

# MACHUPICCHU

INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARIAS

TOMO II

FERNANDO ASTETE y JOSÉ M. BASTANTE, editores.



PERÚ

Ministerio de Cultura

Dirección  
Desconcentrada de Cultura  
de Cusco

# MACHUPICCHU

## INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARIAS

TOMO II

FERNANDO ASTETE y JOSÉ M. BASTANTE. editores



PERÚ

Ministerio de Cultura

Dirección  
Desconcentrada de Cultura  
de Cusco

© MACHUPICCHU. INVESTIGACIONES  
INTERDISCIPLINARIAS / TOMO II  
Fernando Astete y José M. Bastante, editores

© De esta edición:  
Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco  
Área Funcional del Parque Arqueológico Nacional de  
Machupicchu  
Calle Maruri 340, Palacio Inka del Kusikancha. Cusco  
Central telefónica (051) – 084 – 582030  
1a. edición - Setiembre 2020

Corrección de estilo:  
Eleana Llosa Isenrich

Diagramación:  
Saúl E. Ponce Valdivia

Arte de portada:  
Saúl E. Ponce Valdivia  
Miguel A. Aragón Collavino

Foto de portada:  
José M. Bastante Abuhadba

Foto de solapa:  
Sandro Aguilar

Coordinación:  
Alex I. Usca Baca  
Alicia Fernández Flórez

Revisión:  
Carmen C. Sacsá Fernández  
Alicia Fernández Flórez

ISBN: 978-612-4375-14-9  
Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-03378

Impreso en:  
GD Impactos  
Calle Mártir Olaya 129, Of 1905, Miraflores - Lima

Tiraje: 1000 ejemplares

Impreso en Perú  
Printed in Perú  
*Perú suyupi ruwasqa*

MINISTERIO DE CULTURA DEL PERÚ

**Ministro de Cultura**  
Alejandro Arturo Neyra Sánchez

**Viceministra de Patrimonio Cultural  
e Industrias Culturales**  
Leslie Carol Urteaga Peña

**Viceministra de Interculturalidad**  
Angela María Acevedo Huertas

**Director de la Dirección Desconcentrada  
de Cultura de Cusco**  
Fredy D. Escobar Zamalloa

**Jefe del Área Funcional del Parque Arqueológico Nacional  
de Machupicchu**  
José M. Bastante Abuhadba

Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación por cualquier medio o procedimiento sin autorización expresa y por escrito de los editores.

# Índice

## TOMO I

Presentación

*Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco* 11

Prólogo

*John Hemming* 13

Introducción

*Mechtild Rössler* 21

Los trabajos de las Expediciones Peruanas de Yale en la *llaqta* de Machupicchu

*José M. Bastante* 25

Machu Picchu. Entre el cielo y la tierra

*Luis Millones* 59

Nuevos alcances científicos sobre la vida diaria en Machu Picchu

*Richard L. Burger* 77

Percepciones sobre inmigración y clase social en Machu Picchu, Perú, basadas en el análisis de isótopos de oxígeno, estroncio y plomo

*Bethany L. Turner, George D. Kamenov, John D. Kingston y George J. Armelagos* 107

Estado de la cuestión: historia y arqueología de la *llaqta* de Machupicchu

*José M. Bastante, Fernando Astete, Alicia Fernández y Alex I. Usca* 141

Machu Picchu. Monumento arqueológico

*Rogger Ravines* 237

Avances de las investigaciones interdisciplinarias en Machupicchu

*José M. Bastante y Alicia Fernández Flórez* 269

Machu Picchu: el centro sagrado

*Johan Reinhard* 289

<i>Llaqta</i> de Machupicchu: sacralidad y proceso constructivo <i>José Fernando Astete Victoria</i>	313
Aspectos constructivos en Machupicchu <i>Arminda Gibaja</i>	327
Machu Picchu: maravilla de la ingeniería civil <i>Kenneth R. Wright y Alfredo Valencia Zegarra</i>	335
Tecnomorfología de la <i>llaqta inka</i> de Machupicchu. Materiales, métodos y resultados del levantamiento arquitectónico y paisajístico <i>Adine Gavazzi</i>	353
Avances preliminares de la investigación con <i>lidar</i> en Machupicchu <i>Roland Fletcher, Nina Hofer y Miguel Mudbidri</i>	383
Lagunas sagradas de Salkantay. Investigaciones subacuáticas en el Santuario Histórico de Machu Picchu <i>Maciej Sobczyk, Magdalena Nowakowska, Przemysław Trzeźniowski y Mateusz Popek</i>	393
Ingeniería <i>inka</i> de Machupijchu <i>Jesús Puelles Escalante</i>	409
Contexto funerario bajo en el sector noreste de Machupicchu, 2002 <i>Alfredo Mormontoy Atayupanqui</i>	447
Los esqueletos humanos de Machu Picchu. Un reanálisis de las colecciones del Museo Peabody de la Universidad de Yale <i>John Verano</i>	455
<b>TOMO II</b>	
La mayoría silenciosa de Machu Picchu: una consideración de los cementerios incas <i>Lucy C. Salazar</i>	11
El cementerio de los incas <i>Christopher Heaney</i>	25
Quilcas en el Santuario Histórico-Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu: análisis y perspectivas arqueológicas <i>Fernando Astete, José M. Bastante y Gori-Tumi Echevarría López</i>	35

Las quilcas del Santuario Histórico-Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu: evaluación y secuencia arqueológica preliminar <i>José M. Bastante y Gori-Tumi Echevarría López</i>	59
El calendario solar de Machupicchu y otras incógnitas <i>Eulogio Cabada</i>	99
Observaciones astronómicas en Intimachay (Machu Picchu): un nuevo enfoque para un antiguo problema <i>Mariusz Ziółkowski, Jacek Kościuk y Fernando Astete Victoria</i>	131
Acerca de los instrumentos astronómicos de los incas: el mirador de Inkaraqay (Parque Arqueológico Nacional de Machu Picchu) <i>Fernando Astete Victoria, Mariusz Ziółkowski y Jacek Kościuk</i>	143
Machu Picchu: sobre su función <i>Federico Kauffmann Doig</i>	159
Machu Picchu, el mausoleo del emperador <i>Luis Guillermo Lumbreras</i>	193
Investigaciones interdisciplinarias en Machupicchu. Temporada PIAISHM 2017 <i>José M. Bastante, Alicia Fernández y Fernando Astete Victoria</i>	233
Investigaciones en el monumento arqueológico Choquesuysuy del Santuario Histórico-Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu <i>José M. Bastante y Emerson Pereyra</i>	269
Investigaciones en el monumento arqueológico Chachabamba <i>José M. Bastante, Dominika Sieczkowska y Alexander Deza</i>	289
Arqueogeofísica aplicada a la arqueología inca: el caso del monumento arqueológico Chachabamba <i>Nicola Masini, Luigi Capozzoli, Gerardo Romano, Dominika Sieczkowska, Maria Sileo, José M. Bastante, Fernando Astete, Mariusz Ziolkowski y Rosa Lasaponara</i>	305
Materialización del culto al agua a través de la arquitectura hidráulica en la llaqta de Machupicchu <i>Alicia Fernández Flórez</i>	321

La Reforma Agraria en el Santuario Histórico-Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu <i>Alex Usca Baca</i>	337
La ciudad de San Francisco de Victoria de Vilcabamba y el pueblo antiguo del Ynga nombrado Huaynapicchu <i>Donato Amado Gonzales</i>	361
Biodiversidad anotada del Santuario Histórico de Machupicchu: especies endémicas y amenazadas <i>Julio Gustavo Ochoa Estrada</i>	375
Reportes anotados de mamíferos silvestres del Santuario Histórico de Machupicchu <i>Julio Gustavo Ochoa Estrada</i>	395
Quinquenio orquidáceo del Santuario Histórico de Machu Picchu. Géneros, especies nuevas y nuevos reportes <i>Benjamín Collantes</i>	407
<i>Vasqueziella</i> boliviana, conocida desde hace tiempo y de amplia distribución, pero muy poco frecuente <i>Benjamín Collantes y Günter Gerlach</i>	411
Una vista desde la bóveda: fotos de las expediciones a Perú de la National Geographic Society-Yale University <i>Sara Manco, Renée Braden y Matthew Piscitelli</i>	421
Autenticidad de Machupicchu, 100 años después <i>Ricardo Ruiz Caro y Fernando Astete Victoria</i>	427
<b>ANEXOS</b>	
Anexo 1. Relación de monumentos arqueológicos en el Santuario Histórico-Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu y la Zona Especial de Protección Arqueológica	439
Anexo 2. Términos en quechua en los artículos	456

# Acerca de los instrumentos astronómicos de los incas: el mirador de Inkaraqay (Parque Arqueológico Nacional de Machu Picchu)<sup>1</sup>

Fernando Astete Victoria<sup>2</sup>, Mariusz Ziółkowski<sup>3</sup> y Jacek Kościuk<sup>4</sup>

## 1. Astronomía y administración en el Imperio Inca

La rápida expansión del Imperio inca (ca. 1400-1572 d. C.), desde una pequeña comunidad política en la región del Cuzco hasta un imperio a lo largo de los Andes, generó una enorme presión sobre las instituciones sociales y políticas incas. El crecimiento del imperio requería de una estructura jerárquica cada vez más compleja y de la organización de una extensa élite gobernante.

---

<sup>1</sup> Artículo publicado originalmente en inglés en la revista *Estudios Latinoamericanos* (2017-2018; N° 36-37, pp. 161-176).

Los avances de los estudios sobre Inkaraqay han sido presentados por los autores en diferentes ocasiones desde 2014, entre otras, en la 54ª Reunión Anual del Instituto de Estudios Andinos en Berkeley, California (10 a 11 de enero de 2014). Una breve comunicación sobre este descubrimiento se publicó en noviembre de 2017 en una versión bilingüe en español e inglés. El presente estudio, mucho más completo, fue presentado en la conferencia IN-SAP-X/Oxford-XI/SEAC-25th «The Road to the Stars», que tuvo lugar en Santiago de Compostela, España (18 a 22 de septiembre de 2017).

<sup>2</sup> Arqueólogo y antropólogo; jefe del Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu, Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco, Ministerio de Cultura (fastetemachupicchu@yahoo.es).

<sup>3</sup> Arqueólogo; Centre for Precolumbian Studies, Universidad de Varsovia, Polonia (mziolkowski@uw.edu.pl).

<sup>4</sup> Arquitecto; Laboratory of 3D Scanning and Modelling, Faculty of Architecture, Wrocław University of Science and Technology, Polonia (jacek.kosciuk@pwr.edu.pl).

La astronomía fue un elemento sumamente importante durante la expansión del Estado y proporcionó a las élites incas (y particularmente al emperador) un instrumento para justificar su derecho a gobernar a través del control tanto de los rituales como de su posición dominante dentro de la cosmología del Estado (Bauer y Dearborn 1995).

El conocimiento astronómico se basa principalmente en la observación práctica de fenómenos celestes, lo cual requiere algunos dispositivos, aunque rudimentarios, como un gnomon, o estructuras adecuadamente planificadas y orientadas. Un ejemplo de este tipo de solución relativamente simple en el área del actual México es el famoso El Caracol en Chichén Itzá en la península de Yucatán, construido aproximadamente en 1000 d. C. (Aveni, Gibbs y Hartung 1975).

De acuerdo con las investigaciones arqueológicas, no se hicieron construcciones comparables en el área que abarcó el Estado inca<sup>5</sup>, lo que ha generado especulaciones sobre el alcance de sus técnicas de observación.

---

<sup>5</sup> El famoso observatorio de Chankillo (Perú) es mucho más temprano (alrededor del año 300 a. C.) y no hay pruebas de que los incas hayan heredado esta tradición (Ghezzi y Ruggles 2007).



Asimismo, se debe tener en cuenta que cuando se discute respecto a los dispositivos empleados para rastrear el movimiento de los cuerpos celestes, se consideran dos categorías diferentes de objetos:

- Aquellos que por razones religiosas y ceremoniales fueron orientados de forma aproximada hacia la salida o la puesta del sol (u otro cuerpo celeste) en algún momento significativo durante su transición anual a través del horizonte. La importancia en estos casos no estuvo tanto en la observación astronómica precisa, sino en la creación de un efecto visual para las masas

de fieles reunidos en las grandes plazas de los principales centros ceremoniales (Aveni 1981; Ziółkowski 2015).

- Aquellos que podrían denominarse “instrumentos astronómicos”, destinados a unos pocos sacerdotes-astrónomos, como se menciona en algunas fuentes.

Esta última categoría de objetos era muy escasa, pero Intimachay (Ziółkowski, Kościuk y Astete Victoria 2013; Ziółkowski 2015) y ahora el mirador de Inkaraqay (ambos en Machu Picchu) parecen ser ejemplos de ella.

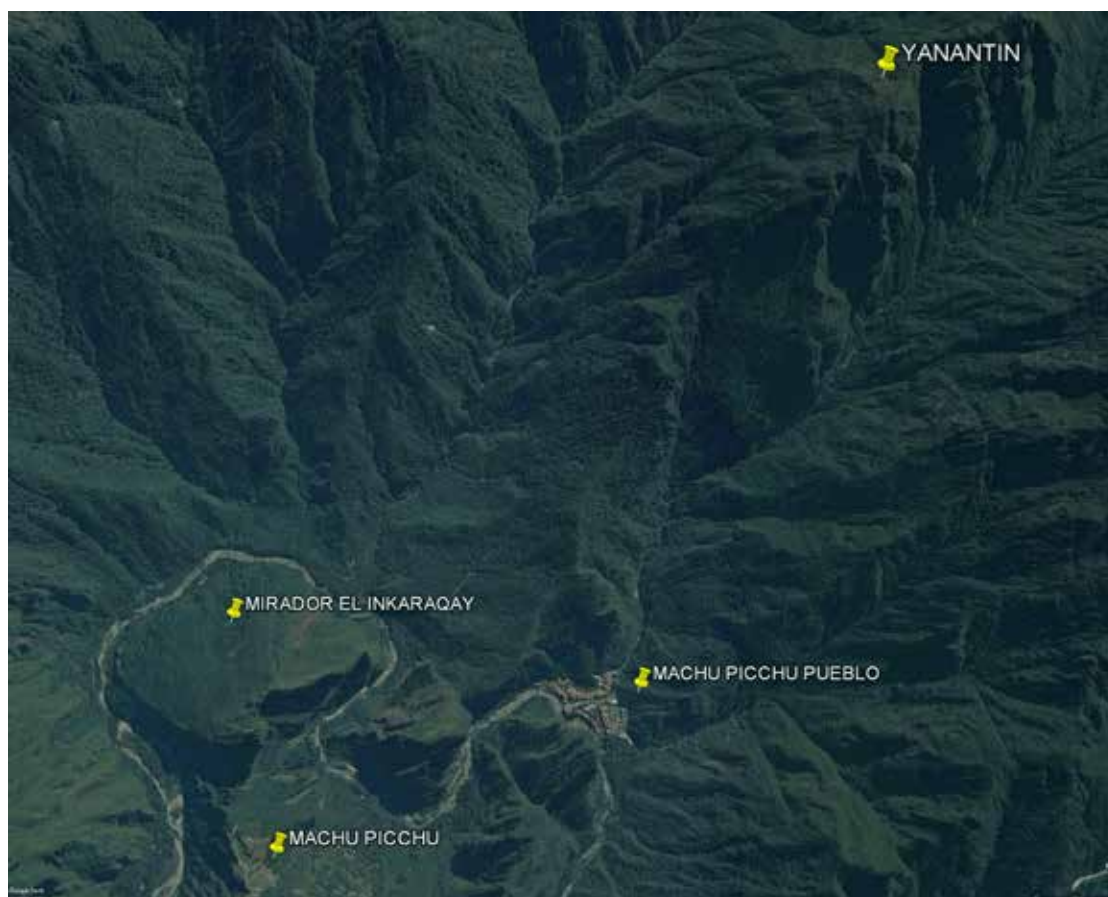


Figura 1. Fotografía satelital del área de Machu Picchu, con la ubicación del Mirador de Inkaraqay y la montaña Yanantin (fuente: Google Earth).

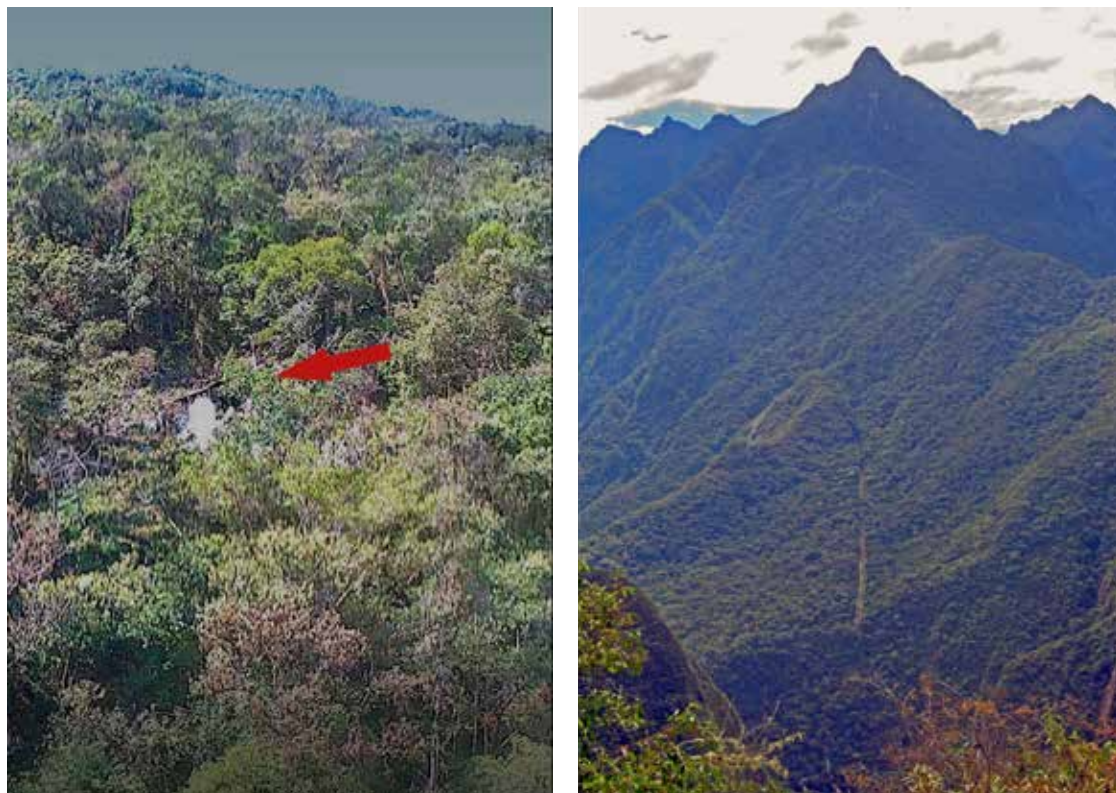


Figura 2. Área del sitio. La flecha roja indica la ubicación del mirador de Inkaraqay y la cumbre de la montaña Yanantin como se visualiza desde Machu Picchu (fotografías: izquierda, Bartłomiej Ćmielewski; derecha, Jacek Kościuk).

## 2. Descripción del mirador de Inkaraqay

El mirador de Inkaraqay es una pequeña estructura situada en la ladera norte de la montaña Waynapicchu (figuras 1 y 2). Los restos arquitectónicos que todavía se conservan en el sitio consisten de tres paredes paralelas construidas perpendicularmente a la empinada pendiente de la colina.

La pared inferior funciona como un muro de contención que estabiliza las bases de las estructuras de la parte superior. Al mismo tiempo, genera una plataforma estrecha (ca. 1.75 m) que facilita el acceso al frente de la estructura. La pared del medio tiene ca. 1.25 m de ancho y su fachada se conserva hasta una altura de ca. 3.5 m (figura 3). La mampostería lítica cuidadosamente ejecutada es de tipo almohadado con uniones ligeramente hundidas. Este tipo

de mampostería es característica de construcciones de gran importancia y prestigio. Aunque el examen detallado aún está en curso, ya se pueden presentar conclusiones preliminares respecto al orden en que se levantaron ciertos muros. Estas se basan principalmente en las observaciones de las uniones verticales entre las paredes, las que definen con claridad la secuencia constructiva (figura 4).

El primer paso (figura 5, en rojo) fue construir una plataforma de cimentación en la pendiente empinada y sobre la roca madre (figura 6). Paralelamente, hacia el sur, se erigió un muro de contención en la parte superior del afloramiento rocoso que había sido cuidadosamente nivelado. Probablemente su función fue estabilizar la ladera de la colina. Durante la segunda fase de construcción (figura 5, en verde), se erigió la pared principal con nichos y su





Figura 3. Fachada del mirador de Inkarayay. Las flechas indican la posición de las aberturas de observación (fotografía: Mariusz Ziółkowski; panorama y descripción: Jacek Kościuk).

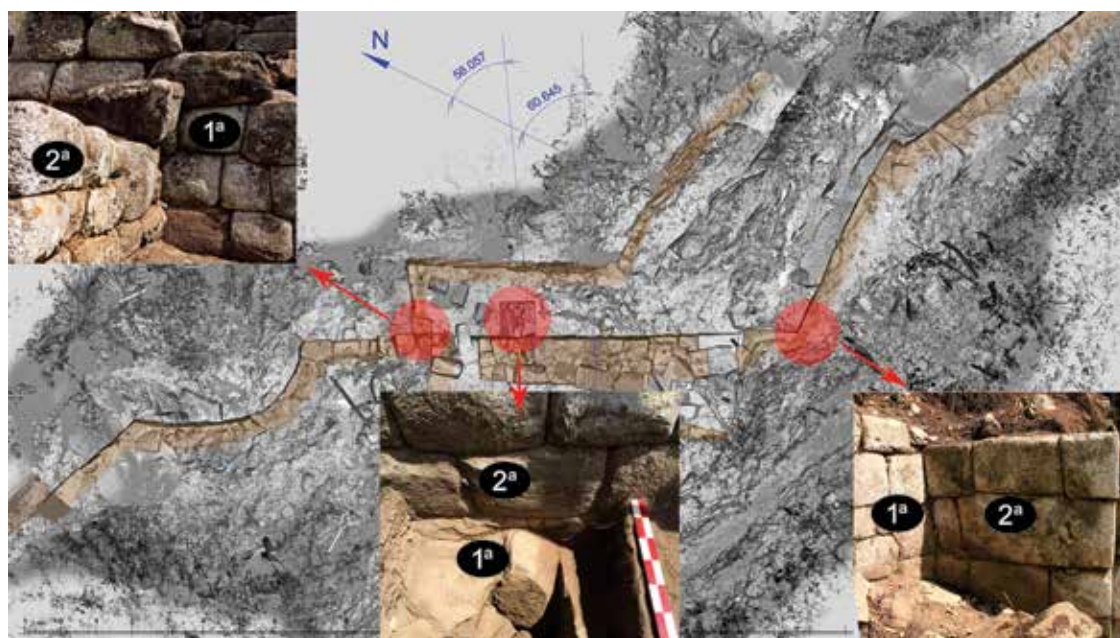


Figura 4. Plano del mirador de Inkarayay y sus fases constructivas (fotografías y dibujo: Jacek Kościuk).

extensión lateral norte. Probablemente fue al mismo tiempo que se construyó otro muro de contención al sur. El tercer paso (figura 5, en anaranjado) consistió en añadir la cara de la plataforma de cimentación construida durante la primera fase.

Aproximadamente al mismo tiempo, se agregó la pared posterior de toda la estructura, así como una continuación del muro de contención norte. Los límites de las extensiones norte y sur del muro de contención aún no se han definido con claridad.

Durante la cuarta y última fase (figura 5, en violeta), se añadió un pequeño muro de contención para proporcionar un acceso seguro a la plataforma ubicada frente a la pared principal.

Existen dos conjuntos de nichos en la parte posterior de esta pared. Tres de ellos, de aproximadamente 1.6 m de altura, comienzan directamente sobre el piso de la estructura y su ancho aproximado es de 0.70 m. Una abertura de observación se presenta en el nicho central y otra en el más septentrional (figuras 7 y 3).

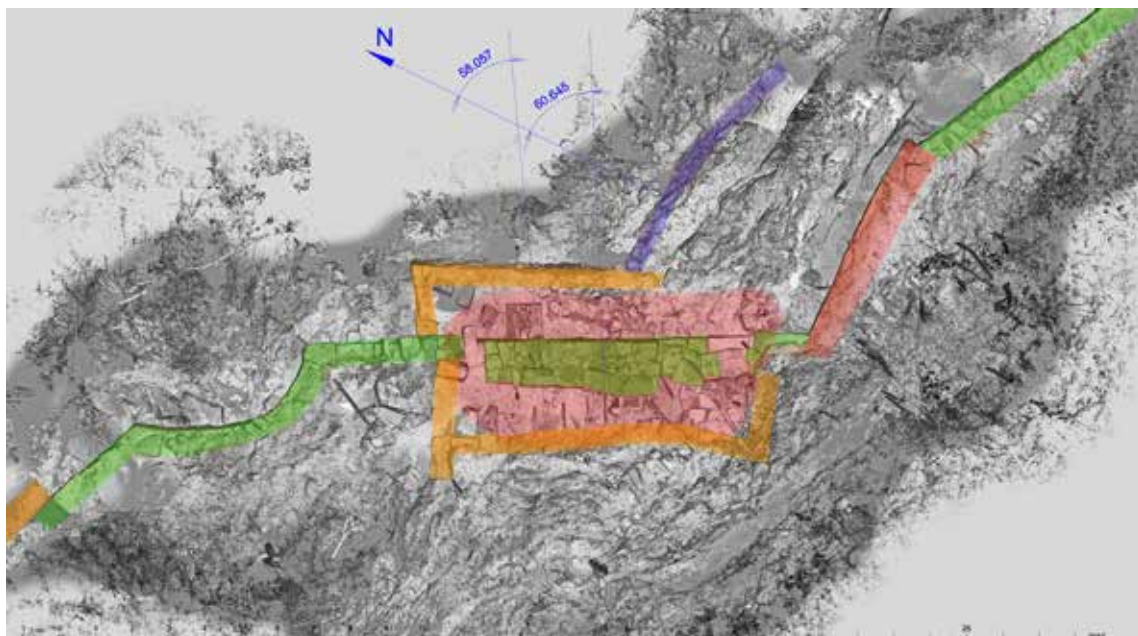


Figura 5. Principales fases constructivas del mirador de Inkaraqay (dibujo: Jacek Kościuk).

Debe enfatizarse que las aberturas se realizaron de forma muy cuidadosa y fueron bien planeadas estructuralmente (figuras 8 y 9). El análisis del proceso de construcción permite postular la hipótesis de que la pared se proyectó de acuerdo con las ubicaciones y orientaciones de las aberturas.

La manera como se elaboraron las aberturas de observación es de suma importancia y se ha definido con seguridad en el caso del nicho norte (figura 10, A-D). Primero, en el espacio designado para la abertura, se incrustó un bloque lítico con la cara norte ligeramente inclinada (figura 10A). La orientación de esta cara preparada indicaba aproximadamente el punto de salida del sol sobre la cumbre de la montaña Yanantin durante el solsticio de junio. El siguiente paso fue una corrección de la cara norte del bloque para que su plano cruzase la línea del horizonte en la posición deseada (figura 10B). A continuación, probablemente después de la observación del solsticio de junio, se talló un canal poco profundo en la cara norte ya preparada del bloque, indicando precisamente el punto de salida



Figura 6. Modelo fotogramétrico en 3D de un pozo de cateo al pie de la pared principal (fotografía: José Barranté; fotogrametría: Jacek Kościuk).



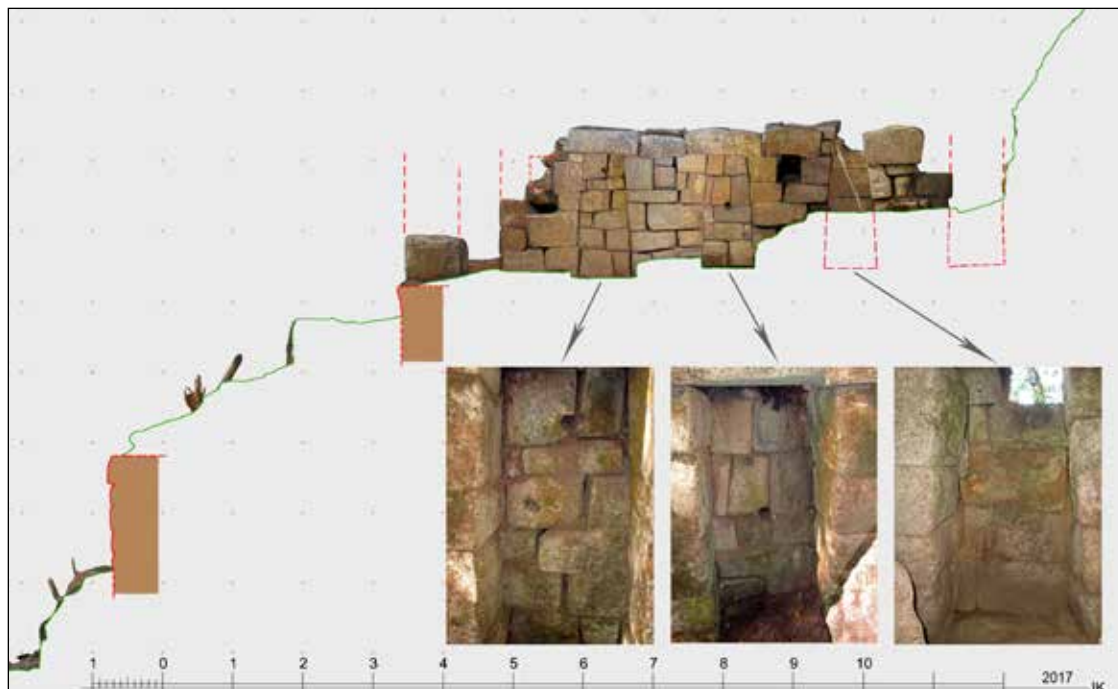


Figura 7. Cara posterior de la pared principal con los tres nichos (dibujo y fotografías: Jacek Kościuk).



Figura 8. Abertura de observación norte: en la fachada y en el interior (fotografías: izquierda, Mariusz Ziółkowski; derecha, Jacek Kościuk).



Figura 9. Abertura de observación sur: en la fachada y en el interior (fotografías: izquierda, Mariusz Ziolkowski; derecha, Jacek Kościuk).

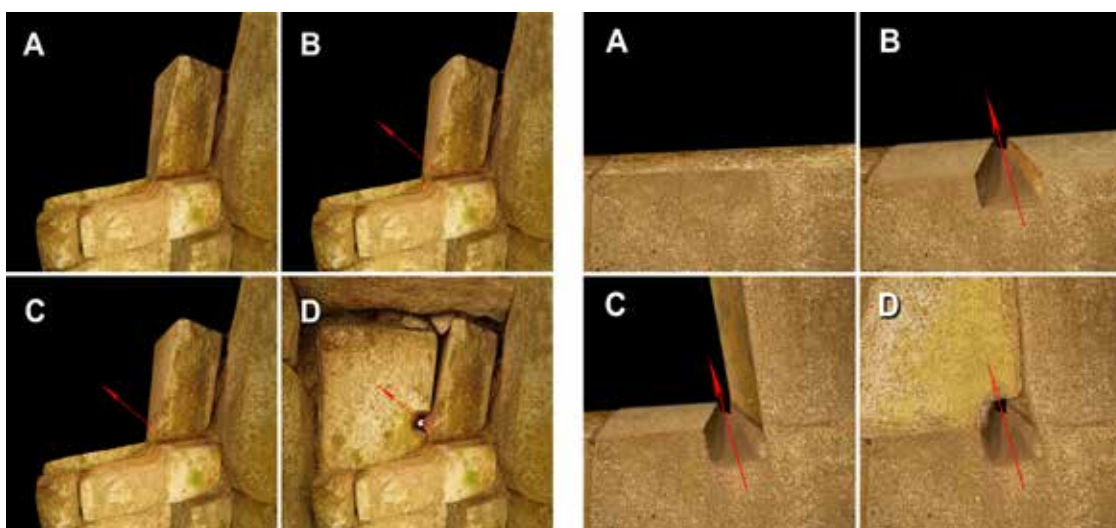


Figura 10. Reconstrucción de la secuencia constructiva de la abertura norte (fotos del lado izquierdo) teniendo en cuenta el método de determinación sumamente preciso de la orientación horizontal; reconstrucción de la secuencia de la construcción de la abertura sur (fotos del lado derecho), donde se requirió una orientación vertical menos precisa. Comparar con la descripción precisa del proceso en el texto (reconstrucción de Jacek Kościuk). El paso final fue la adición de otro bloque con un canal mucho más profundo (figura 10D).

del sol sobre la cumbre (figura 10C).

La abertura de observación sur se hizo de la misma manera. Parece, sin embargo, que en este caso el ángulo cenital fue más importante para los constructores que el ángulo acimutal. Todo el proceso se inició, no con la orientación del acimut lateral de la cara vertical del primer bloque, sino, por el contrario, desde

la orientación cenital del plano horizontal superior del bloque en el que se realizó la abertura de observación (figura 10, A-D). El nicho del extremo sur no presenta abertura<sup>6</sup>. Dos nichos más pequeños (ca. 30

<sup>6</sup> Las paredes laterales, así como la pared posterior de este nicho, están muy dañadas, pero nuestro cuidadoso examen de los elementos líticos originales esparcidos alrededor excluyó la posibilidad de que existiera alguna abertura similar a las que se

x 50 cm) fueron dispuestos entre los más grandes, a una altura de ca. 1.05 m por encima del piso<sup>7</sup>. Había también un tercer nicho de este tipo. Su borde sur aún se conserva hacia el norte del nicho más grande del extremo norte (figura 7). Los dos vanos que facilitan el acceso a la estructura se conservan en los extremos sur y norte de la pared frontal. El del sur, con el paso y umbral aún preservados, presenta ca. 80 cm de ancho.

Este vano tiene doble jamba hacia el exterior, típico de la arquitectura inca. Se puede acceder a él directamente desde la plataforma angosta ubicada frente a la estructura. Debido al estado incompleto de conservación, la forma y función del segundo vano están en discusión.

Detrás de la pared con nichos, hay un pasillo estrecho (aproximadamente 1.5 m). La pared posterior está construida directamente en la ladera de la colina. La mampostería de piedra fue realizada a partir de piedras rectangulares colocadas en un patrón horizontal. Esta pared debe haber presentado un enlucido, ya que era una práctica común en la arquitectura inca, especialmente para el caso de construcciones con funciones ceremoniales de prestigio. Esto, además, podría ser de importancia para facilitar las observaciones de los rayos del sol que pasan a través de la abertura en el nicho norte, lo que se discutirá más adelante (figuras 11, 12, 13)

### 3. La investigación

En agosto de 2012, el personal del Parque Arqueológico de Machu Picchu llevó a cabo una investigación arqueológica en Inkaraqay. Al mismo tiempo, se hizo un plano topográfico preliminar de la estructura. Entre 2013 y 2017, el equipo de investigación peru-

---

encuentran en los otros nichos, por lo que la función de este no puede ser explicada con claridad.

<sup>7</sup> Las dimensiones de todos los nichos solo se corresponden aproximadamente con la tipología de nichos trapezoidales de Kendall (1985: 31-35).

no-polaco realizó el siguiente trabajo (figura 14):

- Escaneo láser 3D de todo el sitio empleando un escáner Leica P40<sup>8</sup>.
- Documentación fotogramétrica compuesta por casi cuatro mil imágenes de alta resolución (18 MP cada una).
- Escaneo detallado de ambos nichos de observación con el escáner de mano Artec Eva.
- Elaboración de un plano topográfico detallado y de las secciones transversales arquitectónicas, basadas en los resultados del escaneo y la fotogrametría.
- Análisis arqueológico y arquitectónico, basado tanto en la documentación antes mencionada y en un pozo de cateo en la base de la pared principal (figura 6), así como en la interpretación de los resultados de la excavación realizada en 2012.
- Finalmente, se llevó a cabo una orientación precisa del objeto, aplicando el método de diez observaciones directas del disco solar empleando un teodolito equipado con filtros. La precisión de la orientación calculada de esta manera es ca. +/- 2 MOA<sup>9</sup>.

Este último estudio permitió determinar que la orientación del eje de la abertura más septentrional está dirigida a ca. 21° en el horizonte y a ca. 58° del acimut. Las lecturas para la abertura del nicho medio (o sur) son ca. 19.5° y 60°, respectivamente. Al mirar a través de las aberturas coaxialmente, ambas cubren perfectamente ca. 2.5° del horizonte vertical y horizontalmente. Sin embargo, al cambiar la posición del observador, el campo de visión hori-

---

<sup>8</sup> El último escaneo 3D general de la estructura fue realizado con un escáner Leica P40 por Jacek Kościuk y Ciecchosław Patrzalek del laboratorio de escaneo 3D y modelado. El mismo equipo ejecutó el proyecto fotogramétrico. El escaneo de los detalles de la estructura (nichos de observación y aberturas) fue realizado por Jacek Kościuk y Marta Pakowska, del mismo laboratorio.

<sup>9</sup> MOA (*minute of angle*, minuto de ángulo), medida angular que representa los minutos de un grado para ángulos.





Figura 11. Modelo fotogramétrico en 3D visto desde el norte (fotografías y fotogrametría: Ciechosław Patrzalek y Jacek Kościuk).



Figura 12. Modelo fotogramétrico en 3D, vista vertical (fotografías y fotogrametría: Ciechosław Patrzalek y Jacek Kościuk).



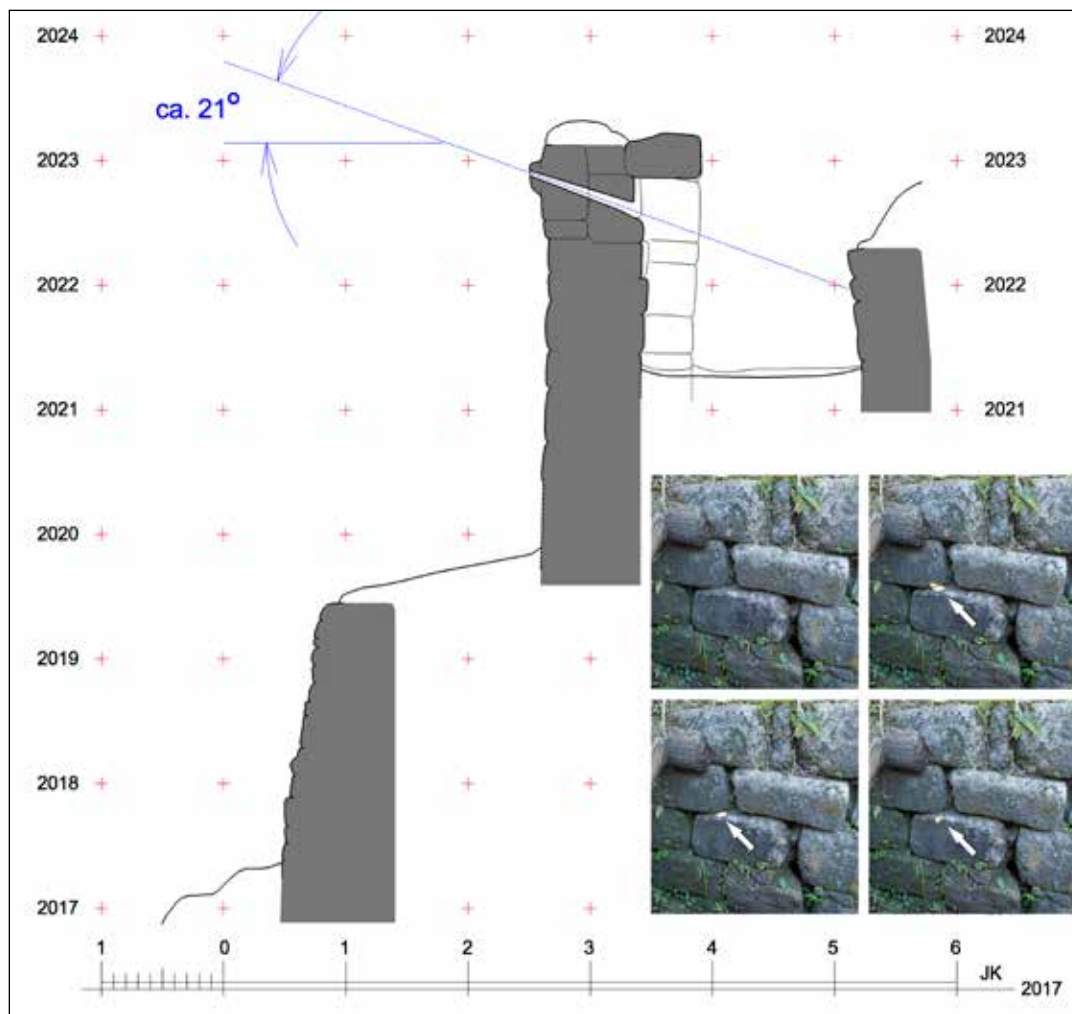


Figura 13. Sección transversal vertical de la abertura norte, donde se aprecia cómo caen los rayos del sol sobre la pared posterior de la cámara durante la salida del sol en el solsticio de junio. Las fotografías muestran el movimiento de la luz solar en la pared posterior de la cámara el 21 de junio de 2014. Originalmente, es probable que la pared estuviera cubierta con estuco, lo que facilitaría enormemente la observación gnomónica (dibujo y fotografías: Jacek Kościuk).

zontal se puede expandir de  $54.5^\circ$  a  $59.5^\circ$  en el caso de la abertura norte y de  $57.75^\circ$  a  $62.25^\circ$  para la abertura sur (en el nicho medio).

En ambos casos, la línea del horizonte (y la parte visible del cielo relacionada) está determinada por la cumbre y las laderas de la montaña Yanantin (figuras 2 [derecha] y 14).

Se realizó un modelo tridimensional de la estructura sobre la base de la fotogrametría (figuras 11 y 12), que fue empleado para un análisis por com-

putadora de sus posibles funciones astronómicas. Se utilizaron los programas Stellarium 0.12.4 y Cartes du Ciel (Sky Charts) 3.8 para la simulación.

#### 4. La función de las aberturas de observación

Como se mencionó, ambas aberturas fueron hechas y orientadas con mucha precisión; el análisis arquitectónico muestra que no podrían haber tenido otra función más que la de observación.

La observación *in situ* llevada a cabo del 20 al



Figura 14. Mirador de Inkaraqay al inicio del trabajo de campo y el estudio arqueoastronómico en 2013 (fotografías: izquierda, Mariusz Ziolkowski; derecha, Adine Gavazzi).

21 de junio de 2014 demostró que, de acuerdo con los resultados del análisis del modelo, la salida del sol es visible a través de la abertura norte directamente encima de la cumbre de Yanantin durante el solsticio de junio (figura 15). La precisión del análisis del modelo generado fue confirmada, lo que permitió que se empleara para reconstruir el firmamento de fines del siglo XV, período aproximado de la construcción de la estructura (se eligió arbitrariamente el año 1470 d. C. para el análisis)<sup>10</sup>.

Parte de los resultados obtenidos de esta manera se muestran en la figura 15. Por razones de precisión, los principales de este análisis se exponen a continuación:

**a.** Como ya se mencionó, el fenómeno más

10 No existen fechados radiocarbónicos de este sitio ni se han recuperado materiales arqueológicos diagnósticos. La cronología aproximada se determinó sobre la base del análisis estilístico de la arquitectura.

espectacular es la observación del amanecer justo sobre la cumbre de la montaña Yanantin durante el solsticio de junio. Este fenómeno es visible a través de ambas aberturas, pero se encuentra enfocado en la abertura norte (figura 15 [lado izquierdo]). Cabe señalar, sin embargo, que la observación a simple vista solo es posible en la fase inicial del fenómeno; una vez que la totalidad del disco solar está sobre el horizonte, su brillo es demasiado cegador. En este caso particular, resulta probable que las aberturas se hayan usado no para la observación horizontal sino gnomónica, siguiendo un rayo de luz solar que caía sobre la pared posterior de la estructura (figura 13). Podemos suponer que, si había enlucido en la pared posterior (lo cual, como se mencionó anteriormente, era la norma en las construcciones incas de esta clase),

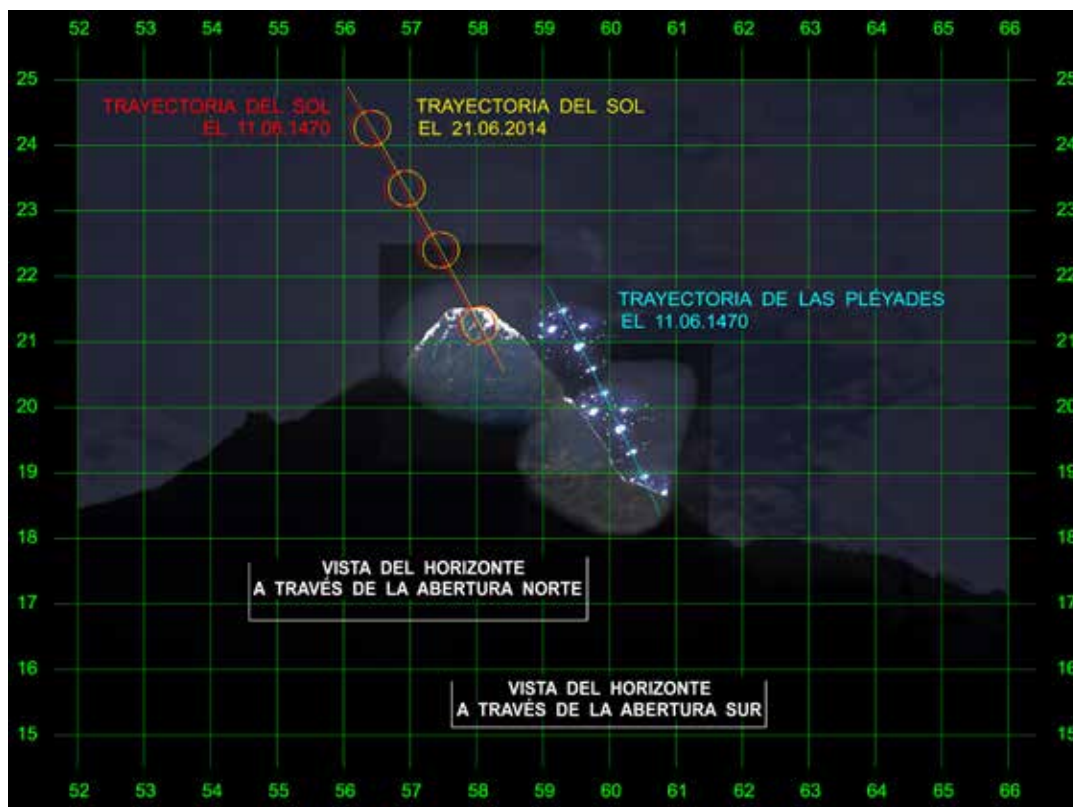


Figura 15. Reconstrucción de las condiciones para observar el cielo a través de las dos aberturas que muestran los campos de visualización junto a sus ejes principales. Las escalas inferiores (en gris) muestran el rango máximo de visibilidad de cada abertura cuando se cambia la posición del ojo del observador. La trayectoria amarilla representa las posiciones del sol durante el amanecer del solsticio de junio, observadas y fotografiadas el 21 de junio de 2014. La salida del sol durante el solsticio de junio en 1470 d. C., fecha aproximada de la construcción de la estructura, está marcada como la trayectoria roja. La reconstrucción de las posiciones de las Pléyades en 1470 d. C. vistas a través de la abertura sur está representada en azul (reconstrucción de Mariusz Ziółkowski y Jacek Kościuk mediante los programas Cartes du Ciel 3.08 y Stellarium 0.16.0).

la observación podría ser mejor percibida en función a los signos marcados en dicho enlucido. La existencia de sistemas similares de observación gnomónica son mencionados en algunas fuentes históricas, que discutiremos más adelante.

**b.** La salida heliacal de las Pléyades también podría rastrearse a través de ambas aberturas, pero principalmente a través de la ubicada al sur. Este fenómeno fue particularmente espectacular, ya que a fines del siglo XV d. C. las Pléyades parecían estar “trepando” en su tran-

sición a lo largo de la ladera sur de la montaña Yanantin (figuras 15 [lado derecho] y 16). Cabe señalar en este punto que la observación de la salida heliacal de las Pléyades fue de gran importancia para las comunidades andinas prehispanicas, incluidas las incas: la aparición de este grupo de estrellas se empleaba para predecir la cosecha en la siguiente temporada agrícola. Esta práctica ha sido descrita en varias fuentes históricas, por ejemplo: “Dicen las Cabras [las Pléyades] cuando se acercan a lo grande: ‘Este año tendremos una cosecha

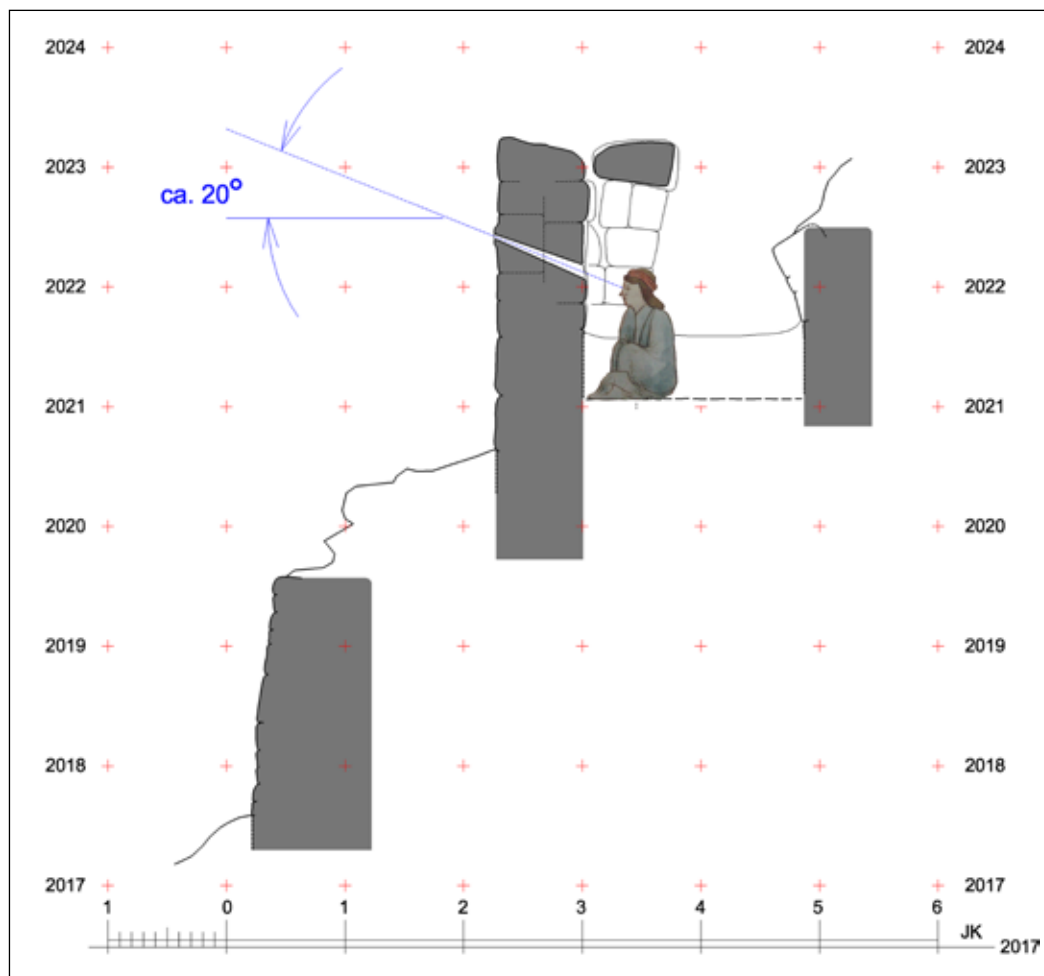


Figura 16. Sección transversal vertical de la abertura sur con la reconstrucción hipotética de la posición de un sacerdote-observador (dibujo: Jacek Kościuk).

abundante'. Y cuando son bastante pequeños, se dice: 'Habrá una gran miseria' (Taylor 1999 [1608]: 378-379)<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Esto se refiere al brillo, para el observador, de este grupo de estrellas. Incidentalmente, estudios recientes han demostrado que este método de adivinación aparentemente "mágico" tiene una base bastante sólida y es altamente efectivo. Resulta que la visibilidad de las Pléyades durante su ascenso helíaco (a partir de junio) está determinada por la cantidad de vapor de agua en la atmósfera superior: la baja visibilidad se debe a la alta saturación, que, a su vez, suele ser un presagio del cambio climático que se define como el Fenómeno El Niño (El Niño-Southern Oscillation), que en las zonas de montaña causa sequías mientras en la costa del Pacífico se producen precipitaciones pluviales que generan desastres. La correlación entre estos fenómenos (los términos de la visibilidad de las Pléyades y el ENOS) está entre 0.75 y 0.95, lo que significa que los métodos de pronóstico tradicionales fueron altamente efectivos (Orlove, Chiang y Cane 2000).

c. ¿Podrían estas aberturas haber sido empleadas para la observación de otros cuerpos celestes? En este caso, nos apoyamos en conjeturas, porque si bien tenemos evidencias en numerosas fuentes históricas acerca del significado del sol y las Pléyades en la cosmovisión inca, y también información práctica, hasta ahora se sabe relativamente poco sobre el "mapa del cielo" inca y la importancia de algunas estrellas. Aunque la salida de varias estrellas brillantes –por ejemplo, Arcturus ( $\alpha$  Boo) o Hamal ( $\alpha$  Ari)– se vio a través de las aberturas, no podemos estar seguros respecto

a si su observación fue de interés para los sacerdotes-astrónomos incas. Vale la pena señalar que el rango norte más lejano de visión a través de la abertura norte (aproximadamente Az / acimut =  $54^{\circ}30'$ ) corresponde casi exactamente con la posición de Venus, elevándose en la máxima declinación norte hacia una formación rocosa muy peculiar (compárese con la figura 15 [lado izquierdo]). Venus, como sabemos por las fuentes históricas, fue un objeto de especial devoción en el Imperio inca, como manifestación del Señor del Trueno, el gemelo sagrado del emperador inca (Szemiński y Ziolkowski 2015: 166-170).

En conclusión a esta presentación abreviada del mirador de Inkaraqay, citamos una de las pruebas históricas sobre los instrumentos incas para la observación gnomónica que debieron haber existido cerca de Cusco:

Y para que el tiempo del sembrar y coger se supiese precisamente y nunca se perdiese, [Pachakuti Inca Yupanqui] hizo poner en un monte alto al levante del Cuzco cuatro palos, apartados el uno del otro como dos varas de medir [aprox. 1.7 m], y en las cabezas de ellos [colocó] unos agujeros, por donde entrase el sol a manera de reloj o astrolabio. Y considerando adonde hería el sol por aquellos agujeros al tiempo del barbechar y sembrar, hizo sus señales en el suelo [...]. Y como tuvo certificados estos palos precisamente, puso para perpetuidad en su lugar unas columnas de piedra de la [misma] medida y agujeros de los palos, y a la redonda mando enlosar el suelo, y en las losas hizo hacer ciertas rayas niveladas conforme a las mudanzas del sol, que entraba por los agujeros [...]. Y dispuso personas que tuviesen cuenta con estos relojes [...] (Sarmiento de Gamboa 1906 [1571]: capítulo 30).

Hasta el momento, la comunidad científica había cuestionado la posibilidad de la existencia de un instrumento de este tipo, ya que se consideraba la descripción citada con escepticismo y como un producto de la imaginación de su autor. Según los críticos, el cronista utilizó sus conocimientos de astronomía (ya que era el cosmógrafo y navegante del rey) para embellecer las historias respecto al conocimiento astronómico de los incas (Bauer y Dearborn 1995: 36-37). Sin embargo, a la luz de los hallazgos en el mirador de Inkaraqay, esta descripción se vuelve plausible. Vale la pena señalar que las dimensiones de la estructura y especialmente la distancia entre las aberturas de observación (dos varas, aproximadamente 1.70 m) mencionadas por Sarmiento de Gamboa corresponden casi exactamente con lo que se presenta en el mirador de Inkaraqay (1.75 m). Si bien esto puede ser el resultado de una pura coincidencia, existe otra posibilidad: que los astrónomos incas hayan desarrollado un cierto modelo de instrumento de observación preciso destinado a ser utilizado por unos pocos sacerdotes-astrónomos y que fue replicado en diferentes lugares del imperio con modificaciones adaptadas a las condiciones locales.

### Agradecimientos

La investigación fue financiada por la Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco, Ministerio de Cultura del Perú, el Ministry of Science and Higher Education of Poland (grant nr 4815/E 343/SPUB/2014/1) y el National Science Centre of Poland (grant OPUS nr UMO-2015/19/B/HS3/03557).

El trabajo de campo en el mirador de Inkaraqay fue realizado con la colaboración de César Medina y José Bastante (Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu). Este último investigador también realizó la traducción al español.



## Referencias bibliográficas

- ASTETE VICTORIA, Fernando; Mariusz ZIÓLKOWSKI y Jacek KOŚCIUK  
2017 “Discovery of an Inca Precise Astronomical Observatory at El Mirador de Inkaraqay, Machu Picchu. El descubrimiento del observatorio astronómico inca del mirador de Inkaraqay”. En: *El top anual de los grandes descubrimientos del Perú*. Lima: Ministerio de Cultura, pp. 576-595.
- AVENI, Anthony F.  
1981 “Horizon Astronomy in Incaic Cuzco”. En: *Archaeoastronomy in the Americas*, ed. de Ray A. Williamson. Los Altos College Park: A Ballena Press y Center for Archaeoastronomy Cooperative Publication, pp. 305-318.
- AVENI, Anthony F.; Sharon L. GIBBS y Horst HARTUNG  
1975 “The Caracol Tower at Chichen Itza: An Ancient Astronomical Observatory?” En: *Science*, N° 188, pp. 977-985.
- BAUER, Brian S. y David S. P. DEARBORN  
1995 *Astronomy and Empire in the Ancient Andes: The Cultural Origins of Inca Sky Watching*. Austin: University of Texas Press.
- GHEZZI, Ivan y Clive RUGGLES  
2007 “Chankillo: A 2300 Year Old Solar Observatory in Coastal Peru”. En: *Science*, vol. 315, N° 5816, pp. 1239-1243.
- KENDALL, Ann  
1985 *Aspects of Inca Architecture: Description, Function and Chronology*. Oxford: British Archaeological Reports.
- ORLOVE, Benjamin S.; John C. H. CHIANG y Mark A. CANE  
2000 “Forecasting Andean Rainfall and Crop Yield from the Influence of El Niño on Pleiades Visibility”. En: *Nature*, N° 403, pp. 68-71.
- SARMIENTO DE GAMBOA, Pedro  
1906 [1571] “Segunda parte de la *Historia General Llamada Índica*”. En: *Geschichte des Inkareiches von Pedro Sarmiento de Gamboa*, ed. de Richard Pietschmann. *Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Philologisch-Historische Klasse, Neue Folge*, vol. VI, N° 4. Berlín: Weidmannsche Buchhandlung.
- SZEMIŃSKI, Jan y Mariusz ZIÓLKOWSKI  
2015 *Mythes, rituels et politiques des incas dans la tourmente de La Conquista*. París: L'Harmattan.
- TAYLOR, Gerald (ed.)  
1999 [1608] *Ritos y tradiciones de Huarochirí del siglo XVII. Manuscrito quechua de comienzos del siglo XVII*, 2ª ed. Lima: Instituto Francés de Estudios Andinos, Banco Central de Reserva del Perú y Universidad Particular Ricardo Palma.
- ZIÓLKOWSKI, Mariusz  
2015 *Pachap Unancha. El calendario metropolitano del Estado inca*. Arequipa: Ediciones El Lector y Sociedad Polaca de Estudios Latinoamericanos.
- ZIÓLKOWSKI, Mariusz; Jacek KOŚCIUK y Fernando ASTETE VICTORIA  
2013 “Astronomical Observations at Intimachay (Machu Picchu): A New Approach to an Old Problem”. En: *Ancient Cosmologies and Modern Prophets. Proceedings of the 20th Conference of the European Society for Astronomy in Culture*, ed. de Ivan Sprajc y Peter Pehani. Ljubljana: Slovene Anthropological Society, pp. 391-404.
- 2014 “Inca Moon: Some Evidence of Lunar Observations in Tahuantinsuyu”. En: *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, ed. de Clive L. N. Ruggles. Nueva York: Springer Science+Business Media, pp. 897-912.



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura

**Comisión  
Nacional  
Peruana**

de Cooperación  
con la UNESCO



PERÚ

Ministerio de Cultura

Dirección  
Desconcentrada de Cultura  
de Cusco