecha aproximadamente conocida, para demostrar que las determinaciones de ¹⁴C sobre valvas marinas podían ser problemáticas (Bennett y Bird 1964:225-226). Taylor y Berger (1967) documentaron esta compensación de manera más sistemática y precisa, y discutieron (siguiendo a Berger et al. 1966) las dinámicas atmosféricas y oceánicas que produjeron alteraciones en la proporción de ¹⁴C en materiales marinos y terrestres. Sin embargo, la comunidad arqueológica ha prestado poca atención específica a estos problemas (excepto Owen 2002; Southon et al. 1995). En cambio, la respuesta parece haber sido en gran medida evitar fechar materiales marinos, incluyendo valvas: de 5167 muestras de las bases de datos disponibles, casi la mitad son sobre carbón vegetal, con menos de 300 sobre huesos y menos de 400 sobre valva marina; ver Figura 2). El trabajo de Owen (2002) demuestra una ΔR considerable (del orden de 350 años, más o menos, consistente con lo que Taylor y Berger habían observado), y la fuerte posibilidad de variabilidad espacial y temporal en el mismo. Jones y sus colegas (2010) encontraron motivos similares de preocupación y compensaciones de magnitud comparable.

Esto no quiere decir que la datación de valvas marinas deba necesariamente ser abandonada por inapropiada. Si las compensaciones ΔR pueden medirse y modelarse, los materiales marinos pueden ofrecer un medio para evitar algunos problemas involucrados en la datación del material terrestre. Kennett y sus colegas (2002) argumentan, sobre la base de las fechas sobre carbón anómalamente antiguas procedentes del sitio del Kilómetro 4, que los problemas de madera vieja son un riesgo significativo en los Andes Centrales costeros, y que es necesario desarrollar una mejor

comprensión de la magnitud y variación de ΔR para permitir la datación ^{14}C de valvas marinas, lo que en última instancia tiene el potencial de proporcionar una mejor datación arqueológica (es decir, proporcionar fechas ^{14}C que coincidan más estrechamente con la fecha del suceso objetivo). El análisis de ΔR también puede ser visto como un fin en sí mismo, ya que ofrece un medio para analizar la variabilidad pasada en los afloramientos costero (por ejemplo, Fontugne et al. 2004; Andrus et al. 2005; Ortlieb et al. 2011; Etayo-Cadauid et al. 2013; Jones et al. 2017). La ΔR lacustre (y el consumo de agua dulce continental así como de recursos marinos) también puede producir fechas ^{14}C anormalmente antiguas (Keaveney y Reimer 2012), pero este tema sigue estando en gran medida inexplorado en los Andes Centrales (pero ver Marsh 2015:16-17).

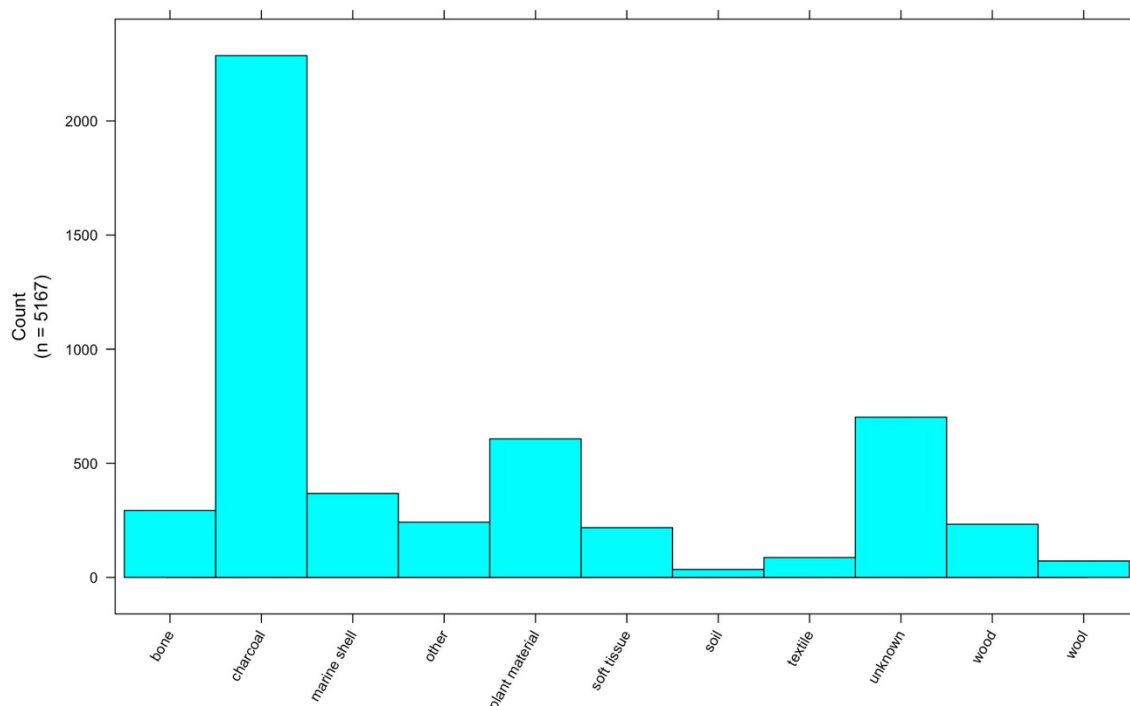


Figura 2. Frecuencia de dataciones ^{14}C sobre distintos materiales en las bases de datos de los Andes Centrales. Datos procedentes de Ziolkowski, et al. 1994, Rademaker et al. 201, Gayo et al. 2015, Goldberg et al. 2016.

Articulación de fechas ^{14}C y cronologías culturales

A medida que ha aumentado el número de dataciones por radiocarbono en los Andes centrales, se está explorando activamente la posibilidad -y de hecho la necesidad- de revisar los marcos cronológicos de la región. Esto es cierto tanto con respecto a secuencias cronológicas cortas y de alta precisión (por ejemplo, del Imperio Inca, cf. Adamska y Michczynski 1996; Ogburn 2012; Marsh et al. 2017) o el(los) estado(s) Moche (Koons y Alex 2014), como a las trayectorias y desarrollos regionales de más largo plazo (por ejemplo, los Horizontes Temprano y Medio, cf.

Augustyniak 2004; Contreras, en prensa; Marsh 2012). Se han seguido diversas estrategias, que van desde la compilación convencional de fechas publicadas y la provisión de nuevas fechas, hasta proyectos innovadores centrados en nuevas metodologías de datación, pasando por la construcción de complejos modelos bayesianos. Además de estas cronologías a escala regional, la construcción de cronologías más robustas para sitios y regiones individuales también se ha convertido en una prioridad (por ejemplo, Contreras y Rick, en preparación; Dillehay et al. 2012; Unkel et al. 2012; Marsh 2012, 2015).

Estos proyectos enfrentan dos problemas básicos:

1. cómo (y si) las fechas de radiocarbono se articulan con los marcos cronológicos existentes derivados de las seriaciones de cambios en cerámica, iconografía y arquitectura, los modelos de fenómenos culturales tales como la conquista, la conversión y la difusión, y (para períodos más recientes), las fuentes etnohistóricas y documentales, y
2. la sistemática espacio-temporal, es decir, las ideas sobre la contemporaneidad o incluso la simultaneidad de fenómenos similares en diferentes regiones, a varias escalas.

La reevaluación de los marcos cronológicos existentes ha entrañado la revisión o reforma de los marcos cronológicos para los sitios y las regiones, sobre la base de una simple compilación de fechas y la adición de otras nuevas (por ejemplo, Adamska y Michczynski 1996; Augustyniak 2004; Lau 2004; Unkel et al. 2007; Unkel y Kromer 2009; Dillehay et al. 2012; Finucane et al. 2007; Kembel y Haas 2015; Rick et al. 2009), así como modelos bayesianos que incorporan tanto dataciones absolutas como otra información cronológica (por ejemplo, Ogburn 2012; Marsh 2012; Unkel et al. 2012; Koons y Alex 2014; Greco y Palamarczuk 2014; Cadwallader et al. 2015; Marsh 2015; Marsh et al. 2017; Marsh 2017; Contreras en prensa). Las primeras se basan en la revisión de los marcos existentes, mientras que para las segundas, la cuestión de cuándo considerar los marcos cronológicos existentes como información previa y cuándo derribarlos para reconstruirlos desde cero supone todo un desafío.

Los modelos cronológicos robustos para sitios particulares son elementos vitales en cualquier enfoque regional, pero su construcción sólo está comenzando a ser abordada adecuadamente. Algunos proyectos en los Andes Centrales se adelantaron a su tiempo en la exploración del potencial de la datación ^{14}C y el modelado bayesiano (Zeidler et al. 1998; Michczyński y Pazdur 2003), y más recientemente un número creciente de proyectos se han enfocado en el desarrollo de cronologías de sitios robustos de alta precisión, a menudo a través de métodos de modelado bayesiano (por ejemplo, Michczyński et al. 2003, 2007; Marsh 2012; Korpisaari et al. 2014; Takigami et al. 2014; Contreras y Rick, en preparación). Estos contrastan marcadamente con el uso todavía común de las fechas ^{14}C , en gran medida aisladas de sus contextos, como indicadores de la antigüedad más que como bloques de construcción en cronologías detalladas (por ejemplo, Shady Solis et al. 2001; Haas et al. 2004; Pozorski y Pozorski 2005; Dillehay et al. 2007). Mientras que el uso de las fechas de radiocarbono para establecer secuencias calendáricas aproximadas resulta necesario para la construcción de los marcos cronológicos básicos, es probable que los análisis explicativos requieran de cronologías regionales y de sitio con mayor precisión, como las producidas por los enfoques de modelación bayesiana.

La construcción de cronologías en los Andes centrales se relaciona de manera más general con problemas arqueológicos fundamentales relacionados con patrones a gran escala en las prácticas de subsistencia y la cultura material, así como con enfoques teóricos del proceso cultural. El ejemplo arquetípico es la aparición de la cerámica chavinoide en Ica (es decir, la cerámica del primer milenio a.C. y asociada con el llamado Horizonte Temprano, que comparte características de

acabado superficial y decoración, así como, en menor medida, en lo que se refiere a la forma de vasija), que constituye la base de la cronología de Rowe-Lanning. En la práctica, el empleo de la cerámica chavinoide como marcador cronológico ha implicado una aparente simultaneidad en la adopción de dicha cerámica a lo largo de los Andes Centrales. Los esquemas de periodización para la región en general adoptan implícitamente posturas similares con respecto, por ejemplo, a la adopción de las plantas cultivadas y los animales domésticos, la aparición de la cerámica, el uso de la tecnología de irrigación, la construcción temprana de la arquitectura monumental y la subsiguiente difusión de estilos particularmente identificables en la iconografía, la cerámica y la arquitectura. El ritmo y la direccionalidad de estos fenómenos son fundamentales para la interpretación de los procesos culturales implicados, por lo que las cronologías absolutas tienen el potencial de mejorar tanto las reconstrucciones empíricas como los modelos teóricos.

Bases de datos y meta-análisis

Varios proyectos arqueológicos en los Andes centrales han considerado la compilación y el análisis de las fechas de radiocarbono publicadas como un medio productivo para abordar estas cuestiones regionales. Las primeras compilaciones, la base de datos ANDES14C (Ziółkowski et al. 1994) y el meta-análisis pionero de Rick (1987) ya han sido discutidas anteriormente en la Sección 2 de este capítulo. Los esfuerzos más recientes, probablemente en respuesta tanto al creciente número de fechas disponibles como a la creciente facilidad para manipularlas digitalmente, han combinado estos impulsos de recopilación exhaustiva y meta-análisis.

Si bien el meta-análisis propuesto por Rick tenía un objetivo muy específico y unos límites temporales y espaciales acotados -las magnitudes relativas de la actividad humana temprana en la sierra y en la costa-, el renacimiento del método en los últimos años tiende a ser más ambicioso en su cobertura y más general en sus preguntas. Goldberg y sus colegas (2016) proporcionan un ejemplo extremo: su alcance es todo el continente sudamericano y casi toda la extensión del Holoceno. Otros (por ejemplo, deFrance et al. 2009; Rademaker et al. 2013; Marsh 2015; Riris 2018) han compilado bases de datos más limitadas geográfica y/o temporalmente para abordar cuestiones particulares, pero la investigación a escala regional o continental y el empleo del meta-análisis cuantitativo es cada vez más común tanto dentro del campo de la arqueología (Gayo et al. 2015; Muscio y López 2016) como en disciplinas emparentadas (Flantua et al. 2016; Goldberg et al. 2016). Este resurgimiento de los enfoques de fechas como datos refleja una tendencia global (cf. Peros et al. 2010; Williams 2012; Shennan 2013, entre otros muchos) a la construcción de bases de datos conformadas por contextos arqueológicos datados de manera absoluta, a escala regional y a largo plazo, así como a su meta-análisis (cf. Peros et al. 2010; Williams 2012; Shennan 2013, entre otros muchos).

En los Andes Centrales, como en otros lugares, la herramienta analítica de elección ha sido el enfoque aditivo (Gayo et al. 2015; Goldberg et al. 2016; Riris 2018). Esto permite a los investigadores trabajar con fechas calibradas (en contraste con el análisis de Rick de fechas en años de radiocarbono con incertidumbres normalmente distribuidas) y evita la dificultad de intentar combinar funciones irregulares de densidad de probabilidad (como en el análisis de frecuencia de datos por año). Sin embargo, como reconocen incluso los profesionales, persisten desafíos teóricos y metodológicos. Destacan algunas dificultades:

1. El desafío de resumir los datos que incorporan incertidumbre y por lo tanto comprenden distribuciones irregulares de probabilidad; la suma de distribuciones de probabilidad de los intervalos de confianza de las dataciones absolutas ha sido ampliamente adoptado, pero sin soluciones de aplicación general para sus debilidades (es decir, los problemas que deben ser superados tienen que ser tratados en cada caso, y no pueden ser generalmente desestimados a través de ningún juego de manos metodológico; cf. Capítulo 25 de este libro).

2. La vulnerabilidad de los meta-análisis al muestreo espacial y temporal desigual y a los pequeños tamaños de muestra comunes en los conjuntos de datos arqueológicos (y el aumento de la importancia de lo incompleto de la base de datos y/o la mala higiene cronométrica en tales circunstancias).

Estos problemas han sido reconocidos y son objeto de una investigación activa (por ejemplo, Brown 2015; Crema et al. 2017; Timpson et al. 2014), pero pueden ser resistentes a soluciones de talla única (cf. Contreras y Meadows 2014; Mökkönen 2014). Véase el capítulo 26 de este libro.

Temas pendientes de investigación

Los temas examinados en las secciones precedentes de este capítulo son muy necesarios para el desarrollo de la arqueología en los Andes Centrales, donde la mejora de las cronologías de los sitios y de las regiones es una herramienta vital para construir marcos culturales e históricos más precisos y permitir así un compromiso más activo y constructivo con las cuestiones arqueológicas y antropológicas sobre los procesos culturales y las interacciones entre la sociedad y el medio ambiente.

Cierro esta reseña con una breve enumeración de los principales problemas de investigación arqueológica relacionados con el ^{14}C en los Andes Centrales. Como se mencionó anteriormente, algunos temas no están cerrados. En este sentido, esperamos que en los próximos años se desarrolle la investigación acerca del límite atmosférico Hemisferio Norte/Hemisferio Sur y se reconstruye la posible historia del movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ) a lo largo del Holoceno, así como el desarrollo de correcciones ΔR marinas más detalladas. Como se señaló en la Sección 4, cualquier solución para la calibración ^{14}C que implique el modelado de la historia de la ITCZ debe partir del supuesto de que fue espacialmente variable en toda la región, teniendo en cuenta los diferentes efectos de la ITCZ en diferentes partes de los Andes Centrales (así como, potencialmente, la forma en que estos patrones pueden haber diferido en diferentes momentos en el pasado). Con respecto a ΔR , como varios de los investigadores citados en la Sección 4 notan, la variación a lo largo del tiempo a medida que los patrones de afloramiento marino han cambiado es tanto un tema de investigación en sí mismo como un factor de confusión para las citas. El cálculo de ΔR para la región debe tomar en cuenta esta variación temporal y considerar la variabilidad espacial a lo largo del litoral andino central.

Tanto los temas de la ITCZ como los de la ΔR pueden estar sujetos a soluciones directas e indirectas: el desarrollo de series dendrocronológicas locales en los Andes Centrales (por ejemplo, Morales et al. 2013; Ghezzi y Rodríguez 2015; cf. Boninsegna et al. 2009) ofrece la posibilidad de desarrollar curvas de calibración regionales en lugar de a escala de un Hemisferio. Obviamente, debiéramos enfrentarnos a los mismos retos de variación espacial y temporal que en el caso de los movimientos posibles de la ITCZ; es decir, no deberíamos esperar que una curva de calibración derivada en la sierra sea simplemente aplicable a la costa, y la variación latitudinal también es probable (ver discusión de calibración en la Sección 4).

Una complicación adicional a las correcciones ΔR es el papel que desempeñan los componentes de la dieta marina en la alteración de las fechas en el hueso. En la costa andina central, los alimentos marinos constituían una parte importante de las proteínas de la dieta, como se ha explorado bien a través de análisis de $\delta^{15}\text{N}$ del tejido humano (por ejemplo, Slovak y Paytan 2011; Knudson et al. 2015, entre muchos otros). Los efectos de la dieta marina sobre las dataciones de radiocarbono a partir de hueso han sido bien reconocidos, pero su tratamiento específico en la región andina central depende de la disponibilidad de correcciones ΔR así como de la interpretación de los análisis de

$\delta^{15}\text{N}$ (que tienen sus propias complicaciones; cf. Szpak et al. 2012). Aunque no ha sido habitual en la arqueología de los Andes Centrales hasta la fecha (ver Figura 2), el hueso humano es un material muy interesante para fechar radiométricamente ya que la relación entre la fecha y el suceso objetivo puede ser relativamente sencilla. En el caso de los entierros, por ejemplo, el reciclaje de la cultura material aumenta el riesgo de que las fechas (ya sean ^{14}C o estilísticas) de los bienes funerarios no daten el entierro en sí (véase lo que dice Rafel Micó al respecto en el Capítulo 11 de este libro). La datación directa del hueso evita este problema, aunque en el contexto de las prácticas mortuorias de los Andes Centrales, la entrada y reentrada en las tumbas y la manipulación de los restos humanos también plantean la posibilidad de que las fechas en el hueso puedan datar un evento -la muerte, aproximadamente- diferente al ritual de entierro original. Estos temas sólo han comenzado a ser explorados a través de programas de datación detallada (por ejemplo, Takigami et al. 2014; Cadwallader et al. 2015; Santana-Sagredo et al. 2017). Dicha investigación considera el efecto del consumo de productos marinos en las fechas ^{14}C sobre el hueso, pero es complicada por la complejidad de la práctica mortuoria en los Andes Centrales y limitada por la tosquedad de la fecha disponible en la corrección local de la ΔR (y, a la inversa, puede contribuir a una mejor comprensión de la ΔR a través del análisis de fechas emparejadas en materiales distintos, presumiendo que su contemporaneidad puede ser argumentada de manera convincente).

Abordar estas cuestiones metodológicas, que incluyen problemas acerca de cómo fijar con mayor precisión la fecha de los sucesos objetivo, permitirá construir cronologías regionales mejoradas. No se trata simplemente de calcular fechas de inicio y fin más precisas para los periodos y/o etapas actualmente en uso. Más bien, como sugiere Silverman (2004:13), las cronologías regionales necesitan ser revisadas a fin de basarlas en la escala calendárica, en lugar de una sucesión de etapas o periodos. Esta revisión de las cronologías culturales es necesaria dado que los "Horizontes" que estructuran las cronologías andinas centrales son probablemente, al menos en parte, transgresivos en el tiempo, y son de interés precisamente porque constituyen fenómenos culturales particulares que arqueólogos y arqueólogas quisieran explicar. La arqueología de los Andes Centrales necesita herramientas conceptuales y vocabulario para describir, por ejemplo, los acontecimientos del siglo VI a.C. que, si bien son contemporáneos del llamado Horizonte Temprano, pueden no formar parte del fenómeno de interacción que abarca el término. El desarrollo de cronologías basadas en ^{14}C puede permitir separar la asignación cronológica de la descripción interpretativa. Irónicamente, esto es lo que Rowe (1962) y Lanning (1967) defendían al sugerir que los periodos eran preferibles a las etapas, pero su cautela con respecto a la datación absoluta les impidió (y a otros) verlo como una solución. Esa precaución estaba probablemente justificada, y el uso de relojes isotópicos en los Andes Centrales debería llevarse a cabo de manera crítica y teniendo debidamente en cuenta otras fuentes de información cronológica, pero ello no impide ver las ventajas de un método cronométrico.

Cronologías robustas y precisas, basadas en una escala calendárica, pueden permitir analizar la variabilidad espacial en la aparición y desaparición de fenómenos sociales, lo que es difícil en el mejor de los casos con cronologías basadas en etapas o periodos. Además, la integración de cronologías culturales y ambientales, ya sea para investigar los factores ambientales que impulsan la actividad humana o los impactos humanos en su medio ambiente, requiere datos arqueológicos que se basan específicamente en años calendáricos, en lugar de estar vinculados subjetivamente a bloques de tiempo indeterminados. Dado que la secuenciación es vital para la interpretación -por ejemplo, averiguar si un aumento de la población local precedió o siguió a un cambio en la aridez resulta fundamental para explorar cualquier relación entre los dos-, la datación absoluta es una herramienta fundamental para la investigación que aspira a explorar las interacciones sociedad-ambiente natural. En los Andes Centrales, al igual que en otros lugares, la datación por radiocarbono sigue siendo uno de los elementos del conjunto de herramientas arqueológicas que mejor se adapta a la tarea, pero para estar a la altura de ese potencial debe emplearse de manera cuidadosa y reflexiva. El modelado bayesiano como el discutido en este capítulo y en otros capítulos de este libro, ofrece un medio de consideración cuidadosa y explícita de las implicaciones

de las fechas ^{14}C y otras fuentes de información cronológica. Mientras que la compilación de dataciones y contextos arqueológicos datados en bases de datos y sus consiguientes meta-análisis pueden ser útiles para generar hipótesis a escala regional que puedan ser probadas más a fondo, la importancia de la calidad de la información que entra en estas bases de datos significa que se requerirá una atención significativa a los detalles locales (en la forma de programas ligados a la excavación de datación ^{14}C , esfuerzos en higiene cronométrica, construcción de modelos bayesianos, etc.), antes que los análisis a gran escala puedan producir resultados robustos. La cautela expresada por los arqueólogos de los Andes Centrales que enfrentaron por primera vez al método del radiocarbono debería tener su contraparte moderna, aun cuando la adquisición de dataciones continúa siendo más fácil, la cantidad disponibles para el análisis aumenta dramáticamente, y los métodos de emplear las fechas del ^{14}C para tratar cuestiones arqueológicas se expanden.

Agradecimientos

Agradezco a Juan Barceló su amable invitación para contribuir a este volumen, y su traducción. Estoy en deuda con John Meadows por su paciencia y sus sabios consejos sobre la datación por radiocarbono en arqueología, aunque ciertamente él no es responsable de ningún error que pueda haber cometido aquí. Erik Marsh revisó el texto y lo mejoró con comentarios y sugerencias reflexivos. También hay que agradecer a Kurt Rademaker y sus colegas, Eugenia Gayo y sus colegas, y Amy Goldberg y sus colegas, por hacer públicas sus compilaciones de dataciones absolutas en la arqueología de los Andes Centrales.

BIBLIOGRAFÍA

Adamska, Anna, and Adam Michczynski, 1996 Towards radiocarbon chronology of the Inca state. *Boletín de la misión arqueológica andina* 1: 35–58.

Andrus, C Fred T, Gregory WL Hodgins, Daniel H Sandweiss, and Douglas E Crowe, 2005 Molluscan radiocarbon as a proxy for El Niño-related upwelling variation in Peru. *Geological Society of America Special Papers* 395: 13–20.

Arnold, James R, and Willard F Libby, 1951 Radiocarbon dates. *Science* 113(2927): 111–120.

Augustyniak, Szymon, 2004 Dating the Tiwanaku State: Análisis cronológico del estado Tiwanaku. *Chungara* 36(1): 19–35.

Bauer, Brian S., 1996 *The development of the Inca state*. University of Texas Press.

Bayliss, Alex, 2009 Rolling Out Revolution: Using Radiocarbon Dating in Archaeology. *Radiocarbon* 51(1): 123–147.

Bayliss, Alex, 2015 Quality in Bayesian chronological models in archaeology. *World Archaeology* 47(4): 677–700.

Bayliss, Alex, Christopher Bronk Ramsey, Johannes van der Plicht, and Alasdair Whittle, 2007, Bradshaw and Bayes: Towards a Timetable for the Neolithic. *Cambridge Archaeological Journal* 17(Supplement S1): 1–28.

Bennett, Wendell C. (editor). 1948 *A Reappraisal of Peruvian Archaeology*. Vol. 4. Memoirs of the Society for American Archaeology. Society for American Archaeology and the Institute of Andean Research, Menasha, WI.

Bennett, Wendell Clark 1946 The Archeology of the Central Andes. In *Handbook of South American Indians: Vol. 2 - The Andean Civilizations*, edited by Julian Haynes Steward, pp. 61–148. Smithsonian Institution Bureau of American Ethnology Bulletin 143. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

Bennett, Wendell Clark, and Junius Bouton Bird 1964 *Andean Culture History*. 2nd ed. American Museum Science Books, Published for The American Museum of Natural History. The Natural History Press, Garden City, New York.

Berger, Rainer, RE Taylor, and WF Libby 1966 Radiocarbon content of marine shells from the California and Mexican west coast. *Science* 153(3738): 864–866.

Bird, Junius B., 1951 South American radiocarbon dates. Ed. Frederick Johnson. *Memoirs of the Society for American Archaeology* 8(Radiocarbon Dating: A Report on the Program to Aid in the Development of the Method of Dating): 37–49.

Boninsegna, J.A., J. Argollo, J.C. Aravena, J. Barichivich, D. Christie, M.E. Ferrero, A. Lara, C. Le Quesne, B.H. Luckman, M. Masiokas, M. Morales, J.M. Oliveira, F. Roig, A. Srur, and R. Villalba 2009 Dendroclimatological reconstructions in South America: A review. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 281(3–4): 210–228.

Brown, William A 2015 Through a filter, darkly: Population size estimation, systematic error, and random error in radiocarbon-supported demographic temporal frequency analysis. *Journal of Archaeological Science* 53: 133–147.

Burger, Richard L. 1988 Unity and Heterogeneity within the Chavin Horizon. In *Peruvian Prehistory: An Overview of pre-Inca and Inca Society*, edited by Richard W. Keatinge, pp. 99–144. Cambridge University Press, Cambridge.

Burger, Richard L. 1992 *Chavín and the Origins of Andean Civilization*. Thames and Hudson, Ltd., London.

Cadwallader, Lauren, Susana Arce Torres, Tamsin C O’Connell, Alexander G Pullen, and David G Beresford-Jones 2015 Dating the Dead: New Radiocarbon Dates from the Lower Ica Valley, South Coast Peru. *Radiocarbon* 57(5): 765–773.

Contreras, Daniel, in press Seeking Synchronicity: Re-examining the Peruvian Early Horizon through Bayesian Modeling of ¹⁴C Dates. Ed. Yuji Seki. *Senri Ethnological Studies* New Horizons in the Study of Chavín.

Contreras, Daniel, 2010 Landscape and Environment: Insights from the Prehispanic Central Andes. *Journal of Archaeological Research* 18(3): 241–288.

Contreras, Daniel A., and John Meadows 2014 Summed radiocarbon calibrations as a population proxy: a critical evaluation using a realistic simulation approach. *Journal of Archaeological Science* 52: 591–608.

Contreras, Daniel A., and John W. Rick in preparation Reconciling Sequences: Using Bayesian Modeling to Link Excavation, Architectural, and Ceramic Chronologies at Chavín de Huántar, Peru.

Crema, Enrico R, Andrew Bevan, and Stephen Shennan 2017 Spatio-temporal approaches to archaeological radiocarbon dates. *Journal of Archaeological Science* 87: 1–9.

deFrance, Susan D., Nicci Grayson, and Karen Wise 2009 Documenting 12,000 Years of Coastal Occupation on the Osmore Littoral, Peru. *Journal of Field Archaeology* 34(3): 227–246.

Dillehay, Tom D, Duccio Bonavia, Steven Goodbred, Mario Pino, Victor Vasquez, Teresa Rosales Tham, William Conklin, Jeff Splitstoser, Dolores Piperno, José Iriarte, Alexander Grobman, Gerson Levi-Lazarris, Daniel Moreira, Marilaura Lopéz, Tiffany A. Tung, Anne Titelbaum, John Verano, James Adovasio, Linda Scott Cummings, Philippe Bearéz, Elise Dufour, Olivier Tombret, Michael Ramirez, Rachel Beavins, Larisa DeSantis, Isabel Rey, Philip Mink, Greg Maggard, and Teresa Franco 2012 Chronology, mound-building and environment at Huaca Prieta, coastal Peru, from 13 700 to 4000 years ago. *Antiquity* 86(331): 48–70.

Dillehay, Tom D, Jack Rossen, Thomas C Andres, and David E Williams 2007 Preceramic adoption of peanut, squash, and cotton in northern Peru. *Science* 316(5833): 1890–1893.

Engel, Frédéric 1963 Datations à l'aide du radio-carbone 14 et problèmes de la préhistoire du Pérou. *Journal de la Société des Américanistes* 52: 101–132.

Etayo-Cadavid, Miguel F, C Fred T Andrus, Kevin B Jones, Gregory WL Hodgins, Daniel H Sandweiss, Santiago Uceda-Castillo, and Jeffrey Quilter 2013 Marine radiocarbon reservoir age variation in Donax obesulus shells from northern Peru: Late Holocene evidence for extended El Niño. *Geology* 41(5): 599–602.

Finucane, Brian Clifton, J Ernesto Valdez, Ismael Pérez Calderon, Cirilo Vivanco Pomacanchari, Lidio M Valdez, and Tamsin O'Connell 2007 The end of empire: new radiocarbon dates from the Ayacucho Valley, Peru, and their implications for the collapse of the Wari state. *Radiocarbon* 49(2): 579–592.

Flantua, Suzette GA, H Hooghiemstra, Mathias Vuille, H Behling, John F Carson, WD Gosling, Isabel Hoyos, Marie-Pierre Ledru, Encarni Montoya, Francis Mayle, and others 2016 Climate variability and human impact in South America during the last 2000 years: synthesis and perspectives from pollen records. *Climate of the Past* 12(2): 483–523.

Fontugne, Michel, Matthieu Carré, Ilhem Bentaleb, Michèle Julien, and Danièle Lavallée 2004 Radiocarbon reservoir age variations in the south Peruvian upwelling during the Holocene. *Radiocarbon* 46(2): 531–537.

Fung Pineda, Rosa 1988 The Late Preceramic and Initial Period. In *Peruvian Prehistory*, edited by Richard W. Keatinge, pp. 67–96. Cambridge University Press, Cambridge.

Gayo, Eugenia M, Claudio Latorre, and Calogero M Santoro 2015 Timing of occupation and regional settlement patterns revealed by time-series analyses of an archaeological radiocarbon database for the South-Central Andes (16–25 S). *Quaternary International* 356: 4–14.

Ghezzi, Iván, and Rodolfo Rodríguez 2015 Primera serie dendroarqueológica en los Andes Centrales: resultados preliminares de Chankillo, Casma. *Bulletin de l'Institut français d'études andines* (44 (1)): 1–21.

Goldberg, Amy, Alexis M Mychajliw, and Elizabeth A Hadly 2016 Post-invasion demography of prehistoric humans in South America. *Nature* 532(7598): 232–235.

Görsdorf, Jochen, and Markus Reindel 2002 Radiocarbon dating of the Nasca settlements los Molinos and La Muña in Palpa, Peru. *Geochronometria* 21: 151–6.

Greco, Catriel, and Valeria Palamarczuk 2014 Strategy for radiocarbon chronological assessment of ceramic styles: an example from prehispanic northwestern Argentina. *Radiocarbon* 56(3): 1093–1106.

Haas, Jonathan, Winifred Creamer, and Alvaro Ruiz 2004 Dating the Late Archaic occupation of the Norte Chico region in Peru. *Nature* 432(7020): 1020.

Hogg, Alan G, Quan Hua, Paul G Blackwell, Mu Niu, Caitlin E Buck, Thomas P Guilderson, Timothy J Heaton, Jonathan G Palmer, Paula J Reimer, Ron W Reimer, and others 2013 SHCal13 Southern Hemisphere calibration, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55(4): 1889–1903.

Hua, Quan, Mike Barbetti, and Andrzej Z Rakowski 2013 Atmospheric radiocarbon for the period 1950–2010. *Radiocarbon* 55(4): 2059–2072.

Inokuchi, Kinya 2008 La arquitectura de Kuntur Wasi: secuencia constructiva y cronología de un centro ceremonial del Periodo Formativo. *Boletín de Arqueología PUCP* 12: 219–247.

Inokuchi, Kinya 2008–2014 Cronología del Periodo Formativo de la sierra norte del Perú: Una reconsideración desde el punto de vista de la cronología local de Kuntur Wasi. *Senri Ethnological Studies* 89: 123–158.

Janusek, John W 2003 Vessels, time, and society: toward a chronology of ceramic style in the Tiwanaku heartland. In *Tiwanaku and its Hinterland: Archaeology and Paleoecology of an Andean Civilization*, edited by Alan L. Kolata, 2: Urban and Rural Archaeology: pp. 30–94. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

Jones, Kevin B, Gregory WL Hodgins, Miguel F Etayo-Cadavid, C Fred T Andrus, and Daniel H Sandweiss 2010 Centuries of marine radiocarbon reservoir age variation within archaeological Mesodesma donacium shells from southern Peru. *Radiocarbon* 52(3): 1207–1214.

Jones, Kevin B, Gregory WL Hodgins, and Daniel H Sandweiss 2017 Radiocarbon Chronometry of Site QJ-280, Quebrada Jaguay, a Terminal Pleistocene to Early Holocene Fishing Site in Southern Peru. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*: 1–19.

Kaulicke, Peter 2008 Espacio y tiempo en el Periodo Formativo: una introducción. *Boletín de Arqueología PUCP* 12: 9–23.

Keatinge, Richard W 1988 *Peruvian prehistory: An overview of pre-Inca and Inca society*. Cambridge University Press.

Keaveney, Evelyn M., and Paula J Reimer 2012 Understanding the Variability in Freshwater Radiocarbon Reservoir Offsets: A Cautionary Tale. *Journal of Archaeological Science* 39(5): 1306–1316.

Kemmel, Silvia Rodriguez, and Herbert Haas 2015 Radiocarbon Dates from the Monumental Architecture at Chavín de Huántar, Perú. *Journal of Archaeological Method and Theory* 22(2): 345–427.

Kennett, Douglas J, B Lynn Ingram, John R Southon, and Karen Wise 2002 Differences in ¹⁴C age between stratigraphically associated charcoal and marine shell from the Archaic Period site of Kilometer 4, Southern Peru: old wood or old water? *Radiocarbon* 44(1): 53–58.

Knudson, Kelly J, Ann H Peters, and Elsa Tomasto Cagigao 2015 Paleodiet in the Paracas Necropolis of Wari Kayan: carbon and nitrogen isotope analysis of keratin samples from the south coast of Peru. *Journal of Archaeological Science* 55: 231–243.

Koons, Michele L., and Bridget A. Alex 2014 Revised Moche Chronology Based on Bayesian Models of Reliable Radiocarbon Dates. *Radiocarbon* 56(3): 1039–1055.

Korpisaari, Antti, Markku Oinonen, and Juan Chacama 2014 A reevaluation of the absolute chronology of Cabuza and related ceramic styles of the Azapa Valley, Northern Chile. *Latin American Antiquity* 25(4): 409–426.

Kubler, George 1948 Towards Absolute Time: Guano Archaeology. *Memoirs of the Society for American Archaeology*(4): 29–50

Lanning, Edward P. 1967 *Peru Before the Incas*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.

Larco Hoyle, Rafael 1948 *Cronología arqueológica del norte del Perú*. Sociedad Geográfica Americana, Buenos Aires.

Lau, George F. 2004 The Recuay culture of Peru's north-central highlands: a reappraisal of chronology and its implications. *Journal of Field Archaeology* 29(1–2): 177–202.

Lumbreras, Luis Guillermo 1974 *The peoples and cultures of ancient Peru*. Trans. Betty J. Meggers. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

Marsh, Erik J. 2012 A Bayesian Re-Assessment of the Earliest Radiocarbon Dates from Tiwanaku, Bolivia. *Radiocarbon* 54(2): 203.

Marsh, Erik J. 2015 The emergence of agropastoralism: Accelerated ecocultural change on the Andean altiplano, 3540–3120 cal BP. *Environmental Archaeology* 20(1): 13–29.

Marsh, Erik J. 2017 La fecha de la cerámica más temprana en los Andes sur. Una perspectiva macrorregional mediante modelos bayesianos. *Revista del Museo de Antropología*(Suplemento Especial 1): 83–94.

Marsh, Erik J., Maria C. Bruno., Sherilyn C. Fritz., Paul Baker., José M. Capriles. and Christine A. Hastorf 2018 IntCal, SHCal, or a Mixed Curve? Choosing a ¹⁴C Calibration Curve for Archaeological and Paleoenvironmental Records from Tropical South America *Radiocarbon* 60(3):925–940.

Marsh, Erik J., Ray Kidd, Dennis Ogburn, and Víctor Durán 2017 Dating the Expansion of the Inca Empire: Bayesian Models from Ecuador and Argentina. *Radiocarbon* 59(1): 117–140.

McCormac, F. Gerry, Paula J. Reimer, Alan G. Hogg, Thomas FG Higham, Mike GL Baillie, Jonathan Palmer, and Minze Stuiver 2002 Calibration of the radiocarbon time scale for the Southern Hemisphere: AD 1850–950. *Radiocarbon* 44(3): 641–651.

McCormac, FG, AG Hogg, PG Blackwell, CE Buck, TFG Higham, and PJ Reimer 2004 SHCal04 Southern Hemisphere calibration, 0–11.0 cal kyr BP.

Menzel, Dorothy 1964 *The Paracas Pottery of Ica: A Study in Style and Time*. Vol. 50. University of California Press, Berkeley, CA.

Michczyński, Adam, Peter Eeckhout, and Anna Pazdur 2003 ¹⁴C Absolute Chronology of Pyramid III and the Dynastic Model at Pachacamac, Perú. *Radiocarbon* 45(1): 59–73.

Michczyński, Adam, Peter Eeckhout, Anna Pazdur, and Jacek Pawlyta 2007 Radiocarbon dating of the Temple of the Monkey—the next step towards a comprehensive absolute chronology of Pachacamac, Peru. *Radiocarbon* 49(2): 565–578.

Michczyński, Adam, Andrzej Krzanowski, Mieczyslaw F Pazdur, and Mariusz S Ziolkowski 1995 A computer-based database for radiocarbon dates of central Andean archaeology. *Radiocarbon* 37(2): 337–343.

Michczyński, Adam, and Anna Pazdur 2003 The method of combining radiocarbon dates and other information in application to study the chronologies of archaeological sites. *Geochronometria* 22: 41–6.

Millard, Andrew 2014 Conventions for reporting radiocarbon determinations. *Radiocarbon* 56(2): 555–559.

Mökkönen, Teemu 2014 Archaeological radiocarbon dates as a population proxy: skeptical view. *Fennoscandia Archaeologica* 31: 125–134.

Morales, Mariano S, Axel E Nielsen, and Ricardo Villalba 2013 First dendroarchaeological dates of prehistoric contexts in South America: chullpas in the Central Andes. *Journal of Archaeological Science* 40(5): 2393–2401.

Muscio, Hernán J., and Gabriel E. López 2016 Radiocarbon dates and anthropogenic signal in the South-Central Andes (12,500–600 cal. years BP). *Journal of Archaeological Science* 65: 93–102.

Ogburn, Dennis 2012 Reconceiving the Chronology of Inca Imperial Expansion. *Radiocarbon* 54(2): 219–237.

Ortlieb, Luc, Gabriel Vargas, and Jean-François Saliège 2011 Marine radiocarbon reservoir effect along the northern Chile–southern Peru coast (14–24 S) throughout the Holocene. *Quaternary Research* 75(1): 91–103.

Owen, Bruce D 2002 Marine carbon reservoir age estimates for the far south coast of Peru. *Radiocarbon* 44(3): 701–708.

Parnell, Andrew 2015 *Bchron: Radiocarbon Dating, Age-Depth Modelling, Relative Sea Level Rate Estimation, and Non-Parametric Phase Modelling*.

Paul, Anne 1991 Paracas: an ancient cultural tradition on the south coast of Peru. In *Paracas Art and Architecture: Object and Context in South Coastal Peru*, edited by Anne Paul, pp. 1–34. University of Iowa Press, Iowa City.

Peros, Matthew C., Samuel E. Munoz, Konrad Gajewski, and André E. Viau 2010 Prehistoric demography of North America inferred from radiocarbon data. *Journal of Archaeological Science* 37(3): 656–664.

Philippe, Anne, and Marie-Anne Vibet 2017 *RChronoModel: Post-Processing of the Markov Chain Simulated by ChronoModel or Oxcal*.

Politis, Gustavo G 2003 The theoretical landscape and the methodological development of archaeology in Latin America. *Latin American Antiquity* 14(2): 115–142.

Ponce Sanginés, Carlos 1993 La cerámica de la época I (aldeana de Tiwanaku). *Pumapunku (nueva época)* 4: 48–89.

Pozorski, Thomas G., and Shelia G. Pozorski 2005 Architecture and Chronology at the Site of Sechín Alto, Casma Valley, Peru. *Journal of Field Archaeology* 30(2): 143–161.

Quilter, Jeffrey, J Franco, M Galvez, William Doonan, Catherine Gaither, S Vasquez, F Victor, Teresa Rosales Tham, S Jimenez, Hal Starratt, and others 2012 The well and the Huaca: ceremony, chronology, and culture change at Huaca Cao Viejo, Chicama Valley, Peru. *Andean Past* 10(1): 8.

Rademaker, Kurt, Gordon RM Bromley, and Daniel H Sandweiss 2013 Peru archaeological radiocarbon database, 13,000–7000 14 C BP. *Quaternary International* 301: 34–45.

Ramón Joffré, Gabriel 2005 Periodificación en arqueología peruana: genealogía y aporía. *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines* 34(1): 5–33.

Ravines, Rogger 1982 *Panorama de la arqueología andina*. Vol. 6. Instituto de Estudios Peruanos, Lima.

- Ravines, Rogger, and Juan José Alvarez Sauri 1967 Fechas radiocarbónicas para el Perú. *Arqueológicas* 11.
- Reimer, Paula J, Edouard Bard, Alex Bayliss, J Warren Beck, Paul G Blackwell, Christopher Bronk Ramsey, Caitlin E Buck, Hai Cheng, R Lawrence Edwards, and Michael Friedrich 2013 IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55(4): 1869–1887.
- Renfrew, Colin 1973 *Before civilization: the radiocarbon revolution and Prehistoric Europe*. Jonathan Cape, London.
- Rick, John W. 1987 Dates as data: an examination of the Peruvian preceramic radiocarbon record. *American Antiquity* 52(1): 55–73.
- Rick, John W., Christian Mesia, Daniel A. Contreras, Silvia Rodriguez Kembel, Rosa M. Rick, Matt Sayre, and John Wolf 2009 La cronología de Chavín de Huántar y sus implicancias para el Periodo Formativo. *Boletín de Arqueología PUCP* 13: 87–132.
- Riris, Philip 2018 Dates as data revisited: A statistical examination of the Peruvian preceramic radiocarbon record *Journal of Archaeological Science* 97: 67–76.
- Rowe, John Howland 1962 Stages and periods in archaeological interpretation. *Southwestern Journal of Anthropology* 18(1): 40–54.
- Rowe, John Howland 1945 Absolute chronology in the Andean area. *American Antiquity* 10(3): 265–284.
- Rowe, John Howland 1962 Stages and periods in archaeological interpretation. *Southwestern Journal of Anthropology* 18(1): 40–54.
- Rowe, John Howland 1965 An interpretation of radiocarbon measurement on archaeological samples from Peru. In *Proceedings of the 6th International Conference on Radiocarbon and Tritium Dating*, edited by R.M. Chatters and E.A. Olson, pp. 187–198. Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information, Springfield, Virginia.
- Santana-Sagredo, Francisca, Rick Schulting, Julia Lee-Thorp, Carolina Agüero, Mauricio Uribe, and Cecilia Lemp 2017 Paired Radiocarbon Dating on Human Samples and Camelid Fibers and Textiles from Northern Chile: The Case of Pica 8 (Tarapacá). *Radiocarbon*: 1–19.
- Seki, Yuji, Juan Pablo Villanueva, Masato Sakai, Diana Alemán, Mauro Ordóñez, Walter Tosso, Araceli Espinoza, Kinya Inokuchi, and Daniel Morales Chocano 2008 Nuevas evidencias del sitio arqueológico de Pacopampa, en la sierra norte del Perú. *Boletín de Arqueología PUCP* 12: 69–95.
- Shady Solis, Ruth, Jonathan Haas, and Winifred Creamer 2001 Dating Caral, a Preceramic site in the Supe Valley on the central coast of Peru. *Science* 292(5517): 723–726.
- Shennan, Stephen 2013 Demographic Continuities and Discontinuities in Neolithic Europe: Evidence, Methods and Implications. *Journal of Archaeological Method and Theory* 20(2): 300–311.
- Silverman, Helaine 2004 Introduction: Space and Time in the Central Andes. In *Andean Archaeology*, edited by Helaine Silverman, pp. 1–15. Blackwell Publishing, Malden, MA.
- Slovak, Nicole M, and Adina Paytan 2011 Fisherfolk and farmers: Carbon and nitrogen isotope evidence from Middle Horizon Ancón, Peru. *International Journal of Osteoarchaeology* 21(3): 253–267.
- Southon, John R, Amy Oakland Rodman, and Delbert True 1995 A comparison of marine and terrestrial radiocarbon ages from northern Chile. *Radiocarbon* 37(2): 389–393

Spriggs, Matthew 1989 The dating of the Island Southeast Asian Neolithic: an attempt at chronometric hygiene and linguistic correlation. *Antiquity* 63(240): 587–613.

Spriggs, Matthew 1996 The Dating of Non Nok Tha and the “Gakushuin Factor.” In *Ancient Chinese and Southeast Asian Bronze Age Cultures: The Proceedings of a Conference held at the Edith and Joy London Foundation property, Kioloa NSW*, edited by F. David Bulbeck, II:pp. 941–948. SMC Publishing Inc, Taipei.

Stuiver, Minze, and RS Kra 1986 Calibration issue, proceedings of the 12th international ¹⁴C conference. *Radiocarbon* 28(2B): 805–1030.

Stuiver, Minze, and Paula J Reimer 1986 A computer program for radiocarbon age calculation. *Radiocarbon* 28(2B): 1022–30.

Szpak, Paul, Jean-François Millaire, Christine D White, and Fred J Longstaffe 2012 Influence of seabird guano and camelid dung fertilization on the nitrogen isotopic composition of field-grown maize (*Zea mays*). *Journal of Archaeological Science* 39(12): 3721–3740.

Takigami, Mai K, Izumi Shimada, Rafael Segura, Sarah Munro, Hiroyuki Matsuzaki, Fuyuki Tokanai, Kazuhiro Kato, Hitoshi Mukai, Omori Takayuki, and Minoru Yoneda 2014 Assessing the chronology and rewrapping of funerary bundles at the prehispanic religious center of Pachacamac, Peru. *Latin American Antiquity* 25(3): 322–343.

Taylor, Royal Ervin, 1995 Radiocarbon dating: The continuing revolution. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews* 4(5): 169–181.

Taylor, Royal Ervin, and Rainer Berger 1967 Radiocarbon content of marine shells from the Pacific coasts of Central and South America. *Science* 158(3805): 1180–1182.

Taylor, Royal Ervin, Minze Stuiver, and Paula J Reimer 1996 Development and extension of the calibration of the radiocarbon time scale: archaeological applications. *Quaternary Science Reviews* 15(7): 655–668.

Taylor, Royal Ervin, and Ofer Bar-Yosef 2014 *Radiocarbon dating: an archaeological perspective*. Left Coast Press.

Timpson, Adrian, Sue Colledge, Enrico Crema, Kevan Edinborough, Tim Kerig, Katie Manning, Mark G Thomas, and Stephen Shennan 2014 Reconstructing regional population fluctuations in the European Neolithic using radiocarbon dates: a new case-study using an improved method. *Journal of Archaeological Science* 52: 549–557.

Unkel, Ingmar, and Bernd Kromer 2009 The Clock in the Corn Cob: On the Development of a Chronology of the Paracas and Nasca Period Based on Radiocarbon Dating. In *New Technologies for Archaeology*, pp. 231–244. Springer.

Unkel, Ingmar, Bernd Kromer, Markus Reindel, Lucas Wacker, and Günther Wagner 2007 A Chronology of the Pre-Columbian Paracas and Nasca Cultures in South Peru Based on AMS-¹⁴C Dating. *Radiocarbon* 49(2): 551–564.

Unkel, Ingmar, Markus Reindel, Hermann Gorbahn, Johnny Isla Cuadrado, Bernd Kromer, and Volker Sossna 2012 A comprehensive numerical chronology for the pre-Columbian cultures of the Palpa valleys, south coast of Peru. *Journal of Archaeological Science* 39: 2294–2303.

Vaughn, Kevin J., Jelmer W. Eerkens, Carl Lipo, Sachiko Sakai, and Katharina Schreiber 2014 It’s About Time? Testing the Dawson Ceramic Seriation Using Luminescence Dating, Souther Nasca Region, Peru. *Latin American Antiquity* 25(4): 449–461.

Velarde, Leonid 1998 Problemática de los fechados carbono 14 y su calibración: el caso del formativo de los andes centrales. *Arqueología y sociedad*(12): 11–28.

Watson, J. 1986 ¹⁴C and Cultural Chronology of the North Coast of Peru. In *Andean Archaeology: Papers in Memory of Clifford Evans*, edited by Ramiro Matos Mendieta, Herbert H. Eling Jr., and Solveig A. Turpin. Monograph 27. Institute of Archaeology, UCLA, Los Angeles.

Willey, Gordon R. 1948 A Functional Analysis of “Horizon Styles” in Peruvian Archaeology. In *A Reappraisal of Peruvian Archaeology*, edited by Wendell C. Bennett, pp. 8–15. *Memoirs of the Society for American Archaeology* 4.

Willey, Gordon R 1972 *An Introduction to American Archaeology: Volume Two, South America*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.

Williams, Alan N 2012 The use of summed radiocarbon probability distributions in archaeology: a review of methods. *Journal of Archaeological Science* 39(3): 578–589.

Zeidler, James A., Caitlin E. Buck, and Clifford D. Litton 1998 Integration of Archaeological Phase Information and Radiocarbon Results from the Jama River Valley, Ecuador: A Bayesian Approach. *Latin American Antiquity* 9(2): 160–179.

Ziółkowski, Mariusz S 1994 Some problems of the radiocarbon dating of the Central Andean Cultures. In *Andes Radiocarbon Database for Bolivia, Ecuador, and Peru*, edited by Mariusz S Ziółkowski, Mieczyslaw F Pazdur, Andrzej Krzanowski, and Adam Michczyński, pp. 7–24. Andean Archaeological Mission of the Institute of Archaeology/Warsaw University & Gliwice Radiocarbon Laboratory of the Institute of Physics, Silesian Technical University, Warszawa - Gliwice.

Ziółkowski, Mariusz S, Mieczyslaw F Pazdur, Andrzej Krzanowski, and Adam Michczyński 1994 *Andes Radiocarbon Database for Bolivia, Ecuador, and Peru*. Andean Archaeological Mission of the Institute of Archaeology/Warsaw University & Gliwice Radiocarbon Laboratory of the Institute of Physics, Silesian Technical University, Warszawa - Gliwice.

