

LAS TRECE TORRES DE CHANKILLO: ARQUEOASTRONOMÍA Y ORGANIZACIÓN SOCIAL EN EL PRIMER OBSERVATORIO SOLAR DE AMÉRICA

Iván Ghezzi^a y Clive Ruggles^b

Resumen

Las Trece Torres son un conjunto de estructuras dispuestas en una hilera de orientación Norte-Sur en la cima de una colina en Chankillo, un centro ceremonial del siglo IV a.C. ubicado en la costa norte del Perú. A partir de puntos de observación evidentes en los edificios adyacentes al este y al oeste de las torres, estas estructuras conforman un horizonte artificial «dentado» que comprende, casi exactamente, el arco anual de salida y puesta del Sol. De esta manera, las Trece Torres proporcionan evidencias de la práctica de observaciones solares y un sofisticado culto solar que preceden, por casi dos milenios, a los «pilares del Sol» del Cusco inca.

Palabras clave: Trece Torres, Chankillo, arqueoastronomía, observatorio solar, marcadores de horizonte

Abstract

THE THIRTEEN TOWERS OF CHANKILLO: ARCHAEOASTRONOMY AND SOCIAL ORGANIZATION AT THE FIRST SOLAR OBSERVATORY IN AMERICA

The Thirteen Towers of Chankillo run north-south along a low ridge within a fourth century BC ceremonial complex in north coastal Perú. From evident observing points within the adjacent buildings to the west and east, they formed an artificial toothed horizon that spanned —almost exactly— the annual rising and setting arcs of the Sun. The Chankillo towers thus provide evidence of early solar horizon observations, and of the existence of sophisticated Sun cults, preceding by almost two millennia the Sun pillars of Inca Cusco.

Keywords: Thirteen Towers, Chankillo, archaeoastronomy, solar observatory, horizon markers

1. Introducción

En la arqueoastronomía, el término «observatorio» debe usarse con cautela, pues evoca a una imagen, evidentemente etnocéntrica, de antiguos «astrónomos» (Ruggles 2005b). Entre sociedades tradicionales es común encontrar que la arquitectura ceremonial refleje en su diseño, ubicación y orientación la percepción dominante de cómo está estructurado el mundo. Su orientación puede deberse a creencias cosmológicas, como los mitos de origen, el ritual de fundación del edificio, entre otros. En algunos casos, un alineamiento astronómico comprobado puede indicar su asociación simbólica a un evento astronómico o fechas significativas en el año. Aun en estos casos se debe reservar el término «observatorio» para una construcción

^a Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Letras y Ciencias Humanas.
Dirección postal: av. Universitaria 1801, Lima 32, Perú.
Correo electrónico: ighezzi@pucep.edu.pe

^b University of Leicester, School of Archaeology and Ancient History.
Dirección postal: University Road, Leicester, LE1 7RH, Reino Unido.
Correo electrónico: rug@le.ac.uk

en la que la observación astronómica se usa de forma empírica para regular directamente el calendario y no como un gesto simbólico perpetuado en el ritual y práctica establecidos.

Por otro lado, comprobar e interpretar un supuesto alineamiento astronómico no es tarea simple. Su mera existencia no implica automáticamente que este haya sido significativo en el pasado. Se debe tomar en cuenta que todo elemento arqueológico tiene una orientación, y que los objetivos astronómicos potenciales cubren casi todo el cielo visible. En ausencia de evidencia histórica, es relativamente fácil, pero problemático, «descubrir» alineamientos y darles una interpretación cultural. Esto es cierto, de manera especial, para las supuestas alineaciones estelares, debido al gran número de estrellas que, por causa de la precesión, cambian de posición de forma constante con el paso del tiempo y, también, a que la fecha de construcción de edificios prehistóricos rara vez se determina arqueológicamente con una precisión mayor a la de algunos siglos. Por el contrario, los alineamientos solares no son afectados significativamente por la incertidumbre en cuanto a la época en que se realizaban las observaciones, puesto que la posición de salida y puesta del Sol, que no es afectada por la precesión, depende tan solo del valor cambiante de la oblicuidad de la eclíptica, que es muchísimo menor.

Los ejemplos de orientaciones astronómicas abundan en la literatura de América y otros lugares, pero demasiado a menudo se apoyan en extrapolaciones especulativas a partir de simples «alineamientos». Si se acepta que estos casos fueron comunes en el pasado, como entre los grupos nativos modernos, se debe reconocer que operaban dentro de un esquema de clasificación o cosmovisión específico a su cultura, ajenos a la racionalidad occidental (Ruggles y Saunders 1993). Una explicación astronómica se puede aplicar de manera notablemente sencilla a alineamientos preexistentes, por lo que es posible caer en un argumento circular cuando los investigadores deciden qué era significativo en el pasado solo sobre la base del alineamiento mismo. Para sortear este peligro, es necesario que, por ejemplo, el mismo alineamiento se repita en varios sitios dentro de una tradición local, como entre los círculos de piedra de Gran Bretaña e Irlanda (Ruggles 1999). Más aún, para revelar el verdadero significado social de las orientaciones es necesario comprender el contexto arqueológico de los alineamientos.

Si se consideran estas advertencias, cuando se logran identificar lugares desde los que se practicaban observaciones astronómicas, estos revelan mucho, junto con los indicios sobre su naturaleza y contexto, acerca de cómo la gente en el pasado percibía, entendía e intentaba ordenar y controlar el mundo que habitaba (Aveni 2001; Ruggles 2005a). Si las evidencias indican, como se presenta a continuación, que se realizaban observaciones sistemáticas de la posición cambiante de salida y puesta del Sol a lo largo del horizonte durante el año estacional —una forma de «astronomía de horizonte»— se adquiere una perspectiva privilegiada sobre el desarrollo, naturaleza y operación social de los calendarios antiguos.

La astronomía de horizonte es una forma tradicional de observación que registra el movimiento cíclico de los cuerpos celestes en relación con su intersección con el horizonte visible. Así, si se observa cada mañana la salida del Sol desde un punto fijo sobre un horizonte con elementos distintivos, como picos y laderas, se observará que la posición de salida se mueve día a día a lo largo del mismo. Por lo tanto, si se toma nota de la posición en el horizonte en que se produce la salida en determinada fecha o si se marca esta posición con una construcción humana, la naturaleza cíclica del Sol hará que este mismo alineamiento se repita en la misma fecha cada año.

Los calendarios de horizonte se basan en este principio elemental. Aunque no todos los calendarios se basan en el Sol —como, por ejemplo, el calendario tradicional «luni-estelar» de los borana de Etiopía y Kenia (Bassi 1988)—, los de horizonte solar fueron de gran importancia entre los pueblos indígenas de América. Quizás el ejemplo moderno mejor conocido fue registrado entre los hopi de Norteamérica (McCluskey 1977). En el mundo maya, las evidencias escritas indican que el reconocimiento y la predicción de ciclos celestiales con propósitos de adivinación y pronóstico fueron mucho más allá de la necesidad obvia de regular ciclos anuales de actividad de acuerdo con cambios estacionales de la naturaleza (Aveni 1992). En el resto de Mesoamérica, el estudio sistemático de la orientación de edificios sagrados y planos de ciudades sugiere la existencia de calendarios de horizonte en los que se atribuía especial importancia a fechas clave. Se ha propuesto que estas incluían no solo a los solsticios, sino también a las fechas de pasaje del cenit solar (Aveni y Hartung 1986) y las contadas a partir del cenit a intervalos significativos en los complejos ciclos entrecruzados del calendario mesoamericano (Šprajc 2001).

En Sudamérica, las crónicas revelan detalles de prácticas rituales y creencias cosmológicas relativas a un culto solar regulado por el Estado inca. Existía un marcado interés en el movimiento de los cuerpos celestes y el calendario, y se ha sugerido que los rituales de culto solar eran orquestados por los gobernantes para sustentar su origen divino, centralizar el poder y legitimar su autoridad (Ziólkowski y Sadowski 1989; Bauer y Dearborn 1998). Se han propuesto varios esquemas de control del tiempo por medio del paisaje entre los incas, apoyados en una combinación de evidencias históricas y el análisis de la disposición espacial de la arquitectura sagrada, en particular el sistema de ceques del Cusco (Zuidema 1995; Aveni 1997; Bauer 2000).

Asimismo, los llamados pilares del Sol han recibido especial atención. Estos son descritos por varios cronistas como grandes pilares de piedra ubicados de tal forma que eran visibles en el horizonte desde el Cusco (Bauer y Dearborn 1998). Fueron usados para marcar tiempos de siembra y cosecha, y regular otras prácticas estacionales, pero, lamentablemente, han desaparecido sin dejar rastro. Como resultado de ello, no hay un consenso sobre su función precisa en términos de la observación solar y, como se ha planteado, lunar (Ziólkowski y Lebeuf 1993).

Una cuestión clave que surge de estos temas es la naturaleza de las creencias cosmológicas y el uso del calendario en las sociedades que precedieron a los incas. ¿Pudieron ser las prácticas de observación astronómica y el culto del Sol mucho más antiguos? Al retroceder en el tiempo más allá del alcance de los relatos de los cronistas, solo se cuenta con el registro material que proporciona la arqueología. Los problemas metodológicos que se presentan al utilizar datos de alineamientos —o, de modo general, el patrón espacial—, en ausencia de evidencias históricas y etnohistóricas que los corroboren, son, a menudo, desalentadores (Ruggles 2000). Por lo tanto, el descubrimiento de una estructura prehispánica que facilitaba la observación de la salida y puesta del Sol a lo largo del año constituye un hallazgo extraordinario para la arqueoastronomía en el Perú.

2. Evidencias arqueológicas

El grupo de estructuras conocidas como las Trece Torres forma parte de Chankillo, un complejo de arquitectura planificada con rasgos de centro ceremonial, administrativo, refugio y lugar de batallas rituales ubicado en el ramal sur de la cuenca del río Casma, en el desierto costero de la región Ancash (Fig. 1).¹ Un total de 17 fechados, procedentes de excavaciones recientes, dan como resultado un rango de 2350-2000 A.P. (calib.), e indican la ocupación del sitio entre 400 y 0 a.C. (Fig. 2).²

La orientación de Chankillo hacia el Este del sureste (acimut 116°-122°) está definida por un eje de 3,2 kilómetros de largo que atraviesa las escalinatas de acceso de las estructuras principales (Fig. 1). Esta orientación coincide, de manera aproximada, con la salida del Sol en el horizonte en el solsticio de diciembre y/o con la puesta del Sol en el solsticio de junio. Chankillo contiene múltiples edificios, plazas y patios construidos de piedra canteada y mortero de barro sobre casi 4 kilómetros cuadrados de un terreno muy variado, compuesto por pampas de arena, afloramientos rocosos, dunas y bosques de algarrobo. El sector más conocido es la Fortaleza, una imponente estructura de 300 metros de largo ubicada de forma estratégica sobre una colina y fuertemente defendida por murallas y accesos restringidos (Fig. 3). Este edificio ha sido interpretado como una fortaleza, un reducto o, inclusive, un centro ceremonial (Topic y Topic 1997). No obstante, las investigaciones arqueológicas recientes permiten ofrecer una interpretación alternativa de la función de este edificio como un templo fortificado (Ghezzi 2006, 2007).

Un sector menos conocido de Chankillo es el área ubicada al este de la Fortaleza, que contiene varios edificios, plazas y patios (Fig. 4). El elemento más sobresaliente de este sector lo conforman las Trece Torres, una fila de 13 construcciones de forma cúbica compuestas de piedra canteada y mortero de barro que se encuentra sobre una colina baja aproximadamente al centro del sitio (Fig. 4, A). Por tratarse de construcciones cuya altura, por lo general, supera su ancho, con medios de acceso a un piso ubicado en la parte superior, el término «torre», empleado hasta ahora en la literatura sobre el sitio, es justificado. La hilera de torres tiene una orientación Norte-Sur, pero las torres 11 a 13 —si se cuentan a partir de la torre situada más al norte— presentan un cambio de dirección hacia el suroeste. Vistas desde la parte baja, las torres forman un horizonte artificial «dentado» (Fig. 5).

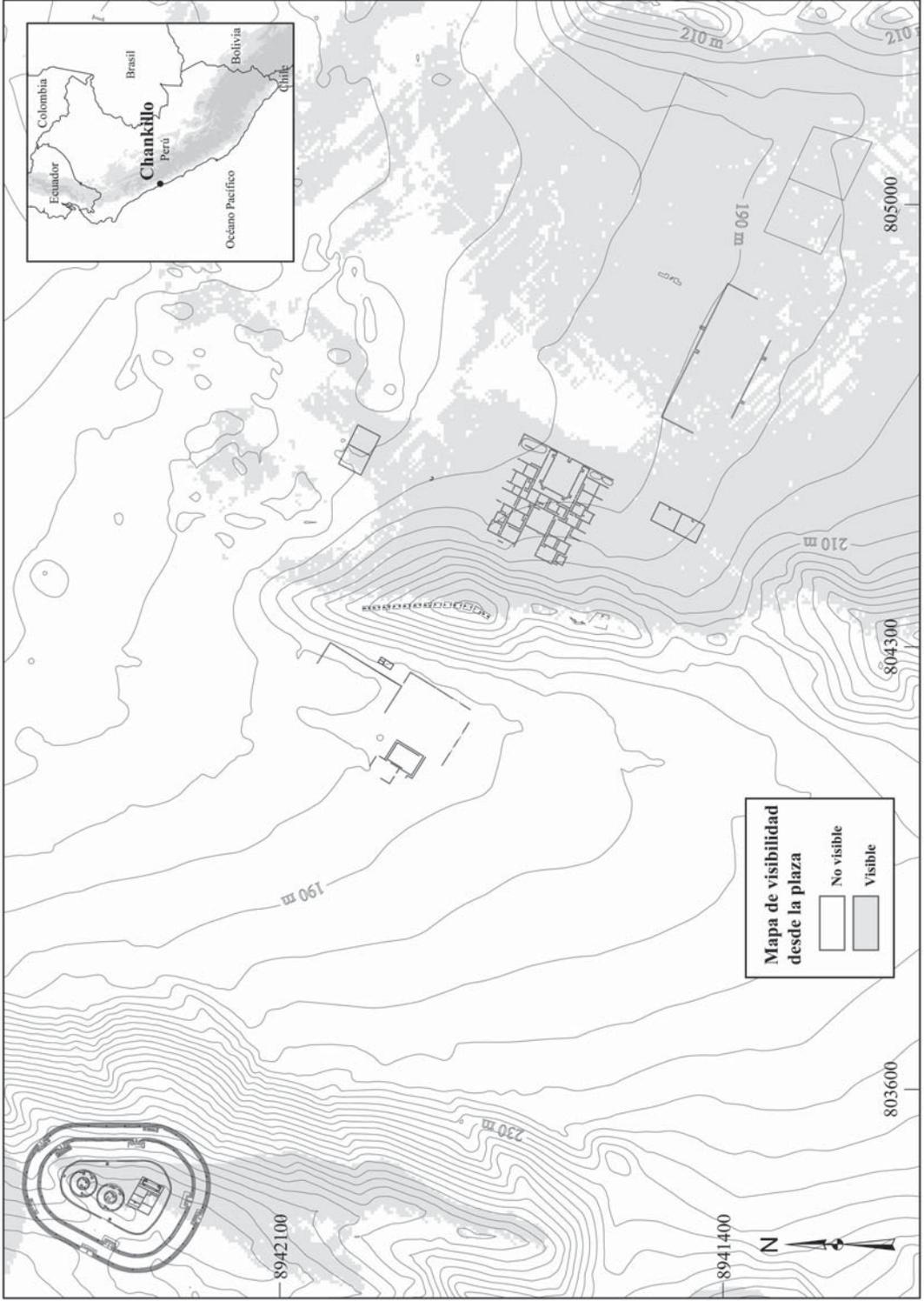


Fig. 1. Mapa del centro monumental de Chankillo (elaboración del mapa: Iván Ghezzi).

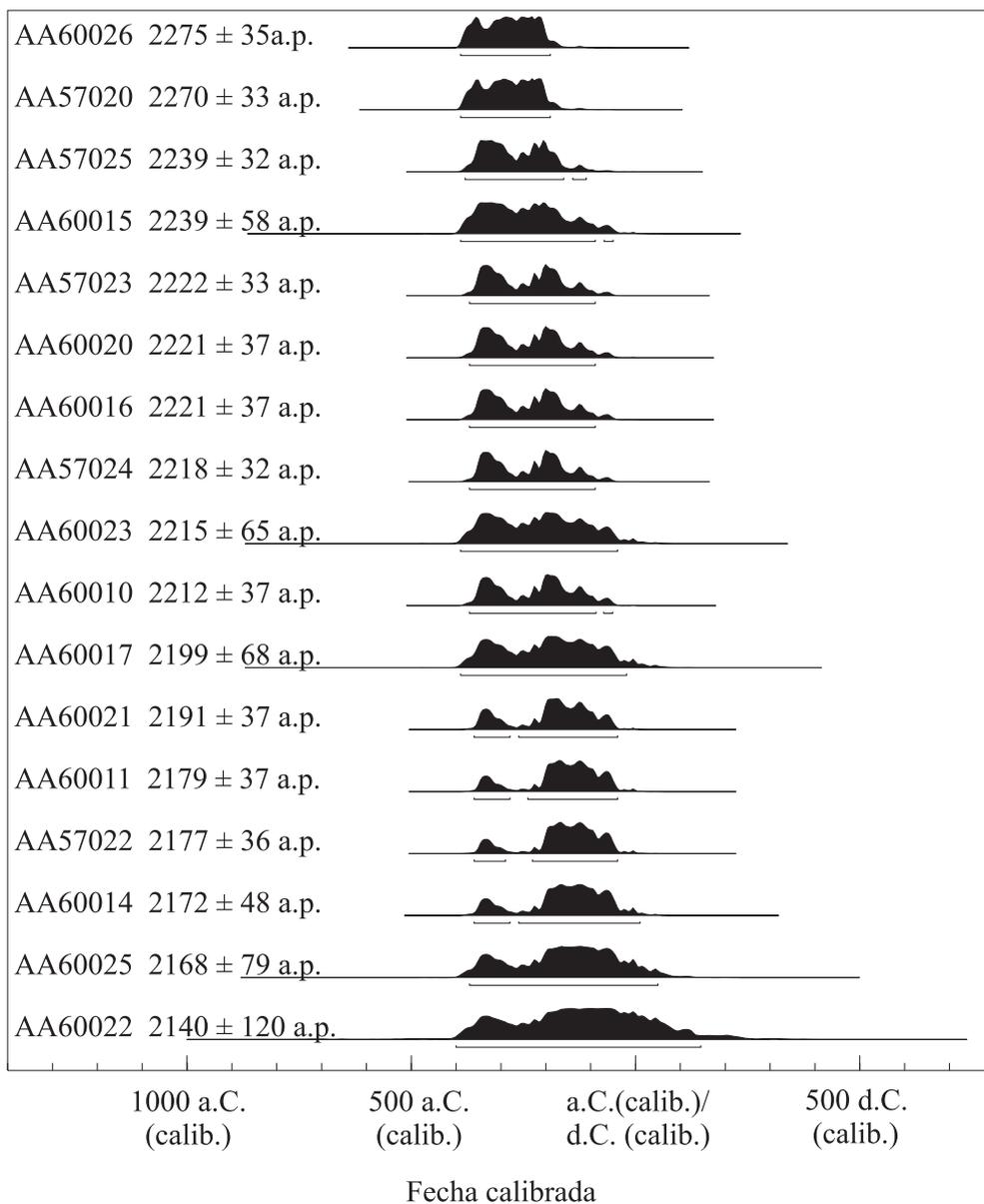


Fig. 2. Fechados radiocarbónicos de Chankillo, calibrados con el programa OxCal v3.10 (Ramsey 1995, 2001) mediante el uso de la curva de calibración para el hemisferio sur (McCormac et al. 2004). Para cada muestra, la primera columna representa el código de identificación (NSF-Arizona AMS Laboratory). El área sombreada representa la distribución de probabilidades en los puntos de intersección posibles del fechado con la curva de calibración. Las líneas horizontales representan dos rangos de error (2 sigmas). Las muestras de los fechados AA57020-AA57025 fueron tomadas, bajo principios dendrocronológicos, de los anillos preservados bajo la corteza de los dinteles de algarrobo (*Prosopis* sp.) que aún se encuentran in situ en la arquitectura de Chankillo. Estas muestras proporcionan un fechado consistente de la construcción del sitio. Las demás muestras fueron obtenidas de partes de plantas de vida corta, como las semillas y frutos. Así, el problema de la «madera vieja», especialmente preocupante en la costa peruana, fue minimizado (elaboración del gráfico: Iván Ghezzi).



Fig. 3. Vista aérea del templo fortificado de Chankillo (foto: Servicio Aerofotográfico Nacional).

Aunque, de manera general, las torres tienen un buen estado de conservación, sus esquinas superiores y algunos muros internos han colapsado de manera parcial; sin embargo, se conservan lo suficiente como para permitir una reconstrucción a partir de una limpieza y la realización de un levantamiento. Las plantas varían de rectangulares a romboidales. Sus alturas alcanzan entre 2 y 6 metros, y sus volúmenes comprenden entre 150 y 750 metros cúbicos. No obstante, el espacio entre las torres es regular: el intervalo que las separa varía solo de 4,7 a 5,1 metros. Cada torre tiene un par de escalinatas empotradas que llevan a la cúspide en sus lados norte y sur (Fig. 6). Las escalinatas son estrechas —entre 1,3 a 1,5 metros de ancho— y muy empinadas: los pasos tienen, en promedio, 35 centímetros y los contrapasos alcanzan, también en promedio, 38 centímetros. Sus longitudes totales varían de 1,3 a 5,2 metros. Usualmente, las escalinatas del lado norte se ubican al centro de este lado, aunque su orientación no siempre se alinea con la de la torre. Por lo general, las escalinatas del lado sur no están centradas, sino que presentan un desplazamiento hacia el este. La mayoría de las cúspides se encuentran bien preservadas y presentan un piso de arena o de lajas de piedra muy pequeñas (de 10 a 15 centímetros de largo). Es probable que las cúspides fueran focos de actividad, aunque en la actualidad no se encuentran artefactos en su superficie.

A unos 250 metros al oeste de las torres se ubica un grupo de recintos y otras estructuras cercados por grandes muros perimétricos que, probablemente, sirvieron para controlar el acceso (Fig. 4). Destaca un edificio compuesto de dos patios rectangulares adyacentes. El patio mayor, al sureste, mide 53,6 por 36,5 metros. Fue construido con cuidado, enlucido y pintado de blanco. En el muro perimétrico sur de este edificio se adosa una construcción muy particular: un corredor de 40 metros de largo y 2,5 metros de ancho, también enlucido y pintado de blanco (Fig. 4, B). Curiosamente, este corredor no conduce al interior del edificio, sino que solo conecta un acceso del lado noroeste, restringido mediante paredes de cierre, con una abertura al sureste —sin restricción— que se orienta de forma directa hacia la hilera de torres, ubicada a 235 metros. A diferencia de las entradas típicas de Chankillo, en esta abertura no existen «cajuelas», como se llama a los pequeños nichos en los muros en los que, probablemente, se usaba una piedra clavada de manera firme en la mampostería con el fin de atar algún tipo de puerta de madera (Topic y Topic 1997). Si se considera la altura original de las paredes del corredor —estimada en 2,2 metros—,

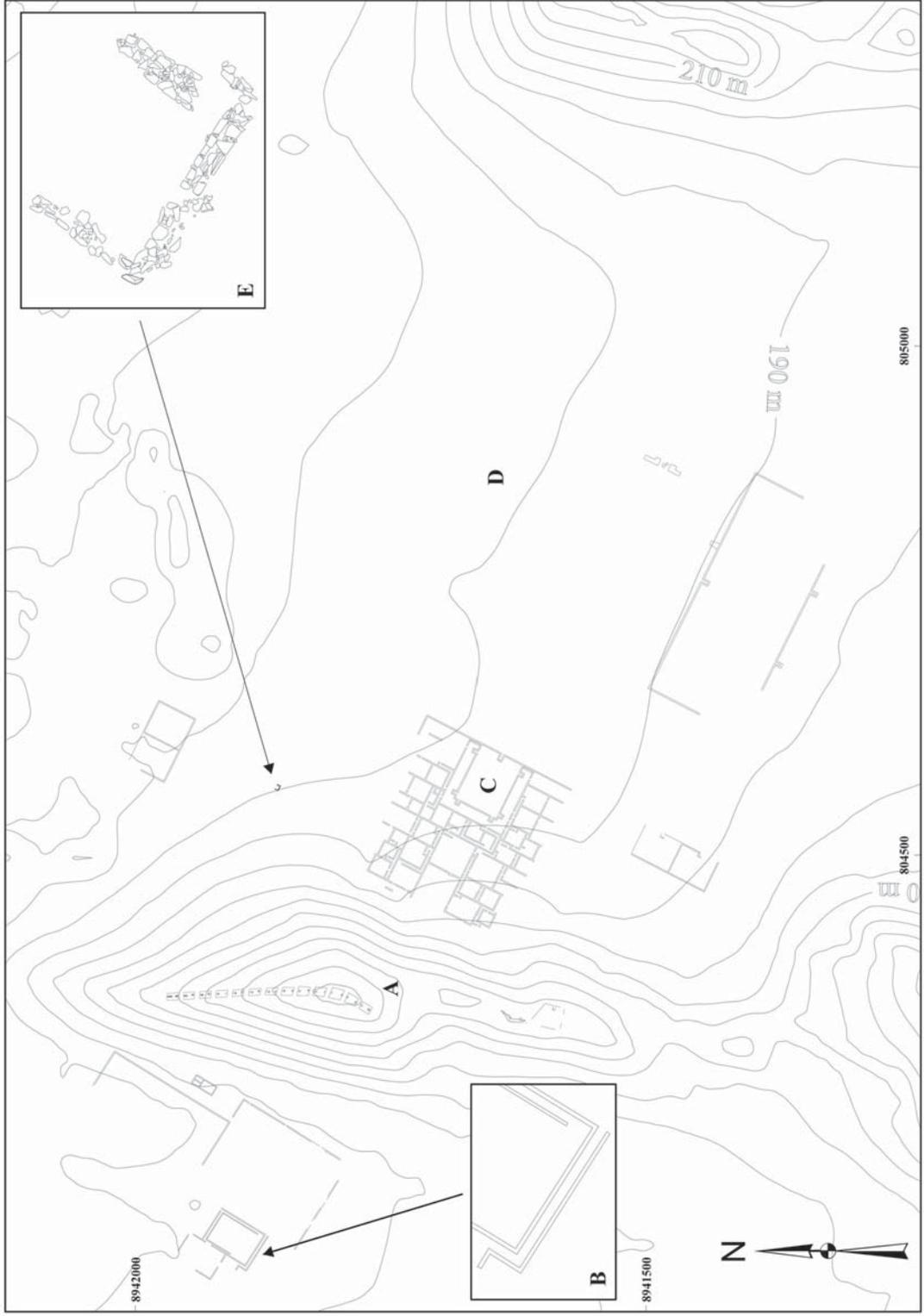


Fig. 4. A. Las Trece Torres; B. El punto de observación oeste; C. El centro administrativo; D. La plaza; E. El punto de observación este (elaboración del plano: Iván Ghezzi).

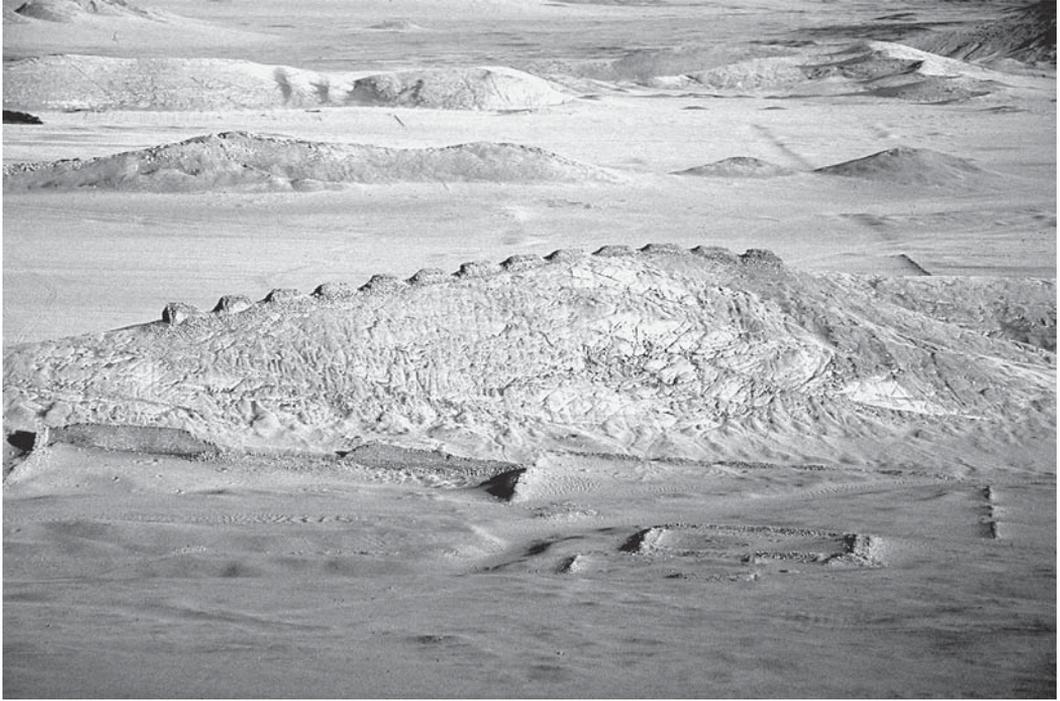


Fig. 5. Las Trece Torres, vistas desde el templo fortificado (foto: Ghezzi, Iván [fotografía]. Cusco. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas. 2007. Una foto, blanco y negro; cf. Ghezzi y Ruggles 2007: fig. 3).



Fig. 6. Vista oblicua del lado norte y escalinata de la Torre 1 (foto: Iván Ghezzi).



Fig. 7. El centro administrativo. Los patios y/o recintos fueron agrupados en conjuntos sobre la base de los patrones de circulación en el edificio (elaboración del plano: Iván Ghezzi).

estas impiden la visibilidad hacia el exterior; sin embargo, desde la abertura se puede apreciar, sin obstáculos, todo el horizonte artificial formado por las Trece Torres. Las excavaciones en este punto revelaron ofrendas de cerámica, moluscos y materiales líticos en asociación espacial y estratigráfica clara con el nivel de ocupación de la abertura (Ghezzi 2004). Se infiere que la función del corredor fue regular un ritual que consistió en transitar por el mismo hasta su extremo para contemplar el horizonte artificial formado por las torres, por lo que a la abertura se le dio el nombre de punto de observación oeste.

Al este de las torres hay una amplia plaza rodeada por un gran complejo arquitectónico y edificios menores (Fig. 4). En este sector solo se ha llevado a cabo un reconocimiento sistemático, así como un levantamiento y recolección de artefactos en la superficie (Ghezzi 2004). Aunque no es posible precisar las funciones del conjunto arquitectónico mayor sin la realización de excavaciones, es notable la complejidad de diseño de esta plataforma de baja altura en la que se construyeron patios y recintos de diversos tamaños, interconectados por pasajes y accesos restringidos (Fig. 4, C). Aunque la mayor parte del muro perimétrico fue desmantelado en una época no anterior al Periodo Intermedio Tardío, se conserva íntegro el frontis sureste, con una pequeña escalinata como único acceso a todo este conjunto. Destaca al ingresar un amplio patio rodeado de una plataforma en forma de «U», con pares de escalinatas que distribuyen el tráfico hacia los diferentes ambientes. El patrón de circulación sugiere una organización dual y cuatripartita, con cuatro conjuntos de recintos, cada uno con accesos independientes, dispuestos a los lados de un eje central compuesto por un conjunto laberíntico y varios patios de distribución (Fig. 7). A medida que se alejan del ingreso principal, los recintos disminuyen en área, pero ganan en altura de muros y elevación, y cuentan con un control del acceso cada vez más estricto. En el caso de los recintos más pequeños, sin un acceso evidente, podría tratarse de depósitos. Se detectó, además, la presencia, tanto en la parte posterior como junto al lado suroeste del conjunto, de instalaciones para la preparación y almacenamiento de bebidas, probablemente chicha, a juzgar por los abundantes restos de maíz en los basurales de este sector.

La plaza es un gran espacio abierto desde el que se divisan los componentes principales de Chankillo, con excepción del conjunto de edificios en que se encuentra el punto de observación oeste (Figs. 1, 4, D). Por su posición elevada y escala monumental, las estructuras al interior de la Fortaleza y las Trece Torres destacan como los elementos dominantes del paisaje visible desde la plaza. Esta no fue cercada por muros, ni definida por edificios en todos sus lados; sin embargo, se distingue claramente, tanto en el terreno como por la topografía, por la modificación artificial —nivelación, relleno y limpieza de escombros— del terreno original para crear un espacio abierto y relativamente plano en comparación con el paisaje circundante. En varios lugares de la plaza se hallaron ofrendas de antaras de cerámica y *mullu* (*Spondylus princeps* sp.), mientras que en los alrededores se encontraron basurales con restos de vasijas utilitarias, antaras y maíz. Por las instalaciones que posee y las evidencias materiales en su superficie, este amplio sector al este de la Fortaleza es interpretado como un área pública con una combinación de funciones relativas a la administración y redistribución, así como a la realización de banquetes y otras prácticas rituales.

Debido a su escala y ubicación elevada, las Trece Torres pueden ser apreciadas a simple vista desde muchos puntos de la plaza. Sin embargo, un edificio en particular —pequeño y relativamente aislado, situado en un extremo— resulta de sumo interés (Fig. 4, E). Su ubicación en relación con las Trece Torres constituye un equivalente simétrico del punto de observación oeste: ambos se encuentran casi exactamente en la misma línea Este-Oeste, tienen igual elevación y casi la misma distancia a las torres. Desde su interior, la porción del horizonte visible ocupada por las Trece Torres forma también un horizonte artificial. Las excavaciones arqueológicas en esta estructura revelaron la planta incompleta de un recinto rectangular de 6 metros de ancho (Ghezzi 2004). Está mal preservado debido a procesos culturales —parece haber sido desmontado casi hasta los cimientos en un momento posterior a su abandono— y naturales —erosión eólica, circulación de animales, entre otros—. Al igual que el corredor que conduce al punto de observación oeste, este cuarto tiene un acceso restringido por un pequeño muro de cierre. Por su posición y orientación, se infiere que esta estructura contiene, también, un «punto de observación este», aunque su localización no se puede conocer con la misma exactitud que su contraparte del lado oeste.

3. Los alineamientos

La ubicación exacta de las esquinas de cada torre, así como la de los puntos de observación al este y oeste, fue determinada con un GPS diferencial submétrico Trimble ProXR-S, con corrección diferencial en tiempo real del servicio satelital OmniStar realizada el 6 de febrero de 2005. Las posiciones fueron registradas en el sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM), zona 17L, *datum* World Geodetic System 1984. Esto permitió definir el acimut, altitud, elevación y declinación astronómica de cada punto del horizonte artificial formado por las Trece Torres. Por «altitud» se entiende el ángulo vertical entre el punto observado y el plano horizontal del observador, mientras que el término «elevación» corresponde a la altura sobre el nivel del mar (Ruggles 1999). En forma independiente, se usó una brújula-clinómetro Silva Survey Master para medir el acimut y altitud de la cima, base y lados norte y sur de cada torre, datos que fueron calibrados por medio de la observación directa de la salida del Sol contra las torres.

Los datos del GPS y brújula-clinómetro se contrastaron entre sí. La declinación magnética promedio en Chankillo (9,6° latitud sur y 78,2° longitud oeste) en la fecha de medición era 0,3°E (National Geophysical Data Center, NOAA Satellite and Information Service, Estados Unidos). Esto implicaba que $\text{Acimut verdadero} = \text{Acimut magnético} + 0,3^\circ$ ($\text{AcV} = \text{AcM}$). Sin embargo, una observación de la salida del Sol desde el punto de observación oeste a la izquierda de la Torre 11 a las 07.04 a.m., hora local del día 5 de febrero de 2005, fue medida como $\text{AcM} = 102^\circ$ y $\text{Alt} = 11,0$ (precisión de 0,5°). Desde el punto de observación oeste (9,562° latitud sur y 78,229° longitud oeste), el AcV y Alt del centro del Sol en esta fecha eran 104,0° y 11,4°, determinados con el programa Horizons (NASA Jet Propulsion Laboratory, Estados Unidos). Es decir, en el punto de observación oeste, $\text{AcV} - \text{AcM} = 2,0^\circ$ ($\pm 0,5^\circ$). Esto implica una anomalía local amplia. Al aplicar +2,0° de corrección se logró una coincidencia aceptable entre las medidas del GPS y las de la brújula-clinómetro. Para el punto de observación este no existen evidencias de anomalía y la declinación magnética promedio proporciona un estimado correcto de la diferencia entre los valores de AcM y AcV . Todas las ubicaciones y elevaciones son consideradas exactas a 1 metro, y los acimuts, altitudes y declinaciones a 0,1°.

Los resultados se presentan a continuación por medio de los diagramas de las Figs. 8³ y 9. Las declinaciones astronómicas fueron determinadas a partir de acimuts y altitudes corregidos mediante el uso de GETDEC (Ruggles 1999; *cf.* <<http://www.cleveruggles.net/>>). El acimut y altitud corregidos de la cima y base para cada torre se obtuvo por medio de la combinación de los valores del GPS y la brújula-clinómetro, la comparación con las fotografías y el uso de la función «pulimento». Las fechas gregorianas de salida y puesta del Sol correspondientes a una declinación dada para el año 300 a.C. —un punto medio en la ocupación de Chankillo— se obtuvieron mediante la siguiente fórmula:

$$\text{seno}\{\delta\} = \text{seno}\{\epsilon\} \cdot \text{coseno}(0,9856n + 2,07 \text{ seno}(0,9856(n - n_p)))$$

donde $\{\delta\}$ es la declinación del centro del Sol, $\{\epsilon\}$ es la oblicuidad de la eclíptica, n es el número de días transcurridos desde el solsticio de junio y n_p es la fecha del perihelio (en número de días desde el solsticio de junio), con todos los ángulos expresados en grados (Ruggles 1999). Se toma como fecha del solsticio de invierno el día 21 de junio.

Las declinaciones de $+23,75^\circ$ y $-23,75^\circ$ corresponden al centro del Sol en las posiciones extremas de salida y puesta en el año 300 a.C. durante los solsticios de junio y diciembre, respectivamente, con el disco solar extendiéndose entre $+23,5^\circ$ y $+24^\circ$ (junio) y -24° y $-23,5^\circ$ (diciembre) (Ruggles 1999). Las declinaciones intermedias corresponden a la salida y puesta del Sol en otras fechas, dado que el movimiento anual del Sol a lo largo del horizonte es aproximadamente sinusoidal (Ruggles 1999). Si se toma como solsticio de junio el día 21, las fechas del calendario gregoriano citadas en los diagramas dan una idea de la velocidad con la que la salida y/o puesta del Sol «recorre» las torres: más lenta cerca de los solsticios y más rápida cerca de los equinoccios.

Vista desde los dos puntos de observación, la extensión de las torres en el horizonte corresponde, aproximadamente, al rango de posiciones del movimiento de la salida y puesta del Sol durante el año. Este hecho, por sí mismo, indica, convincentemente, que el propósito de las torres era la observación solar. Desde el punto de observación oeste, la salida del Sol en el solsticio de diciembre se observa sobre la cima de la Torre 13 (Fig. 10). En el solsticio de junio, el Sol sale entre las laderas del cerro Mucho Malo, distante 3 kilómetros, y el horizonte formado por la colina en la que se encuentran las torres, a la izquierda de la Torre 1 (Fig. 11). Aquí hay una simetría evidente en la presencia de un decimotercer espacio, de ancho similar al de aquellos entre cada par de torres, lo que sugiere que una colina natural era interpretada como la «torre» del extremo izquierdo en este perfil. Así, durante el solsticio de invierno, una época del año tradicionalmente asociada con festivales de cosecha en el hemisferio sur, el Sol aparentemente emergía de una colina natural en lugar de una construcción humana.

El cambio de orientación de las torres 11 a 13 ocasiona que, desde el punto de observación este, la última torre no sea visible en absoluto. Solo habría sido visible la cima de la Torre 12 que, hoy en día, por sus condiciones de preservación, apenas es visible desde este punto. Desde aquí, el ocaso del Sol en el solsticio de diciembre se observa en el lado izquierdo de la Torre 12, mientras que, para el solsticio de junio, el Sol se oculta directamente a la derecha de la Torre 1 (Fig. 12). Para ambos puntos de observación, cuando el Sol empieza a distanciarse de sus posiciones crecientes extremas unos días después de cada solsticio, las torres e intervalos habrían proporcionado medios para rastrear el recorrido del Sol a lo largo del horizonte con una exactitud de dos o tres días.

Si se acepta que el propósito principal de las Trece Torres fue servir como marcadores de horizonte para observaciones solares, entonces ¿puede su disposición espacial revelar la forma en que se habría subdividido el año? Las cimas de las torres formaron originalmente un horizonte artificial en el que la altura variable de las mismas compensa ligeramente la pendiente de la colina sobre la que fueron construidas (Fig. 5). Este horizonte artificial está subdividido por «cortes» profundos y estrechos, formados por los espacios entre las torres dispuestas a intervalos regulares. Cuando se utilizaba el punto de observación oeste, el Sol salía solo por uno o dos días en cada espacio entre las torres (Fig. 8). Una posibilidad es que los intervalos indiquen fechas clave de salida del Sol a lo largo del año. La regularidad de los espacios entre las torres contradice esta idea, pero sugiere, en cambio, que el calendario estaba dividido en intervalos regulares. Las salidas del Sol en los espacios entre las torres centrales —de la Torre 3 a la 11— estaban separadas por

Punto observado	Declinación	Notas	En 300 a.C., el centro del Sol se elevó aquí		Fechas de salida en los espacios entre torres	
			entre [fecha greg.] y [fecha greg.]	entre [fecha greg.] y [fecha greg.]	Intervalo (días)	Intervalo (días)
Cerro Mucho Malo (pendiente)	23,7	Salida de Sol en el solsticio de junio (dec. +23,75°)	26 jun.*	16 jun.*		
Cerro Mucho Malo encuentra en el horizonte	22,1		14 jul.	31 may.	15 jul.	30 may.
Torre 1 arriba, centro	21,9					
ESPACIO	20,2		24 jul.	21 may.	16	16
Torre 2 arriba, centro	18,6				31 jul.	14 may.
ESPACIO	16,8		7 ago.	7 may.	12	12
Torre 3 arriba, centro	15,3		18 ago.	26 abr.	11	2 may.
ESPACIO	13,4				23 ago.	20 abr.
Torre 4 arriba, centro	11,6		28 ago.	15 abr.	10	
ESPACIO	9,8	Salida de Sol en el anticecit (dec. +9,6°)			2 set.	10 abr.
Torre 5 arriba, centro	7,9		7 set.	5 abr.	9	
ESPACIO	6,2				11 set.	31 mar.
Torre 6 arriba, centro	4,3		17 set.	25 mar.	11	
ESPACIO	2,0	Salida de Sol en el «equinoccio temporal» (dec. entre +0,6 y +1,0°)			22 set.	20 mar.
Torre 7 arriba, centro	0,1		27 nov.	15 mar.	9	
ESPACIO	-1,8				1 oct.	11 mar.
Torre 8 arriba, centro	-3,6		6 oct.	6 mar.	10	
ESPACIO	-5,4	Salida de Sol en el cenit (dec. -6,9°)			11 oct.	1 mar.
Torre 9 arriba, centro	-7,3		15 oct.	24 feb.	9	
ESPACIO	-9,1				20 oct.	19 feb.
Torre 10 arriba, centro	-11,0		25 oct.	14 feb.	10	
ESPACIO	-12,8				30 oct.	9 feb.
Torre 11 arriba, centro	-14,5		6 nov.	2 feb.	10	
ESPACIO	-16,6				12 nov.	27 ene.
Torre 12 arriba, centro	-18,5		20 nov.	19 ene.	16	
ESPACIO	-20,3				28 nov.	10 ene.
Torre 13 arriba, centro	-22,0		15 dic.†	25 dic.†		
ESPACIO	-23,7	Salida de Sol en el solsticio de diciembre (dec. -23,75°)				

* El Sol también saldrá en esta posición en cualquier fecha entre el periodo 16 a 26 de junio

† El Sol también saldrá en esta posición en cualquier fecha entre el periodo 15 a 25 de diciembre

Fig. 8. El movimiento anual de salida del Sol respecto a las torres visto desde el punto de observación oeste (elaboración del diagrama: Clive Ruggles).

Punto observado	Declinación	Notas	En 300 a.C., el centro del Sol se elevó aquí entre [fecha greg.] y [fecha greg.]		Fechas de ocaso en los espacios entre torres	
			Intervalo (días)	Fecha de ocaso	Intervalo (días)	Fecha de ocaso
Torre 12 centro, arriba	-23,0	Ocaso en el solsticio de diciembre (dec. -23,75°)	6 dic.	2 ene.		
Torre 11 centro, arriba	-20,0		18 nov.	20 ene.		
Torre 10 centro, arriba	-15,9		3 nov.	4 feb.		
ESPACIO	-13,7				28 oct.	11 feb.
Torre 9 centro, arriba	-11,5	Ocaso en el cenit (dec. -9,6°)	21 oct.	18 feb.	12	12
ESPACIO	-9,5				16 oct.	23 feb.
Torre 8 centro, arriba	-7,3		10 oct.	1 mar.	12	12
ESPACIO	-4,9				4 oct.	7 mar.
Torre 7 centro, arriba	-2,9		29 set.	13 mar.	11	12
ESPACIO	-0,5	Ocaso en el «equinoccio temporal» (dec. entre +0,6 y +1,0°)			23 set.	19 mar.
Torre 6 centro, arriba	1,5		18 set.	24 mar.	11	11
ESPACIO	4,1				12 set.	30 mar.
Torre 5 centro, arriba	6,4		6 set.	6 abr.	11	12
ESPACIO	8,3	Ocaso en el anticenit (dec. +9,6°)			1 set.	11 abr.
Torre 4 centro, arriba	10,3		27 ago.	16 abr.	11	12
ESPACIO	12,4				21 ago.	23 abr.
Torre 3 centro, arriba	14,4		15 ago.	29 abr.	12	12
ESPACIO	16,3				9 ago.	5 may.
Torre 2 centro, arriba	18,2		2 ago.	12 may.	16	16
ESPACIO	20,3				24 jul.	21 may.
Torre 1 centro, arriba	22,1		14 jul.	31 may.		
Torre 1 derecha, arriba	23,7	Ocaso en el solsticio de junio (dec. +23,75°)	26 jun.*	16 jun.		

* El Sol también saldrá en esta posición en cualquier fecha entre el periodo 16 a 26 de junio

Fig. 9. El movimiento anual de la puesta del Sol respecto a la hilera de torres, visto desde el punto de observación este. Los detalles son similares a los de la Fig. 8. Nótese que la Torre 13 no es visible y que no se percibían los espacios entre las torres 12 y 11, o entre las torres 11 y 10 (elaboración del diagrama: Clive Ruggles).

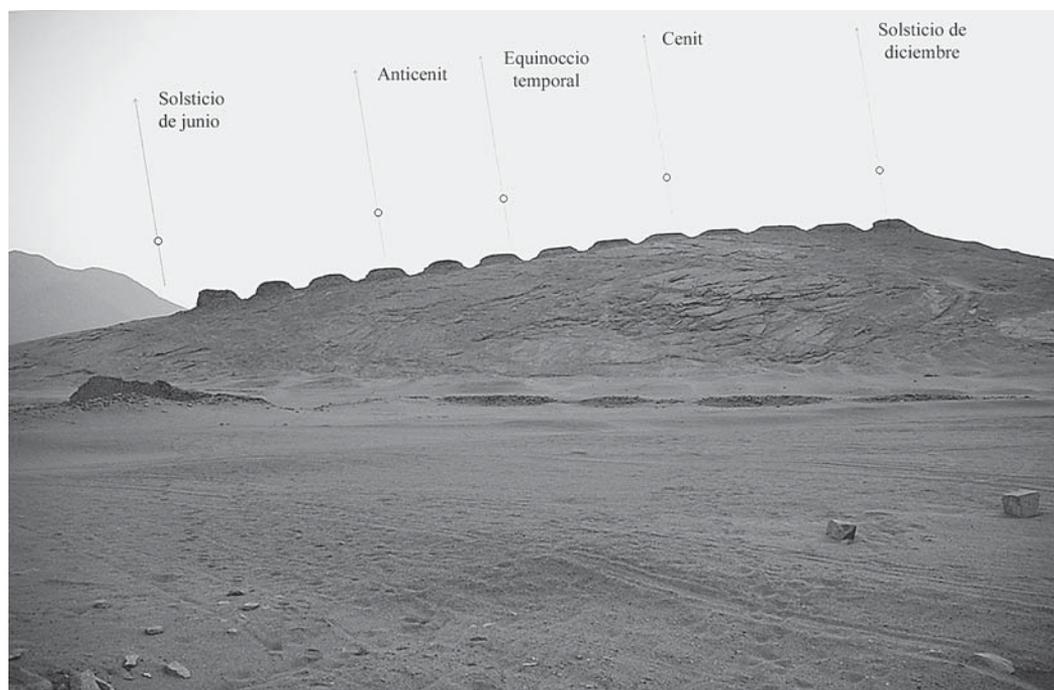


Fig. 10. Las Trece Torres vistas desde el punto de observación oeste, con la indicación de la posición de salida del Sol en los solsticios, equinoccios y fechas de pasaje del cenit y anticenin en el año 300 a.C. (elaboración del gráfico: Clive Ruggles).

lapsos de, aproximadamente, 10 días, lo que implica que el año solar pudo haberse dividido en intervalos regulares. Sin embargo, estos lapsos son más largos entre las torres ubicadas en los extremos —1, 2, 12 y 13— pues, cuando el Sol alcanza la posición cercana al solsticio, se mueve más despacio en relación con el horizonte. La situación es diferente para el punto de observación este, desde el que no es visible la Torre 13, y los espacios restantes corresponden a intervalos de tiempo de 11 a 12 días entre las puestas de Sol (Fig. 9).

¿Podrían tener una importancia particular otras fechas del año, además de los solsticios? En ese caso, la salida u ocaso del Sol en esas fechas podría ser identificada con precisión en uno de los espacios entre las torres. Cabe mencionar que la salida del Sol en el equinoccio (declinación $0,0^\circ$) ocurre directamente en el espacio central entre las torres 6 y 7. Si se incluye el cerro Mucho Malo como una «torre» más, de manera que se perciben 13 espacios entre las torres, entonces esta posición equinoccial es, además, la central. En la dirección opuesta, el ocaso equinoccial ocurre justo a la derecha de este mismo espacio, pero, visto desde el punto de observación este, se distingue como el espacio central de las 12 torres visibles. Hay que tomar en cuenta que la aplicación del término «equinoccio» fuera de un contexto conceptual occidental puede ser cuestionable (Ruggles 1997). Si, como aquí, la evidencia indica claramente que existió un mecanismo para contar los días, entonces el día intermedio entre los solsticios, llamado el equinoccio temporal o equinoccio de Thom, pudo identificarse fácilmente de este modo. En el año 300 a.C., la declinación del Sol en estos días era de entre $+0,6^\circ$ y $+1,0^\circ$, pero no se puede afirmar con certeza que el equinoccio fue marcado especialmente.

Otras fechas que deben considerarse a priori son el pasaje del cenit y anticenin solar. Hay diversas evidencias que sugieren que la fecha de pasaje del cenit solar era de gran importancia en América, y en particular en los Andes (Aveni 2001). También se ha sugerido que las fechas de pasaje del anticenin solar pudieron tener gran importancia en el Cusco (Zuidema 1981), aunque la idea ha sido fuertemente debatida (Bauer y Dearborn 1998). No obstante, ninguna de las salidas del Sol u ocasos en las Trece Torres de Chankillo coincide con estas fechas. Solo el ocaso del Sol en el pasaje del cenit se produce cerca de un espacio entre dos torres, pero no exactamente al interior.



Fig. 11. Salida del Sol actual en el solsticio de junio entre el cerro Mucho Malo y la Torre 1 desde el punto de observación oeste (Ghezzi y Ruggles 2007: fig. S4). La declinación del centro del Sol en los solsticios de junio y diciembre hoy en día es $+23,5^\circ$ y $-23,5^\circ$, respectivamente, mientras que en el año 300 a.C. era $+23,75^\circ$ y $-23,75^\circ$. Es decir, el recorrido anual del Sol era más amplio en el año 300 a.C. que hoy por aproximadamente $0,3^\circ$ —es decir, un diámetro solar completo—. Por lo tanto, la posición de salida del Sol en el solsticio se ha movido hacia la derecha aproximadamente $0,3^\circ$ desde el año 300 a.C. (foto: Iván Ghezzi).

En resumen, la coincidencia entre la extensión de las torres a lo largo del horizonte —visto desde los dos puntos de observación al este y al oeste—, y el arco solar indica, de modo convincente, que el sitio se usó como un observatorio solar para cálculos que regularon un calendario de base estacional. Los solsticios estaban claramente marcados, y es posible que el equinoccio lo estuviera también. El espacio entre las torres usado para ver las salidas del Sol sugiere que puede haber sido significativo un ciclo de 10 días aproximadamente. La evidencia no es tan clara respecto a otras fechas de posible relevancia.

4. Discusión

En sociedades tradicionales es común que la arquitectura ceremonial sea construida de acuerdo con sus principios cosmológicos. Cuando estos edificios contienen supuestas orientaciones astronómicas, estas no implican automáticamente que fueran significativas en el pasado. Es, además, frecuente —y a menudo erróneo— que se postulen alineamientos estelares, aun cuando son difíciles de comprobar en ausencia de registros históricos. Es más convincente la postulación de observaciones directas del movimiento anual de la salida o puesta del Sol a lo largo del horizonte con el propósito de regular eventos estacionales, como las fiestas religiosas, o para mantener un calendario estacional.

Aun así, la evaluación de la naturaleza de las observaciones y el contexto social y ritual en el que operaron no es un proceso simple. Este aspecto se ilustra bien con los recientes debates acerca de la función e importancia de las estructuras denominadas como Grupo E en el territorio maya. El Grupo E, construido alrededor de 200 a 300 d.C. en Uaxactún y que da nombre a todas las estructuras de este tipo, es famoso por incorporar alineamientos arquitectónicos que pueden servir como puntos de referencia para observaciones razonablemente precisas de la salida del Sol durante los solsticios y equinoccios y, por lo tanto, es bastante reconocido como un observatorio solar (Aveni 2001). Sin embargo, en la actualidad se

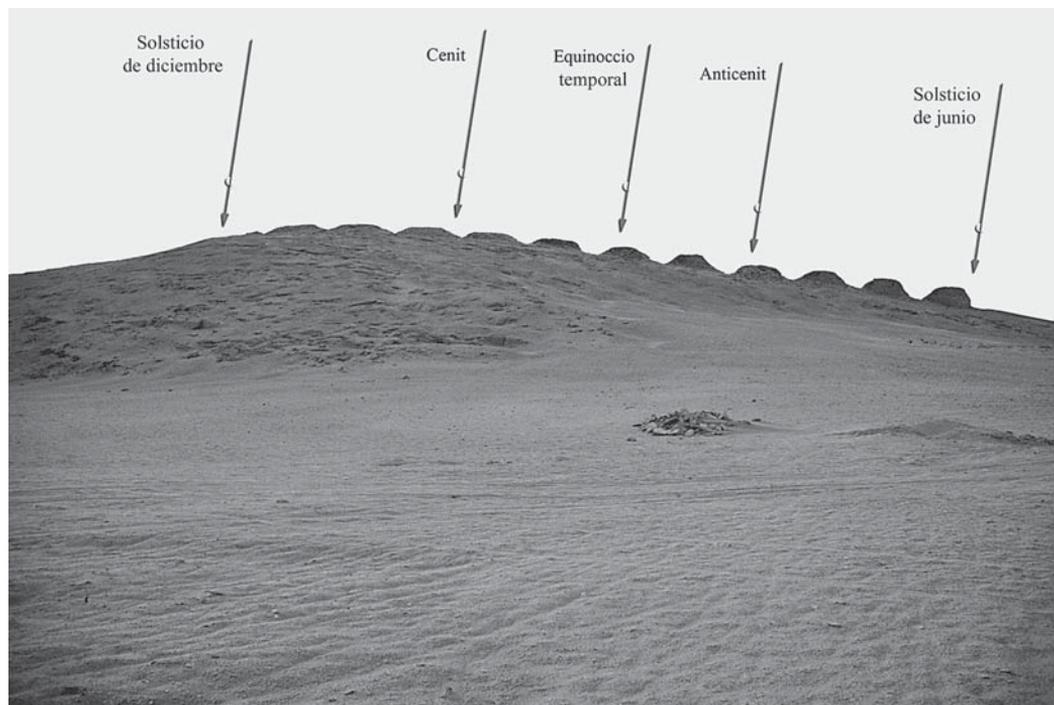


Fig. 12. Las Trece Torres vistas desde el punto de observación este, con la indicación de la posición de puesta del Sol en los solsticios, equinoccios y fechas de pasaje del cenit y anticenit en el año 300 a.C. (elaboración del gráfico: Clive Ruggles).

conocen más de 50 estructuras contemporáneas similares en sitios cercanos que, por lo general, no presentan las mismas alineaciones exactas que en Uaxactún (Aveni *et al.* 2003). Además, el observatorio de Uaxactún fue modificado en una fecha posterior, lo que lo dejó inservible para observaciones rigurosas (Aveni y Hartung 1989). Una interpretación posible es que, mientras que algunas de las estructuras tipo Grupo E incorporaron alineamientos solares efectivos, otras eran réplicas no funcionales cuya importancia en cuanto a rituales calendáricos y ceremoniales no necesitó ser reforzada por observaciones reales del Sol (Aylesworth 2004). De hecho, el término «observatorio» parece aplicarse solo al propósito inicial de un número limitado de sitios maya.

En relación con estos ejemplos, las estructuras de Chankillo y su configuración espacial son notablemente evidentes. En primer lugar, el sitio presenta, por lo menos, dos puntos de observación. El que se encuentra al oeste es el más claro y evidente, ya que está definido por una estructura sin otro propósito aparente. En segundo lugar, la hilera de torres comprende, con precisión, los arcos de salida y puesta del Sol vistos desde los puntos de observación respectivos. Así, no se «seleccionan» blancos astronómicos entre innumerables posibilidades, sino que se observan, de manera clara, indicaciones directas de los cuatro puntos de salida y puesta solsticiales. Estos son objetivos astronómicos cuya importancia en muchas culturas está ampliamente confirmada. Las torres mismas son precursoras distantes de los pilares de observación solar incas registrados etnohistóricamente. La interpretación de las torres como un calendario solar empírico parece, entonces, bastante acertada.

Cada vez hay más evidencias arqueológicas de que el culto solar, ritual oficial del Estado inca, tuvo precursores. Por ejemplo, las ceremonias de salida del Sol registradas históricamente en un santuario de la Isla del Sol, en el lago Titicaca, tuvieron raíces preincas (Dearborn *et al.* 1998; Bauer y Stanish 2003). Dada la similitud entre el observatorio solar en Chankillo y los pilares del Sol documentados en el Cusco casi dos milenios más tarde, es probable que estas prácticas fueran relativamente comunes entre las sociedades que se desarrollaron en los Andes. Más aún, si se permite la comparación, es razonable proponer que el contexto ritual y social en el que operaban las observaciones astronómicas y el culto solar en Chankillo en el siglo IV a.C. fuera relativamente similar al del Cusco.

¿Cuáles son las implicancias de este descubrimiento para la reconstrucción de la sociedad que ocupó Chankillo? Dado que la observación astronómica se puede llevar a cabo por medios más simples, la escala monumental y gran visibilidad de las Trece Torres hace dudar de que su único propósito haya sido práctico—regular la agricultura, la pesca y otras actividades estacionales—, y sugiere que estaban en juego también otros principios, de índole político y social. Para explorar esta posibilidad es necesario situar la evidencia astronómica en su contexto arqueológico. El centro monumental de Chankillo, en el que destacan la Fortaleza y las Trece Torres como elementos dominantes de este paisaje cultural, se puede interpretar como un escenario para ceremonias de culto solar, con funciones adicionales de defensa, administración y redistribución.

De esta manera, si se toma la hilera Norte-Sur de torres como un eje divisorio, hay un contraste evidente entre el lado este, con abundantes evidencias de actividades públicas a gran escala en espacios abiertos, y el lado oeste, donde existió un estricto control del acceso al templo fortificado y observatorio, y las prácticas rituales que se realizaban al interior de estos edificios. Así, mientras la plaza habría recibido grandes grupos de peregrinos en ocasiones especiales, el acceso a los espacios de más profundo significado ceremonial, como los puntos de observación astronómica y el Templo de los Pilares en la Fortaleza (Ghezzi 2006, 2007), habría sido un privilegio para unos pocos.

Si se considera que la organización del centro ceremonial sugiere diferenciación social, es importante valorar la evidencia en superficie de banquetes rituales en Chankillo. En la gran plaza al este, por ejemplo, se habrían celebrado banquetes en los que se consumían alimentos y bebidas acompañados de música, danzas y otras prácticas rituales. Estas festividades habrían estado organizadas en un calendario ritual definido mediante la observación sistemática del pasaje estacional del Sol. Algunos eventos astronómicos muy notables, visibles no solo desde los observatorios, sino también desde la plaza—por ejemplo el ocaso del Sol en el solsticio de diciembre sobre la Torre 13 y el Templo de los Pilares— habrían sido, probablemente, fechas centrales de este calendario ceremonial. Durante estas festividades, un gran número de peregrinos se habría reunido en la plaza para participar de las ceremonias. Por su diseño, que sugiere administración, redistribución, almacenamiento, restricción del acceso y diferenciación social, el gran conjunto arquitectónico al este de las torres habría sido un centro organizador de estas ceremonias y de control de las masas participantes.

En la literatura arqueológica generalmente se considera que la redistribución de bienes y alimentos en un contexto ritual, para crear lazos de reciprocidad mutua, comprometer fondos y/o mano de obra para proyectos, establecer alianzas, intercambiar parejas, entre otros, es una de las estrategias practicadas por los líderes universalmente para obtener ventajas económicas y políticas que consoliden las desigualdades de estatus social y riqueza en que basan su poder (Hayden 2001; Bray [ed.] 2003). Así, los individuos con acceso a espacios sagrados y en control del conocimiento astronómico habrían sido los conductores y grandes benefactores en los banquetes públicos orquestados por el movimiento del Sol. Estos líderes habrían poseído la capacidad para regular el tiempo, la ideología y los rituales calendáricos en un imponente escenario ritual que integraba a esta sociedad, a la vez que acentuaba sus desigualdades.

Como soporte de esta interpretación se puede considerar la colección de imágenes de guerreros encontradas en las excavaciones en el observatorio oeste. Estas imágenes representan parejas de guerreros en duelo que portan armamento especializado, escudos y otras formas de protección corporal. El armamento—principalmente estólicas y dardos, pero también porras y lanzas—, implica un repertorio apropiado para el ataque y defensa de una fortificación, además de la importancia del combate cuerpo a cuerpo y del prestigio que este confiere (Fig. 13). Los guerreros están acompañados de indicadores de un alto estatus social, como la elaborada variedad de tocados, camisas y capas, y ornamentos—probablemente hechos de metal— en la nariz, cuello y torso (Fig. 14). Algunos de estos pudieron también proporcionar protección corporal. Los símbolos de alto estatus, así como la evidente preocupación por la integridad física del personaje durante el combate, sugieren el ascenso social de una clase de líderes guerreros. Las figurinas de cerámica estaban adosadas a vasijas caladas con el motivo del escalonado que representan edificios públicos (Fig. 15).

De este modo, el rol primordial en el culto solar y las creencias cosmológicas relacionadas, la conducción de banquetes ceremoniales, la redistribución de bienes y la excelencia en el combate, tanto real como



Fig. 14. Las figurinas muestran una variada vestimenta, como taparrabo (K), faldellín (B, C) y camiseta (A, D); ornamentos en forma de gorros (A, B, C, G, H, I), narigueras (A, B, C, F, G, H, I), collares (A, B, C, G) y pintura facial (A, I). Portan además instrumentos musicales, como pututo (J) y sonaja (E) (fotos: Iván Ghezzi, Alejandra Salinas y Manuel Perales; composición de Lourdes Franco).



Fig. 15. Reconstrucción artística de vasijas decoradas con figurinas de cerámica. Representan parejas de guerreros enfrascados en combate a duelo sobre la cima de edificios (Ghezzi 2007: fig. 6; elaboración del dibujo: José Luis Díaz).

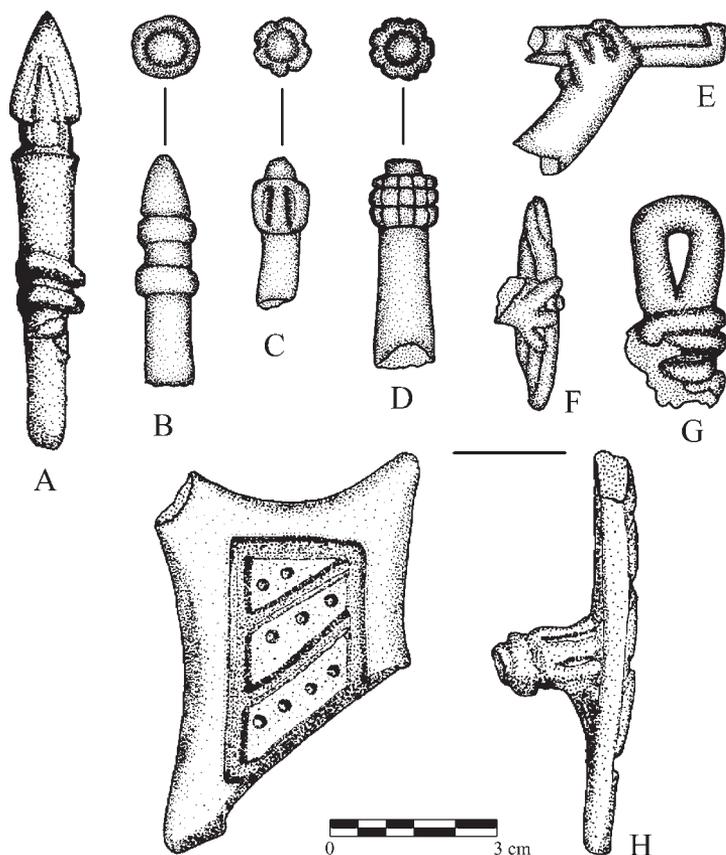


Fig. 13. Figurinas de guerreros y armamento. A. Lanza; B, C, D. Porras; E. Estólica; F. Dardos; G. Honda; H. Escudo (Ghezzi 2007: fig. 7; elaboración del dibujo: Cristian Campos).

ritual, habrían sido los atributos que otorgaban legitimidad y autoridad a una elite guerrera, como ocurrió mucho después entre los incas. El observatorio de Chankillo y sus Trece Torres no solo fueron la expresión monumental de un conocimiento astronómico muy antiguo o un instrumento para la observación solar, sino que habrían servido también para regular el calendario ceremonial y dar soporte a la jerarquía social establecida.

Agradecimientos

Los autores debemos agradecer a una serie de personas e instituciones por el apoyo recibido para la realización de estas investigaciones. Iván Ghezzi agradece a todos los arqueólogos y voluntarios que participaron en el Proyecto Chankillo entre 2002 a 2005. Una mención especial merece José Luis Pino, por sus mediciones preliminares de alineamientos astronómicos. Gabriel More y César Cornejo realizaron el levantamiento topográfico y planimétrico con equipos gentilmente proporcionados por el doctor Krzysztof Makowski, de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Las figurinas de cerámica fueron excavadas por un equipo de arqueólogos liderados por Manuel Perales, y restauradas gracias a la generosidad del equipo de conservadoras de Futuro Anterior. Ronald Towner y Kevin Anchukaitis (Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona) extrajeron muestras para fechados bajo principios dendrocronológicos. Por su parte, el Laboratory of Tree-Ring Research, gracias al respaldo del doctor Timothy Jull, y con apoyo de la National Science Foundation, financió todos los fechados AMS. Diversas instituciones, como la Yale

University, la Pontificia Universidad Católica del Perú, la National Science Foundation, la Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research, el Field Museum, la Schwerin Foundation y el Earthwatch Institute, financiaron diversos aspectos de las investigaciones en Casma y Chankillo. Por último, los autores reconocemos el apoyo logístico y financiero de la Asociación Cultural Peruano Británica (Lima), por el préstamo del equipo de GPS diferencial.

Notas

¹ El sitio fue mapeado con una estación total Topcon GTS 315 (ángulo horizontal con precisión de 5"). La posición y orientación del *datum* y línea base fue medida con un GPS Garmin Etrex Summit el 4 de junio de 2001, y corregida con un GPS diferencial Trimble ProXR-S submétrico, con corrección diferencial en tiempo real del sistema satelital OmniStar, el 5 de febrero de 2005. Las coordenadas se expresan en el sistema Universal Transverse Mercator (UTM), zona 17L, *datum* World Geodetic System 1984. Incluye un mapa de visibilidad, calculado a partir de un punto central con ArcGIS 9. Nótese que la distribución de los edificios, inclusive aquellos al interior de la Fortaleza, maximiza su visibilidad desde la plaza. Una excepción notable es el observatorio oeste.

² Partes de este trabajo fueron publicadas previamente en el artículo titulado «Chankillo: A 2300-Year-Old Solar Observatory in Coastal Perú» (Iván Ghezzi y Clive Ruggles, *Science* 315, 1239-1243 [2007]). La presente versión ha sido variada y aumentada significativamente en cuanto a texto e ilustraciones. La traducción de dichas secciones no ha sido realizada por el staff de la revista *Science*, y tampoco es respaldada por este órgano. Se atiene al criterio del editor del *Boletín de Arqueología PUCP*, pero, para aspectos esenciales, se recomienda remitirse a la versión original en inglés.

³ El diagrama indica la declinación del centro de la cima de cada torre y del espacio entre cada par de torres. Las columnas siguientes muestran las fechas del año en que el Sol hubiera salido en el punto correspondiente y los intervalos (número de días) entre salidas del Sol en los espacios sucesivos entre las torres. Se usa el calendario gregoriano y se considera el 21 de junio como el solsticio de invierno. Las fechas e intervalos tienen un error de ± 1 día; es posible que el error sea mayor en fechas cercanas al solsticio, cuando el cambio diario en la posición de la salida del Sol es extremadamente pequeño.

REFERENCIAS

- Aveni, A. F.**
 1992 *The Sky in Mayan Literature*, Oxford University Press, New York.
 1997 *Stairways to the Stars: Skywatching in Three Great Ancient Cultures*, John Wiley & Sons, New York.
 2001 *Skywatchers: A Revised and Updated Version of Skywatchers of Ancient México*, University of Texas Press, Austin.
- Aveni, A. F., A. S. Dowd y B. Vining**
 2003 Maya Calendar Reform? Evidence from Orientations of Specialized Architectural Assemblages, *Latin American Antiquity* 14 (2), 159-179, Washington, D.C.
- Aveni, A. F. y H. Hartung**
 1986 *Maya City Planning and the Calendar*, American Philosophical Society, Philadelphia.
 1989 Uaxactun, Guatemala, Group E, and Similar Assemblages: An Archaeoastronomical Reconsideration, en: A. F. Aveni (ed.), *World Archaeoastronomy*, 441-461, Cambridge University Press, Cambridge.
- Aylesworth, G. R.**
 2004 Astronomical Interpretations of Ancient Maya E-Group Architectural Complexes, *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* 18, 34-66, Austin.
- Bassi, M.**
 1988 On the Borana Calendrical System: A Preliminary Field Report, *Current Anthropology* 29 (4), 619-624, Chicago.
- Bauer, B. S.**
 2000 *El espacio sagrado de los incas: el sistema de ceques del Cuzco*, Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas, Cuzco.
- Bauer, B. S. y C. S. Stanish**
 2003 *Las islas del Sol y de la Luna: ritual y peregrinaje en los antiguos Andes*, Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas, Cuzco.
- Bauer, B. S. y D. S. P. Dearborn**
 1998 *Astronomía e imperio en los Andes* [traducción de J. F. Espinoza], Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas, Cuzco.
- Bray, T. L. (ed.)**
 2003 *The Archaeology and Politics of Food and Feasting in Early States and Empires*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Bronk Ramsey, C. B.**
 1995 Radiocarbon Calibration and Analysis of Stratigraphy: The Oxcal Program, *Radiocarbon* 37 (2), 425-430, Tucson.
 2001 Development of the Radiocarbon Program Oxcal, *Radiocarbon* 43, 355-363, Tucson.
- Dearborn, D. S. P., M. T. Seddon y B. S. Bauer**
 1998 The Sanctuary of Titicaca: Where the Sun Returns to Earth, *Latin American Antiquity* 9 (3), 240-258, Washington, D.C.
- Ghezzi, I.**
 2004 Proyecto Arqueológico Chankillo: informe final Temporada 2003, informe presentado al Instituto Nacional de Cultura, Lima.
 2006 Religious Warfare at Chankillo, en: W. H. Isbell y H. I. Silverman (eds.), *Andean Archaeology III*, 67-84, Springer, New York.
 2007 La naturaleza de la guerra prehispánica temprana: la perspectiva desde Chankillo, *Revista Andina* 44, 199-225, Cuzco.

Ghezzi, I. y C. L. N. Ruggles

2007 Chankillo: A 2300-Year-Old Solar Observatory in Coastal Perú, *Science* 315 (5816), 1239-1243, Washington, D.C.

Hayden, B.

2001 Richman, Poorman, Beggarman, Chief: The Dynamics of Social Inequality, en: G. M. Feinman y T. D. Price (eds.), *Archaeology at the Millennium: A Sourcebook*, 231-272, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

McCluskey, S. C.

1977 The Astronomy of the Hopi Indians, *Journal for the History of Astronomy* 8, 174-195, Cambridge.

McCormac, F. G., A. G. Hogg, P. G. Blackwell, C. E. Buck, T. F. G. Higham y P. J. Reimer

2004 ShCal04 Southern Hemisphere Calibration, 0-11.0 Cal Kyr BP, *Radiocarbon* 46, 1087-1092, Tucson.

Ruggles, C. L. N.

1997 Whose Equinox?, *Journal for the History of Astronomy* 28, S45-S50, Cambridge.

1999 *Astronomy in Prehistoric Britain and Ireland*, Yale University Press, New Haven/London.

2000 The General and the Specific: Dealing with Cultural Diversity, *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* 15, 151-177, Austin.

2005a *Ancient Astronomy: An Encyclopedia of Cosmologies and Myth*, ABC-CLIO, Santa Barbara.

2005b Archaeoastronomy, en: A. C. Renfrew y P. G. Bahn (eds.), *Archaeology: The Key Concepts*, 11-16, Routledge, London.

Ruggles, C. L. N. y N. J. Saunders

1993 *Astronomies and Cultures*, University Press of Colorado, Niwot.

Šprajc, I.

2001 *Orientaciones astronómicas en la arquitectura prehispánica del centro de México*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D.F.

Topic, J. R. y T. Lange Topic

1997 Hacia una comprensión conceptual de la guerra andina, en: R. Varón y J. Flores (eds.), *Arqueología, antropología e historia en los Andes: homenaje a María Rostworowski*, 567-590, Instituto de Estudios Peruanos, Lima.

Ziólkowski, M. S. y A. Lebeuf

1993 Were the Incas Able to Predict Lunar Eclipses?, en: C. L. N. Ruggles (ed.), *Archaeoastronomy in the 1990's*, 298-308, Group D Publications, Loughborough.

Ziólkowski, M. S. y R. Sadowski

1989 *Time and Calendars in the Inca Empire*, BAR International Series 479, Oxford.

Zuidema, R. T.

1981 Inca Observations of the Solar and Lunar Passages through Zenith and Anti-Zenith at Cuzco, en: R. A. Williamson (ed.), *Archaeoastronomy in the Americas*, 319-342, Ballena Press, Los Altos.

1995 *El sistema de ceques del Cuzco: la organización social de la capital de los incas*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.