



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



Oficina en Quito
Representación para Bolivia,
Colombia, Ecuador y Venezuela

- Objetivos de
Desarrollo
Sostenible



TIWANAKU

entre el cielo y la tierra





TIWANAKU

entre el cielo y la tierra

José Ignacio Gallego Revilla
María Eugenia Pérez González



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



Objetivos de
Desarrollo
Sostenible

Oficina en Quito
Representación para Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela



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



Colaboración del
Pueblo Japonés

TIWANAKU

entre el cielo y la tierra

Publicado en 2018 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 7, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia. La Oficina de la UNESCO en Quito y Representación para Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela y El Ministerio de Culturas y Turismo del Estado Plurinacional de Bolivia.

© UNESCO 2018



Esta publicación es un resultado del Proyecto “Preservación y conservación de Tiwanaku y la pirámide Akapana” financiado por los Fondos Fiduciarios Japoneses para la Salvaguardia del Patrimonio Mundial Cultural y ejecutado por la Oficina de UNESCO en Quito y Representación para Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela, en coordinación con la Unidad para América Latina y el Caribe del Centro del Patrimonio Mundial.

Esta publicación está disponible en acceso abierto bajo la licencia Attribution-ShareAlike 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>). Al utilizar el contenido de la presente publicación, los usuarios aceptan las condiciones de utilización del Repositorio UNESCO de acceso abierto (www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-sp).

Los términos empleados en esta publicación y la presentación de los datos que en ella aparecen no implican toma alguna de posición de parte de la UNESCO en cuanto al estatuto jurídico de los países, territorios, ciudades o regiones ni respecto de sus autoridades, fronteras o límites.

Las ideas y opiniones expresadas en esta obra son las de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de la UNESCO ni comprometen a la Organización.

Textos: José Ignacio Gallego Revilla y María Eugenia Pérez González

Fotografía de portada: Conjunto arqueológico de Puma Punku © UNESCO Quito

Impreso en: La Paz, Bolivia por SPC Impresores S.A.

Diseño y diagramación:

Manthra Comunicación • info@manthra.ec • www.manthra.ec
Quito – Ecuador ©

Oficina de UNESCO en Quito y Representación para Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela

Saadía Sánchez Vegas

Directora y Representante

Alcira Sandoval Ruiz

Especialista Responsable del Sector Cultura (2011-2017)

Indira Salazar Martínez

Coordinadora del proyecto (2015-2017)

Ernestina Cortés Albor

Coordinadora del proyecto

María Lorena Viteri

Asistente Administrativa del Sector Cultura

Beatriz Latorre de Gissel

Asistente de Programa



Propietarios de las Ilustraciones (por orden alfabético):

- Alexei Vranich: 59 (inferior), 86
 Biblioteca Nacional de España: 2
 Biblioteca Nacional del Perú: 13
 Diario La Nación (Argentina): 15
 Ephraim G. Squier: 1, 50
 Erik Marsh: 20, 44, 56
 Ernestina Cortés Albor: 3, 14, 70, 87
 Europe Space Agency (ESA): 7
 Gaspard F. Tournachon: 5
 Gaston Tissandier: 4
 John W. Janusek: 48, 84
 José Ignacio Gallego Revilla: imagen de capítulos 2, 3 y 4, e ilustraciones 9, 26, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 78, 81, 83, 85
 Library of University of Pennsylvania (United States of America): 12
 María Eugenia Pérez González: 8, 11, 21, 22, 23, 24, 25, 31, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 80
 Museo de Brooklin (Brooklin Museum, United States of America): 16
 Matteo Porta: 46
 Philip Ronan: 10
 Sebastião Rocha: 27
 © UNESCO / SECRAD/Universidad Católica Boliviana San Pablo: imagen de Capítulo 1, ilustración 82
 The Imperial War Museum (United Kingdom): 6
 Universidad de Heidelberg – Uhle, Max (Deutschland): 17, 30
 Wendell C. Bennett, 18, 19

Imágenes de satélite, tal y como se refiere en los respectivos pies de ilustración: CNES/Airbus - Digitalglobe®; Google Earth®; Earthstar Geographics SIO - Bing Maps®; National Aeronautics and Aerospace Administration (NASA) - Landsat; Europe Space Agency (ESA) - Sentinel / Copérnico.

Imagen de Saadia Sánchez Vegas ©UNESCO Quito
 Imagen de Luis Enrique Otero ©Luis Enrique Otero

Agradecimientos

Este libro no hubiera sido posible sin la confianza en nuestra labor por parte de la Oficina de la UNESCO en Quito y Representación para Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela. Nuestra infinita gratitud, por ende, a su Directora, Saadia Sánchez Vegas, por hacer fácil algo tan complejo como el nacimiento de un documento de estas características. En particular, queremos agradecer y reconocer la labor del equipo del sector Cultura, encabezado por su Especialista Responsable (2011-2017), Alcira Sandoval Ruiz, sin cuyo empeño y capacidad para gestionar de forma inteligente las complejidades de un proyecto de estas características, este resultado jamás se hubiera conseguido. Gracias infinitas por el apoyo, las ideas y la paciencia tanto a ella como a nuestro equipo, en toda la fortaleza del término, y en particular a Ernestina Cortés Albor, Indira Salazar Martínez, Jordi Tresserras Juan y María Lorena Viteri, Beatriz Latorre y, por extensión, a todos los y las componentes de la casa y del proyecto. Algo de cada uno de ellos forma parte de este libro.

Del mismo modo, queremos expresar nuestro agradecimiento al Ministerio de Culturas y Turismo del Estado Plurinacional de Bolivia, y en particular a los profesionales del Centro de Investigaciones Arqueológicas, Antropológicas y Administración de Tiwanaku (CIAAAT), y particularmente a su Director Ejecutivo, Julio Condori Amaru; de igual forma a la Unidad de Arqueología y Museos (UDAM), en la figura de su Jefe de la Unidad, José Luis Paz Soria: ambos por la confianza en una propuesta cuyos resultados garantizan la fortaleza de las investigaciones arqueológicas en Tiwanaku para los próximos decenios. Gracias también a los profesionales de CORIMEX Ltda., cuyo excelente trabajo proporcionó la base para el análisis.

Nuestro reconocimiento y gratitud, finalmente, a las personas que componen todas y cada una de las comunidades originarias y tres centros poblados de Tiwanaku, que actualmente viven y conservan el sitio, y nos han acogido y acompañado fortaleciendo nuestro viaje.

Y a todos aquellos que, de una manera u otra apoyaron el proceso, por empeño, por curiosidad, o por ambos...

Gracias

José Ignacio Gallego Revilla y María Eugenia Pérez González

Contenido

Saludo de la Directora	7
Saludo del Decano	10
Prefacio	12

alaya · arriba · hanan

El largo camino de la Humanidad a los Cielos.	16
Nuevos ojos sobre viejos datos: los precursores del vuelo en la observación de las cosas	19
El salto al espacio y la aplicación de los nuevos sistemas informáticos	23
Teledetección: una nueva forma de aproximarnos a la información patrimonial	28

aynacha · abajo · urin

De Tiaguanaco a Tiwanaku: breve historia de las viejas historias	32
El Enfoque de la Arqueología: bases para la interpretación	41
El enfoque de la Geografía Física: lo que vemos y lo que no vemos.	46

manqha · dentro · uri

Redescubriendo Tiwanaku (I): arqueología desde el Cielo	56
Volando sobre Tiwanaku: una breve descripción del trabajo realizado	60
Leyendo los datos: un primer acercamiento a la información descubierta	71
La controversia sobre los límites de Tiwanaku	76
Reescribiendo los viejos lugares	87
Observando lo inesperado: geoglifos en Tiwanaku	120

anqaja · afuera · awa

Redescubriendo Tiwanaku (II): redibujando el paisaje de Tiwanaku	126
La importancia del agua.	130
Los Recursos Minerales	145

Epflogo: la ciencia como herramienta de lectura	155
Abreviaturas empleadas en el libro	157
Bibliograffa citada	158
Tabla de ilustraciones	165
Glosario de términos	170



Saludo de la directora



© UNESCO Quito

La UNESCO, a través de su Oficina en Quito y Representación para Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela, en estrecha coordinación con el Ministerio de Culturas y Turismo del Estado Plurinacional de Bolivia; el Centro de Investigaciones Arqueológicas, Antropológicas y Administración de Tiwanaku (CIAAAT); el Municipio de Tiahuanacu y las 23 comunidades indígenas y tres centros poblados, ejecutaron entre 2015 y 2018, el “Proyecto para la Preservación y conservación de Tiwanaku y la pirámide de Akapana”, financiado gracias al aporte de los Fondos Fiduciarios Japoneses para la preservación del Patrimonio Mundial Cultural, en seguimiento a la dilatada tradición del apoyo del Gobierno Japonés a la preservación del Patrimonio Mundial.

Esta oficina de la UNESCO agradece los valiosos esfuerzos y aportes de estas instituciones, cuya apertura, cálida acogida y sostenido compromiso han sido esenciales en la generación de sinergias para la toma de decisiones, la articulación de acciones, el desarrollo de los componentes medulares del proyecto, el trabajo técnico en el terreno y la obtención de resultados sustantivos para y por el patrimonio mundial de Bolivia, como queda reflejado en esta publicación.

El proyecto tuvo como objetivo apoyar el desarrollo de las regulaciones nacionales y las capacidades locales para la conservación del patrimonio mundial cultural, a través de iniciativas sostenibles y de la participación de las comunidades. Además de los siguientes objetivos inmediatos: a) Mejorar实质上 el estado de conservación y mantener el Valor Universal Excepcional (VUE) del sitio de Tiwanaku, b) Lograr un mayor involucramiento y participación para la conservación del bien y el desarrollo de turismo cultural sostenible y c) Generar herramientas técnicas y adquirir equipamiento básico para las actividades de zonificación del sitio, investigación, conservación y administración, en el marco de la misión del CIAAAT.

Tiwanaku es uno de los yacimientos arqueológicos más importantes de América, y se alza en el ámbito patrimonial como un referente a nivel mundial. Como espacio emblemático de la cultura boliviana, fue inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial en el año 2000 bajo los criterios (iii) y (iv), con el nombre de “Tiwanaku: Centro espiritual y político de la cultura Tiwanaku”. Estos criterios se sustentan en

el aporte de “un testimonio único o al menos excepcional de una tradición cultural o de una civilización existente o ya desaparecida”, así como de “un ejemplo eminente de un tipo de edificio, conjunto arquitectónico, tecnológico o paisaje, que ilustre una etapa significativa de la historia humana”. Criterios que trascienden la argumentación del Valor Universal Excepcional (VUE) de un lugar único, para materializar y consagrarse los valores máximos de la cultura humana. La UNESCO cree firmemente que la cultura es un motor y un facilitador del desarrollo sostenible, siendo un factor imprescindible para abordar los desafíos planteados por la Agenda 2030.

En el curso de los años recientes, el Estado Plurinacional de Bolivia ha realizado importantes esfuerzos relacionados con la conservación del Patrimonio Nacional, al aprobar la Ley 530, de fecha 23 de mayo de 2015, del Patrimonio Cultural Boliviano, acompañada por el desarrollo de un consistente trabajo para el cumplimiento de las recomendaciones del Comité del Patrimonio Mundial. Acciones como la creación de una estructura de gestión para el sitio, el CIAAAT, a partir del Decreto Supremo 1004 en 2011 y el posterior nombramiento de su Director Ejecutivo, en 2013, así como la elaboración del primer Plan de Conservación y Gestión de Tiwanaku; o el apoyo a las visitas de expertos al sitio, entre ellas la de expertos internacionales, constituyen sólidas pruebas del interés y la dinámica gestión de Bolivia por la conservación de su patrimonio cultural. A esto agregamos el decidido apoyo de la UNESCO a los procesos de fortalecimiento institucional y de capacidades, que un lugar tan complejo como Tiwanaku puede precisar.

Este lugar continúa siendo un referente tanto en el país como en la región, convirtiéndose en un espacio icónico, y en cierto modo simbólico, cuestión que se traduce en la celebración de ceremonias sociales, políticas y religiosas en el mismo sitio. A nivel mundial, la cultura tiwanakota sigue ofreciendo un sinfín de misterios y caminos abiertos a la investigación científica: un espacio que demandó las capacidades de una sociedad con asombrosas fortalezas, cuyos restos reflejan tanto estas incuestionables capacidades, como nuestro desconocimiento actual.

En el marco del proyecto y con el apoyo de consultores internacionales y nacionales, se finalizaron los diagnósticos de las áreas medulares del sistema de gestión de Tiwanaku, que resultaron en insumos básicos y guías técnicas para el diseño y la implementación de los Programas de Gestión de Riesgos y Prevención de Desastres, Turismo Sostenible y Generación de Medios de Vida para las Comunidades de Tiwanaku, y Gestión de Museos y Educación, fundamentos para la reestructuración del “Plan de Manejo del Centro Espiritual y Político de la Cultura Tiwanaku”. Una de las herramientas indispensables para ello era la cartografía completa del sitio arqueológico y su zona de amortiguamiento. Surgió así la propuesta del consultor José Ignacio Gallego Revilla de usar los recursos que ofrece la Teledetección aplicada mediante dron y satélite para la obtención de información topográfica, mediante la fotogrametría digital y el soporte de imágenes de alta resolución, tanto en color natural como en formato multiespectral. Un recurso tecnológico que optimizaba la relación de costo / calidad del producto requerido.

A la entrega de los primeros resultados, se pudieron observar varias estructuras dentro de toda el área declarada, e incluso más allá de los límites de la zona de amortiguamiento. Surgieron entonces nuevos desafíos relativos a la interpretación de unos datos, que trascendían el ámbito de la arqueología, y planteaban necesidades de conocimiento especializado en el ámbito de la geografía física. En este punto del estudio resultó fundamental la alianza con la Universidad Complutense de Madrid en el análisis completo de las imágenes obtenidas mediante dron que, en combinación con informaciones satelitales, permitieron verificar la presencia de un conjunto de estructuras, hasta ahora

desconocidas, que se extienden por toda el área explorada. Un mapa que dibuja la radiografía de una ciudad que, en su momento de mayor expansión, pudo ocupar un territorio superior a las seiscientas hectáreas, dando cabida a decenas de miles de vidas.

El estudio que se desarrolla en el presente libro permitirá armar por primera vez una imagen completa e integradora del sitio, apoyándose en el conocimiento generado por más de un siglo de análisis científicos. Una representación de una realidad que trascenderá el valor arqueológico, fortaleciendo las capacidades de los responsables de la gestión del sitio y de las comunidades, de cara a disponer de herramientas indispensables para su adecuada gestión.

Esta publicación que usted tiene en sus manos es una muestra de las posibilidades dadas por las prácticas innovadoras, el uso de la tecnología, la observación científica con sentido de apertura y el trabajo interdisciplinario y colaborativo, integrando la experticia y el conocimiento especializado de varias disciplinas científicas para construir un análisis integral del sitio de Tiwanaku, desde una perspectiva compleja y dinámica. No es exagerado afirmar que los descubrimientos de este estudio cambian la visión que se tenía sobre Tiwanaku.

Esta investigación, que siguió rigurosos estándares de calidad, proporciona herramientas que garantizan el futuro de la investigación científica en el sitio, y por extensión en Bolivia; y lo hace también con aquellas investigaciones necesarias para la elaboración de las fórmulas que favorezcan su adecuada conservación.

Un futuro prometedor, que exigirá lo mejor de cada uno de las y los actores implicados en la preservación, gestión y transmisión del patrimonio mundial; y del que UNESCO y el Comité del Patrimonio Mundial seguirán siendo garantes en los años por venir, en compañía y en estrecha cooperación con sus Estados Miembros.



Saludo del Decano



© Luis Enrique Otero Carvajal

Luis Enrique Otero Carvajal

Facultad de Geografía e Historia
Universidad Complutense de Madrid

El desarrollo de la teledetección y otras Tecnologías de Información Geográfica están ofreciendo nuevas oportunidades de análisis y cooperación entre aquellas disciplinas científicas que tienen al *territorio* como ámbito común de trabajo. Una de ellas es la fructífera relación que cabe entre la Geografía y la Arqueología, a través de la interpretación de las imágenes de satélite y la utilización de drones para cartografiar lugares difícilmente accesibles. Estas técnicas permiten, entre otras cosas, desvelar estructuras enterradas de antiguas civilizaciones, que de otra manera pasarían desapercibidas incluso para el ojo del arqueólogo más avezado. Como valor añadido cabe indicar que, además, el uso de la teledetección

para los análisis geográfico y arqueológico supone la aplicación de técnicas de exploración no invasiva, con lo que mitigamos en un cien por cien la agresividad del estudio científico hacia elementos extremadamente frágiles, como son los bienes culturales o el medio natural.

El libro que tengo el placer de presentar es una demostración de esta intensa y fructífera colaboración científica entre nuestras disciplinas, y de este respeto de ambas hacia la conservación y la diversidad cultural. Y lo es merced a la cooperación entre dos organismos históricos, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Cultura y la Ciencia (UNESCO) y la Universidad Complutense de Madrid, cuyos fines se basan en el uso del conocimiento a través de la Educación y la Cultura para el desarrollo humano. La aplicación de esta colaboración y fortaleza científica ha permitido desvelar, como veremos, fundamentales hallazgos arqueológicos en uno de los principales referentes de la Arqueología mundial, Tiwanaku, mediante el uso de imágenes de altísima resolución y detalle.

Un conjunto de hallazgos, referentes al sitio arqueológico de Tiwanaku y su entorno, que nos informan a su vez sobre las transformaciones del espacio, aprovechamiento y gestión del agua, dentro y fuera del enclave, para hacer frente a cuestiones críticas para las poblaciones humanas que habitaron, y habitan, un territorio tan complejo como es el altiplano andino. Temas como la gran variabilidad intra e interanual de las precipitaciones, intrínseca de los climas tropicales y que se acentúa durante el recurrente fenómeno de El Niño, o la propia disposición geográfica del enclave histórico en relación con su entorno de proximidad, como veremos, serán elementos clave para entender los fundamentos de una cultura que desapareció hace más de setecientos cincuenta años.

En este sentido, las inéditas imágenes aportadas en esta obra nos revelarán algunos de los avances técnico-culturales que fue capaz de realizar dicha cultura. Son muy numerosas las edificaciones, estructuras y obras soterradas que, mediante el *modelo digital del terreno* de altísimo detalle, han podido ser identificadas y acompañarán desde ahora a elementos tan conocidos como las pirámides de Akapana y Puma Punku o el templo de Kalasasaya. A partir de la publicación de este libro, la relevancia y funcionalidad de las herramientas de conocimiento que teníamos para este enclave histórico se amplían enormemente, y con ello las capacidades de sus presentes y futuros investigadores.

Y es que la información ofrecida tanto por el dron como por las numerosas imágenes de los satélites, como los sistemas *Landsat* ® y *Sentinel* ®, ha permitido analizar el emplazamiento de Tiwanaku en su conjunto, a escala regional y, desde una perspectiva geográfica, reconstruir el paisaje arqueológico, tanto interior como exterior a su área urbana. Mediante el análisis de la topografía, las formas del relieve, la hidrografía y el paisaje del enclave arqueológico y sus alrededores, además de disponer de una excelente *foto fija* de las estructuras arqueológicas enterradas en el sitio, se ha ampliado el mapa del sistema de canalizaciones construido en torno a la pirámide de Akapana, el templo de Kalasasaya y a áreas próximas. También resulta novedoso el descubrimiento de las trazas de posibles embarcaderos, muelles o diques frente al templo de Puma Punku, que abren una nueva puerta para conocer el papel de debieron jugar las superficies inundables existentes entre Tiwanaku y el lago Titicaca, así como las desviaciones antrópicas realizadas en los cursos del río Tiahuanaco y algunos de sus tributarios, o la posible relación del sitio con los cambios en la línea de costa del lago Titicaca.

Por todo ello, esta obra es un magnífico ejemplo de las oportunidades que abre la cooperación entre la Geografía y la Arqueología, una colaboración que ha demostrado la tan necesaria fortaleza de los acuerdos interinstitucionales, que han fructificado en este caso entre la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad Complutense de Madrid, a través de la Profesora Titular del Departamento de Geografía Física María Eugenia Pérez González, y la Oficina de la UNESCO en Quito, a través de su arqueólogo y Experto Internacional, José Ignacio Gallego Revilla, ambos autores de esta obra, con el apoyo fundamental del Centro de Investigaciones Arqueológicas, Antropológicas y Administración de Tiwanaku (Bolivia). Una fortaleza que completa las capacidades de ambas instituciones y nos ayuda en nuestro camino decidido hacia el conocimiento y la excelencia.

Prefacio

“Tiaguanaco no es pueblo muy grande, pero es mentado por los grandes edificios que tiene, que cierto son cosa notable y para ver”.

Pedro Cieza de León
Crónica del Perú. Capítulo CV

Los seres humanos empleamos con frecuencia referentes. Como espacios físicos o simbólicos en los que nos reflejamos en nuestro camino hacia lo que nos convierte en mejores, recorremos determinados lugares a través de nuestros mecanismos de la memoria o la recreación, buscando entre las piedras la fortaleza de aquello que fuimos en otro tiempo.



Ilustración 1. Puerta del Sol. Tiwanaku. Dibujo de E. G. Squier (1877)

Tiwanaku es uno de estos referentes. Y no sólo lo ha sido desde la perspectiva del arqueólogo, del historiador o del cronista, quienes mientras caminaban entre sus restos observaban gigantes petrificados, que escondían en sus extraños grabados el reto de los mecanismos atemporales de una sociedad extinta. También lo ha sido para todas las personas que componían, y componen, las diferentes sociedades humanas que han habitado en su espacio hasta nuestros días. Aquellos que han construido sus casas sobre el solar de la gran urbe histórica del *altiplano*, y que emplearon sus viejas piedras para crear los mecanismos de la nueva vida, cuando el recuerdo de sus antiguos pobladores hacia varios siglos que había desaparecido de la memoria colectiva.

Y esta consideración, que sin duda es una circunstancia tanto social como personalmente introspectiva, de Tiwanaku como referente arqueológico para el territorio americano, no deja de haberlo sido *per se*. Una cuestión que queremos plantear desde la crítica científica, y que nos parece adecuado señalar desde una perspectiva de reflexión básica sobre los acercamientos que tanto la literatura como la ciencia han hecho al sitio. Desde los ámbitos que han estudiado la cultura Tiwanakota, se han hecho muy pocos esfuerzos por acercar la información al público en general, cuestión especialmente *doliente* en tanto a la población del sitio y su entorno, actuales detentores de una tradición y un conjunto de posibilidades, medios de vida, obligaciones y circunstancias que marcan su vida cotidiana, por el mero hecho de habitar en un lugar en el mundo. Un elemento que a los científicos nos debe hacer reflexionar en cuanto a la manera en que hacemos revertir en la sociedad los esfuerzos de nuestras acciones.



Ilustración 2. Fragmento de Mapa del Virreinato del Perú, de 1649 (Hondius & Jansonius, 1649). Fuente: Biblioteca Nacional de España.

Por esto, uno de los objetivos principales que desarrollamos con el libro que ahora tienen entre sus manos, es cumplir con esta necesidad: acercar el conocimiento científico sobre Tiwanaku a un público amplio. Es un acercamiento incompleto, de cualquier manera, dado que lo que vamos a hacer a lo largo de las próximas páginas es aproximarnos a una visión muy particular del sitio, a partir de un mecanismo también muy concreto de acercamiento científico, que es la *teledetección*. Una herramienta que, aunque explicaremos en mayor detalle en páginas sucesivas, sí es pertinente indicar que nos permite observar el territorio a diferentes escalas, a través de los ojos de distintos mecanismos, como pueden ser los satélites o los aviones no tripulados, que conocemos popularmente como *drones*. Una mirada a las evidencias del pasado *desde el cielo hacia la Tierra*.

Esta herramienta nos permite entender la forma en que los seres humanos nos hemos relacionado a lo largo de la historia, entre nosotros y con el entorno que nos rodea. Nos permite observar las distintas alteraciones que se han producido a nuestro alrededor, y que nos han condicionado en nuestra evolución, desde las primeras sociedades prehistóricas hasta nuestros días; y lo hace mostrándonos las huellas de estos procesos de relación, como una evidencia forense que podemos analizar y comparar, para al final poder reconstruir una imagen aproximada de nuestro pasado, ya sea cercano o remoto. Sin embargo, esta evidencia es muy distinta a la que nos ofrece, por ejemplo, la *excavación arqueológica*. Esta nos muestra una imagen fija de un momento concreto de la vida de la gente, con un nivel de detalle muy elevado. La teledetección nos muestra una óptica complementaria a esta forma de trabajo científico: nos muestra la visión general del espacio, como un marco general en el que podemos imbricar los detalles particulares, para entre todo intentar armar un discurso coherente que intente dar respuestas a preguntas en ocasiones muy complejas.

Unas respuestas que, además, implican una gran responsabilidad añadida. Con nuestro discurso estamos reconstruyendo visiones muy concretas sobre el pasado de las personas. Un pasado, en algunos casos, empleado de formas muy diversas y no siempre correctas o incluso coherentes con la realidad que la ciencia nos muestra. De hecho, en multitud de ocasiones las evidencias contradicen los discursos tradicionales u *oficiales*. Situaciones que pueden incluso comprometer el conocimiento del público sobre su pasado, y por ende, las garantías con las que las personas accedemos a este conocimiento a través de la *Educación*. Es un gran compromiso el que como científicos asumimos en el momento en el que nos ponemos ante el papel en blanco, para dar voz a aquellos que ya no pueden contarnos la historia de sus vidas. Un compromiso con los valores comunes que UNESCO representa, en su tarea primordial de preservar la diversidad y el Patrimonio común, a través de la promoción de la Cultura y el diálogo, y desde la ética del conocimiento científico y tecnológico.

Fruto de estos valores y necesidades, nace el libro que ahora tienen entre sus manos. Como resultado de los trabajos llevados a cabo en el sitio *Patrimonio Mundial* de Tiwanaku, a partir del proyecto UNESCO de “Conservación y preservación de Tiwanaku y la pirámide de Akapana”, financiado por el Fondo Fiduciario Japonés, se ha podido llevar a cabo el trabajo del que derivan las siguientes páginas. Un vuelo sobre el conocimiento que la tecnología más moderna nos puede ofrecer. Un vuelo que hemos estructurado en cuatro etapas muy distintas. En la primera de ellas, que denominamos *Arriba*, haremos un breve recorrido por las cuestiones básicas que tienen que ver con la técnica de la *Teledetección*, desde los precursores de las primeras tomas fotográficas desde el aire hasta la aplicación de las últimas técnicas de imágenes satelitales, y su aplicación al ámbito del Patrimonio. La segunda parte, *Abajo*, hará un breve recorrido por la historia del conocimiento de Tiwanaku, desde los primeros cronistas que hablaron sobre el papel de un espacio para ellos tan increíble como desconocido, hasta

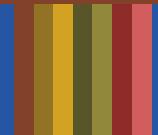
la aproximación general que ha hecho la Arqueología a lo largo de los últimos cien años, así como la manera de entender el sitio mediante la *Geografía física*. El tercer apartado del libro, que hemos denominado *Adentro*, muestra la aplicación de la técnica de teledetección al *espacio intramuros* de la ciudad, atendiendo a cuestiones tan interesantes como sus límites físicos, o los diferentes elementos que la componen, introduciendo algunos espectaculares descubrimientos que jalonan su paisaje urbano. El último capítulo, que hemos denominado *Afuera*, hace referencia a dos elementos que, desde el entorno externo de la ciudad han condicionado de forma manifiesta la vida de sus habitantes a lo largo de toda su historia, que son el agua y la piedra. De ambos elementos mostraremos algunas evidencias absolutamente novedosas.

En este momento solo resta desearles una grata lectura. Un libro siempre es una apuesta por el conocimiento y la comunicación. Este lo es de forma consciente y decidida. Es el momento de darles la bienvenida a Tiwanaku.





Monolito conocido como "la Puerta de la Luna" (*Tiwanaku*)



alaya · arriba · hanan

El largo camino de la humanidad a los cielos

“No existen métodos para tocar el cielo pero aunque te estiraras como una palma y lograras rozarlo en tus delirios y supieras al fin como es al tacto siempre te faltaría la nube de algodón”.

Mario Benedetti

Los humanos siempre hemos mirado al cielo. Lo hemos hecho directamente, en la previsión de un clima de lluvia beneficiosa y sol radiante que favoreciera nuestras cosechas. Y también lo hemos hecho desde el ansia por crecer hacia los caminos de lo imposible. Hemos mirado a las estrellas y a la luna para intentar comprender y marcar los tiempos de nuestra vida. El sol nos ha dado la pauta de nuestro día a día, así como del cronograma finito de los ciclos del campo. Las estrellas nos han orientado hacia el Norte o el Sur, y su luz ha creado en nuestro espíritu las imágenes de otros lugares y territorios que jamás podríamos alcanzar. La Luna ha movido las mareas que han marcado los tiempos de la vida...

Haya sido la que fuere la razón de mirar al cielo, la búsqueda de respuestas ha marcado la pauta para millones de humanos, intentando recibir otras tantas contestaciones a preguntas diferentes y en ocasiones peregrinas. Y la ciencia, desde su enfoque más amplio, ha participado de esta búsqueda de respuestas para las cuestiones extrañas al entendimiento humano. Con mayor o menor fortuna, Tiwanaku ha formado parte desde siempre de este proceso de búsqueda. Desde aquella Arqueología tan voluntariosa como imposible de principios del siglo XX, que intentaba leer en la orientación astronómica de algunos monumentos la edad del sitio (2). Nuestros conocimientos han cambiado mucho desde aquellos esfuerzos, demostrando algunas cosas y refutando otras tantas. Y casi siempre, la explicación de buena parte de aquellas preguntas estaba enterrada bajo el suelo, muy lejos de aquellas estrellas a las que pedíamos explicaciones.



Ilustración 3. Ceremonia aymara en Tiwanaku. Imagen: Ernestina Cortés Albor

Los avances de los años 50 y 60 del pasado siglo XX en las ciencias derivadas del control de la energía nuclear, nos aportaron, por ejemplo, técnicas muy exactas para obtener, entre otras cosas, las fechas de buena parte de los materiales arqueológicos.

Pero no todas las respuestas están bajo el suelo. O mejor dicho, no todas las respuestas se obtienen desde el suelo. Este libro que ahora tienen entre las manos es un buen ejemplo: mirando al cielo, o en este caso, desde el cielo, podemos obtener una perspectiva de las cosas en ocasiones muy ventajosa, desde la óptica de la ciencia.

Nuevos ojos sobre viejos datos: los precursores del vuelo en la observación de las cosas

Desde la perspectiva del *ser humano* como especie apegada a la tierra, que necesita del conocimiento para crecer, el cielo siempre ha sido la metáfora del inalcanzable máximo. Y sin embargo, como tal inalcanzable, ha sido uno de los objetivos principales de esa forma tan imperfecta como adecuada de acercarnos a lo que desconocemos, que es la ciencia. Desde que Arquímedes descubriera tras un baño el principio que lleva su nombre, decenas de estudiosos de la física, las matemáticas, la biología, han intentado entender los mecanismos que nos podrían empujar hacia arriba en ese elemento, que no es otra cosa que un fluido gaseoso, que es el aire. El *principio de Arquímedes*, que explica y describe el mecanismo básico para la flotación de los cuerpos en el agua, sin embargo, no era suficiente para elevar al ser humano hacia el cielo. Y no lo era, pese a que civilizaciones tan dispares como griegos antiguos, chinos o andalusíes hubieran intentado dar el gran salto hacia el viento, con desigual fortuna. Supuestos aparatos voladores propulsados por aire, cometas, paracaídas o alas volantes fueron los recursos que todos ellos emplearon para dejar atrás la tierra firme y avanzar hacia el mundo de las aves.

Tendríamos que esperar más de mil quinientos años después de la muerte de Arquímedes de Siracusa, para que figuras de la ciencia como Newton, Bernoulli, Venturi o Coandă, apoyadas en los descubrimientos de Domingo de Soto o Galileo, planteasen las primeras ecuaciones sencillas, que darán lugar a la *aerodinámica*. El avance en el conocimiento científico sobre la *mecánica de los fluidos*, esa parte de la física que explica el comportamiento de los gases y los líquidos en diferentes situaciones, permitiría el futuro desarrollo de todo un conjunto de sistemas volantes, basados primero en el almacenamiento de grandes volúmenes de aire caliente, con los globos aerostáticos y los dirigibles como su desarrollo máximo. Y todo ello, para evolucionar, tiempo después, hacia las estructuras más pesadas que el aire, como avance lógico del desarrollo de la ciencia del vuelo, con herramientas por todos conocidas, como son los *planeadores*, los *aviones* y los *helicópteros* a continuación.

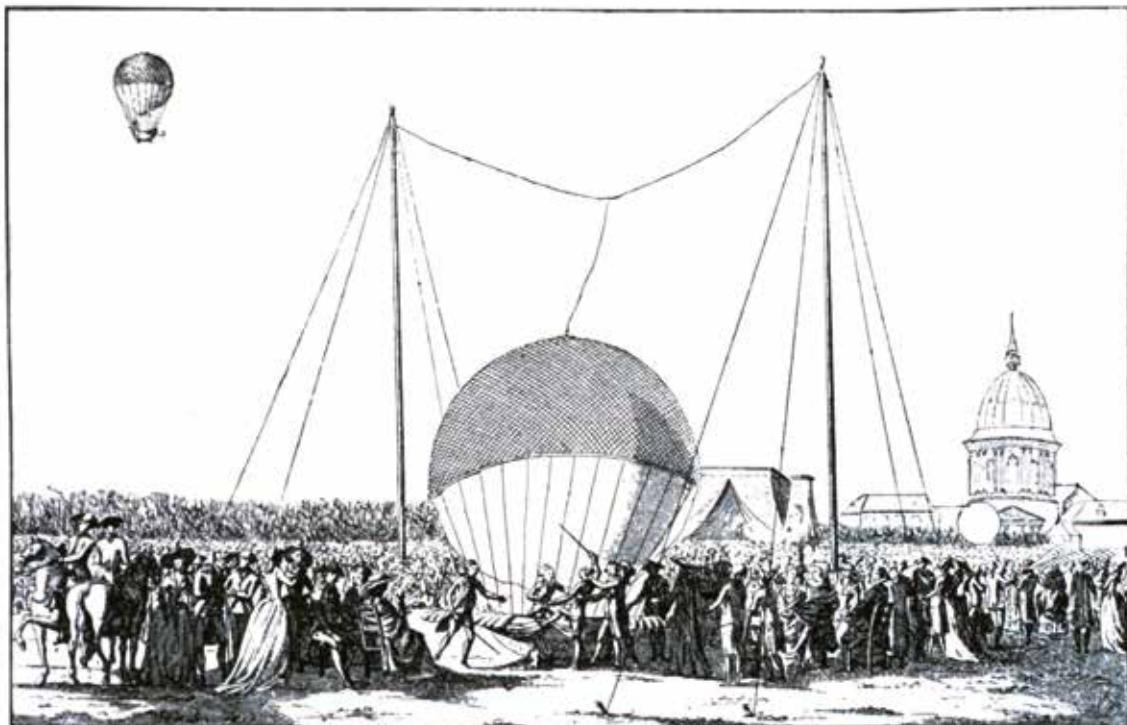


Ilustración 4. Vuelo del primer globo tripulado, en París, el 15 de octubre de 1783. En "Histoire des Ballons et des Aeronautes Celebres," de Gaston Tissandier, 1887, p. VII (3).

Y sucede que desde este momento en que el ser humano se alzó del suelo, fue capaz de observar la naturaleza y los paisajes de manera diferente. Desde la perspectiva del observador, esta visualización del entorno se enfocaba por un lado a la contemplación y disfrute del paisaje, o por otro a la visión práctica de la realidad. Los primeros aeronautas ascendieron apenas veinticinco metros sobre las calles de París, en 1783, pero el desarrollo del invento de los hermanos Montgolfier pronto permitió el ascenso a cotas mucho mayores, y consecuentemente la observación de todo tipo de cuestiones de carácter científico, en un primer momento relacionadas con el estudio de la atmósfera. Tan sólo setenta años después de este primer vuelo, el fotógrafo *Gaspard – Félix Tournachon*, conocido como *Nadar*, realizará las primeras fotografías desde un globo aerostático, retratando el París de 1858. El mismo *Nadar*, que curiosamente es el autor de los retratos más conocidos de muchos personajes de la época, como Gustave Eiffel, Sarah Bernhardt, Emile Zola o Jules Verné, será quien, doce años después, realizará las primeras fotografías aéreas con utilidad militar, sobre las líneas del ejército prusiano que acechaban el área de la Comuna de París, en 1870. Estas fotografías se verán desarrolladas tanto técnica como utilitariamente durante el desarrollo de la Primera Guerra Mundial, entre 1914 y 1919.

Esta nueva perspectiva que aportará la observación vertical del territorio, supuso un salto cualitativo para las tres ciencias que nos ocupan en este pequeño libro, y que son la *topografía*, la *geografía* y la *arqueología*. Para la geografía, el desarrollo del vuelo, desde la aerostación de finales del siglo XVIII hasta los comienzos del siglo XX, viene a coincidir con un particular momento, en el que destacan figuras como Alexander Von Humboldt, que dará nombre a los estudios de Geografía Física, y cuyos análisis serán de especial interés tanto para España como para Latinoamérica.

Es el momento en el que eclosionan las Sociedades Geográficas, y en el que esta ciencia se desarrolla desde la perspectiva científica y de la educación, especialmente en Reino Unido y Alemania. La *topografía*, como avance concreto de la cartografía, tendrá un fuerte impulso también en este momento a partir de la disposición de instrumental científico mucho más preciso, con los desarrollos de la óptica y las matemáticas.

Con la arqueología sucederá algo parecido. Durante el siglo XX, la ciencia arqueológica ha dado un *giro copernicano* en su manera de enfrentar sus esfuerzos.

Desde una óptica *historicista*, que daba valor a la información documental por encima de la prueba empírica, hemos pasado por la fase contraria, para intentar alcanzar un espacio intermedio, en el que tanto las matemáticas, la química o la física tengan un valor similar en el proceso de descubrimiento a la sociología, la antropología o la filología. En cualquier caso, ahora como ciencia del siglo XXI, la Arqueología ha descubierto en la teledetección una herramienta irrenunciable de cara al estudio de los sitios, y su uso es cada vez más común en todo el mundo.

Pero nada de esto hubiera sido posible sin el desarrollo de la fotografía, asociada un siglo después de su descubrimiento a los primeros vuelos con máquinas más pesadas que el aire, esencialmente aviones. Su uso supondrá de hecho, el origen de la *teledetección* como fórmula científica para el estudio del territorio. Su aplicación, como veremos en los capítulos siguientes, no sólo a la representación sobre el papel del terreno, en forma de mapas, sino también a la búsqueda de elementos que no podemos ver desde un análisis convencional de la superficie terrestre, supondrá un avance formidable en la manera de entender la realidad de nuestras ciencias. En este caso, su aplicación es fundamental para el desarrollo, tanto de la arqueología como de la geografía. La *teledetección* se convertirá en uno de los principales mecanismos de eficacia contrastada, a la hora de analizar recursos geográficos, geológicos o arqueológicos de gran extensión. El análisis de la imagen obtenida mediante aparatos no tripulados como los *drones*, sistemas embarcados en aviones convencionales, o satélites artificiales, nos permite



Ilustración 5. Gaspard-Félix Tournachon, "Nadar". Autorretrato. Mediados - finales del Siglo XIX.

obtener información sobre la superficie terrestre y el subsuelo, sin necesidad de mover un solo centímetro de tierra, evitando en cualquier caso la realización de costosas intervenciones tradicionales. Sin embargo, el objeto último de estas acciones no siempre es evitar estas intervenciones citadas. En muchas ocasiones, el propósito del análisis de imágenes tomadas mediante aviones o satélites, lo que pretende es guiar la elección por parte del profesional de aquellas áreas potencialmente provechosas para su investigación.



Ilustración 6. Avión de los Royal Flying Corps (Reino Unido), equipado con una cámara fotográfica. Primera Guerra Mundial. Fotografía Q33850: The Imperial War Museum.

La disposición de estos sensacionales avances, no sólo en la forma en que obtenemos la información, mediante tecnologías de la era espacial, sino también en cómo la gestionamos *a posteriori* ha marcado un claro antes y después en nuestras ciencias. Los desarrollos informáticos que conocemos como Sistemas de Información Geográfica (o por sus siglas SIG o GIS en inglés), nos permiten evaluar de forma sencilla y rápida unos conjuntos de información muy complejos. Nos facilitan enormemente la labor comparativa, en la que podemos disponer diferentes “visualizaciones” de un mismo territorio mediante distintos mapas y fotografías temáticas. Esto permite al investigador evaluar relaciones entre elementos de forma sencilla, simplificando de forma crítica la labor del armado de la información. A mayores, la disposición tanto de sistemas de alta calidad desarrollados en forma de *código abierto*¹, así como de fuentes de documentación geográfica volcadas en Internet, han supuesto una auténtica *democratización* del uso de estos métodos.

¹ Existe todo un conjunto de herramientas SIG, en formato *open source* (*código abierto*), a disposición de cualquier usuario interesado, y libre descarga en Internet.

El salto al espacio y la aplicación de los nuevos sistemas informáticos

Para tener una visión general del territorio donde las comunidades humanas nos hemos asentado a lo largo de toda nuestra corta historia, hemos visto como el ser humano realizó ya en el siglo XIX sus primeras instantáneas desde el aire. Los primeros estudios se realizaron desde globos aerostáticos, como única forma de plasmar el terreno con una visión aérea en las condiciones necesarias para la fotografía de aquellos años. Los largos procesos de exposición de los primeros soportes fotográficos precisaban de plataformas volantes estables, que permitiesen la toma de imágenes con una inmovilidad prolongada. Además, los soportes en los que se tomaban las fotografías en el tercer cuarto del siglo XIX (placas de vidrio sobre las que se extendía una solución compuesta por bromuro, agua y gelatina sensibilizada con nitrato de plata) no facilitaban demasiado la labor del fotógrafo.

De la mano del desarrollo industrial y tecnológico, iniciado por *George Eastman* (3), con el invento de la cámara *Kodak* ®, que incorporará el primer carrete de película fotográfica, en una máquina que precisa de un tiempo de exposición inferior al cuarto de segundo, despegará el largo camino para recoger instantáneas de la superficie de la Tierra, en un primer momento desde globos aerostáticos y dirigibles, y después desde aviones, plataformas espaciales y satélites de muy diversa índole. Nace entonces una nueva ciencia denominada *Teledetección*, que engloba toda la información obtenida a partir de imágenes y capturas de datos de la Tierra sin contacto directo con ella (4), sean fotografías en blanco y negro, imágenes en color natural o en falsos colores, pues recogerán también la información reflejada en infrarrojos, ultravioletas ondas de radio, microndas o luz Laser, entre otros recursos.

Desde que en 1957 la Unión Soviética pusiera en órbita el *Sputnik 1*, primer satélite artificial, y despegase la llamada *carrera espacial*, decenas de plataformas han sido enviadas al espacio, equipadas con multitud de sensores de diferente naturaleza, y cada vez más precisos y versátiles. Esto ha propiciado la adquisición de información de la Tierra cada vez más precisa y completa desde un campo de visión externo. Este valioso almacén de imágenes ha permitido múltiples aplicaciones y ampliando el conocimiento de todas las ciencias que tienen el territorio como campo de trabajo.

Si durante los años sesenta del pasado siglo XX, los primeros satélites se centraron en la observación meteorológica y, por tanto, ofrecían poco detalle para otro tipo de estudios como los análisis medioambientales o la observación de información de interés para la conservación y análisis del patrimonio cultural,

será a partir 1972 con el lanzamiento del primer satélite de la serie *Landsat*² por parte de la NASA, se abre un camino a los estudios territoriales, a través del cual la Geografía, Arqueología, Geología, Biología y otras ciencias afines comienzan a incorporar nuevas perspectivas metodológicas, y técnicas de investigación diferentes. A esta información espacial se une desde 2009 el programa *Aster GDEM* (Modelo Digital de Elevación Global ASTER)³, realizado conjuntamente entre la NASA y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón, facilitando además el acceso a los Modelos Digitales del Terreno o Modelos Digitales de elevaciones de cualquier región de la Tierra, y poder combinarlos con las diferentes bandas de color de las imágenes de satélite. Se podrá de este modo ver la superficie de la Tierra y analizar múltiples características, en condiciones similares a los datos que obtendríamos sobrevolando cualquier territorio.

Desde los primeros avances en imágenes a color, desarrollados en 1907 por la compañía *Lumiere*, la apuesta por ofrecer información fotográfica cada vez con mayor detalle y datos asociados, tanto aquellos visibles al ojo humano como los menos reconocibles a simple vista, ha dado lugar a que dispongamos de numerosos satélites que captan fotografías con error inferior a un metro, en cuanto a lo que denominamos *resolución espacial*⁴; podemos disponer de imágenes con estas características gracias a las plataformas de satélites *Ikonos*, desde 1999, *QuickBird*, 2001, *WorldView*, 2007, *GeoEye*, 2008 o *Pleiades*, 2011, entre otros ejemplos. Estas citadas imágenes de gran detalle amplían notablemente nuestra capacidad para reconocer múltiples aspectos del territorio, aunque, a fecha de hoy, tienen como gran hándicap para el pequeño usuario el elevado precio de sus productos, siendo este un recurso sólo accesible en la práctica, en muchos casos, para empresas, administraciones o equipos de investigación.

Sin embargo, la revolución tecnológica del último tercio del siglo XX ha venido en buena medida a subsanar esta carencia. Y es que recientemente, a la información de la superficie de la Tierra obtenida desde satélites se ha unido la captada desde sistemas volantes no tripulados, conocidos comúnmente como *drones*, con la enorme ventaja de que al sobrevolar cerca del suelo, generalmente en torno a unos 100 m sobre el plano de despegue, las imágenes resultantes tienen un detalle tal, superando en buena medida a la resolución de los equipos de satélite, que vuelven a abrirse nuevos horizontes en la investigación y gestión del territorio.

-
- 2 Llamado originariamente ERTS, Earth Resources Technology Satellite, o Satélite de Tecnología para Recursos Terrestres.
 - 3 Las siglas ASTER corresponden a Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer, o Radiómetro espacial avanzado para emisiones y reflexión térmica.
 - 4 Entendemos como *resolución espacial* al nivel de detalles visibles que tiene una imagen, representados en píxeles de pantalla por unidad de superficie.



Ilustración 7. Imagen de satélite aplicada a gestión de Recursos Culturales:
Parte Norte de la Península de Yucatán, México, tomada por la plataforma
ENVISAT, el 07/01/2008. ESA, CC BY-SA 3.0 IGO.

Si a esta información fotográfica le añadimos otros sistemas de captura de datos morfológicos de la superficie terrestre, como las distintas variantes de los *radares de apertura sintética* o el sistema *LIDAR*, que funcionan mediante pulsos de microondas y luz laser, respectivamente. En el momento actual, por tanto, disponemos de retratos de la Tierra a muy diversas escalas, desde las más grandes, que permiten apreciar bien los detalles más prolíficos, hasta las escalas medias, y que facilitan enormemente la tarea de explicar enclave como Tiwanaku, como parte de su entorno regional, y conocer además aspectos de conjunto fundamentales para entender cualquier modelo de asentamiento humano, esté donde esté, y se encuentre en las condiciones que sea (Ilustración 8).

5 http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2007/12/Yucatan_Peninsula_captured_by_Envisat

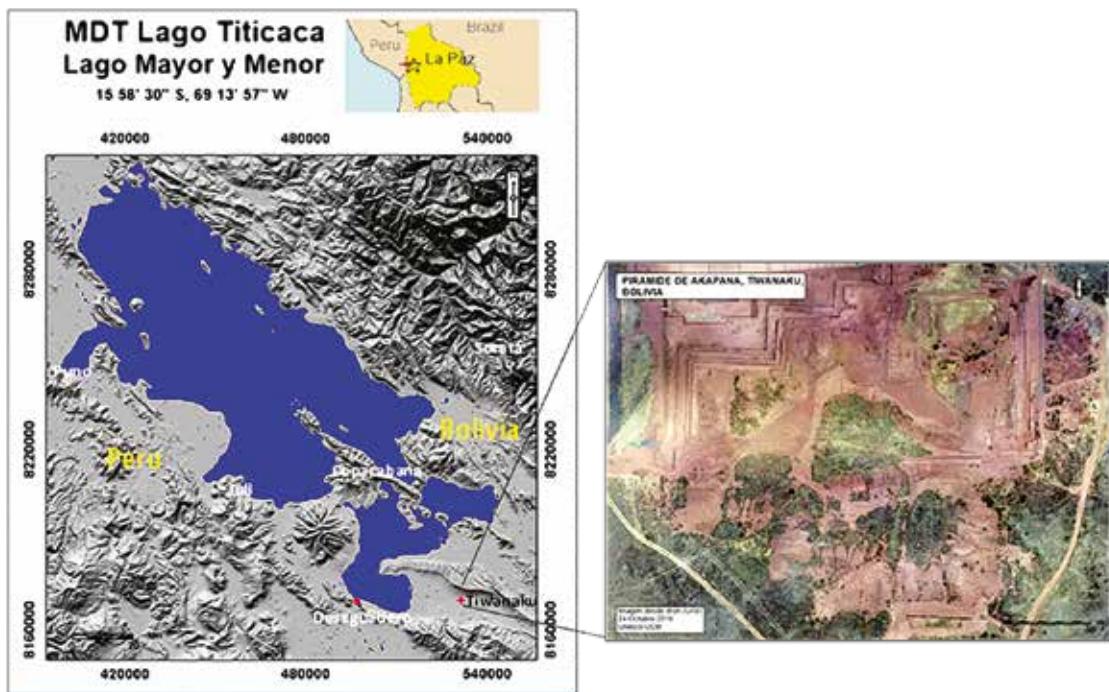


Ilustración 8. Lago Titicaca y localización de Tiwanaku en una imagen *Modelo Digital del Terreno regional* (izquierda) y la pirámide de Akapana, de altísimo detalle, obtenida desde dron en 2016 (derecha).

Para analizar todo este conjunto de imágenes y recursos, en la actualidad empleamos diferentes programas informáticos que, apoyados por la constante evolución de los propios computadores, agilizan enormemente los cálculos que son precisos para obtener resultados científicos válidos. Serán pues los denominados *Sistemas de Información Geográfica* (en adelante SIG) los sistemas de *software* que ofrecen de forma sencilla todo un entramado de operaciones relacionales, que a una escala territorial como la que abordamos en este libro serían prácticamente impensables de otra forma. Además, estos programas permiten una presentación gráfica de elementos que facilitan y clarifican la comprensión de determinados mecanismos económicos, así como la hipotetización sobre otro conjunto de variables, tales como la movilidad poblacional, las relaciones interétnicas, etc.

El concepto de *SIG* es muy sencillo. Se basa en la mezcla relacionada de diferentes fuentes informativas, asociables mediante su estructuración en forma de *bases de datos* que comparten algunos campos de carácter geográfico. El formato de estos campos comunes debe ser estándar, y con carácter matemático, y suelen ser coordenadas, organizadas en tanto a los sistemas conocidos, y que el software discrimina. Al compartir estos campos, estos sistemas crean estructuras visibles superpuestas, cuya relación nos aporta la información que nosotros precisamos. Pueden ser distancias, pendientes, distribuciones territoriales de elementos, o incluso predicciones en cuanto a análisis de patrones. Su utilidad potencial es enorme, tanto en estudios a nivel macroterritorial como en investigaciones microespaciales.

La capacidad de un SIG no se ciñe al *gran análisis geográfico* tal y como podríamos erróneamente entender en un principio, sino que nos puede aportar valiosa información en estudios específicos de espacios domésticos o urbanos.

El desarrollo de estos sistemas, sobre los que la literatura científica dispone de recientes ejemplos, es relativamente reciente (5). Si bien el *método geográfico*, aplicado de forma práctica por primera vez en la gestión epidemiológica de un brote de cólera en el Londres de mediados del siglo XIX, es de sobra conocido y empleado a lo largo de todo el siglo XX, la evolución de los sistemas informáticos, y sobre todo la revolución que supone la aparición del ordenador personal a mediados de los años setenta del pasado siglo, implican la creación de utilidades SIG al alcance de todos los especialistas. La aparición y desarrollo de diferentes sistemas operativos sencillos y amigables para el usuario doméstico añade un gran potencial a todo este conjunto de software, permitiendo una interacción realmente sencilla entre el operador y los datos.

En nuestros días, tras un exponencial incremento de la capacidad de las máquinas, así como la multiplicación de las opciones, tanto comerciales como de acceso libre, a la hora de disponer de los sistemas de uso, Internet ha supuesto la última gran revolución en las capacidades de los *SIG*. Podemos disponer de gran número de cartografías y otros elementos de acceso público, con gran facilidad, así como de información, estudios y trabajos de otros profesionales, creando redes documentales que aportan un potencial increíble a nuestras capacidades de estudio.

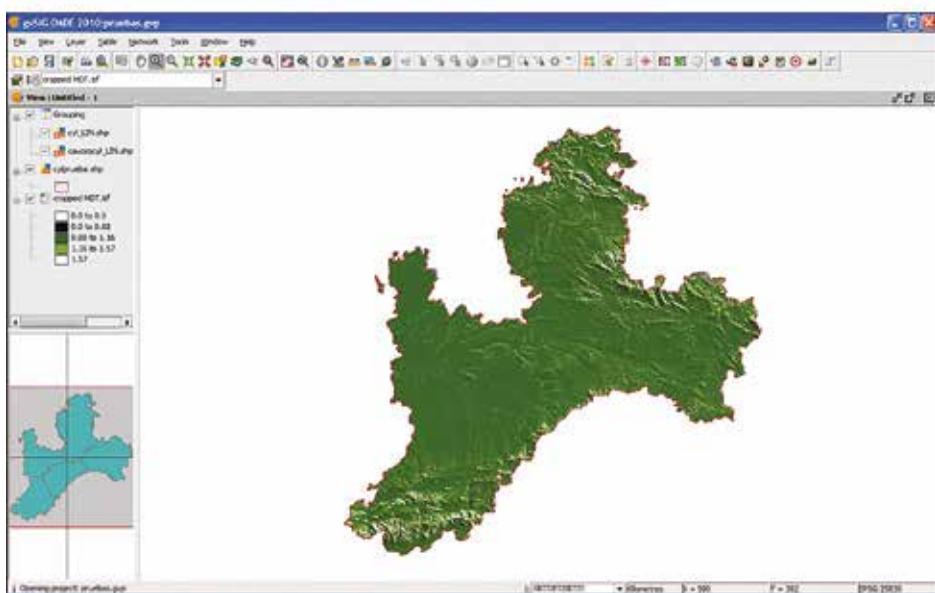


Ilustración 9. Visualización de la interfaz de la herramienta SIG GVsig.

Teledetección: una nueva forma de aproximarnos a la información patrimonial

Tal y como hemos visto, tanto los avances en el uso de la informática aplicada a la geografía, como la aplicación de nuevos soportes para la captura de datos, tales como satélites o *drones*, ha revolucionado la manera en la que nos acercamos a la información. Hasta hace no tanto, la manera ortodoxa de obtener información arqueológica pasaba por la realización de trabajos de campo más o menos complejos, que precisaban de ingentes esfuerzos científicos para intentar desentrañar

Los trabajos arqueológicos encaminados a la detección de estructuras enterradas o a detectar las huellas de los antiguos sistemas agrícolas que persisten en la actualidad se han apoyado tradicionalmente en las fotografías oblicuas realizadas *in situ* al atardecer, o en las fotografías aéreas verticales tomadas desde aviones (6) (7). Los cambios geométricos de tonos de la vegetación, sombreados o formas regulares que se muestran en las imágenes, y que se sobreponen a los usos actuales, nos dan pistas, por ejemplo, sobre la existencia de restos de edificaciones, caminos o canales soterrados. Su presencia origina un desarrollo desigual del suelo y la vegetación, en forma de *positivos o negativos*, que actúan como marcadores de lo que se esconde bajo nuestros pies.

Sin embargo, no en todos los lugares de la Tierra estos documentos gráficos, tanto en blanco y negro como en color natural, nos muestran indicios de lo que subyace debajo del suelo. En algunos casos, por el tipo de suelos o la presencia de vegetación demasiado densa, esta observación se complica, pues en los anteriores casos la interpretación se reduce a la capacidad del ojo humano de reconocer "señales" o rastros arqueológicos, y lo captado es, en estos casos, bastante limitado.

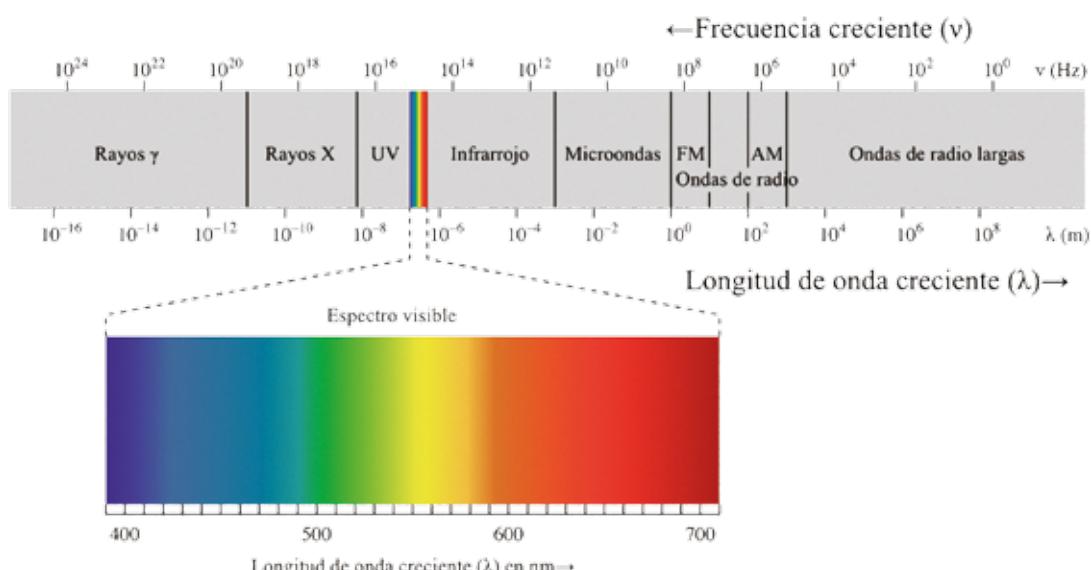


Ilustración 10. Representación del espectro visible. Fuente: Image: EM spectrum.svg (imagen: Philip Ronan)

En estas circunstancias, la investigación arqueológica puede emplear otra serie de recursos o mecanismos de Teledetección, que pueden ver más allá del límite de nuestra capacidad visual. Y es que, tanto en la visión directa del territorio como a través de fotografías, verticales u oblicuas, la interpretación se ciñe a lo captado en una pequeña región del espectro electromagnético, que denominamos el *espectro visible* (Ilustración 10), mientras que se nos escapa, por ejemplo, buena parte de la radiación reflejada o emitida desde la superficie de la Tierra, que es capaz de plasmar en las imágenes elementos ocultos o características más complejas del territorio.

Algo similar se consigue con las gafas de infrarrojos, con las que sin nada de luz se puede captar la presencia de elementos a través de la energía que transmiten. En la observación de la Tierra mediante teledetección podemos explorar otras imágenes que, mediante soportes que perciban las longitudes de onda por encima o por debajo del espectro visible, se impregnen de aspectos y variables no visibles al ojo humano, como es el caso de las cámaras que son capaces de captar los canales del infrarrojo, y que son desplegadas por satélites y otras plataformas aéreas o espaciales. A estos equipos los denominamos sistemas de *análisis multiespectral*, dado que nos permiten extraer información de los datos sistematizados en *bandas*, de aquellas longitudes de onda imperceptibles para el ojo humano, como hemos señalado, pero que pueden resultar de vital interés para el estudio científico de determinadas variables, como pueden ser la vegetación, la temperatura del suelo, la humedad, etc.

A modo de ejemplo, se muestran en la ilustración 11 dos imágenes de parte del conjunto arqueológico de Tiwanaku, en las que observamos alguno de sus principales monumentos, como la pirámide de Akapana, el templo de Kalasasaya, Putuni o el Templo Semisubterráneo, obtenidas desde *dron* con dos cámaras diferentes, una en color natural, es decir, correspondiente al espectro visible al ojo humano, arriba, y otra, en falso color, en este caso referente al infrarrojo, abajo. Independientemente del sombreado producido por las nubes que podemos observar en la primera de ellas, se distinguen a simple vista numerosas diferencias entre ambas imágenes, por ejemplo, en los contornos de los edificios, en los intramuros o en las características y coberturas del suelo del entorno inmediato.

En general, la imagen en falso color, que denominaremos en adelante *multiespectral* pues capta varios canales de longitud de onda dispar, registra numerosas formas no reconocibles en la imagen natural. Será labor del investigador el ir descifrando a qué responde cada elemento marcado del territorio, y si pueden constituir indicios claros de evidencias arqueológicas o geográficas de interés.

Aunque el objeto de este capítulo es el establecimiento de un marco introductorio a la técnica de la teledetección y su utilidad en general, y que más adelante expondremos en detalle sobre el trabajo realizado en Tiwanaku, sí podemos indicar en este momento como en la imagen multiespectral se visualiza muy bien,

por ejemplo, el grado de deterioro de la pirámide de Akapana. Se aprecian fácilmente las numerosas incisiones, surcos y cárcavas de algunas paredes, sobre todo en la fachada sur de la pirámide. También quedan constatados los trabajos de restauración de parte de los escalones y pueden medirse con una precisión de apenas cuatro centímetros las dimensiones de cada sector. En el caso del vecino templo de Kalasasaya las imágenes de alto detalle del *dron* muestran, entre otras cosas, los efectos de las visitas turísticas y las actuaciones realizadas años atrás en su reconstrucción.

Mediante estas imágenes se podrá obtener gran información para evaluar la adecuación de las obras realizadas recientemente en ambos edificios, y pueden y deben ser tenidas en cuenta en la gestión del Patrimonio Arqueológico tiwanakota. Además, al ser un documento gráfico facilita la realización de trabajos secuenciales encaminados al seguimiento y gestión del patrimonio arqueológico. Es decir, podemos obtener nuevas imágenes de similares características dentro de unos años, y comprobar la evolución de los factores de deterioro que afectan al monumento, y que observábamos al principio.

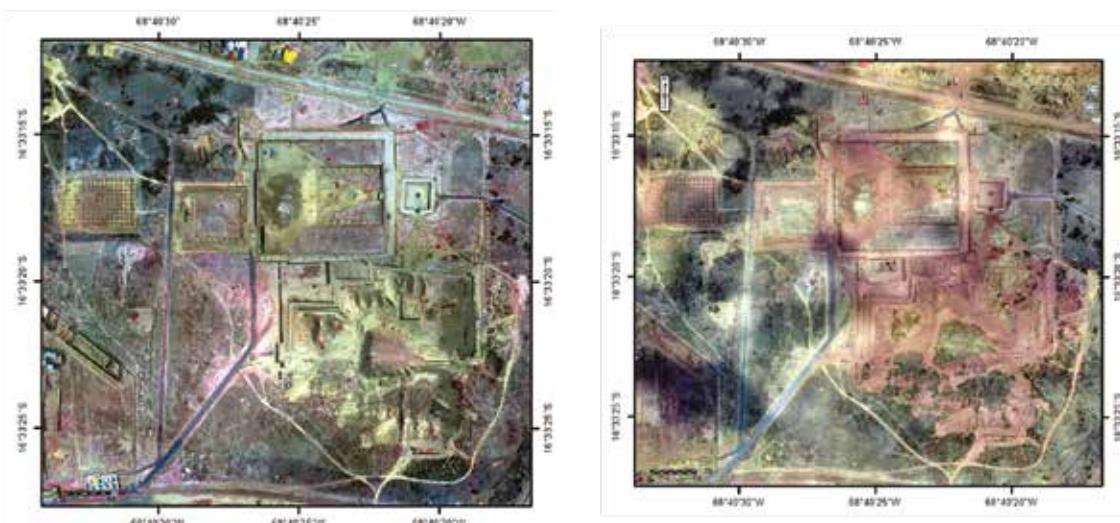


Ilustración 11. Imágenes obtenidas desde *dron* de la pirámide de Akapana y templo de Kalasasaya, en color natural (derecha) y en falso color, infrarrojo (izquierda), octubre de 2016. Adviértanse las diferencias visuales entre las dos imágenes, tanto en los edificios arqueológicos como en el terreno circundante.

Esta es, en todo caso, una forma de aproximarnos a la información. Pero para conocer los múltiples enigmas que todavía esconde Tiwanaku, como el por qué de este enclave, qué recursos tenían los habitantes del lugar a lo largo del tiempo, o cómo llegan las enormes piedras que conforman los impresionantes monolitos o los ingentes muros construidos, o siquiera las dimensiones y el tipo del poblamiento de la ciudad antigua, hemos de plantear otro tipo de mirada. Necesitamos un sistema de análisis que nos permita abrir el foco al territorio desde un punto de vista amplio. Para eso se buscó una mirada geográfica desde el espacio, que incluso tuvo un alcance importante en tanto a la comprensión del territorio, en la medida en que el ser humano lo transforma en el *paisaje*. En su consecución, las imágenes de satélite de resolución espacial media han sido de gran ayuda, pues ofrecen una visión de conjunto del territorio, con una precisión aceptable, y presentando aspectos visibles y no visibles al ojo humano de la superficie terrestre.

Para desarrollarlo, en primer lugar exploramos las imágenes de satélite disponibles a escala regional, que en su conjunto nos proporcionan una valiosa información a nivel territorial sobre las características geográficas del ámbito donde se desarrolló la cultura tiwanakota. Se trata principalmente de las imágenes que obtienen el equipo de satélites norteamericanos *Landsat*, el sistema europeo *Sentinel*, operativos desde los años 70 del pasado siglo XX en el primer caso, y desde 2014 en el segundo, y el *MDT Global ASTER*, que fue lanzado en junio de 2009 de manera conjunta por la NASA y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón. Todas ellas, por ejemplo, son plataformas de información espacial utilizadas por el conocido servidor *Google Earth* ©, con la enorme ventaja del fácil uso y rápido acceso.

A partir de la disposición del conjunto de materiales, tanto de imágenes satelitales como la información obtenida mediante el sistema *dron*, proceso que explicaremos más adelante en detalle, se facilita el proceso relativo al análisis y tratamiento de las imágenes originales, con la ventaja añadida del acceso comparativo a la información digital, proceso que nos aporta datos de vital importancia sobre el territorio. A partir del proceso de conformación de *topologías*⁶ podemos valorar cuestiones tales como los usos y coberturas del suelo, las tipologías y el estado de la vegetación, de los sedimentos, la presencia de roquedos, aguas superficiales, formas de drenaje, erosión del terreno, infraestructuras, edificaciones, etc., conforman todo un conjunto de variables, que nos permitirán analizar los mecanismos y evidencias de la presencia humana en Tiwanaku. En los próximos capítulos conoceremos un poco más sobre el sitio, para después adentrarnos en los resultados del trabajo realizado.

⁶ *Topología* en el ámbito geoespacial hace referencia a los modelos de relaciones entre los diferentes sistemas de representación geográfica, y su localización sobrepuerta en el mapa. Su estudio nos permite valorar relaciones espaciales entre elementos, mediante modelos de predicción matemáticos.

aynacha · abajo · urin



De Tiaguanaco a Tiwanaku: breve historia de las viejas historias

“El verdadero significado de las cosas
se encuentra al tratar de decir las
mismas cosas con otras palabras”.

Charles Chaplin





Katari – Amaru. Deidad relacionada con el ciclo de la vida y el agua. Museo Lítico (*Tiwanaku*)

Según cuenta una vieja tradición, cuando llegaron los primeros españoles al actual sitio de Tiwanaku, se quedaron boquiabiertos ante lo que vieron: Los increíbles restos de majestuosas edificaciones, impresionantes monolitos, canales... En su búsqueda de la capital del territorio Inka, aquellos sorprendidos hombres no esperaban hallar en el inhóspito altiplano andino los restos de una colosal civilización, ya para entonces extinta. La pequeña historia cuenta que aquellos hombres preguntaron por señas a un habitante de la zona por el nombre de aquel mágico lugar. Y la respuesta que recibieron fue “Thia Wañaku”; en lengua aymara, la *Ribera Seca*. Tal y como sucede muchas veces, aquella historia pasó del imprescindible marco de la “Gran Historia” al extraño mundo de la anécdota, sin solución de continuidad.

Resulta algo muy curioso como, en demasiadas ocasiones, ya no la *gran* sino más bien la *sencilla* Historia se entrelaza de infinidad de estas citadas anécdotas; unas situaciones que en un momento se inscriben como parte de la leyenda popular, hasta que de pronto nos damos cuenta de su verdadera importancia. Es una cuestión de perspectiva: la respuesta a nuestras dudas está tan cerca de nosotros que no somos capaces de verla. Hoy, a la luz de los datos que se han derivado de los recientes trabajos en Tiwanaku, somos conscientes de la probabilidad de que aquel habitante del sitio, sin conocer el nombre original del propio lugar que habitaba, en realidad estuviera haciendo una auténtica descripción de uno de los fundamentos de la vida en el Tiwanaku milenario. O mejor expresado, la Tiwanaku milenaria, si entendemos como así fue, que el sitio era y es el conjunto de restos de una gran ciudad.

Tal vez incluso, eso sí, el propio nombre por el que la población Aymara del siglo XVI conocía la antigua metrópoli, más allá de que fuera o no su denominación original, un nombre que, probablemente, no sabremos nunca con certeza absoluta. Es una de tantas cosas que el tiempo ha borrado, como heridas mal cicatrizadas, y que por el momento la ciencia no puede restañar. De hecho, se ha hablado mucho sobre el tema, con ideas absolutamente variadas y más o menos argumentadas, desde hace más de cien años. Autores del mundo contemporáneo han recorrido el lugar y lo han investigado durante los siglos XIX, XX y XXI sin desmayo, aunque con desigual fortuna.

Atendiendo a los cronistas más antiguos, las informaciones que podemos leer en sus libros son muy interesantes, tanto por su mayor cercanía cronológica con el sitio histórico como por la forma más sencilla de aproximarse a un lugar mítico para el imaginario colectivo de los habitantes del altiplano andino.

El cronista Padre Bartolomé Cobo, en su *Historia del Nuevo Mundo* hace un recorrido consciente por el interés de alguno de los sitios más misteriosos e interesantes de la arqueología andina.

“Yo mismo muchas veces y con más que mediana diligencia he visto y considerado las ruinas de los más suntuosos y antiguos edificios deste reino del Perú, como son las del Cuzco, de Guamanga, Vilcas, Tiahuanaco, Pachacama y otras, por ver si en alguna de las losas y piedras extrañas que dellos se sacan hallaba señal de letras, caracteres o de alguna labor semejante. [...]” (8) (*Historia del Nuevo Mundo*, libro XI)

El cronista hace varias breves referencias a su visita a Tiwanaku, en torno al año 1610. En ella observa, por ejemplo, la presencia de un gran monolito recién desenterrado, entre otros elementos:

"No hace poco en confirmación desto, la antigualla de algunos edificios arruinados que vemos en este reino, de piedras grandísimas y bien labradas, como son el de Tiaguanaco, el que está debajo de tierra dos leguas de Guamanga, y otros; y más con las estatuas de piedra que se han desenterrado en el de Tiaguanaco, las cuales son tan grandes que yo mismo medí la cabeza de una por la frente y sienes, y tenía de ruedo doce palmos; y no solamente en su grandeza, talle y facciones de rostro muestran ser figuras de gigantes, sino que, teniendo traje, tocado y cabello de muy diferente compostura que el de los indios, es no pequeño indicio de haber sido labradas por otros gentes [...]" (Historia del Nuevo Mundo, Libro XII. Cap. 1)

Cincuenta años antes del texto del padre Cobo, en la *Crónica del Perú* (9), Pedro Cieza de León ya emplea el término *Tiaguanaco* para nombrar al lugar en el que se enfrenta a unas colosales ruinas que le maravillan. Sin embargo, nadie le da razón de los orígenes del sitio, y él escribe lo siguiente:

"Yo pregunté a los naturales, en presencia de Juan Vargas (que se el que sobre ellos tiene encomienda), si los edificios se habían hecho en tiempo de los ingas, y riéndose de esta pregunta, afirmando lo ya dicho, que antes que ellos reinasen estaban hechos, más que ellos no podían decir ni afirmar quién los hizo, más de que oyeron a sus pasados que una noche remaneció hecho lo que allí se veía [...]" (Pedro Cieza de León. Crónica del Perú, capítulo CV).

Y es que el nombre de Tiwanaku no ha sido, ni será, el único objeto de controversia al respecto del sitio. Se ha hablado mucho sobre aspectos tan variados como su extensión, su cronología, llegando incluso a discutirse si realmente era una ciudad o acaso un centro ceremonial, o tal vez ambas cosas al tiempo. Una polémica que se ha arrastrado en buena medida hasta nuestros días.



Ilustración 12. Primera página de la Crónica del Perú. Pedro Cieza de León (1553). Library of University of Pennsylvania.

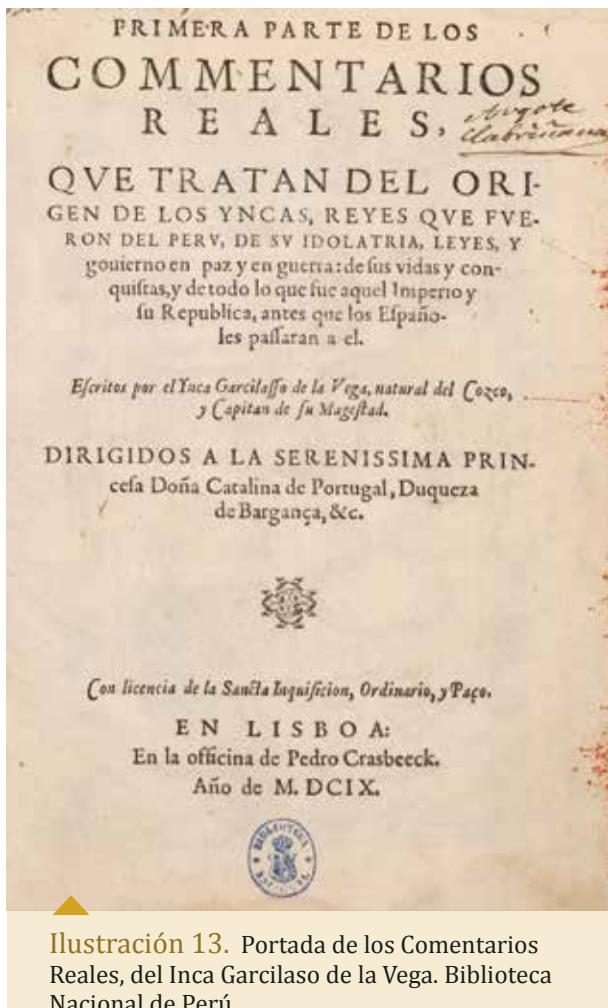


Ilustración 13. Portada de los Comentarios Reales, del Inca Garcilaso de la Vega. Biblioteca Nacional de Perú.

rodeaban... Todo un mundo construido y destruido una y otra vez, en función de las circunstancias favorables o críticas que sucedían en aquella región del altiplano andino. Antes hemos leído un breve pasaje del texto de Pedro Cieza de León, referido, no ya a la antigüedad de los edificios de Tiwanaku en el siglo XVI de nuestra era, sino a la conciencia de esa misma antigüedad por parte de las personas que allí vivían hace quinientos años. Y esa conciencia era memoria viva que quedó plasmada tanto en el texto de Cieza de León, como en las ágiles palabras del gran poeta que fue el Inca Garcilaso de la Vega, que recordaba las descripciones que del sitio le contaba Diego de Alcobaza⁷, quién le decía lo siguiente:

De hecho, se siguen planteando cuestiones complejas de rastrear, como puede ser el hecho de la presencia de *peregrinos* que se aproximan a la ciudad desde la perspectiva religiosa de un espacio nuclear de culto para la región o la existencia de poblaciones étnicamente diferentes al conjunto general del sitio, asentada propiamente en espacios realmente cercanos, si no vinculados directamente con la estructura física del núcleo principal de ocupación, como puede ser la población residente en la zona conocida como *Chií ji Jawira*, en el área oriental del sitio (10).

Y es que en realidad Tiwanaku es un crisol de fuertes contrastes, cuestión que se traslada también al ámbito de nuestro conocimiento científico. Por el momento, no tenemos certezas absolutas, aunque sí trabajos científicos en la línea de intentar cubrir estos significativos vacíos, en referencia a factores tan importantes como quiénes fueron los constructores de Tiwanaku (11), cómo se llamaban a ellos mismos, o cómo llamaban, tal y como hemos visto, a su ciudad; aspectos tan cotidianos para nosotros, que ni tan siquiera nos planteamos su verdadera importancia. A su ciudad, a los espacios naturales o artificiales que la

⁷ Diego de Alcobaza, que Garcilaso cita como “un sacerdote, condiscípulo mío”, es hijo de Juan de Alcobanza, quien fuera ayo y después maestro del propio Inca Garcilaso de la Vega. Este último escribe de Diego que “puedo llamarle hermano porque ambos nacimos en una casa y su padre me crió como ayo” (Comentarios Reales de los Incas. Libro Tercero, capítulo I)

"En Tiahuanacu, provincia del Collao, entre otras hay una antigualla digna de inmortal memoria, está pegada a la laguna llamada por los españoles Chucuitu cuyo nombre propio es Chuquiuitu. Allí están unos edificios grandísimos, entre los cuales está un patio cuadrado de quince brazas a una parte y a otra, con su cerca de más de dos estados de alto. A un lado del patio está una sala de cuarenta y cinco pies de largo y veinte y dos de ancho, cubierta a semejanza de las piezas cubiertas de paja que vuestra merced vio en la casa del Sol en esta ciudad de Cozco. El patio que tengo dicho, con sus paredes y suelo, y la sala y su techumbre y cubierta y las portadas y umbrales de dos puertas que la sala tiene, y otra puerta que tiene el patio todo esto es de una sola pieza, hecha y labrada en un peñasco y las paredes de patio y las de la sala son de tres cuartas de vara de ancho, y el techo de la sala, por de fuera, parece de paja, aunque es de piedra, porque, como los indios cubren sus casas con paja, porque semejase ésta a las otras, peinaron la piedra y la arrayaron para que pareciese cobija de paja. La laguna bate en un lienzo de los del patio. Los naturales dicen que aquella casa y los demás edificios los tenían dedicados al Hacedor del universo. También hay allí cerca otra gran suma de piedras labradas en figuras de hombres y mujeres, tan al natural que parece que están vivos, bebiendo con los vasos en las manos, otros sentados, otros en pie parados, otros que van pasando un arroyo que por entre aquellos edificios pasa; otras estatuas están con sus criaturas en las faldas y regazo; otros las llevan a cuestas y otras de mil manera. Dicen los indios presentes que por grandes pecados que hicieron los de aquel tiempo y porque apedrearon un hombre que pasó por aquella provincia, fueron convertidos en aquellas estatuas [...]".

(Comentarios Reales de los Incas. Libro Tercero, capítulo 1) (12)

Un texto que nos habla de grandes edificios construídos en piedra, del propio Lago Titicaca (la *Laguna Chucuitu*), de arroyos, de monolitos... Informaciones que a todas luces se antojan indirectas, y fruto en muchos casos de observaciones rápidas y comentarios de terceras personas, pero que todas ellas vemos posteriormente reflejadas en nuestro trabajo científico. Y esta es una de las cuestiones más complejas del análisis histórico: Establecer mecanismos de validez de las informaciones de que disponemos, a partir de los datos de aquellas personas del pasado, que nos aportan datos de gran interés, tanto por la calidad de las descripciones como por el mero hecho de haber vivido en épocas más próximas al momento histórico que intentamos desentrañar.

En este sentido, no son demasiados los autores, como estamos viendo, que nos aportan esas descripciones escritas del lugar, aunque sean parciales. Otro ejemplo interesante lo tenemos en Fray Reginaldo de Lizárraga, un autor cuyas informaciones son especialmente apreciables, dado que, durante un largo periplo por



Ilustración 14. Monolito Fraile. Templo de Kalasasaya. Imagen: Ernestina Cortés Albor

todo el Perú, recorre personalmente estas tierras⁸. De hecho, Lizárraga realiza una serie de descripciones especialmente interesantes para nuestro trabajo, referentes al territorio de Tiwanaku a finales del siglo XVI y comienzos del siglo XVII (13). Y lo son dado que es un autor que conocerá de primera mano algunos elementos que nos resultan de todo punto llamativos. Más adelante, por ejemplo, veremos una descripción de las cualidades de las balsas fabricadas con *totora*, que el fraile hace a su paso por Desaguadero, a menos de una jornada de camino a pie del sitio arqueológico. En el capítulo siguiente a esta referencia al respecto del puente construido con balsas de este material, y ya en tanto a información concreta sobre Tiwanaku, el autor escribe expresamente lo siguiente:

"Seis o siete leguas delante del Desaguadero llegamos al pueblo de Tiaguanaco, donde hay apartado un poco del camino Real, sobre mano derecha, unos edificios antiguos de piedra recia de labrar, que parecen labradas con escuadra, y entre ellas piedras grandísimas; casi no pasa por aquel pueblo hombre curioso que no las vaya a ver. La primera vez que por allí pasé con otros dos compañeros las fuimos a ver, donde vimos unas figuras de hombres de sola una piedra, tan grandes como gigantes, y junto a ellas de muchachos, la cintura ceñida con un talabarte labrado en la misma piedra, sin tiros, como usan los que traen tahelés. Paredes no había altas, ni casa cubierta; ocuparía este edificio más que cuatro cuadras entorno. No saben los indios quién lo edificó, ni de dónde se trajeron aquellas piedras, porque en muchas leguas a la redonda no se halla tal cantera. Es fama haber allí gran suma de tesoro enterrado; hase buscado con diligencia, mas como andan a ciegas los buscadores, no han dado con ello, sólo dan con la plata que sacan de la bolsa para el gasto. Agora se aprovechan de aquellas piedras para el edificio de la iglesia deste pueblo [...]." (Descripción Breve del Reyno del Perú. Capítulo LXXXVIII: Del pueblo Tiaguanaco)

Tiwanaku era, como ahora sigue siendo, un lugar digno de admiración. Apoyada en un gran desconocimiento inicial en referencia a las informaciones más sencillas, las lagunas de la memoria se completan mediante el conocimiento religioso, siendo el sitio un espacio central para la propia *teogonía incaica*. De hecho, esta cuestión será uno de los elementos más relatados por parte del conjunto de cronistas que, desde los primeros y asombrados visitantes europeos al sitio, lo recorrerán durante los siguientes dos siglos. Antonio Vázquez Espinosa, Antonio de Castro y del Castillo, Pedro Nolasco Crespo, serán voces que mantendrán con vida el interés europeo por el sitio durante los siglos XVII y XVIII, para dar paso a los primeros protagonistas de la presencia científica en un lugar, que necesitaba de nuevos enfoques para su particular comprensión.

8 Baltasar de Obando, que profesará a los quince años en la orden de los Dominicos y tomará el nombre religioso de *fray Reginaldo de Lizárraga*, recorrerá la gran provincia del Perú, recogiendo sus observaciones en su *Descripción Breve del Reino del Perú, Tucumán, Río de la Plata y Chile*. Como visitador de los conventos dominicos del Perú, recorrerá todo el enorme territorio, anotando interesantes infomaciones y experiencias a lo largo del mismo.



Ilustración 15. Retrato de Bartolomé Mitre.
Fuente: Diario La Nación.

Y serán los autores del siglo XIX que se acercaban a *las ruinas* desde la lectura de aquellos primeros españoles que escribieron sobre ellas realizaron diversas aproximaciones, aportando esta tan necesaria (mayor o menor) actitud científica. Grandes naturalistas, como Tadeo Haenke, Alexander Von Humboldt o Alcides Dessalines D'Orbigny, quienes visitaron y describieron el lugar y aprovecharon para invitar a los círculos literarios europeos de principios de siglo a recorrer sus monumentos (14). Merece la pena leer, por ejemplo, las descripciones que del sitio realiza Bartolomé Mitre⁹ (15), quien además analiza aspectos de toda índole al respecto del sitio, tales como el nombre, la procedencia étnica de sus antiguos pobladores, o una completa descripción e interpretación de las figuras de la *Puerta del Sol*, entre otros elementos. Él es, como hemos visto, *uno entre todos* los científicos, artistas, exploradores, etc., que durante los últimos doscientos años se han acercado a Tiwanaku: Tadeo Haenke, Alexander Von Humboldt, Joseph Barclay Pentland, Alcides Dessalines d'Orbigny, Leoncio Angrand, Francis de Castelnau, Clement R. Markham, David Forbes, entre otros, aportarán las primeras versiones modernas de la información que ahora leemos sobre el sitio.

A esta etapa de acercamiento proto - científico, casi romántico, y exploratorio a Tiwanaku pondrá un interesante punto y final la descripción del sitio que realizará Ephraim George Squier, en su obra magna “Perú. *Incidents of travel and exploration in the land of the Incas*”, en 1877 (16) (17). Será a finales del siglo XIX, con los trabajos de Max Uhle, a los que añadiremos poco después las primeras excavaciones sistemáticas en el sitio, realizadas por una parte por la misión francesa bajo la dirección de Créqui-Monfort y Sénéchal de la Grange, de 1903, y por otra bajo la dirección del naturalista alemán Otto Buchtien, quien con el tiempo recibirá el encargo de formar y dirigir el *Museo de Historia Natural de Bolivia*. De este momento, más allá de la calidad científica de los trabajos arqueológicos realizados, nos ha quedado un conjunto de interesantes fotograffías que ilustran el estado del sitio antes de la irrupción de la actividad científica sistemática, que estudiará el lugar durante todo el siglo XX y XXI, y que analizaremos a continuación.

9 Bartolomé Mitre, militar, historiador, escritor y político, llegará a ser el cuarto presidente de la República Argentina. En 1847 es invitado a dirigir el Colegio Militar de La Paz, circunstancia que unida a su interés por la Arqueología, terminará indirectamente derivando en la visita de Mitre al sitio de Tiwanaku, un año después.



Ilustración 16. Misión Arqueológica Francesa. 1903. Museo de Brooklin.

El Enfoque de la Arqueología: bases para la interpretación

El mundo ha cambiado mucho en los últimos cien años. Han cambiado las formas políticas, los procesos sociales, las estructuras culturales... Y acompañando a este cambio, así lo ha hecho el enfoque mediante el que analizamos la realidad. La Ciencia ha sido partícipe fundamental de este proceso de aceleración evolutiva, adaptándose a frecuentes y totales cambios de paradigma, para afrontar la interpretación de una humanidad absolutamente variable.

La Arqueología ha sido, y de hecho aún es, parte de este proceso. Lo es no solo en tanto a las técnicas y métodos en que analiza la realidad histórica de hace cientos o miles de años, sino que también ha ido incorporando las aproximaciones teóricas que cada momento propugnaba, partiendo de un enfoque historicista clásico, en su origen, para incorporar los paradigmas positivistas y novistas a partir de los años sesenta del pasado siglo; y todo ello para girar hacia enfoques tan variados como interesantes desde una aproximación casi filosófica de la

realidad, como son los planteamientos funcionalistas, estructuralistas, post estructuralistas, materialistas, neopositivistas, entre otros (18).



Ilustración 17. Plano de Tiwanaku. Max Uhle y Alphonse Stuebel. Hace referencia a Kalasaya, Akapana y un bosquejo parcial de Putuni (20). Facsímil, Universidad de Heidelberg.

mos a la información. Hasta hace no tanto, la fórmula ortodoxa para obtener información arqueológica pasaba obligatoriamente por la realización de trabajos de campo más o menos complejos, que precisaban de ingentes esfuerzos científicos para intentar desentrañar mínimamente las implicaciones territoriales de los grandes y pequeños sitios arqueológicos. La irrupción del *positivismo* en la ciencia supuso la aplicación práctica de la estadística y el cálculo matemático a la forma de hacer de los científicos del pasado. Un primer salto que concluirá en nuestros días con la aplicación de complejos sistemas de cálculo para desentrañar variables como la población de un sitio o la localización de sus fuentes de recursos (19).

Más allá de este conjunto de aproximaciones formales, que han enriquecido enormemente el diálogo generado por la investigación de campo, las estructuras científicas en las que la Arqueología se ha apoyado a lo largo de los últimos cien años han acompañado a todo este *proceso de cambio*. Hemos pasado de la ausencia de método a la hora de plantear las intervenciones, a la incorporación del análisis científico, comenzando por la estadística y matemática que caracterizaban las cuantificaciones de piezas y sus clasificaciones, propias de la ciencia *positivista*, hasta la aplicación de mecanismos científicos derivados de la física, la química, la medicina... Sistemas a la postre tan complejos como el elemento que impulsa la publicación del libro que están leyendo, y que no es otro que el uso de las tecnologías de *telede tección* aplicadas a un sitio arqueológico de la entidad de Tiwanaku.

Tal y como hemos empezado a conocer y veremos más adelante, tanto los avances en el uso de la informática aplicada al análisis del territorio, como la aplicación de nuevos soportes para la captura de datos, tales como satélites o *drones*, ha revolucionado la manera en la que nos acercan

Los primeros esfuerzos arqueológicos en Tiwanaku, sin embargo, estaban muy lejos de los planteamientos científicos más adecuados. Más allá de las búsquedas de tesoros de las que tenemos noticias, al menos, desde la llegada de los primeros cronistas españoles en el siglo XVI, y que siguen refiriéndose en los siglos XVIII y XIX, el punto y final a siglos de aproximaciones de diversa índole al sitio, y por el contrario el comienzo de la práctica arqueológica en el sitio, lo marcarán el estudio de Max Uhle y A. Stübel, en 1892 "(20)", así como los trabajos de la misión francesa dirigida por Créqui-Monfort y Sénechal de la Grange, y los trabajos del naturalista alemán Otto Buchtien, ambos en 1903.

Han sido decenas los arqueólogos que han continuado la labor de estos precursores del estudio de Tiwanaku. En 1932, el estudio del norteamericano *Wendell C. Bennett* sirvió para realizar la primera sistematización cronológica del sitio a partir de los materiales, sobre todo cerámicos. A partir de su excavación de diez catas (que denominó *pozos*), con una básica referencia topográfica en el sitio, que nos permite ahora tener una idea aproximada de su posición, determinó que la ocupación humana del sitio se podía estructurar en tres fases, que denominó *periodos Temprano, Clásico y Decadente*. Todo ello a partir de las formas y estilos de los elementos que pudo obtener de sus excavaciones, en las que, además, localizó alguno de los monolitos más significativos de la estatuaria del sitio (21).

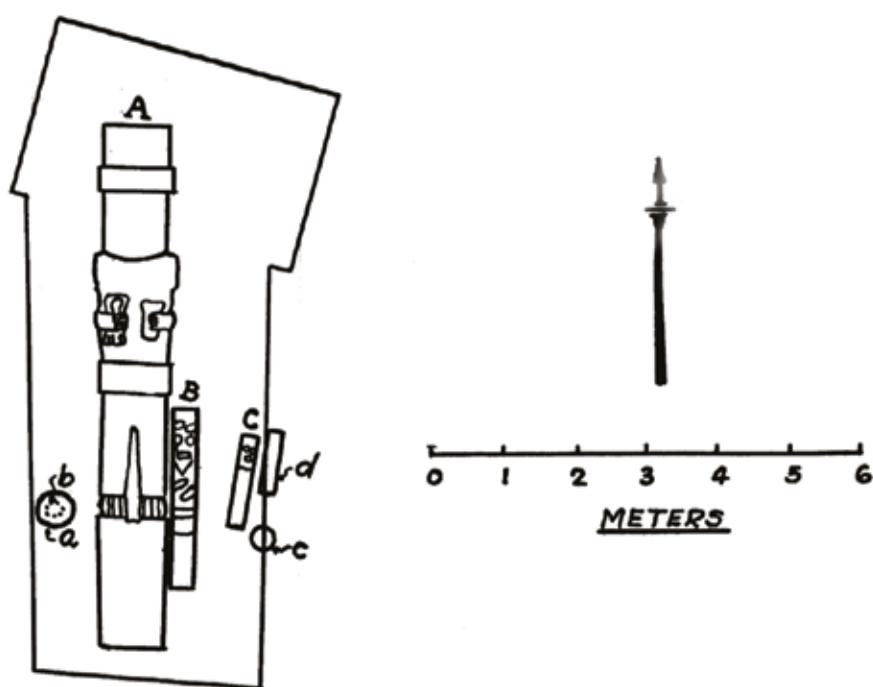


Ilustración 18. Dibujo de la localización de los monolitos "Bennett" y "Barbado" entre otros elementos líticos de gran interés. Pozo VII. Excavaciones de Wendell C. Bennett: dibujo original (21)



Ilustración 19. Detalle de la excavación de los monolitos “Bennett” y “Barbado”. Fotografía original de Wendell C. Bennett (21)

A estas excavaciones le sucederán los trabajos de Ryden y posteriormente de Kidder, hasta mediados de los años 50s del pasado siglo XX, momento en que la organización del *Centro de Investigaciones Arqueológicas de Tiwanaku*, al que veinte años después seguirá el *Instituto Nacional de Arqueología de Bolivia*, dará paso a los trabajos sistemáticos de equipos netamente bolivianos, bajo la dirección de profesionales que desarrollarán largos procesos de intervención en el sitio. Esto sucede con el caso paradigmático de Carlos Ponce Sanginés (22), quien con la colaboración de Julia Elena Fortún en un primer momento, y de Gregorio Cordero Miranda a lo largo de toda su dilatada carrera, dará origen a ambas instituciones, y realizará los primeros trabajos sistemáticos de excavación de la pirámide de Akapana, así como la polémica restauración del templo de Kalasasaya, obteniendo una nueva secuenciación cerámica, y por extensión cronológica, del sitio.

La presencia institucional de los investigadores bolivianos no fue óbice para el regreso de nuevos equipos internacionales, que aportaron interesantes perspectivas basadas en nuevos proyectos y

fórmulas de trabajo. Sin ir más lejos, será Jeoffrey Parsons quien, en 1968 llevará a cabo el primer estudio territorial del conjunto del sitio, recorriendo todo su entorno de forma sistemática empleando lo que en Arqueología se denomina *prospección intensiva*. Esto no es otra cosa que recorrer un territorio determinado de forma pausada y sistemática, observando los rastros culturales que quedan en la superficie. Estos restos de cultura material se documentan y se localizan topográficamente, de forma que podamos tener datos correspondientes, por ejemplo, a la extensión de un sitio, o a la aparición de determinados elementos particulares en concentraciones específicas, por ejemplo, restos de fundición en torno a posibles espacios artesanales de metalistería. Así, trasponiendo datos de aproximación a los análisis demográficos de otras zonas, y en especial del territorio mesoamericano, Parsons planteó que la posible población de la Tiwanaku histórica podía oscilar entre los 5.000 y los 20.000 habitantes, y un área ocupada de unas doscientas cincuenta hectáreas (23).

Los dos últimos grandes proyectos arqueológicos que han tenido lugar en el sitio, partiendo de diferentes enfoques teóricos, han intentado obtener caracterizaciones complejas de Tiwanaku, tanto como entidad política como en su derivada de uso del territorio. Estos han sido los trabajos del proyecto *Willa Jawira*, bajo la dirección de Alan Kolata (24) (25) con importantísimas implicaciones en el conocimiento de las relaciones centro – periferia así como las condiciones y recursos agroeconómicos de Tiwanaku, como ciudad y como ente político; y poco tiempo después las acciones asociadas al proyecto PAPA (Puma Punku – Akapana), dirigido por Alexei Vranich, y desarrollado por las universidades de Pennsylvania y Arkansas, quienes además de realizar trabajos de excavación en el entorno de ambos monumentos aplicaron sistemas de detección no invasiva y teledetección al yacimiento con excelentes resultados (26).

Otros proyectos más modestos pero no menos interesantes se desarrollarán en el sitio durante estos últimos años, como por ejemplo las actividades arqueológicas en el área de Kk'araña por parte del equipo de Erik Marsh (27), en el proyecto *Kala Uta*, que pudo estudiar adecuadamente las fases del periodo formativo comenzadas a evaluar por Javier Escalante (28) en el desarrollo del citado proyecto Willa Jawira. Así mismo, todo un conjunto de intervenciones de rescate se han realizado a lo largo de los últimos años, acompañando acciones específicas cuyos objetivos no eran específicamente arqueológicos. Un ejemplo claro son las acciones de drenaje de agua que pretendían minimizar los procesos de afección de este elemento al conjunto monumental, y que implicaban la apertura de zanjas de drenaje, acompañadas por el monitoreo de equipos de arqueólogos.

Estos proyectos, tanto si tienen como objetivo el análisis científico como si este es la protección de los *Bienes Culturales* de Tiwanaku, permiten en todo caso ahondar en discusiones harto interesantes sobre temas que hasta la fecha apenas se podían tratar con un mínimo rigor y criterio analítico. Por ejemplo, el modelo de sociedad / estado aplicable a Tiwanaku como ente poblacional, con autores

como Browman que, reforzando ideas anteriores sobre el sitio como un centro ceremonial, receptor de peregrinaciones, plantearon modelos de estado muy distintos, basados tanto en la coerción y la relación económica con territorios muy lejanos, que implicaban soluciones especialmente interesantes, como rutas de caravanas de camélidos que convergían en Tiwanaku como referente religioso y cultural (29).



Ilustración 20. Superposición de diferentes tipos de estructuras asociadas al periodo Formativo Tardío. Área de Kk'araña. Fotografía: Erik Marsh (27).

El enfoque de la Geografía Física: lo que vemos y lo que no vemos.

Con la perspectiva mostrada de más de cien años de aproximaciones científicas a Tiwanaku, un lugar con unos condicionantes ambientales muy importantes, localizado en un espacio tan complejo para la vida corriente del ser humano como es el *altiplano andino*, resulta evidente que antropólogos y arqueólogos, en su trabajo por recomponer la sociedad y cultura del pasado necesitan con frecuencia apoyarse en otras ciencias territoriales, como la Geología, la Geografía, la Paleobotánica, etc. Estas materias se centran en explicar el origen y evolución del relieve, recursos hídricos disponibles y sus situaciones de cambios espacio - temporales, clima, cambios climáticos, aprovechamiento del suelo, riesgos ambientales, comunidades vegetales dominantes en cada ámbito, y un largo conjunto de otras variables que afectan a la relación del ser humano con el espacio físico en que vive. En definitiva, el

apoyo de la Arqueología en estas diferentes disciplinas debe redibujar el paisaje dominante un par de milenios atrás para contribuir a conocer dónde, cuándo o cómo vivían las comunidades tiwanacotas.

La *Geografía Física*, como ciencia dedicada al análisis y comprensión de la superficie terrestre, de los procesos y elementos naturales *bióticos y abióticos*¹⁰, puede ofrecer una visión de conjunto del territorio donde se instaló, desarrolló, expandió y pereció la comunidad histórica de Tiwanaku, que alcanzó un gran apogeo cultural y territorial y para sucumbir tiempo después sin que hasta ahora tengamos un gran acuerdo sobre las estructuras de este proceso. Desde el enfoque de la Geografía Física trataremos de explicar el contexto ambiental donde habitó este núcleo humano, que hoy conocemos como Tiwanaku. Para comenzar, plantearemos unos datos básicos a continuación.

El primer elemento que debemos destacar es su emplazamiento en Bolivia, a 57 km al Oeste de la ciudad de La Paz, entre las coordenadas 16°33'52"S - 68°41'10"W y 16°34'00"S - 68°39'51"W. Tiwanaku está localizada en el territorio que conocemos como *Altiplano Central*, a unos 3.860 metros sobre el nivel del mar, junto al margen izquierdo del río de nombre similar, Tiahuanaco, en su tramo bajo. Poco después de superar la actual población, el río desaguará en el lago menor, perteneciente al complejo hídrico del Lago Titicaca, a unos 15 km en la actualidad.

La aparente horizontalidad del altiplano, originada por el relleno de la gran fosa tectónica del interior de los Andes, presenta en este sector algunas formas de relieve de muy diversa naturaleza: aluviales, sedimentarias, estructurales, etc.; todas ellas son características de un territorio donde la actividad tectónica, y volcánica en áreas cercanas, ha sido muy intensa y se mantiene hasta la actualidad, si bien aquí de forma menos energética que en las cordilleras andinas propiamente dichas.

Tiwanaku está enmarcada por dos relieves montañosos interiores del altiplano: al Norte, las colinas formadas por materiales sedimentarios, fuertemente disectadas, que drenan principalmente hacia el Norte fuera de esta cuenca hidrográfica, y se elevan unos 320 metros sobre el nivel del río hasta alcanzar una cota de 4.165 m; al Sur, por la Serranía de Machaca, que asciende casi 1.000 m sobre el nivel del mismo río, hasta los 4.825 m. La diferencia altitudinal de estas sierras interiores da lugar a una cuenca disimétrica, posiblemente condicionada por una probable falla tectónica, con escaso desarrollo en su margen derecha y más extensa por la izquierda, donde se encuentran los vestigios arqueológicos de Tiwanaku (Ilustración 21).

10 Con o sin vida.

La localización del sitio destaca topográficamente del entorno como una pequeña elevación tabular, casi plana en la parte culminante, que ya es visible mediante el Modelo Digital del Terreno regional, aunque, como veremos más adelante, estas formas del relieve son mucho más precisas con la representación del relieve obtenido mediante los trabajos de teledetección mediante *dron*.

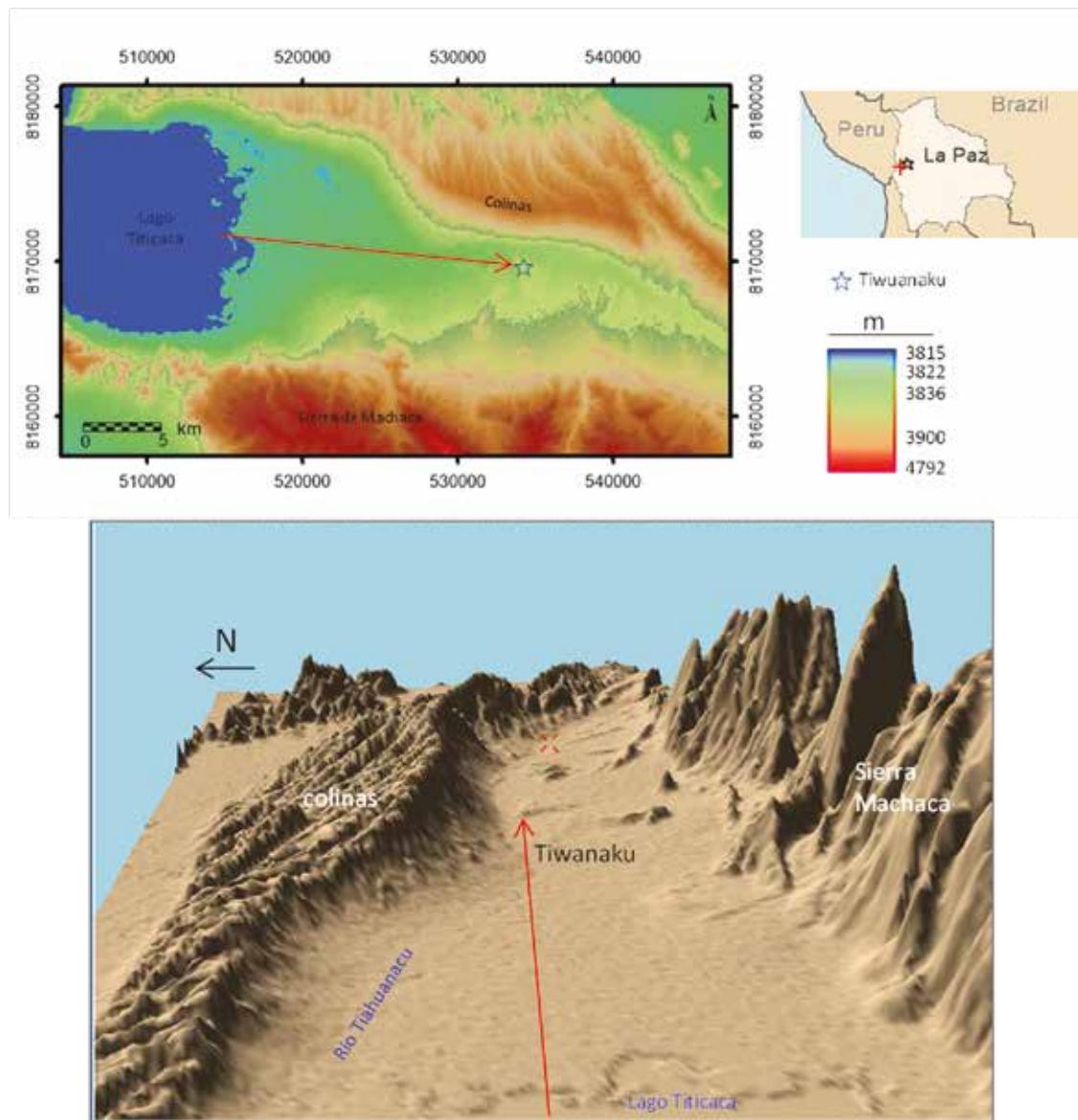


Ilustración 21. Localización de Tiwanaku en el *Modelo Digital del Terreno* regional y detalle del altiplano central con exageración del relieve. Fuente: Shuttle Radar Topography Mission (<http://glcf.umd.edu/data/srtm/>).

Esta representación digital del terreno, una de cuyas características más destacables ha sido su precisión centimétrica, nos ha revelado con gran detalle la topografía del enclave arqueológico, así como algunas características del medio natural y elementos arqueológicos desconocidos hasta la fecha. Además, en el mapa resultante se advierten otras formas menores, naturales y antrópicas, que pudieran resultar de gran relevancia en el uso, aprovechamiento y defensa del medio donde se estableció parte de la cultura tiwanakota.

El *Modelo Digital del Terreno* de alta definición ha desvelado la posición ligeramente elevada donde se instala el conjunto arqueológico de Tiwanaku, a modo de un relieve tabular *residual*¹¹, aunque muy erosionado y con una leve inclinación hacia el norte, tan pequeña en su techo (0,008% de pendiente) que pasa inadvertida a cualquier viandante.

Además, este pequeño promontorio muestra en superficie al menos una veintena de *dolinas* que son formas hundidas del terreno, de tendencia redondeada, que se encharcan en las estaciones y años húmedos, e indican la presencia de rocas calizas subyacentes. Esta base geomorfológica del terreno facilita la circulación del agua subterránea o subsuperficial, contribuyendo al hundimiento de los sedimentos superiores y a la posterior inundación estacional de estos elementos. Aunque originariamente son relieves naturales, con unas formas características redondeadas o elipsoides, estos pueden unirse creando conjuntos más complejos, que se denominan *uvalas* y aumentar su tamaño.

Uno de los elementos más llamativos al respecto de la presencia de estas formas en Tiwanaku, y que hemos podido atestiguar de manera fehaciente mediante los trabajos de teledetección, es que algunas de estas formas, que en algunos casos presentan tamaños de 70 a 100 metros de largo por unos 30 a 40 de ancho, fondo plano, cubiertas de suelo y una altura entre 1 y 2 m, han sido alteradas por el ser humano para crear elementos de naturaleza singular, tal y como detallaremos más adelante. Además, son y posiblemente fueron en el pasado, aprovechadas para los usos ganaderos o agrícolas, al constituir un excelente reservorio de agua dulce durante largos períodos durante el año.

Volviendo a la cuestión de la posición de Tiwanaku en el paisaje, una muestra de la posición elevada de este enclave arqueológico la podemos observar de forma sencilla si realizamos lo que denominamos *una sección* en la topografía, que no es otra cosa que un corte virtual del relieve, en este caso realizado en el *Modelo Digital del Terreno* desde la margen derecha del río Tiahuanaco, hasta las inmediaciones de Puma Punku (Ilustración 22). Una vez más, la aparente monotonía del relieve del altiplano se matiza mediante la aparición de diversas *subunidades* espaciales, unas vinculadas al río y sus principales afluentes tributarios, con los

11 Un relieve residual en Geología es aquel que permanece inalterado con el paso de los siglos, en un entorno en el que los demás espacios se han denudado o erosionado.

cauces menor y mayor de cada uno, y con sus extensas llanuras de inundación, elementos críticos para la comprensión del sitio, como veremos más adelante; y además el relieve tabular que sobresale ligeramente de la superficie del altiplano propiamente dicha, y sobre el que se asienta el núcleo arqueológico principal de Tiwanaku.

Es un elemento básico para la comprensión de los mecanismos que facilitan una presencia humana masiva, en un lugar con los condicionantes ambientales que presenta el *altiplano*, es la fertilidad de los suelos de las llanuras de inundación, por lo que, pese a las restricciones térmicas y de humedad impuestas por la altitud, buena parte de la economía agrícola se centra ahora, y presumiblemente en el pasado, en estas formas fluviales. De hecho, el proyecto *Willa Jawira*, dirigido por Alan Kolata (24) (25), ha estudiado tanto en el valle de Tiwanaku como en Pampa Koani la presencia y potencialidad agrícola de impresionantes fórmulas de cultivos tradicionales, llamadas *campos elevados* o *sukakollus*, que consisten en establecer caballones de terreno para la localización alzada de los cultivos con respecto del suelo. Esto permite salvaguardarlos de las heladas y, ocasionalmente, del exceso de humedad.

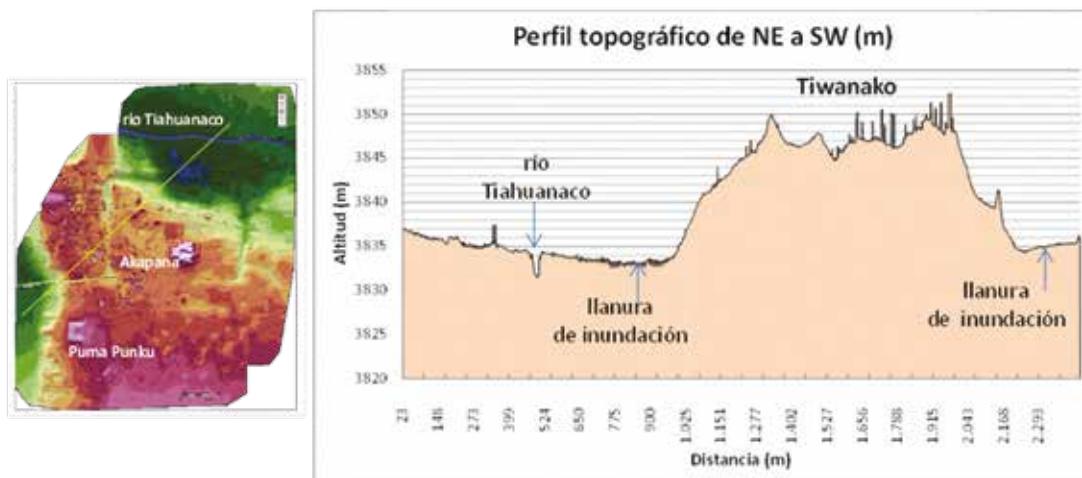


Ilustración 22. Perfil topográfico del núcleo arqueológico de Tiwanaku.

Independiente de las edificaciones que el *Modelo Digital del Terreno* de altísima resolución espacial nos permite observar, y que en la sección del terreno (exagerado para mejorar su análisis) que vemos en la ilustración 22 se manifiestan a modo de agujas elevadas en el corte topográfico, en el techo de la superficie tabular residual también quedan bien identificados buena parte de los canales artificiales, que se muestran como profundas incisiones con formas rectilíneas, en ocasiones muy extensas, así como las dolinas, que vemos como formas cóncavas con fondo casi plano, y por último las terrazas, plataformas y diques, que se manifiestan como elevaciones puntuales que presentan formas ortogonales claramente definidas.

Nuevamente, observando el enclave del conjunto geográfico donde se ubica Tiwanaku y los recursos hídricos actuales que lo jalonan, vemos como toda la cuenca media y baja del río Tiahuanaco, desde la orilla meridional del lago Titicaca hasta las inmediaciones del pueblo del mismo nombre, se caracteriza por una reducida pendiente, acompañada por la presencia de humedales y terrenos inundables, que son visibles de manera manifiesta, por ejemplo, en las imágenes que cualquier usuario puede ver en un sistema abierto digital como puede ser, por ejemplo *Google Earth* ®. Aunque dedicaremos un capítulo concreto más adelante a los recursos hidrográficos y la forma en que estos afectan al sitio, podemos anticipar el hecho de que el conjunto arqueológico está prácticamente rodeado de amplias llanuras de inundación, que se forman por la brusca ruptura de pendiente de los ríos procedentes de las sierras próximas al llegar a la llanura altiplánica. Estas áreas inundables se distinguen con claridad en las diferentes imágenes de satélite recogidas en Google Earth, junto a los numerosos arroyos y ríos que discurren por el altiplano, por los colores verdosos y grisáceos, según su mayor o menor contenido de humedad del suelo y densidad de vegetación higrófila, (Ilustración 23). Esta información es especialmente significativa, ya que su presencia determinará los límites máximos, y por ende la extensión del espacio habitable del núcleo principal de habitación de Tiwanaku, tal y como veremos más adelante.



Ilustración 23. Vista de Tiwanaku en una imagen de Google Earth ® de 19/06/2003, en la que se aprecian los diferentes arroyos que circundan el enclave arqueológico y la extensión de las llanuras de inundación. También se ha dibujado en línea azul discontinua el límite aproximado de las áreas inundables en torno al enclave arqueológico.

Es lógico pensar, por esto, que en un territorio bastante llano, levemente elevado y rodeado de terrenos frecuentemente inundables, la cantidad de agua y la distribución espacio-temporal de las precipitaciones explica, tanto en la actualidad, como a lo largo de todo su pasado histórico, la recurrencia de las avenidas que conformaron parte del paisaje más reciente, y con algunas variaciones, debieron constituir un elemento fundamental en la localización primera, y el posterior aprovechamiento o defensa de la tierra por parte de la cultura Tiwanacota.

En la actualidad conocemos pocos datos sobre el clima al que debieron adaptarse los primeros tiwanacotas, o si éste fue un elemento condicionante de sus vidas, tal y como pudiera parecer simplemente por la perspectiva de la vida en el entorno altiplánico. Pero en una cultura básicamente vinculada a la tierra y al agua es difícil imaginar que no lo fuera. Sí que podemos averiguar como, partiendo de las características ambientales actuales, podrían establecerse algunas ligeras variaciones en cuanto a sus parámetros ombrotérmicos, es decir, de pluviosidad¹² y temperatura, en función de algunos cambios climáticos relevantes a nivel global que han sucedido en época histórica.

Si tuviéramos que establecer una descripción básica del clima de nuestra zona de interés, debemos señalar como esta región boliviana se caracteriza por la altitud, a casi 4000 m, y la presencia estacional de la denominada *Zona de Convergencia Inter Tropical* (que en adelante llamaremos Z.C.I.T.), y que condiciona el régimen bianual de las precipitaciones, definiendo una estación seca y otra húmeda, como fórmulas características del clima tropical de altura.

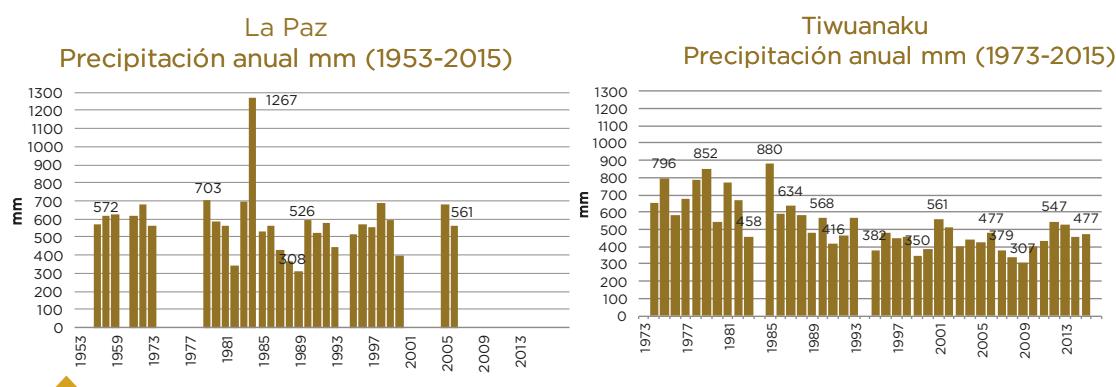


Ilustración 24. Precipitación anual en La Paz y Tiwanaku. Datos SENHAMI.

La precipitación anual media, de 550 mm, ha oscilado durante los últimos cuarenta o cincuenta años desde valores muy altos, propios de climas tropicales húmedos, con diferencias que van desde los 1267 milímetros en La Paz en 1984, y los 880 en Tiwanaku en 1985, tal y como podemos ver en la

12 La *pluviometría* es la medición del conjunto de precipitaciones en una zona determinada, en un periodo de tiempo. Para obtener datos relevantes para cuestiones tales como el control de la inundación de un área, interesa tener información, no sólo de la cantidad de agua, que medimos en milímetros, equivalentes a litros por metro cuadrado (un litro de agua en un metro cuadrado se eleva un milímetro de la superficie); también es fundamental para esto el dato del tipo de precipitación: lluvia, nieve, granizo, etc.

ilustración 24, a otros valores muy bajos, inherentes a las regiones semiáridas, que han oscilado entre los 400 y los 307 milímetros, por lo se remarca el papel modelador del agua en el relieve del altiplano y la dificultad de adaptación al medio de las comunidades que lo habitan. Estas variaciones pluviométricas interanuales dan lugar, tanto a frecuentes sequías, como a fuertes inundaciones, siendo los dos desastres naturales con más y mayores costes económicos y sociales en esta región boliviana (30).

Y es que si planteamos los datos de pluviometría de los últimos años en un sencillo gráfico de barras, correspondiente a la ilustración 25, podremos observar como los algo más de 500 mm de precipitación total anual media, registrados en la actualidad, se concentran de forma general durante los meses centrales del verano austral, es decir, de diciembre hasta marzo. Mientras tanto, observamos por el contrario como el invierno resulta muy seco, pues de mayo a septiembre se acumula menos del 10 % anual de las precipitaciones estimadas.

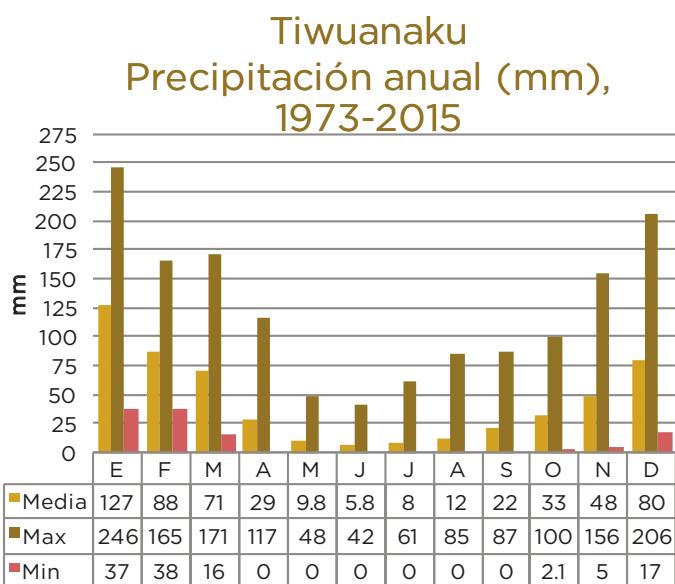


Ilustración 25. Distribución mensual de la precipitación en Tiwanaku, 1973-2015. Los valores medios, máximos y mínimos revelan la gran variabilidad estacional e interanual de las precipitaciones. Datos SENHAMI.

Si los valores medios de precipitación mensual arrojan ya un verano bastante húmedo, los registros más elevados de los últimos cuarenta años indican que, durante 5 meses al año, pueden superarse los 150 mm de pluviosidad mensuales. Además, en diciembre o enero no es extraño encontrar precipitaciones que rondan los 200-250 mm por mes. Todo ello aplicado en un territorio como es la superficie del altiplano andino, naturalmente mal drenado, y con escasa cobertura vegetal, da lugar a las referidas avenidas e inundaciones. Estos procesos de

exceso de agua superficial coexisten con los procesos inversos, esto es, períodos de falta de agua, normalmente estacionales, y en ocasiones interanuales, convirtiéndose entonces en episodios conocidos de sequía, en momentos en que el devenir climático obvia las temporadas húmedas, o al menos las minimiza de forma drástica.

Y es que todas las variaciones interanuales de las últimas décadas muestran el frágil límite del clima del altiplano, que ha debido ser fácilmente afectado por las alteraciones climáticas multiseculares del pasado, que bien pudieron condicionar, o al menos ser un parámetro más o menos relevante, en el establecimiento y ocaso de la cultura Tiwanakota tradicional.

Cabe señalar en este sentido, como los valores pluviométricos más extremos suelen estar vinculados a variaciones en el clima de mayor calado, muy vinculados en esta región a las oscilaciones del fenómeno climático y meteorológico de *El Niño*¹³. No es este el espacio donde profundizar en este tema, pero en la actualidad no son raros en Bolivia, como en otras muchas regiones, grandes deslizamientos de laderas tras intensas lluvias asociadas a este fenómeno, con el fatídico saldo de decenas de personas sepultadas, como el acaecido en Mokororo el 18 de febrero de 1998 (*El Comercio*, Lima, 28 de febrero de 1998).

Capel Molina en una magnífica obra sobre el fenómeno de El Niño (1999), señala que este fenómeno ha estado operando por lo menos durante los últimos 2 millones de años, y que las dataciones aportadas por la paleolimnología en Piura (Perú) señalan actuaciones de ciclos de El Niño en los últimos 2500 años, siendo más frecuentes en los últimos 800-1000 años, después de la *pequeña edad del hielo* (31).

En las últimas décadas, en razón a los años y meses estivales en los que se producen inundaciones en la cuenca baja del río Tiahuanacu, también son notables las variaciones espaciales en las diferentes láminas de agua que jalona todo su entorno, que afectan en toda lógica tanto al avance y retroceso de la línea de costa del vecino lago Titicaca, como a la extensión de los diversos humedales y llanuras de inundación presentes en esta parte del altiplano.

Cabe preguntarse de nuevo en este momento, si los cambios climáticos acaecidos durante épocas pasadas pudieron afectar al abandono de este espacio arqueológico por parte de sus pobladores tradicionales, que bien pudiera haberse producido lentamente o de forma más o menos abrupta.

En este sentido, y coincidentes con la incierta fecha de la retirada y/o desaparición de la ocupación tradicional de la población tiwanakota, probablemente en el largo período de tiempo entre los siglos IX y XIII de nuestra Era, en muchas regiones de la Tierra se han reconocido dos extensos períodos, climáticamente opuestos, que pudieran haber modificado también los parámetros favorables para el modo de vida de esta Comunidad. Téngase en cuenta que a casi cuatro mil metros de altitud los cambios climáticos pueden ser mucho más acentuados.

Según la información de numerosos autores recopilada por Comellas en su buena obra sobre la *Historia de los Cambios Climáticos* (2011) (32), a partir del siglos IX y X de nuestra Era, el crecimiento

13 El fenómeno de El Niño, o ENSO, (El Niño Oscilación Sur, en sus siglas más técnicas), es en realidad la parte cálida de una situación de oscilación climática severa, provocada por el calentamiento del lado oriental del océano Pacífico. Entre otras consecuencias, ocasiona grandes alteraciones en la pluviometría, provocando episodios de fuertes lluvias y nevadas intensas, que generan daños por aluviones en esta región del altiplano.

de las temperaturas fue progresivo hasta alcanzar un ápice entre el año 1000 y 1100 d.C., definiendo el denominado *Período Cálido Medieval*, que sin ser ni continuado, ni siquiera similar, ni homogéneo en toda su extensión geográfica y temporal, sí afectó a grandes regiones de la Tierra, como atestiguan las dos cosechas anuales que se obtenían en muchos valles de Europa o la brusca reducción de zonas de hielos perpetuos que se observó en áreas de Islandia, la Península del Labrador o Groenlandia. Fue sin duda un período más cálido que el anterior o posterior, quedando todavía innumerables lagunas sobre su incidencia en muchas regiones del Planeta.

Lo que podemos inferir de esta circunstancia es que, si las temperaturas fueron entonces más o menos similares a las del siglo XX, lógicamente pudieron modificar en el altiplano la posición estacional de la citada *Zona de Convergencia Intertropical*, que es habitual portadora de las precipitaciones estivales, reduciendo o aumentando su cuantía o intensidad, parámetro que estaría posiblemente vinculado a oscilaciones asociadas al fenómeno de El Niño. En estas hipotéticas circunstancias, mantenidas durante un tiempo suficientemente amplio, la extensión de las sequías pudo contribuir a mermar las fuentes de alimentación basadas en la pesca, agricultura y/o ganadería, o a dificultar incluso los desplazamientos y comunicaciones entre diferentes enclaves, tanto a corta como a larga distancia. Elementos que se han valorado como de especial interés para la llegada de materias alóctonas al altiplano, como pudieron ser las *caravanas de camélidos* (33) cuyas evidencias se observan desde períodos antiguos de la cultura Tiwanakota, se verían seriamente comprometidos en este momento final, por estas circunstancias climáticas muy adversas.

Con signo climáticamente opuesto, a partir de la segunda mitad del siglo XIII la tendencia al enfriamiento empezó a dominar en muchas zonas, de modo que las temperaturas no se recuperaron hasta la mitad del siglo XVIII. Al igual que sucedió con el período cálido anterior, este largo período frío al que se vio sometida buena parte de la superficie terrestre, tampoco fue homogéneo, ni continuo, ni coetáneo en todas las regiones y, además, se conocen mejor sus efectos en el hemisferio norte que en el sur.

Sea como fuere, el enfriamiento notable ocurrido durante la reconocida *Pequeña Edad de Hielo*, bien pudo ir asociado en el altiplano también a situaciones de falta de deshielo en las montañas próximas o a un descenso pluviométrico marcado, de presencia lógica al darse condiciones de menor temperatura, y por tanto menor también la evaporación a nivel del mar; y todo ello condicionado por un adormecimiento sostenido del fenómeno de El Niño, que redujera considerablemente las láminas de aguas superficiales y acabara con el modo de vida de estas comunidades históricas, hasta hacerlas desaparecer. Elementos todos ellos que muestran claras evidencias de una fuerte dependencia de la cultura Tiwanakota con respecto del agua que le rodea, cuestión que trataremos de manera particular más adelante.



Despegue del dron en la primera operativa de vuelo sobre Tiwanaku. Al fondo, la pirámide de Akapana



mangha · dentro · uku

Redescubriendo Tíwanaku [1]: arqueología desde el Cielo



“Treinta rayos convergen hacia el centro de una rueda, pero es el vacío del centro el que hace útil a la rueda. Con arcilla se moldea un recipiente, pero es precisamente el espacio que no contiene arcilla el que utilizamos como recipiente...”

Lao Tse. Tao Te King

Tiwanaku es un lugar mágico. Como uno de los referentes clásicos de la Arqueología mundial, es un sitio que ha cautivado la imaginación de infinidad de personas. Y lo ha hecho tanto de particulares, que viajaron a sus templos en ocasiones como turistas en busca de algo distinto, como de investigadores de distintas disciplinas y orientaciones, que buscaban el conocimiento a partir de las evidencias de un mundo extinto, con arduo empeño a lo largo de los últimos ciento veinte años.

Y es que cuando caminamos por sus templos, o recorremos sus pirámides, o simplemente contemplamos el espectacular territorio en el que se desarrolló una de las culturas americanas más longevas e interesantes de la Historia, podemos darnos cuenta de la fortaleza de una sociedad pugnando por ir un paso más allá de la mera y simple supervivencia, en un lugar cuyas condiciones no favorecían precisamente la presencia del ser humano. Sin embargo, en esta gran llanura de altitud que es el Altiplano boliviano, encontramos hoy en día los restos de una gran urbe, que era capaz de atraer como una descomunal fuerza centrípeta, los recursos de un amplísimo territorio para, entre otras cosas, monumentalizar sus estructuras políticas, sociales o religiosas.

Un dato muy sencillo puede servirnos para entender mínimamente la idea de la fortaleza de la cultura Tiwanakota a lo largo de su historia. Una información especialmente relevante, en tanto que afecta además al elemento más antiguo del conjunto ceremonial de la ciudad, fechado en un principio en el periodo Formativo Tardío (34). Para la antigua construcción de la parte visible del elemento más pequeño que, como turistas, podemos observar en el conjunto principal del sitio, el denominado *Templete Semisubterráneo*, se precisaron unos 85 metros cúbicos de piedra, principalmente arenisca roja y caliza.

Eso en la situación en que ahora se encuentra, y sin tener en cuenta elementos como los monolitos que se pueden ver en su centro, los canales y estructuras que componían su base, y sin contar con el material sobrante del proceso de la talla de los bloques de piedra. Sabemos que el peso específico¹⁴ de estos dos minerales oscila entre los 2.600 y 2.700 kilogramos por cada metro cúbico de material. Si establecemos un valor intermedio entre ambos productos, el cálculo es sencillo: El volumen aproximado de piedra que se empleó para la construcción del *Templete Semisubterráneo* de Tiwanaku, en su estado actual, supera con creces los 225.000 kilogramos de piedra. Son doscientas veinticinco toneladas métricas de material, que se deben traer desde los afloramientos rocosos de la Sierra de Machaca, a más de doce kilómetros de distancia, dado que, al menos hasta la fecha, no conocemos yacimientos minerales empleados como canteras ni en el sitio ni en el entorno cercano de Tiwanaku (34). Y esto lo hace una sociedad que, entre otras dificultades, no conoce, ni conocerá, la rueda. Un material, por tanto, que hay que obtener, transportar, diseñar, tallar y colocar. Es un esfuerzo colosal, para la construcción del más pequeño y probablemente más antiguo de sus monumentos. Por este motivo hablaremos más adelante de la cuestión de la captación de recursos, analizando y valorando de forma expresa a las noticias que tenemos al respecto de la obtención y transporte del mineral hasta el sitio. Un esfuerzo que tiene varias dimensiones que resultan de gran interés, como son los ámbitos sociales, culturales, políticos, etc.

14 En español, el peso específico de un elemento es el cociente de relación entre la masa del elemento y su volumen. Dependiendo si atendemos al Sistema Métrico de Unidades o al Sistema Técnico de Unidades, esta se establece en N/m³ o en Kg/m³ (Newtons por metro cúbico o Kilogramos por metro cúbico). Si conocemos, por ejemplo, el peso específico del mineral que compone un monolito, y su volumen, podemos saber de forma sencilla la masa total del citado monolito.



Ilustración 26. Vista frontal del conjunto formado por el Templete Semisubterráneo y el complejo de Kalasasaya (Fachada Este).

Y es que cuando paseamos entre las piedras de la Tiwanaku histórica, en realidad lo estamos haciendo sobre los restos de una sociedad con una fortaleza tal, que pudo hacer estas cosas, y sostenerlas en pie durante más de un milenio. Caminando entre sus restos observamos auténticas hazañas arquitectónicas a casi 4.000 metros sobre el nivel del mar. Construcciones como el complejo de Kalasasaya, o las pirámides de Puma Punku y Akapana nos recuerdan a cada momento esta *fortaleza social*. Ahora bien, una vez tenemos clara la magnitud de la cultura que genera un sitio como Tiwanaku, las dos preguntas obvias son ¿Cómo podemos valorar la verdadera dimensión de un lugar como este? Y también ¿cómo podemos saber lo que sabemos sobre estos lugares desde un punto de vista objetivo?

La respuesta a las dos preguntas es exactamente la misma: mediante el conocimiento. Gracias a la ciencia podemos rastrear múltiples aspectos de la vida de aquellas personas que habitaron Tiwanaku a lo largo de toda su historia. Desde los albores de la civilización, durante su periodo formativo, hasta las últimas circunstancias que la empujaron hacia el agostamiento y la desaparición, en torno al siglo XIII de nuestra era. Y no sólo la Arqueología nos aporta esta información. De hecho, como científicos, los arqueólogos emplean múltiples disciplinas para analizar las evidencias materiales del pasado. Matemáticas, química, física, biología... Todas ellas, entre otras, permiten evaluar los restos de la vida de las

personas, y aportan informaciones científicas referentes a cuestiones tan variadas como puedan ser la dieta, las enfermedades, las formas de construcción, la relación con el medioambiente, las capacidades físicas, etc.

Gracias al conocimiento científico podemos poner rostro a las personas que vivieron en Tiwanaku hace mil o mil quinientos años, y además lo podemos hacer con una precisión y exactitud asombrosas. Además, el avance en la genómica nos permite establecer informaciones extremadamente interesantes sobre la correspondencia temporal o no de las poblaciones actuales de la zona con respecto a los antiguos habitantes de la Tiwanaku histórica (35).

Desde el punto de vista del arqueólogo contemporáneo, todos estos datos son imprescindibles para entender la realidad de una sociedad compleja. Aunque en muchas ocasiones, la propia amplitud de la información impide que un investigador se aleje demasiado de una línea específica de estudio, como pueda ser el territorio, el material cerámico, o la demografía, en cualquier caso, antes o después conviene establecer fórmulas que nos permitan observar los sitios desde un enfoque amplio. Además, el objeto de la Arqueología, como de cualquier otra ciencia, es la ampliación del conocimiento humano, y esto implica la traslación de ese conocimiento a la sociedad. Para hacerlo, el primer paso es tener un marco general de relación, que nos permita ofrecer una información sencilla al lector, y que este lo entienda sin necesidad de grandes conocimientos ni sobre la Arqueología ni sobre la Ciencia en general.

La herramienta que se ha generado mediante los trabajos de teledetección en el sitio de Tiwanaku abre esa posibilidad. Nos ofrece una imagen fija del sitio a lo largo de cientos de años de su Historia. El paso siguiente, su interpretación y la transcripción de esos resultados desde un enfoque multidisciplinar que parte de los aportes compartidos tanto de la Arqueología como de la Geografía Física, será la tarea que nos ocupe en las próximas páginas.

Volando sobre Tiwanaku: una breve descripción del trabajo realizado

La declaratoria del año 2000 que concedió el status a Tiwanaku de Patrimonio Mundial de la UNESCO, ha implicado todo un conjunto de acciones y esfuerzos por parte tanto del gobierno boliviano como del ente internacional, de cara a reforzar los mecanismos de gestión y conservación del sitio. Estos esfuerzos, manifestados en diferentes trabajos de coordinación entre todas las entidades implicadas en la tarea, se basaban en una amplia variedad de propuestas de acción, que venían a suplir las carencias estructurales que limitaban la capacidad de actuación en la gestión del sitio. Una de estas necesidades, planteada en el año 2014, era la de disponer de una topografía adecuada de Tiwanaku, y particularmente de las zonas implicadas en la declaratoria, así como sus perímetros de protección.

Esta zona de especial control se estimaba en un primer momento en 71 hectáreas, divididas en tres áreas. Dentro de ellas se engloban los principales recursos visitables del yacimiento en la actualidad. Estas son las siguientes:

- **Área 1:** Es la zona más conocida del sitio, ya que en su interior alberga los edificios de Kalasasaya, Akapana, el Templo Semisubterráneo, Putuni y Kantatallita. Además, en su ámbito se pueden ver algunos de los más interesantes elementos líticos del sitio, como la *Puerta del Sol*, el *Monolito Fraile* o el *Monolito Ponce*, entre otros. Por este motivo es el espacio más visitado de Tiwanaku, y por tanto el que mayores esfuerzos de conservación requiere.
- **Área 2:** Es un espacio alrededor de *Puma Punku*. Esta estructura es una de las más complejas y espectaculares del sitio, y presenta no sólo ocupación en las fases tiwanakotas propiamente dichas, sino que ofrece uno de los ámbitos de reocupación inka más interesantes del sitio. Su localización, fuera del espacio ceremonial propiamente dicho del sitio lo convierte en un *locus extraño* dentro de la fisonomía urbana de Tiwanaku, y por ende un elemento interesante *per se*.
- **Área 3:** Se denomina *Mollo Kontu* haciendo extensivo el topónimo de un pequeño montículo que domina la planicie a toda el área. Es una llanura que se extiende al sur del área 1, y en ella se han localizado interesantes espacios de viviendas, estructuradas en lo que parecen *barrios*, así como diversas estructuras funerarias asociadas a estos espacios. En la actualidad no existe ningún espacio visitable en esta área, siendo uno de los más interesantes reservorios arqueológicos del sitio.

Alrededor de todas ellas se inscribe un perímetro de protección de cien metros lineales, que las preserva de cualquier posible afección de tareas que puedan resultar lesivas de cara a la conservación del Patrimonio Cultural, como la construcción, el laboreo agrario intensivo u otras, que impliquen la remoción del terreno en profundidad. Este perímetro configura un espacio inscrito de unas ciento cuarenta y tres hectáreas, aproximadamente. Sin embargo, la disposición de una fórmula de protección administrativa, y por tanto legal, no supone en la práctica un mecanismo de conocimiento sobre las situaciones que afectan a los bienes inscritos en ella. Y el desconocimiento sobre esos recursos implica en la práctica su desprotección en tanto a todo un conjunto de afecciones que van más allá de las fórmulas de seguridad jurídica de estos Bienes. Cuestiones tales como la afección del tránsito de turistas a los monumentos, los mecanismos naturales de erosión, la presencia de potenciales estructuras arqueológicas de interés enterradas, entre otros factores, precisan de un conocimiento físico en detalle del sitio, para su correcta formulación.

La realización de los trabajos topográficos en el sitio resultaba por tanto una cuestión prioritaria. Durante los años iniciales de la gestión del sitio, en torno y tras su declaratoria como Patrimonio Mundial, se realizaron algunos trabajos parciales de levantamiento topográfico, que en mayor o menor detalle hacían referencia, sobre todo, a los elementos asociados al citado Área 1. Pero estos aná-

lisis obviaban de hecho la mayor parte del territorio de la antigua Tiwanaku. Se hacía preciso realizar un nuevo levantamiento de datos, que integrara todas las áreas protegidas, y que tuviese una precisión suficiente como para facilitar información de utilidad en los procesos de gestión del sitio.

Dentro de las diferentes opciones que había sobre la mesa para el desarrollo de los trabajos topográficos, se optó por la realización de los mismos mediante técnicas de teledetección, dado que ofrecían una cobertura total del territorio, ampliando incluso el área de estudio mucho más allá de las 143 hectáreas del área inscrita en la declaratoria y su *buffer* de protección, y con una precisión potencial que un equipo humano sobre el terreno, en un levantamiento topográfico estándar no podría obtener de manera sencilla.

La diferencia entre ambas maneras de obtener los datos es sustancialmente distinta. Un trabajo topográfico convencional consiste en el desplazamiento de un equipo humano al área de estudio, con aparatos de medida. En la actualidad, los sistemas GPS y las *Estaciones Totales* proporcionan precisiones de centímetros en la toma de puntos. Estos se refieren en X, Y y Z, como las tres coordenadas cartesianas que permiten su localización tridimensional en el espacio geodésico. Este equipo humano recorre físicamente el área a topografiar, documentando punto a punto los principales elementos del relieve. Es un proceso metódico y lento, que exige de prolongadas labores de toma de datos para obtener un relieve, máxime si este corresponde a un sitio de la extensión de Tiwanaku, y que obliga en este caso a la toma de miles de puntos topográficos para lograr un modelo válido para los requerimientos de información que el proyecto de UNESCO demandaba.

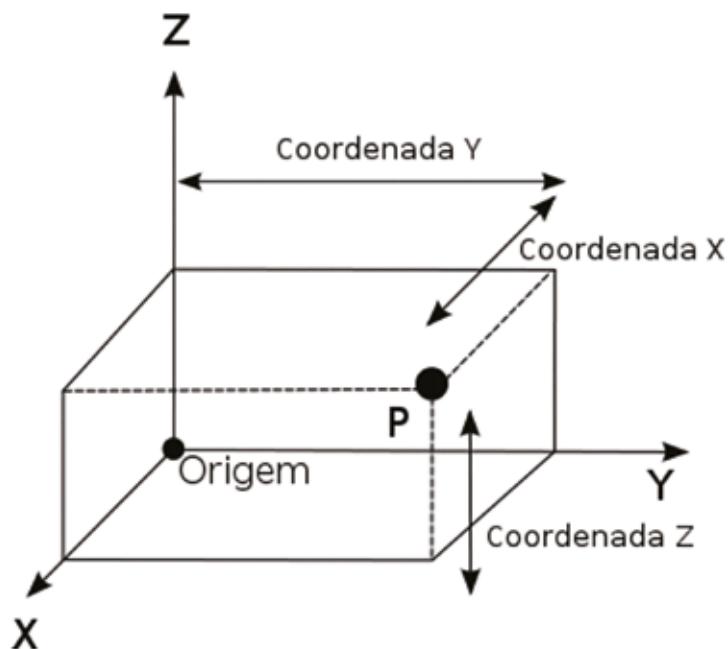


Ilustración 27. Localización geográfica de un punto “P” a partir de los tres ejes de coordenadas cartesianas (X, Y, Z). Dibujo de Sebastião Rocha traducido, bajo licencia CC ®.

La segunda opción, la topografía mediante sistemas de teledetección, ofrecía todo un conjunto de ventajas sobre la fórmula convencional. El trabajo de toma de datos se realiza por parte de ingenieros y topógrafos, al igual que sucede con los relevamientos de campo tradicionales, pero este se desarrolla mediante el vuelo de un sistema *dron*, satélite, o avión convencional, que realiza un conjunto de fotos consecutivas y correlativas del terreno, recorriéndolo en vuelo de forma secuencial y completa. Estas fotografías tienen un porcentaje de *solape* entre si, esto es, cada una de ellas comparte una fracción de la imagen con la siguiente, y con la de su izquierda y derecha. Este solape permite establecer correlaciones de puntos comunes, que el ordenador posteriormente interpretará para armar una imagen única del territorio estudiado. Además, como conocemos la altitud a la que vuela el sistema de toma de datos, porque incorpora normalmente un altímetro y un GPS de alta precisión, podemos *triangular* la localización de estos puntos, proceso que nos permite elaborar mallas tridimensionales compuestas por millones de puntos georreferenciados una vez más en coordenadas cartesianas X, Y y Z, construyendo así topografías de detalle ultra preciso, que serían prácticamente imposibles de realizar mediante métodos convencionales.

Atendiendo a estos factores, y una vez tomada la decisión final de que fuese la fórmula de toma de datos mediante sistemas de teledetección, UNESCO planteó un conjunto de condiciones de altísima calidad a los distintos equipos que postularon para la realización de los trabajos de toma de datos. Una síntesis elemental de las principales de ellas es la siguiente:

Área geográfica de estudio	Mínimo territorio admitido, trescientas hectáreas, que incluyan obligatoriamente el área de la declaratoria y el <i>buffer</i> de protección de la misma.
Tipo de <i>Dron</i>	Se admiten tanto ala fija (aviones) como sistemas multicóptero. No se admitirán en modo alguno ni aeromodelos ni <i>drones</i> de uso recreativo.
Condiciones del operador	Tanto el operador de <i>dron</i> como su entidad deberán disponer de las correspondientes licencias y documentación administrativa en vigor para el vuelo de UAVs.
Alcance del radioenlace	Radio de alcance de frecuencia (mínimo): 400 m.
Rango térmico operativo	Rango de temperatura operativa: -10 / +40 °C.
Techo mínimo operativo	Techo operativo: mínimo, en torno a 4000 msnm.
Control de geolocalización del <i>dron</i>	Ambos sistemas deberán permitir rutas programables mediante waypoints GPS (teniendo en cuenta que para la zona no existe red RTK).
Control altimétrico del <i>dron</i>	Ambos sistemas deberán disponer de un sistema de control altimétrico (bien altímetro integrado o control GPS en XYZ).

CARACTERÍSTICA	DESARROLLO ADMITIDO
Estabilizadores de imagen	Los sistemas de tomas de imágenes deberán ser autoestabilizados (sistemas Cardan o similar).
Tipos de lente y correcciones no admitidas	A ser posible, se evitarán los sistemas fotográficos “gran angular” (ojo de pez). En caso de no ser posible, se realizarán las correcciones en laboratorio precisas para la obtención de material fotográfico no deformado.
Estabilidad del <i>dron</i> al viento lateral	Los sistemas de vuelo deberán soportar vientos laterales suficientes para compensar las condiciones eólicas del altiplano boliviano.
Tipo de imágenes soportadas	Ambos sistemas deberán integrar o soportar indistintamente equipos fotográficos HD RGB (NEF/RAW) y Multiespectral (NIR).
Precisión del sistema de toma de imágenes	La precisión de la imagen fotográfica digital HD obtenida debe permitir generar ortomosaicos con resolución mínima de 4 cm por pixel en X e Y / 8 cm por pixel en Z.
Características mínimas aceptadas de las imágenes en color natural	Ortofotografías aéreas de imagen digital RGB en HD, con calidad y capacidad para generar ortomosaicos y Modelos Digitales del terreno, con la siguiente precisión: 4 cm en X e Y / 8 cm en Z.
Características mínimas aceptadas de las imágenes en falso color	Ortofotografías aéreas en HD mediante cámara multiespectral (infrarrojo cercano) para armado de ortomosaico de imagen multiespectral de alta resolución sobre el mismo territorio

Finalmente, dentro de las opciones referentes al modelo de *dron* más interesante, el sistema que se consideró conveniente fue el uso de un modelo de *ala fija*, esto es, un avión, que presentaba todas

Ilustración 28. Tabla de condiciones mínimas operativas de la toma de datos mediante plataforma *dron*, planteadas por UNESCO.

las características formales exigidas. Además, ofrecía una ventaja cualitativa interesante, dado que su uso en detrimento de un multicóptero reduce sensiblemente el tiempo de trabajo en campo, sin afectar a la calidad del proceso de toma de datos. La asistencia al proceso de estudio (36) por parte del Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, de la Universidad Complutense de Madrid (España), facilitó además la posibilidad de analizar de forma complementaria información obtenida por satélites, que han aumentado de forma sensible el área de estudio, posibilitando el análisis de factores perimetrales al área estudiada por el *dron*, con interesantes resultados que analizaremos más adelante.

Las distintas operativas de vuelo del citado *dron* se desarrollaron durante los últimos meses del año 2016, por parte de la empresa de ingeniería boliviana CORIMEX Ltda., empleando un sistema *dron* *Sensefly Ebee* ®, que realizó tres procedimientos para la toma de datos en color natural, y otros tres para la fotografía en falso color, cubriendo en total una superficie de cuatrocientas diecisiete hectá-

reas. De todo este territorio, los datos válidos alcanzan una superficie de cuatrocientas once hectáreas, cubriendo con creces el área inscrita en la declaratoria. El material obtenido fue analizado mediante sistemas informáticos que permitieron la reconstrucción de un modelo tridimensional del sitio, con una precisión de 3,75 centímetros por cada píxel¹⁵ de pantalla que podemos observar.

Estos dos primeros productos resultantes del vuelo del *dron* sobre el sitio suponen ya de por sí dos mecanismos de análisis de primera magnitud. En primer lugar, la extrema precisión de los datos, unidos al modelo tridimensional del sitio permite la localización de grandes y medianas estructuras sin realizar costosos procesos de excavación. El altiplano presenta unas condiciones de horizontalidad tan marcadas que podemos observar en la imagen la presencia de construcciones antiguas enterradas, a partir de los volúmenes que estas nos ofrecen en superficie. Muros, plataformas o grandes bloques pétreos se manifiestan en altura, mientras que canales, plazas, calles o patios hundidos se nos muestran como formas en profundidad del relieve. Sus líneas ortogonales las diferencian correctamente con respecto a posibles accidentes naturales de un relieve de tendencia regular, que facilita la visión de estos elementos.

En segundo lugar, la imagen en falso color exige un trabajo adicional de edición, para poder mostrar todo su potencial informativo. Si la imagen en *color natural* se nos muestra tal y como la vemos por la mezcla de los colores rojo, verde y azul¹⁶, en el caso de la imagen multiespectral (falso color), las bandas cromáticas con las que trabajamos no son los colores habituales del espectro visible. En este caso, mezclamos el verde, el rojo, el *límite de rojo* y el infrarrojo cercano, que denominaremos NIR¹⁷. En este caso, el trabajo con las bandas del abanico multiespectral nos mostrará elementos no visibles del terreno, por ejemplo, a partir de cómo las plantas que lo cubren absorben o reflejan la radiación infrarroja. También podemos observar procesos referentes al *stress hídrico* de la masa vegetal que cubre el suelo, que refleja la presencia de elementos extraños en el subsuelo, o la presencia de diferencias de composición o de compacidad en la superficie, por la existencia de elementos de relleno que tienen una densidad diferente al conjunto del suelo. Estos elementos se nos manifiestan como zonas de diferente color, que después solemos interpretar en tanto a su forma, orientación, tamaño, etc.

Es fácil entender, por todo lo expuesto, que ambas técnicas son sobre todo complementarias. Los resultados de esta interesante combinación serán expuestos

15 El Término Píxel o Pixel es un acrónimo del concepto inglés *picture element*, y se refiere a la superficie mínima de color en una imagen, que normalmente se representa como un punto, y se define tanto por su color como por su brillo.

16 Se denomina imagen de color natural o imagen RGB por la mezcla de colores básicos que deriva en todo el espectro de color que podemos ver (Red – Green – Blue, o rojo, verde y azul).

17 Near Infrared – NIR, o Infrarrojo Cercano

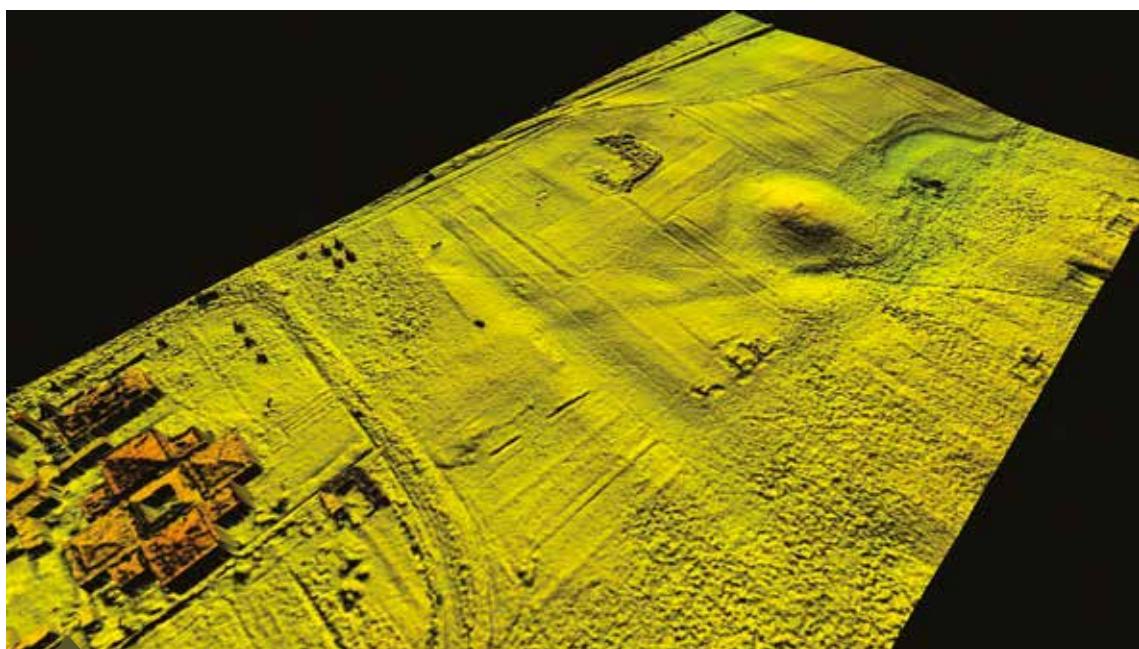


Ilustración 29. Restitución 3D del entorno de Mollo Kontu. Se puede ver las formas ortogonales del terreno, provocadas por las estructuras antiguas enterradas. A la izquierda de la imagen se identifica el actual edificio del Museo Lítico.

en detalle en los próximos capítulos, en los que explicaremos de forma pormenorizada los principales y sorprendentes elementos observados tras los primeros trabajos de análisis de las imágenes. Se demuestra a través del estudio como algunos elementos son más fáciles de visualizar mediante el modelo tridimensional del terreno, como puede ser el caso de los muros de piedra soterrados, mientras que otros, como los canales o las cabañas de adobe, son visibles solo mediante la imagen de falso color, combinando diferentes gamas cromáticas y alterando la manera en que las vemos mediante filtros y cálculos matemáticos más complejos, que podamos aplicar gracias a uso de los sistemas de software que referíamos en capítulos previos, y que conocemos como *Sistemas de Información Geográfica*.

Ilustración 30. Vista general de Tiwanaku. Dibujo de Max Uhle, en 1892 (20).

Y también ha resultado lógica y acertada la combinación de estos resultados con la información procedente de diferentes satélites, cuya precisión es inferior a los modelos generados por el *dron*, pero que, por el contrario, nos permite realizar un análisis del territorio a gran escala. En las imágenes que estos satélites nos proporcionan podemos reconocer e identificar otros elementos del medio físico y antrópico, como son la fisonomía de la cuenca hidrográfica, formas de relieve, vegetación dominante o usos del suelo, lo que nos permiten deducir cuestiones extremadamente relevantes en tanto a la evolución reciente de este espacio, y avanzar en el conocimiento sobre el aprovechamiento y la potencial adaptación al medio de sus antiguos pobladores. Así, aunque algunas de las imágenes, como las obtenidas mediante el sistema de satélites *Landsat*®, no alcancen más de 30 metros por píxel de resolución espacial, en tanto al menor detalle reconocible, sí ofrecen al intérprete una amplio rango de información referente al ámbito territorial donde se desarrolló la cultura Tiwanakota, que con frecuencia pasa desapercibida *in situ*, pues al tratarse de un paisaje muy llano en demasiadas ocasiones proporciona la impresión al visitante de la ausencia de referencias visuales más amplias en su territorio.

Estas referencias, sin embargo, podrían obtenerse simplemente al ascender a las colinas y montañas de alrededor, tal y como han hecho algunos autores tradicionales de la historiografía del sitio, pero entonces el enclave arqueológico actual parecería demasiado pequeño para el subconsciente del observador. De ahí la utilidad del análisis del territorio desde la óptica de las diferentes escalas que permite la visualización de imágenes en dispositivos digitales. Además, la gran información que puede obtenerse de los diferentes canales espectrales de las imágenes de satélite hace de cada imagen un laboratorio en el que podemos extraer datos del territorio no detectados en reconocimientos convencionales de campo. Evidentemente, el conocimiento directo del terreno es básico para la correcta interpretación de las imágenes, por lo que a la postre, ambas labores, el trabajo de gabinete y el de campo, son complementarias y ambas fundamentales para el correcto desarrollo de cualquier investigación.

Como complemento a las citadas imágenes empleadas en los trabajos, obtenidas por el sistema norteamericano *Landsat*, en junio de 2015 el satélite europeo Sentinel 2 A fue puesto en órbita, y sus capacidades ópticas y desarrollo de sistemas mejoran sustancialmente la calidad visual y espectral, es decir, qué es lo que vemos y cómo lo vemos, en comparación con el satélite *Landsat* 8, de características similares. Como ejemplo, en la ilustración 31, observamos la imagen del sistema Sentinel obtenida en el mes de abril de 2016, que nos muestra la cuenca baja del río Tiahuanaco, ocupada por cultivos estaciones y vegetación natural higrófila, que se nos muestra en distintas gamas de color verde muy brillantes; sólo el diferente patrón espacial de cada cobertura vegetal, o su forma derivada, facilita determinar a qué tipo se refiere. Destaca también la línea de costa del lago y los numerosos humedales de sus márgenes, formados por las fluctuaciones temporales y espaciales del Titicaca, así como por las evidentes dificultades

en cuanto a la capacidad de avenamiento¹⁸ de un área, que topográficamente es muy horizontal, con amplias zonas en que el suelo tiene un alto índice de impermeabilidad por la presencia de arcillas, y que recoge precipitaciones estacionalmente muy contrastadas, con una elevada concentración en determinados meses del año.

Otro ejemplo del interés de estas imágenes lo observamos en tanto a como pueden cartografiarse a partir de sus datos los distintos afluentes, arroyos y riachuelos de la cuenca baja del río Tiahuanaco, que por su margen izquierda, proceden de la Serranía Machaca, con altitudes que superan con frecuencia los 4500 m. Salvando grandes desniveles, estos cursos de agua tienen en los meses más húmedos gran capacidad de carga, que abandonan al llegar al altiplano a modo de amplios abanicos aluviales y otras formas coluviales más antiguas, visibles en las imágenes por su forma triangular característica, y que se muestran en la imagen con colores amarillentos, tonalidad similar a los suelos desnudos, sin cobertura vegetal, lo que indica, por ejemplo, su funcionalidad actual. Además, estos riachuelos que presentan esquemas hidrológicos en muchos casos temporales, visibles por su trazo lineal y color azulado, circulan por el altiplano de forma divagante. Esto lo observamos en como se representan visualmente, con innumerables cauces de dibujo trenzado, y amplias llanuras de inundación, características de un terreno con contrastes acusados en las precipitaciones, tanto anuales como interanuales.

A los datos que el estudio ha valorado, hemos de añadir por último como otros autores ya utilizaron imágenes obtenidas por interesantes sistemas, como los satélites *ASTER* y *QuickBird*, para identificar algunas estructuras soterradas en algunas áreas de Tiwanaku (37). Los datos de que disponemos son especialmente valiosos, ya que nos permiten establecer patrones de investigación que faciliten la interpretación de nuestros propios datos. El contraste de la información no sólo es una ayuda a cualquier estudio, sino que es un mecanismo de validez del propio análisis científico. Y más si tenemos en cuenta que el notable avance en la calidad visual de las imágenes obtenidas desde *dron*, amplía sustancialmente la posible detección de elementos arqueológicos enterrados, hasta el punto de incorporar algunas perspectivas inéditas sobre el uso del suelo y la adaptación al territorio por parte de la cultura Tiwanakota, y que iremos descubriendo en las páginas sucesivas.

Pero en cualquier caso se ha demostrado absolutamente conveniente que, esta información de alta resolución obtenida mediante el *dron*, con un ámbito de aplicación circunscrito al plan de vuelo del sistema, se ampliase con aquella aportada por las imágenes de satélite y *Modelos Digitales del Terreno*, de resolución media, que nos han proporcionado las características topográficas, hidrográficas, geomorfológicas y biogeográficas del medio donde se emplazan los vestigios de Tiwanaku, que en algunas materias sólo ahora empezamos a comprender.

A partir de todo este conjunto de datos, nos haremos algunas de las preguntas más interesantes y complejas para el conocimiento del sitio. Muchas de ellas han intentado resolverse con mayor o menor fortuna a lo largo de los últimos cien años, ofreciéndose distintos postulados a partir de otras

18 Según el Diccionario de la Real Academia de Ingeniería de España, *avenamiento* es la Acción de dar salida y corriente a las aguas muertas o a la excesiva humedad de los terrenos. El diccionario de Geografía de Monkhouse lo define como “es la acción de facilitar la eliminación del agua en aquellos espacios donde tiende a acumularse en exceso” (94). Como sinónimo de *drenaje*, el avenamiento es el desague, natural o artificial, de un terreno.
http://diccionario.raing.es/es/lemas?title=avenamiento&title_op=contains&tid>All

tantas aproximaciones al lugar. Cuestiones tales como la extensión real de Tiwanaku, la ubicación de los lugares que una ciudad de su envergadura presenta para sus distintas necesidades, la dimensión de sus espacios públicos y sus mecanismos de relación con la gente, o incluso la forma en que, posiblemente, los antiguos tiwanakotas se abastecían de un recurso tan evidente como ajeno al lugar, como es la piedra. Todas y cada una de esas preguntas serán abordadas desde el enfoque de la teledetección, con los mecanismos obtenidos mediante los trabajos de UNESCO en el sitio, en las próximas páginas.

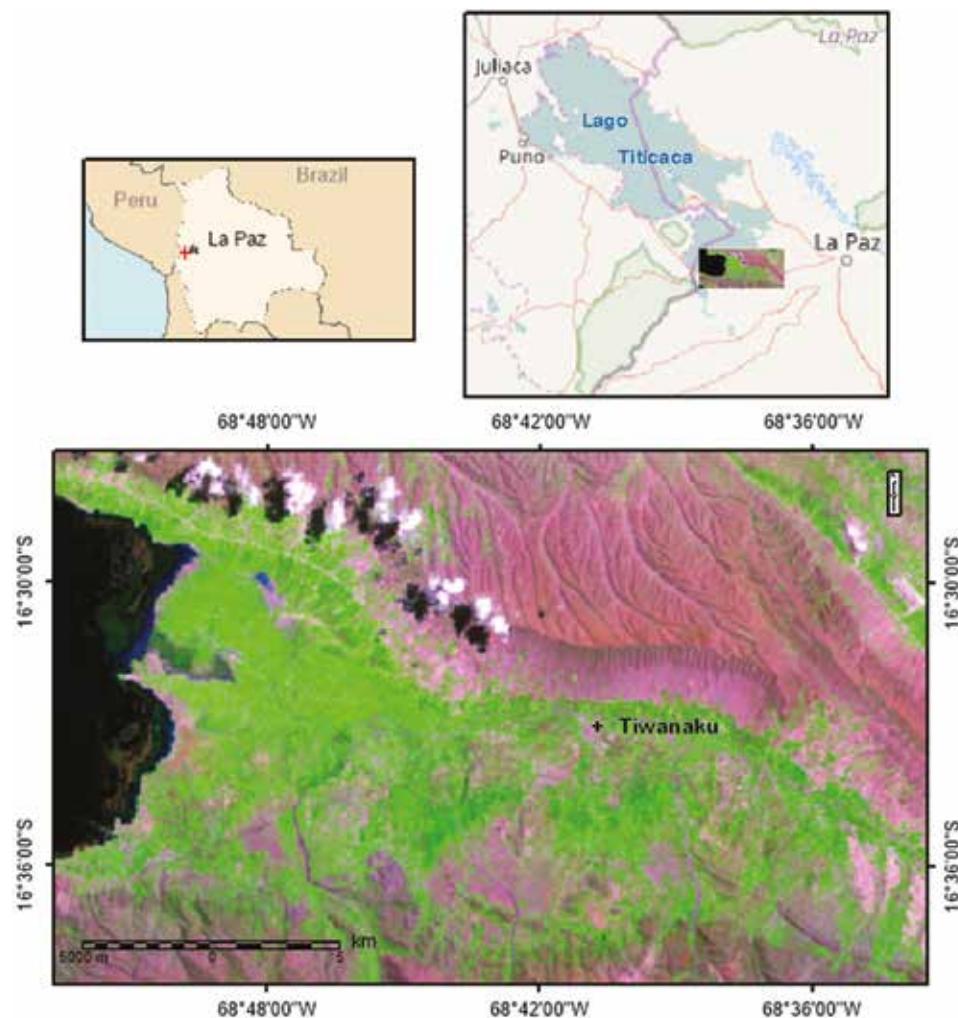


Ilustración 31. Localización de Tiwanaku en una imagen Sentinel 2A de 27/04/2016.

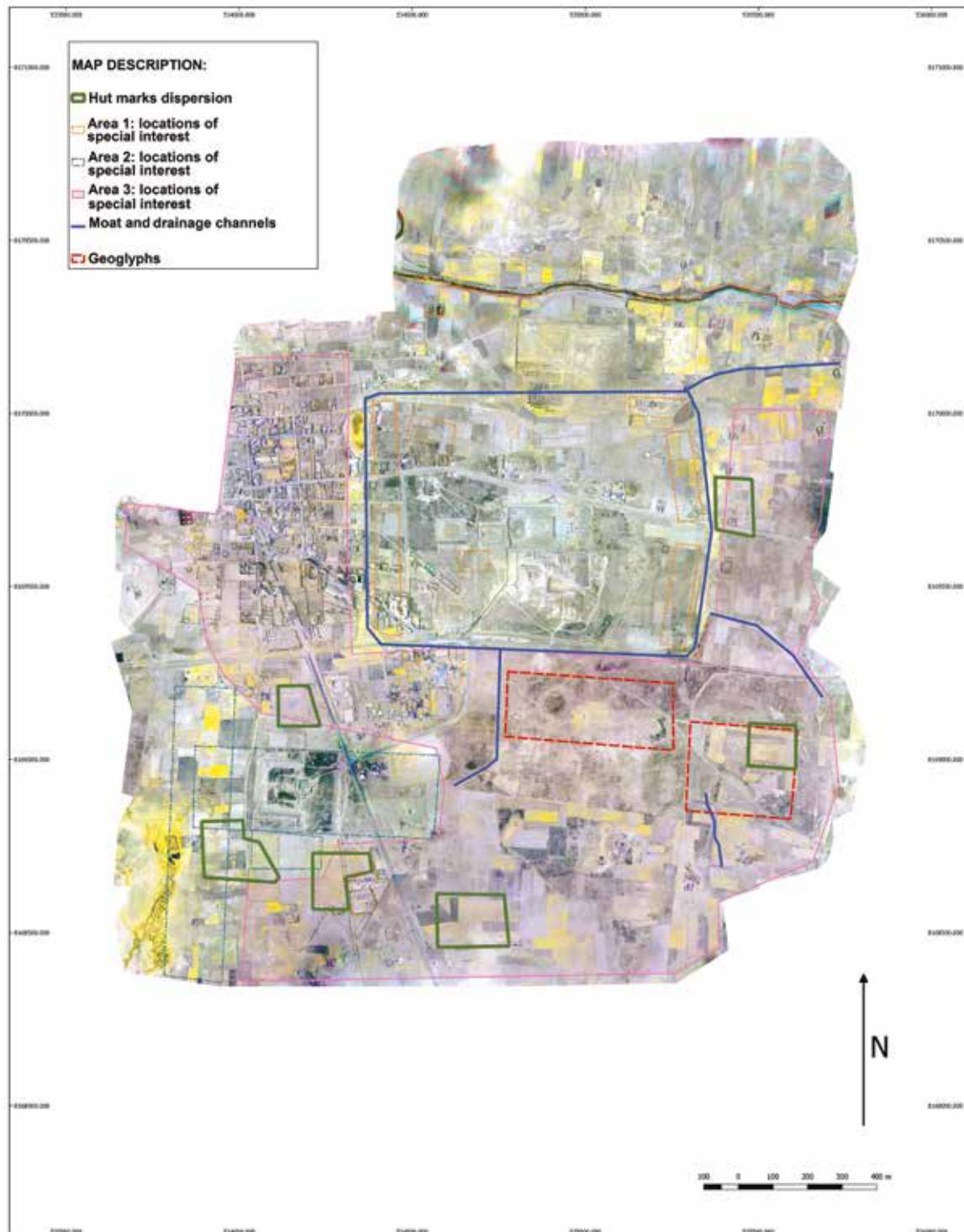


Ilustración 32. Acumulación de hallazgos y su distribución espacial general, estructurada por áreas de interés. Área de análisis del dron, de octubre de 2016 (36)

Leyendo los datos: un primer acercamiento a la información descubierta

Una intervención arqueológica, sea esta de la naturaleza que sea, es un proceso arriesgado. Cuando realizamos una búsqueda de elementos culturales del pasado del ser humano, jamás tenemos todas las certezas entre las manos que nos garanticen el éxito como investigadores. La localización de evidencias materiales de la antigüedad es un mecanismo complejo, que requiere de mucha paciencia, y en ocasiones la labor del arqueólogo supone incluso la destrucción física de parte de ese pasado como proceso de su lectura y posterior análisis. De hecho, cuando realizamos, por ejemplo, una excavación, lo que en realidad hacemos es retirar capa por capa cada una de las evidencias de la presencia humana en un lugar. Esas capas jamás vuelven a restituirse físicamente, aunque sí se reconstruyen dialécticamente, en forma de literatura, normalmente de carácter científico, en la que se significan las cuestiones principales derivadas de su análisis: estructuras, restos de vida cotidiana, elementos e informaciones del entorno y sus mecanismos ambientales, etc. Una buena metáfora que siempre se ha planteado en las aulas de Arqueología es que esta lectura de la tierra es como un libro al que, según vamos avanzando en su lectura, le arrancamos las hojas mientras tomamos notas de su contenido en un cuaderno.

Por este motivo, cuando los científicos tenemos la inmensa fortuna de poder emplear métodos *no destructivos* para el análisis de un espacio arqueológico, debemos aprovechar la posibilidad, e intentar obtener el mayor volumen posible de información. Esto, a su vez, nos permitirá en el futuro limitar las intervenciones *agresivas* sobre los recursos arqueológicos, dado que podremos, a partir de los datos de *teledetección*, plantear pequeñas intervenciones concretas, que atiendan también a preguntas concretas de cada equipo de investigación.

A partir de las explicaciones básicas generales que hemos ofrecido en el capítulo precedente, podemos comenzar ahora a describir de forma particular la manera en que los tres mecanismos desarrollados por nuestro trabajo, modelo tridimensional del terreno, fotografías aéreas en color natural y falso color e imágenes de satélite, nos proporcionan informaciones específicas sobre Tiwanaku. Una vez realicemos esta descripción de los principales elementos localizados en el sitio, dedicaremos el resto del libro a desarrollar de forma sencilla estos descubrimientos, y valorarlos en conjunto con las informaciones de que disponíamos sobre el sitio, y que hemos descrito a modo de una completa introducción hasta este momento. A partir de ahora, hablaremos de cómo hemos aplicado en este proceso la Arqueología y la Geografía física, al sitio de Tiwanaku.

Un último concepto sencillo que debemos explicar, antes en cualquier caso de empezar a hablar de restos arqueológicos en la manera que estos se nos presenten, es el siguiente. De forma general, en Arqueología se distinguen dos tipos de

estructuras, en función de su disposición en el terreno. Aquellas que son restos de construcciones en altura, como muros, pilas, plataformas, etc., son las que llamamos *positivas*. Aquellas que se significan como las huellas de la presencia de una de las anteriores, como agujeros para pilares, zanjas de cimentación de muros, fosas, canales, etc., son las que denominamos como *negativas*. En el caso de nuestro proyecto, la toma de datos mediante el sistema *dron* ha permitido complementar, como señalábamos anteriormente, técnicas para observar ambas: a partir de la imagen en color natural y sobre todo el *Modelo Digital del Terreno* generado, hemos podido localizar gran número de estructuras positivas, como muros, diques, dársenas, terrazas o plataformas. Por otro lado, gracias a la imagen multiespectral, se han localizado estructuras negativas, como, por ejemplo, cimentaciones, bases de cabañas circulares excavadas en el terreno, plazas o canales de drenaje.

Si bien podríamos clasificar el conjunto de los elementos observados en nuestro trabajo de diferentes formas, como pueda ser a partir de su localización física, su estado potencial de conservación, o el grado de certidumbre sobre la veracidad de los hallazgos, nos parece más adecuado a la naturaleza de este texto, realizar esta primera enumeración descriptiva en tanto a algo que facilite su comprensión espacial por parte del lector. Por ese motivo, una referencia preliminar de los descubrimientos planteados por nuestro trabajo, la realizaremos en función del posible uso de estos elementos descubiertos, y su esquema particular de relaciones con el territorio en el que se inscriben. Así, podemos relacionar sintéticamente los siguientes elementos:

- a. *Esquema y distribución general del área urbana.* Todo lo que vamos a ver a continuación, tanto en referencia a la ubicación del sitio, su delimitación física, y su vecindad a todo un terreno de inundación que prácticamente lo circunda, permite plantear con cierta seguridad la disposición de un territorio potencial de ocupación urbana en el momento de máxima expansión del sitio con un esquema muy bien definido. A partir de esta información, podemos observar como, al menos en un momento avanzado de la cultura y sociedad Tiwanakotas, existe una planificación urbanística compleja, que ubica un espacio socialmente determinado, circunscrito con un gran foso de drenaje rectangular, que protege en su interior todo el ámbito administrativo actual del Área 1 del sitio. Este foso se crea en la parte Norte de la ciudad, con una posición central preeminente, y un crecimiento de la mancha poblacional hacia el resto: Sur, Este y Oeste. El único edificio con marcado carácter monumental que se nos muestra fuera de este espacio delimitado, hasta el momento, es el complejo de Puma Punku, cuyas características se plantearán más adelante. Esto no quiere decir en modo alguno que no existan o no más elementos construidos de gran envergadura y marcado carácter político o religioso fuera de esta zona. Hemos de tener en cuenta que conocemos mediante excavaciones apenas un 2% del sitio, con lo que sería posible encontrar otros elementos con este carácter, hasta ahora desconocidos, y cuya presencia cambiaría tal vez la manera que tendríamos de entender Tiwanaku como espacio cultural.

Si retornamos al interior de la gran estructura de drenaje, rectangular, que llamaremos genéricamente *foso*, por su apariencia física, sin entrar a valorar su utilidad práctica, observaremos, tal y como hemos señalado, como esta gran obra pública confina un área preeminente de la distribución urbana del sitio. Dentro de este lugar, claramente diferenciado del resto del ámbito intraurbano de Tiwanaku, se inscriben los principales espacios políticos y religiosos del sitio, como los templos de Kalasasaya y Semisubterráneo, las pirámides de Akapana y de

la Luna, los edificios del complejo de Putuni, etc. Como novedades preliminares, que ampliaremos y analizaremos más adelante, puede afirmarse que, en paralelo al diseño del foso, discurren varias estructuras en altura, en forma de plataformas, que facilitan que este gane altura con respecto al área externa. Aunque no se pueda afirmar que estas estructuras tengan un carácter defensivo, lo que sí es lógico es que establezcan una delimitación formal de la naturaleza de los edificios contenidos en la zona, con respecto a todo aquello que queda fuera. Además, se observan volúmenes estructurales complejos en el área oriental de Akapana, y lo que parece una gran estructura semisubterránea hasta ahora desconocida y de grandes dimensiones, al sur del complejo de Putuni.

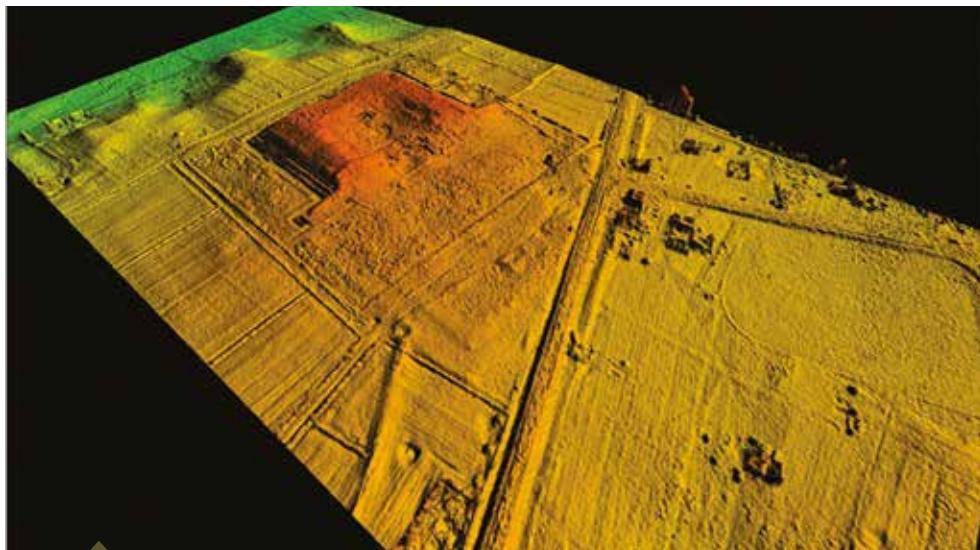


Ilustración 33. Modelo 3D del área del complejo de Puma Punku a partir del *Modelo Digital del Terreno*. En él se observa con claridad la presencia de estructuras adosadas a la pirámide, entre otras en forma de plataformas, en el área oriental, y edificios de naturaleza desconocida, en las áreas occidental y sur.

Si nos alejamos de esta zona tan bien delimitada, es pertinente hacer un breve comentario al respecto de Puma Punku. Lo que se observa a partir del análisis es que la realidad de esta estructura es mucho más compleja de lo hasta ahora conocido. Al lado Este, y adosadas a la pirámide, observamos con claridad la existencia de al menos dos plataformas superpuestas de forma cuadrangular, a las que sigue una gran plaza, también con la misma forma. La regularidad de las formas permite afirmar que estas plataformas están construidas mediante material perdurable. Al lado oeste, se confirma la existencia de una estructura también asociada al conjunto, dato ya planteado por los trabajos de Alexei Vranich (38), pero que aparenta ser evidencia de una realidad algo más compleja que la idea de una posible rampa. Resulta muy evidente la orientación de todo el conjunto en

dirección Este - Oeste, pese a la presencia de estructuras vecinas en dirección Sur, tanto positivas como negativas. Esta orientación evidente y clara de la estructura se distribuye de forma manifiesta hacia el gran entorno inundable vecino, alimentado tanto por la surgencia natural conocida como Choke Paccha, en la que aparecen también evidencias de estructuras de piedra de época tiwanakota, así como por uno de los principales afluentes locales del río Tiahuanaco.

- b. *Evidencias de edificaciones.* Tal y como explicamos en el capítulo referente a las técnicas de teledetección y la manera en que las aplicamos a la Arqueología, a partir de los trabajos realizados en el sitio, somos capaces de distinguir todo un conjunto de potenciales estructuras enterradas, hasta este momento sin analizar. Si atendemos a su potencial uso, podemos distinguir toda una pléyade de distintas construcciones, que se distribuyen por toda el área de muestreo. Barrios de viviendas, edificios públicos, si entendemos como tales las grandes edificaciones que parecen tener un carácter social, religioso, o político, etc. Lo primero que deducimos a partir de su distribución por todo el sitio es que el área ocupada en el momento de máxima expansión del ámbito urbano de Tiwanaku, excede las cuatrocientas once hectáreas de datos que nos proporcionó el *dron*. De hecho, si atendemos a lo que nos muestran las imágenes de satélite, entendemos que, en su momento de máxima expansión, el núcleo central de la ciudad debía cubrir una superficie ligeramente superior a las 600 hectáreas, con un espacio adicional al sur de unas cincuenta, cuya ocupación cabría analizar. Además, observamos algunos elementos de carácter *no natural* en los espacios vecinos a este citado núcleo urbano, que nos hacen poner el foco en su presencia. Estos sitios, fuera del ámbito urbano del sitio propiamente dicho, nos ofrecen una serie de patrones de regularidad que evidencian la acción antrópica, con lo que no sería de extrañar que la extensión del sitio fuese aún mayor si contamos con estos potenciales núcleos adyacentes.

Al interior del territorio del núcleo principal, que podemos delimitar formalmente a partir de los rastros que la actividad humana deja en los bordes del espacio ocupado, observamos entonces como existe todo un conjunto de volúmenes ortogonales en la extensión completa del sitio. Atendiendo por ejemplo a los datos obtenidos en las excavaciones e investigaciones geofísicas de Mollo Kontu, ubicadas al Sur de la pirámide de Akapana, en la zona administrativa que conocemos como Área 3 (39), la distribución de las áreas ocupadas, al menos desde un momento avanzado del sitio, puede estar estructurada en barrios, delimitados por grandes muros perimetrales de cierre, lo que se correspondería con la presencia de estos citados volúmenes ortogonales que observamos en el Modelo Digital del Terreno.

Por otra parte, observamos la presencia de elementos con patrones de localización divergentes, lo que a priori podría estar mostrando momentos de construcción diferentes, o bien otro tipo de edificio, de naturaleza distinta a los barrios observados en las excavaciones. Por un lado, y en este caso a partir de la imagen multiespectral, se documenta la presencia de estructuras negativas correspondientes a acumulaciones de cabañas circulares, establecidas en diversos núcleos de construcciones dispersos por todo el territorio y particularmente en las proximidades de las zonas inundables, y que podemos asociar a priori a las fases preliminares de la cultura Tiwanaku, tal y como veremos en los próximos capítulos.

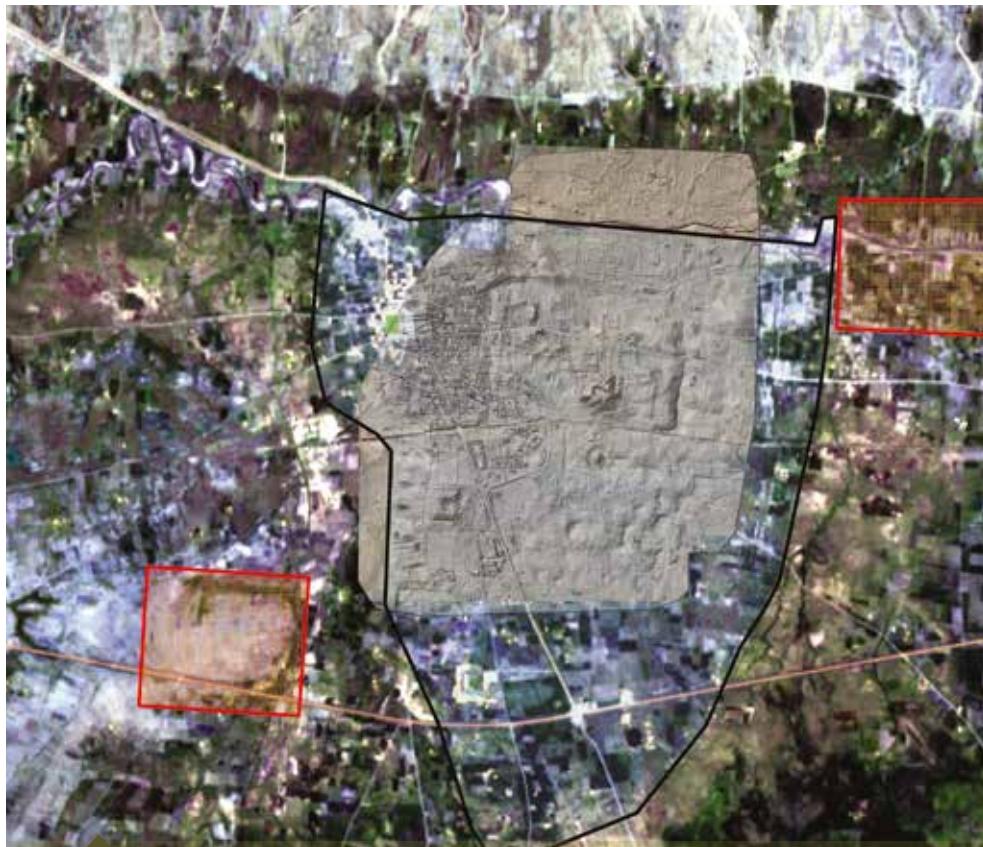


Ilustración 34. Localización del área de estudio. Se observa en el plano la mancha aproximada del área de máxima extensión del sitio, inscrita en línea negra, así como la localización en los alrededores de al menos dos zonas de alto interés, en rojo.

- c. *Infraestructuras de utilidad pública o comunitaria.* Dada la naturaleza del paisaje edificado de Tiwanaku, en la manera en que los modelos obtenidos mediante los mecanismos de teledetección nos muestran, es conveniente comentar de manera previa, tal y como estamos haciendo con los tipos de edificación observados o la propia estructura urbana, la presencia de elementos infraestructurales que obligatoriamente supusieron condicionantes para la vida de la ciudad. Un ejemplo que hemos comenzado a comentar anteriormente son los *canales o zanjas de drenaje*. La imagen en color natural obtenida desde dron muestra con claridad los diferentes sistemas de alivio de agua existentes en Tiwanaku, que complementan a los citados por Lasaponara y Masini (37). Consta, como ya hemos descrito, de una gran canalización con forma cuadrangular que recibe los excedentes hídricos del entorno constructivo, y los vierte mediante varios canales de desagüe a las llanuras de inundación circundantes. Es posible, aunque sería preciso comprobar mediante excavación las diferencias de inclinación

y profundidad de todo el conjunto de canales, que en épocas de fuerte presencia de agua en el entorno, con la disposición de inundaciones laminares de posible recurrencia anual, tal y como veremos en el capítulo referente al agua, el movimiento de las masas de agua sea el contrario, esto es, que desde las llanuras de inundación esas masas de agua entren al sitio, controladamente o no, por esos canales secundarios en dirección al foso. Esto provocaría la necesidad de ingeniar mecanismos de control del agua, que debiéramos rastrear arqueológicamente, tal y como parece suceder en las cercanías de la sierra, en torno a los espacios de captación de determinadas materias primas, en este caso, la piedra arenisca roja, con la que está construida buena parte de los edificios que componen Tiwanaku. La presencia de algunas obras hidráulicas destinadas a controlar las condiciones locales de saturación del suelo, pérdida de masa y transporte de sedimentos ya fueron planteados por Ortloff y Kolata (40), y se pueden rastrear actualmente en distintos puntos del sitio.

Mediante las imágenes del *dron* y los satélites podemos, como hemos visto, aproximarnos a la realidad arqueológica de Tiwanaku desde diferentes enfoques, e incluso puntos de vista. Como investigadores debemos hacernos preguntas, y de ellas dependerá en todo caso el conjunto de respuestas que vamos a obtener. En cualquier caso, sean cuales fuere las cuestiones que nos lleguemos a plantear, es evidente que la capacidad del método analítico que las técnicas de teledetección desarrollan y aplican para la Arqueología queda plenamente confirmada. Como acercamiento a la realidad de un sitio como Tiwanaku, tiene la limitación del tipo de información que nos proporciona: lógicamente, no estamos tocando las evidencias más pequeñas, como son los restos cerámicos y óseos que se distribuyen por toda el área. Pero si fuésemos capaces de complementar ambas informaciones, el resultado derivaría en un mapa muy exacto de la vida en el sitio a lo largo de toda su historia. En las próximas páginas desarrollaremos, a partir en este caso del enfoque de la teledetección, alguna de las principales preguntas que nos hemos hecho a la luz de los datos, como la extensión de Tiwanaku, su entorno, dónde vivía la gente en cada momento, elementos que hemos de entender como procesos conexos que configuran los espacios de vida de la sociedad tiwanakota en cada momento. Así, aunque el desarrollo del texto nos obligue a confinar en distintos apartados cada uno de estos factores, la comprensión final de todo el fenómeno que fue Tiwanaku a lo largo de su dilatada historia dependerá de nuestra capacidad como lectores para relacionar todos y cada uno de estos factores que a continuación vamos a describir. Para ello, vamos a dialogar en las próximas páginas sobre cómo eran en realidad los espacios que aquellos seres humanos vivían y sentían como propios.

La controversia sobre los límites de Tiwanaku

Los seres humanos planteamos límites¹⁹. Es la forma en que establecemos mecanismos de control sobre el espacio que nos rodea, y a cómo este nos afecta. Delimitamos el territorio de nuestras casas, y de nuestras ciudades y campos, de tal manera que tenemos cierta seguridad en tanto nos

19 LÍMITE: Del lat. *limes*, -*ītis*. 1. m. Línea real o imaginaria que separa dos terrenos, dos países, dos territorios. 3. m. Extremo a que llega un determinado tiempo. Diccionario de la Real Academia Española. 23 edición. 2014.

encontramos en un ámbito conocido. Además, reconstruimos el espacio limitado por nosotros, de tal modo que tengamos determinadas facilidades para la realización de nuestras tareas cotidianas en ese ámbito espacial. Organizamos nuestras casas, nuestros poblados y nuestro campo atendiendo a las posibilidades que nos ofrece, y en función de nuestra cultura y nuestra conveniencia. Esta circunstancia es fundamental, en este caso, para la Arqueología. Es un comportamiento individual, y a su vez es también un comportamiento social. Gracias a que los humanos planteamos diferentes soluciones a problemas similares, desde el ámbito científico somos capaces de identificar poblaciones dispares, en cuanto a que manifiestan esa relación con el territorio conocido de diferentes maneras, y dejan huellas reconocibles en forma de poblados, viviendas, etc.

Tiwanaku no es una excepción en este sentido. La manera de construir sus casas, sus edificios públicos, o sus campos de cultivo, la convierten en un ente singular con evidentes relaciones formales con el territorio en el que se asienta. Un esquema de relaciones que, con el paso del tiempo, hará de la ciudad el centro de uno de los primeros *estados* del continente americano.

A pesar de todo lo que conocemos del sitio, que es mucho, y a pesar también de los más de cien años de investigaciones en el lugar, desde las primeras excavaciones de la misión francesa, dirigidas por Crequí – Monfort, en 1903 hasta hoy, el asunto de los límites de Tiwanaku sigue siendo objeto de controversia. Y lo es atendiendo a dos acepciones muy distintas del término *límite*: su orientación espacial, por una parte, y su concepto temporal, por otra. Cualquiera de los dos elementos implica valorar la dimensión humana de las relaciones de la población con la sociedad y el territorio, tan indispensable como variable. Es la vieja discusión sobre el concepto de habitante de un espacio urbano, como individuo y a la vez como partícipe de los mecanismos de cohesión de la sociedad en que su vida se desarrolla. El filósofo Aristóteles (41) definió de dos maneras muy curiosas la ciudad, en este caso de la antigua Grecia. Y, sin embargo, resulta tentador pensar en ambas fórmulas como procesos relativos a un mundo anterior a todo lo que conocemos ahora. Según el antiguo pensador griego, “la ciudad es una asociación de casas, familias y poblados para gozar juntos de una vida feliz e independiente”²⁰; y “ciudad es la multitud de ciudadanos capaz de gobernarse por sí misma, de bastarse a sí misma, de procurarse, en general todo lo necesario para la subsistencia”²¹. Ambas frases ofrecen mecanismos de comprensión de las necesidades sociales implícitas en la vida en una descomunal asociación de personas, que es una comunidad del tamaño de la Tiwanaku histórica, cuya población algunos autores proponen que supera las varias decenas de miles de habitantes.

20 Aristóteles: Política. I 1, 1252b 27ss.

21 Cf. Política. III 1, 1275b 20

Las diferentes interpretaciones que desde los primeros autores científicos de finales del siglo XIX se venían haciendo sobre las características y el uso del sitio no resultaban de gran ayuda a la hora de evaluar su extensión, tanto física como temporal. Este último elemento lo trataremos con cierto detalle más adelante. Cuando hablamos, en este caso, del tamaño físico de un espacio arqueológico, máxime si lo hacemos de uno con la pervivencia temporal de la Tiwanaku histórica, en realidad no podemos establecer una única respuesta. Los asentamientos humanos con ocupaciones extensas en el tiempo no son espacios inmóviles, ajenos a cualquier cambio. Por el contrario, son lugares cuyas condiciones se alteran en multitud de ocasiones por cuestiones tan variadas como los cambios políticos, la aparición de nuevas técnicas relativas a la construcción de sus edificios, la presencia de situaciones catastróficas, como incendios, inundaciones o terremotos, o simplemente las fluctuaciones de su número de habitantes, entre otras circunstancias.

Cualquiera de ellas, además, supone procesos complejos que alteran visiblemente los espacios, en ocasiones de forma drástica y rápida, y en otras de manera lenta y paulatina. Estas citadas alteraciones cambian la fisonomía de los espacios, en este caso de Tiwanaku, por ejemplo, ocupando con viviendas espacios que anteriormente estaban destinados a procesos religiosos y el proceso contrario. Así, el proceso por ejemplo de construcción de nuevas estructuras sobre otras anteriores es una circunstancia absolutamente habitual en muchos sitios arqueológicos, y resulta una de las cuestiones esenciales para establecer, sin ir más lejos, la secuencia temporal de estos sitios. A la hora de intentar rastrear esta circunstancia en el paisaje antiguo de un asentamiento como Tiwanaku, debemos entender que la presencia física del ser humano en un lugar casi siempre nos ofrece una serie de evidencias arqueológicas que podemos rastrear. Estas pueden ser cuestiones tan visibles como restos de construcciones, materiales procedentes de sus labores cotidianas, restos de sus cementerios, y cualesquiera otros cuya extensión por el territorio nos indicará a su vez la propia extensión del sitio en cada uno de estos momentos, o incluso cuales son las *partes de la secuencia cronológica* del lugar.

Desde el punto de vista concreto de la extensión espacial del sitio, nuestro conocimiento sobre Tiwanaku ha variado mucho a lo largo del tiempo. Por una parte, la información arqueológica ha evolucionado, partiendo desde un origen en el que el ámbito *nuclear* del interés era la zona que, como hemos descrito con anterioridad, englobaba las zonas que conocemos administrativamente como las Áreas 1 y 2, y que engloban los principales monumentos al alcance del visitante, como son Kalasasaya, Putuni, el Templo Semisubterráneo o las pirámides de Akapana y Puma Punku. De hecho, resulta llamativo el hecho de que, pese a la distancia física existente entre ambos espacios, incluso hasta hoy buena parte de las informaciones que podemos leer en redes sociales o ver en documentales sobre Tiwanaku, centran el concepto del núcleo del sitio en torno al Área 1, y consideran que Puma Punku, incluso es un yacimiento arqueológico diferenciado.

Actualmente tenemos dos formas de poder acercarnos a las pruebas, para poder obtener datos concluyentes en torno a la extensión física de un sitio. En primer lugar, una de las técnicas de probada certeza para evaluar estos datos es la *prospección superficial*. Esta forma de trabajo consiste en el recorrido sistemático de una zona, por parte de un conjunto de investigadores, siguiendo un trazado previamente establecido mediante fórmulas de decisión estadísticas, en el que se localiza y se refieren espacialmente las evidencias de presencia y actividad humana. Mediante esta labor de referencia se obtiene un *mapa de dispersión de hallazgos*, que proporciona información al respecto de cuestiones tan curiosas como espacios dedicados a diferentes actividades, la propia extensión de los

sitos o su secuencia temporal. Para el caso de Tiwanaku, el primer arqueólogo que realizó un trabajo de estas características fue Parsons (23). A mediados de los años sesenta del pasado siglo XX, este investigador norteamericano realizó la primera prospección de forma sistemática del sitio, documentando diferentes materiales. A partir de estos trabajos, planteó una primera aproximación a la extensión del sitio, que cifró en unas doscientas cincuenta hectáreas. Estos datos permitieron afirmar por primera vez que Tiwanaku no era un centro ceremonial vacío, tal y como se había planteado en alguna ocasión, sino que era un lugar con espacios habitados, en los que se congregaba una población de tamaño variable.

Esta segunda información es, como vemos, una cuestión derivada del tamaño del asentamiento, sin ser la única variable a considerar. Así, tanto Parsons como después otros autores, como Browman (29), o el propio Ponce Sanginés plantearon en diversas ocasiones el tema del tamaño de la población del sitio, estableciéndose una ocupación variable que se ha estimado entre los 20.000 y los 40.000 habitantes (42) (43). Para realizar este cálculo se ha tenido en cuenta ejemplos de otras áreas, teóricamente extrapolables al modelo de población tiwanakota, en las que existían cálculos fiables que hablaban de una densidad de población de unos 12.000 habitantes por kilómetro cuadrado, tal y como explica Janusek (44). Él mismo establece un interesante factor de corrección, proporcionado por la existencia en el ámbito urbano de Tiwanaku de diferentes espacios cuya presencia dificulta la creación de un patrón regular de crecimiento urbano, como son las cochas y las uvalas, estos reservorios naturales de agua que explicábamos en capítulos anteriores, y cuya presencia jalona toda la zona ocupada del sitio. Estos elementos convierten el espacio habitado en un territorio físicamente condicionado, determinando un cincuenta por ciento del territorio como "no habitable" para el investigador norteamericano, que reduce la población potencial del sitio a un abanico que oscila entre los 10.000 y los 20.000 habitantes en torno al año 800 d. C. En este momento, además, se observa la presencia de un amplio conjunto de pequeños núcleos de población en todo el valle de Tiwanaku, cuestión que nos habla de un incremento en la presión demográfica, y por ende ambiental y también económica, sobre un territorio en el que existe ya un núcleo densamente poblado.

Entendiendo esto, para aproximarnos al menos a una información fiable al respecto del tamaño de una población histórica, debemos ir un paso más allá del simple análisis del tamaño del espacio habitable, dato al que regresaremos un poco más adelante para explicar la información que hemos obtenido mediante el uso de la teledetección para Tiwanaku. Y debemos hacerlo porque tan importante es valorar el espacio potencial que han podido ocupar en el territorio, como, por ejemplo, la capacidad física que tiene ese territorio bajo control de esa población para sostenerla económicamente, esto es, para alimentar a sus habitantes. Un territorio sin capacidad para producir recursos o bienes que permitan la producción o la compra del alimento necesario para el sostén de su población sería insostenible, además de generar conflictos que dejarían un fuerte rastro en las pruebas arqueológicas que podemos encontrar.

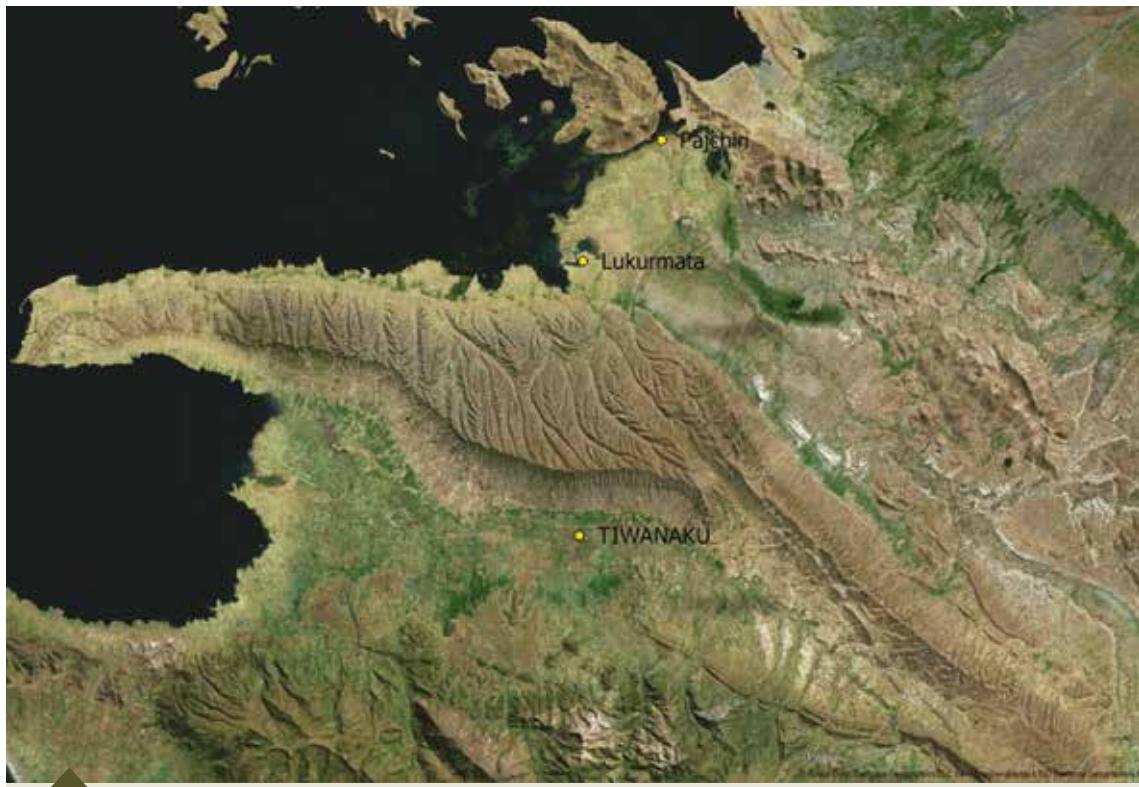


Ilustración 35. Localización de los asentamientos de Lukurmata y Pajchiri (área de Pampa Koani, valle del río Catari), en relación a Tiwanaku, sobre imagen de satélite (Earthstar Geographics SIO – BING Maps ®).

En este sentido, las informaciones que tenemos en relación al valle de Pampa Koani, en el que se documentaron, entre otros dos grandes asentamientos de cultura Tiwanakota, que son Lukurmata y Paqchiri, que controlan todo un conjunto de pequeños núcleos de ocupación a lo largo del río Catari, y nos hablan de una capacidad de producción agraria para la zona de este río en época Tiwanaku que podría sostener una población de entre 19.950 y 55.000 habitantes (45). Buena parte de esta producción, que excede con mucho las necesidades locales de los habitantes de Pampa Koani, en toda lógica, sería consumida por los pobladores del elemento que articula la política y la economía de todo el territorio, es decir, Tiwanaku. Además, coincide curiosamente que en este momento se produce una eclosión de asentamientos pequeños en el propio valle de la ciudad, que con toda seguridad son un apoyo al sostenimiento agropecuario de la ciudad, ampliando en toda lógica la cifra de habitantes que sólo el vecino valle del río Catari puede sostener.

Si regresamos ahora a la cuestión del tamaño del espacio habitable, el recurso de la teledetección nos permite observar un conjunto de evidencias que nos facilitan importante información sobre esta materia. En primer lugar, la presencia de estructuras en la práctica totalidad del modelo tridimensional obtenido nos permite afirmar que el tamaño del asentamiento, en un momento indeterminado de su existencia, ha podido superar ampliamente el área que el dron ha rastreado, esto es, las cuatrocientas once hectáreas de terreno. Resulta pertinente, en este momento, el empleo de herramientas de análisis que amplíen el foco sobre un espacio más amplio. Esto se hace en cualquier

caso a costa de perder resolución en los materiales empleados, cuyo detalle no alcanza la precisión de los modelos generados por el *dron*, pero que nos aporta información de calidad suficiente para poder valorar estos extremos.

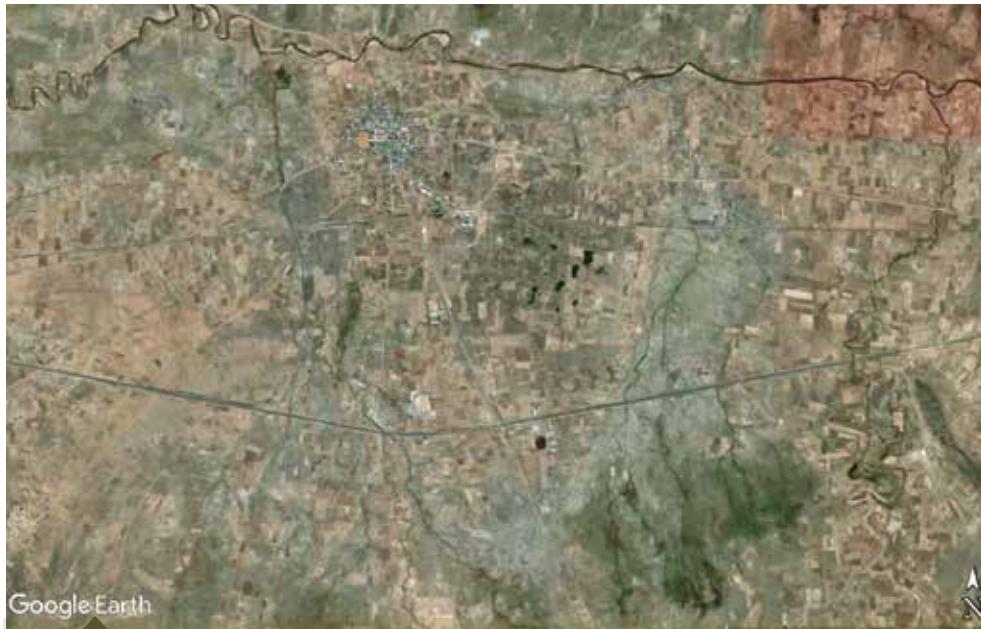


Ilustración 36. Imagen del servidor de satélite Google Earth ®. En ella observamos como el espacio central de la imagen, que corresponde al área de Tiwanaku, queda rodeado por varias áreas inundables, que en la fotografía aparecen en distintos tonos de verde.

Para desarrollar esta labor, emplearemos imágenes de satélite, que nos permitan rastrear algunas evidencias que definen la cuestión. Así, por ejemplo, si observamos en la ilustración 36, la imagen histórica de los servidores de satélite de *Google Earth* ® del año 2009, podemos empezar a comprender los mecanismos que configuran las dimensiones físicas máximas del sitio. Esta observación nos aporta dos evidencias visibles a dos niveles, uno *macrovisual* y otro *microvisual*.

Así, atendiendo al primero de los dos citados niveles de información, sobre las imágenes de satélite observamos como la estructura física de Tiwanaku, ubicada geográficamente sobre lo que denominamos un *relieve tabular*²², propio por

22 Un relieve tabular es un elemento topográfico elevado, de forma plana, sobre un área geográfica determinada. Esta diferencia de altitud entre este espacio del relieve y su entorno, aunque no sea demasiada, sí debe ser significativa al respecto del tipo de paisaje en el que se enmarca. La composición litológica de estos paisajes suelen ser rocas sedimentarias recientes, como calizas, arcillas o margas. En este enclave las calizas están subyacentes o subsuperficiales, pues originan en superficie *dolinas* o depresiones formadas por disolución y colapso.

otro lado de la presencia de calizas por debajo de la superficie que actúan como material más resistente a la erosión. Este espacio plano y elevado sobre el que se ubica el sitio está a su vez rodeada por cauces fluviales que vierten sobre el río Tiahuanaco, cuestión que, añadida a la horizontalidad del altiplano andino y a la presencia de potentes niveles superficiales de arcillas, hace que alrededor de ella se cree un territorio de inundación muy evidente. Aunque dedicaremos más adelante un capítulo concreto a la cuestión del agua y su relación con el sitio, no podemos dejar de comentar esta cuestión al respecto de los límites físicos del sitio, dado que a la vista de los datos resulta un elemento claramente evidente. Por otro lado, la marcada estacionalidad de las precipitaciones y la cercanía de las sierras tributarias de la cuenca del río Tiahuanaco hacen que, durante las épocas de lluvia y deshielo, estos cauces afluentes sean auténticos torrentes de agua, con gran caudal y fortaleza potenciales. Además, observamos la presencia de varios ojos de agua en las proximidades de Tiwanaku, lo que nos indica también la posible aparición de aguas superficiales que proceden del ascenso de los niveles freáticos, que podrían generar durante algunos períodos de duración variable la presencia de inundaciones laminares de los entornos cercanos al sitio. Algunos de estas surgencias u *ojos de agua* ya eran conocidos y se habían realizado obras en ellos en época tiwanakota, como es el caso concreto de *Choque Pakcha*, ubicado en el entorno suroeste de Puma Punku. Si a este conjunto de espacios inundables le asociamos la porción del propio río Tiahuanacu que delimita al Norte el espacio urbano, tenemos una primera aproximación formal al área máxima de ocupación del sitio, que debemos ahora tratar de ajustar mediante otras evidencias.

Para esta búsqueda *fina* de información física de la posición de Tiwanaku, emplearemos la misma herramienta, pero en este caso, desde un rango de observación más cercano. Y observando de forma particular los límites de estas áreas inundables que circundan el sitio, observamos como los espacios de contacto de estas zonas hídricas con el potencial espacio interno, en ocasiones se manifiestan como trazas ortogonales del terreno. Esta circunstancia resulta llamativa, dada la naturaleza y características de los estratos calizos que subyacen bajo las arcillas superficiales del terreno. De hecho, estas *alineaciones*, bien sean causadas por la presencia de piedra mampuesta o bien por el tallado de la roca, nos indican con gran certeza la mano humana en su forma visible. Además, estos elementos afloran en varios puntos completamente distantes de la *geografía de límites* del núcleo principal de Tiwanaku, tal y como podemos observar en las figuras 37 y 38, que muestran un par de detalles de estos elementos sobre las imágenes de Google Earth ®, correspondientes a los años 2003 y 2009. Resultan especialmente llamativas en este caso las de 2003, en las que podemos observar, entre otras cosas, como las uvalas y cochas están llenas de agua en el momento del vuelo, rasgo que de demostrarse similar en época tiwanakota, daría la razón a Janusek en tanto a la disposición de tan sólo una parte del área edificable para la construcción de los *barrios* de la ciudad (44).

Volviendo a los *límites pétreos* que observamos, cabe señalar que estas alteraciones artificiales del terreno rocoso no son un rasgo extraño, por otra parte, dadas las evidencias que tenemos de modificaciones de cauces fluviales por parte de poblaciones de cultura Tiwanaku, para favorecer los procesos agrarios en el vecino valle del río Catari, al Norte (45), o como veremos más adelante, del propio río Tiahuanacu y de algunos de sus afluentes.

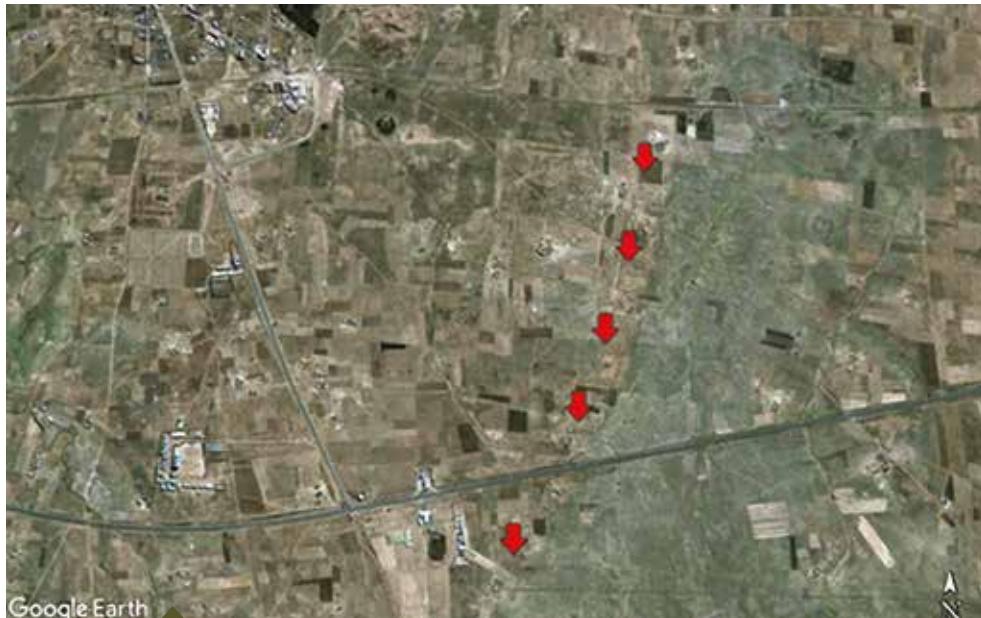


Ilustración 37. Detalle del límite oriental del espacio urbano. Obsérvese el cambio de coloración en el terreno, a la derecha de la línea de flechas, así como la linealidad de este cambio, en dirección Norte - Sur. Fuente Google Earth ®. Imagen 2009.



Ilustración 38. Detalle del límite suroriental del espacio urbano. Obsérvese de nuevo el cambio de coloración en el terreno, así como la linealidad de este cambio, en dirección Noroeste - Suroeste. Además, la comunidad de Achaca, habitantes del lugar, hablan de la existencia de un canal de agua soterrado en este espacio. Fuente: Google Earth ®. imagen 2003.

23 Comunicación del Mallku y varios ancianos de la comunidad de Achaka, que laborean estas tierras de forma cotidiana.

Estas formaciones potencialmente antrópicas, bien sean construidas mediante arquitectura de mampostería, o bien se hayan tallado en la base de roca caliza que compone la meseta sobre la que se asienta Tiwanaku, se asocian físicamente a otro tercer conjunto de evidencias, además de la comentada presencia de espacios inundables hacia el exterior. Este nuevo conjunto de elementos que hemos observado, esta vez mediante el modelo tridimensional obtenido por el *dron*, se circunscribe a una serie de espacios concretos del territorio urbano, debido a la limitación de cobertura del modelo tridimensional en comparación con la imagen de satélite. Es cierto que, aparentemente, lo que en él observamos puede semejar una extensión física de estas formaciones que localizamos en los distintos puntos a los que nos hemos referido del perímetro del sitio. Sin embargo, si observamos este elemento detenidamente, descubrimos algunas características que lo convierten en un espacio singular, cuya forma y construcción se asemeja en buena medida a una estructura de carácter portuario, en forma de un muelle longitudinal acompañado por dos rampas opuestas. En cualquier caso, su uso como tal parece limitado a los procesos estacionales de inundación de estas áreas, cuyas características geográficas son adecuadas para la permanencia de aguas superficiales durante largos períodos de tiempo.

Si observamos en detalle el elemento arqueológico al que nos estamos refiriendo, en primer lugar, observamos que dispone de dos alineaciones de estructuras paralelas, ubicadas a distintas alturas. Tenemos certeza de que, al menos una de ellas, la exterior, está construida mediante mampostería, con grandes bloques de piedra. Esta pared de grandes bloques se enfrenta a una de las zonas de inundación que más humedad conservan actualmente. Es el área de Choque Paccha, y además de recibir la cobertura hídrica laminar procedente este *ojo de agua*, la zona es también alimentada por la irrigación de varios cursos de agua, afluentes del Tiahuanacu. Este tipo de construcción, enfrentada a la presencia, al menos estacional, de recurrentes períodos de inundación, cuya naturaleza y evolución cabría valorar mediante futuros trabajos de excavación, nos habla de un diseño intencional, que busca y proporciona una serie de cualidades y funcionalidades muy concretas, que explicaremos en detalle más adelante.

En segundo lugar, esta área dispone de todo un conjunto de elementos perpendiculares a la alineación normal del límite del sitio, que también sugieren la mano humana en tanto a su manufactura. Unas evidencias que no se observan, sin embargo, en las otras zonas en las que localizamos estas construcciones limitadoras del espacio urbano. Esta cuestión implica obligatoriamente una evidencia de un uso práctico de estos elementos, que se asocian con seguridad a las construcciones longitudinales de piedra que acabamos de describir. Su forma sugiere la construcción de recintos cerrados, vinculados al uso de los muelles que tienen justo delante. Aunque es complicado establecer un análisis claro de la utilidad de estos elementos, lo que la forma y la vecindad con una posible estructura de descarga de distintos elementos muebles nos sugiere es su empleo como posibles recintos de almacenaje temporal de estos recursos. Más adelante hablaremos, por ejemplo, de las opciones que actualmente podemos valorar para la llegada de piedra al sitio, procedente de los afloramientos de areniscas rojas de la *Sierra de Machaca*, a unos quince kilómetros de distancia en línea recta. Resulta sugerente proponer la posibilidad de que, durante al menos algunos períodos al año, pudiera emplearse el cauce de determinados ríos para acortar este recorrido, llevando materiales al sitio mediante sistemas de balsas de poco calado, fabricadas con Totora, de cuya capacidad de carga tenemos noticia desde muy antiguo, siendo por ejemplo el sistema sobre el que se apoyaba el tradicional y vecino *punte de Desaguadero*, según describe el texto de Reinaldo de Lizárraga, en el capítulo LXXXVII (13).



Ilustración 39. Detalle del límite occidental del espacio urbano, sobre el modelo 3D obtenido por el dron. Obsérvese la rotundidad de las alineaciones en dirección Norte - Sur, correspondientes a estructuras de mampostería, actualmente enterradas. obsérvese también su proximidad a Puma Punku, en la esquina superior derecha de la imagen.



Ilustración 40. Extensión del sitio Arqueológico de Tiwanaku, a partir de las evidencias obtenidas mediante Teledetección. Sobre imagen de Google Earth ®

En cualquier caso, volviendo al tema que nos ocupa en esta parte del estudio, lo que resulta evidente es que esta estructura, sea cual sea su utilidad final, cumple con la función principal o secundaria de delimitar físicamente el desarrollo máximo del área de expansión del sitio. Observando su localización, es pertinente establecer en este momento un dibujo aproximado del área urbana potencial de Tiwanaku, en su momento posible de máxima extensión física. Si seguimos empleando como base la herramienta de satélite, lo que observamos, tal y como se refleja en la ilustración 41, es no sólo la posición preeminente de Tiwanaku en el fondo del valle, sino que su tamaño es realmente significativo en tanto a su territorio de control directo. Además, esta gran extensión de espacio que ocupa la ciudad le permite controlar el tránsito horizontal a través del valle, convirtiéndose en un auténtico mecanismo nuclear en relación tanto con el espacio como con el resto de poblaciones.

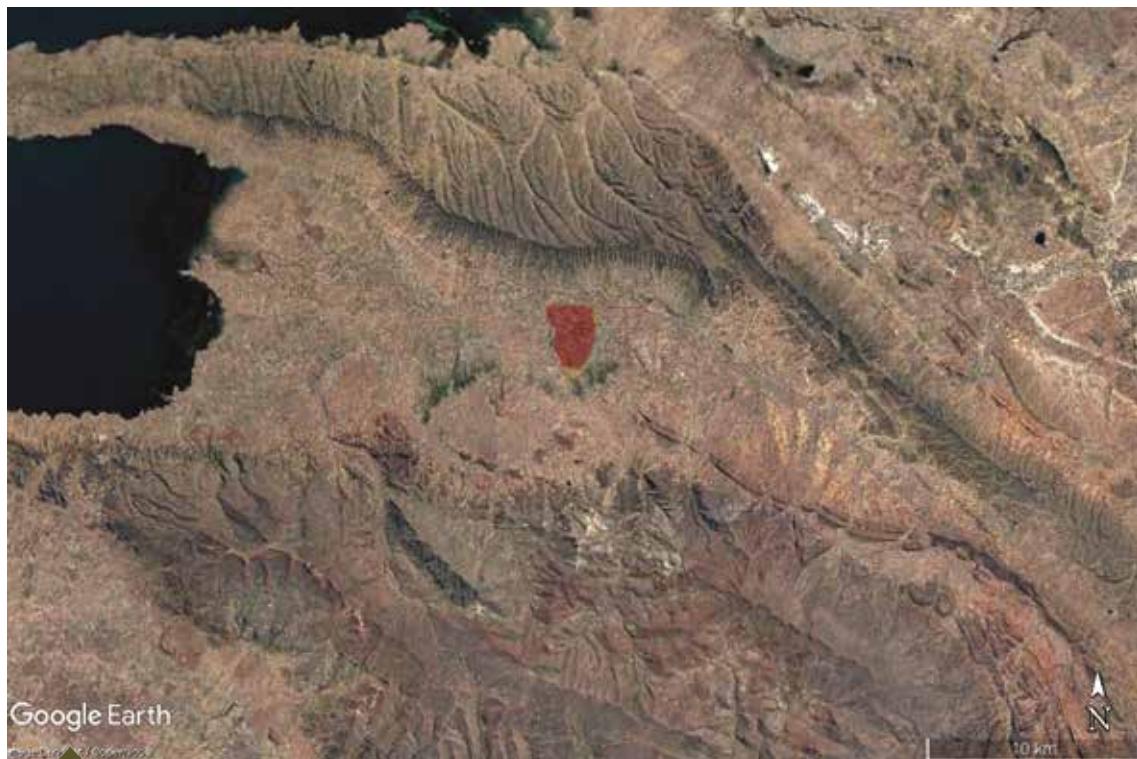


Ilustración 41. Localización y dimensiones de Tiwanaku, en relación con el fondo de valle del río Tiahuanacu. Sobre imagen Landsat - Google Earth. ®

Reescribiendo los viejos lugares:

Tiwanaku, y la construcción de su espacio urbano: la información sobre los espacios domésticos.

Una de las discusiones clásicas al respecto de la Tiwanaku histórica ha sido aquella que pretendía establecer su verdadera entidad como espacio humano, y por ende el uso de su espacio. La presencia magníficente de los grandes elementos políticos y religiosos del sitio, como Kalasaya o Putuni, determinaron en cierta forma la interpretación de un espacio singular, por parte de algunos investigadores. Así, surgió el concepto de “Centro Espiritual y Político”, que ha llegado en buena medida hasta nuestros días. Esta denominación es especialmente interesante, dado que consciente o inconscientemente nos está mostrando dos situaciones sociales. En primer lugar, el planteamiento hipotético de que Tiwanaku es un espacio político y religioso, dejando en un segundo término la importancia de los espacios domésticos, las casas y entornos de vida social del común de la población tiwanakota. En segundo lugar, el término “centro”, que dialécticamente (46) implica la existencia de una “periferia”, y por extensión un concepto de núcleo original desde el que, centrífugamente, se extiende la cultura hacia otros territorios, en origen distintos.

Desde esta perspectiva, el análisis corre el riesgo de entrar en las dinámicas políticas, de múltiple signo, referentes a la construcción de las identidades a partir de la información histórica. Sin embargo, lo que observamos desde el punto de vista científico se aleja en buena medida de estas dinámicas en ocasiones interesadas, y que se alejan en su discurso de la realidad material de las pruebas empíricas. Tiwanaku, como así lo hacen la mayor parte de los sitios arqueológicos que

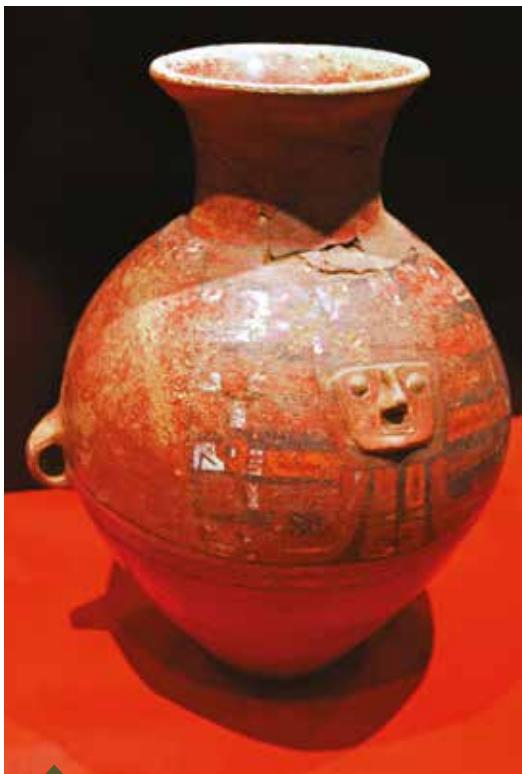


Ilustración 42. Cerámica Tiwanaku, con representación de la figura del Señor de los báculos. Museo cerámico. Exposición temporal “Wirakocha o Wilkatata”. Tiwanaku, 2017.

estudiamos, nos muestra episodios de vida: pequeñas o grandes fotos fijas de la realidad de sus gentes, a partir de cómo elaboran sus entornos cotidianos para que les resulten *amigables*. Si lo pensamos bien, es algo realmente sencillo. En nuestras casas, en nuestros espacios de trabajo, etc., esto es, en todos aquellos sitios en los que desarrollamos partes importantes de nuestras vidas, *interactuamos* con sus formas. Nosotros adaptamos estos espacios para que nos resulten confortables²⁴ en cierta medida (47). Y además lo hacemos a dos niveles tan distintos como complementarios. En primer lugar, reordenamos nuestros espacios como individuos, como personas particulares que los vivimos. Pero también, en segundo lugar, lo hacemos como miembros de una comunidad social.

Tiwanaku es un lugar privilegiado para observar esto. Por un lado, tenemos a la vista los magníficos *espacios sociales*. Los grandes complejos como Kalasasaya, Putuni o Puma Punku, las pirámides de Akapana o la de la Luna. Todos estos grandes edificios son monumentos a la estructura social de su comunidad humana, sea esta la que sea. Por otra parte, tenemos espacios de habitación, viviendas, barrios, etc., de diferentes momentos y extracciones sociales, distribuidos por disintitos espacios de los ámbitos urbano y periurbano: Mollo Kontu, K'karaña, Akapana Este o Chií ji Jawira, son lugares en los que la vida cotidiana de la gente ha dejado su rastro más cercano. De todo esto nos vamos a ocupar en las próximas páginas, con la ayuda de las imágenes del *dron* y los satélites.

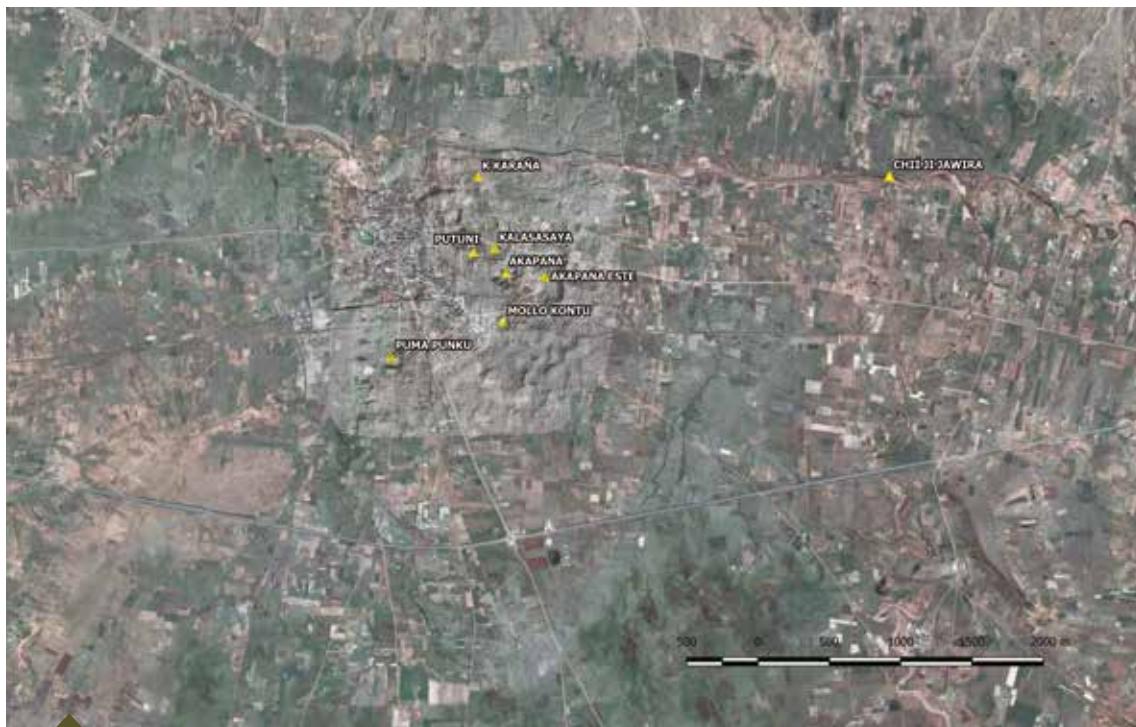


Ilustración 43. Localización de los principales elementos citados sobre las imágenes del *dron* y satélite Geoeye. 2017 CNES/Airbus. Digitalglobe ®.

24 La Real Academia de la Lengua española define *comfort* como “*aquello que produce bienestar y comodidad*”.

Lugares para la vida: el espacio habitado de Tiwanaku

Las viviendas que la ciencia analiza y documenta en diferentes poblaciones históricas, presentan fuertes similitudes en cuanto a su construcción, que en muchas ocasiones es también fruto de procesos comunitarios, que somos capaces de reconocer y rastrear mediante la Arqueología. En buena medida, la forma y la distribución de las viviendas, tanto de puertas para adentro como en su disposición física sobre el espacio, son un claro reflejo de la sociedad que las produce. Observándolas podemos entender cuestiones relacionadas con los modos de vida, la estructura social, tanto a nivel del grupo como del modelo de relaciones familiares, podemos realizar cálculos demográficos básicos, o valorar cuestiones referentes a los mecanismos de cooperación familiar y grupal, al parentesco y a la filiación marital, etc. La Antropología es muy rica en detalles al respecto de estos y de otros aspectos de la relación física de la vivienda con el grupo y los individuos que lo componen. Y es especialmente interesante todo esto cuando en un mismo lugar podemos observar la evolución del modelo de viviendas, a lo largo de todo su devenir histórico. Este es el caso de Tiwanaku, a partir de la información que los trabajos de teledetección han facilitado.

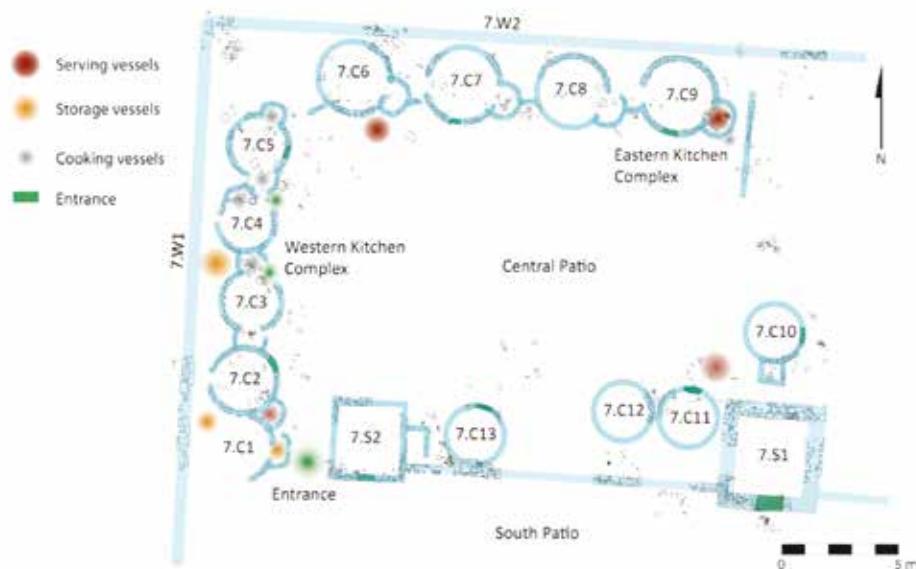


Ilustración 44. Mapa de conjunto de cabañas en torno a un patio central, de Khonkho Wankane. En E. Marsh (2016), figura 4.

Así, podemos ver como se reflejan en las imágenes obtenidas, las huellas que dejaron algunos grupos de cabañas circulares, que podemos pensar de forma lógica que pertenecerían a momentos del denominado *periodo Formativo Tardío* de Tiwanaku (Siglos I – VI d.C). Estos restos visibles son las bases de gran número de

construcciones circulares, con unas medidas muy similares, y que además se agrupan en conjuntos, siempre cercanos a los cursos de agua. Las podemos distinguir con cierta seguridad, además, porque tenemos evidencias de construcciones similares en el propio sitio, en espacios como Kkaraña, a unos 100 metros al Norte del Área 1 e incluso en Kalasasaya, espacio en el que Ponce Sanginés encontró cabañas, pisos y otros elementos asociables a esta época (48), así como en otros espacios relativamente cercanos, como observamos en la ilustración 45, con ejemplos ampliamente analizados por equipos de investigadores, como el bien estudiado caso de Khonkho Wankane, tal y como veremos un poco más adelante (49). Es un momento especialmente interesante, en el que observamos como existe un incremento de la monumentalidad en los sitios, cuyas construcciones comunitarias, como los *patios hundidos* y las grandes plataformas de arcilla se asocian a *conjuntos residenciales* en forma de barrios de cabañas dispuestas en torno a un espacio comunitario central.

El tipo de construcción de estos barrios, consistentes en cabañas elaboradas con muros de barro o adobe recercidos sobre cimentaciones de piedra, tal y como veremos más adelante, en muchas ocasiones apenas muestran evidencias de su existencia cuando caminamos sobre ellas en nuestros días. Estas huellas de tan antiguas edificaciones, invisibles para el ojo del visitante, aparecen sin embargo ante nosotros cuando empleamos una de las técnicas más interesantes de teledetección mediante imagen, que es el uso de la parte del espectro luminoso que no es visible para el ojo humano. Sin embargo, los sensores especiales de la cámara sí son capaces de llegar más allá de los siete colores básicos, que componen la imagen de aquello que nuestros ojos pueden registrar.

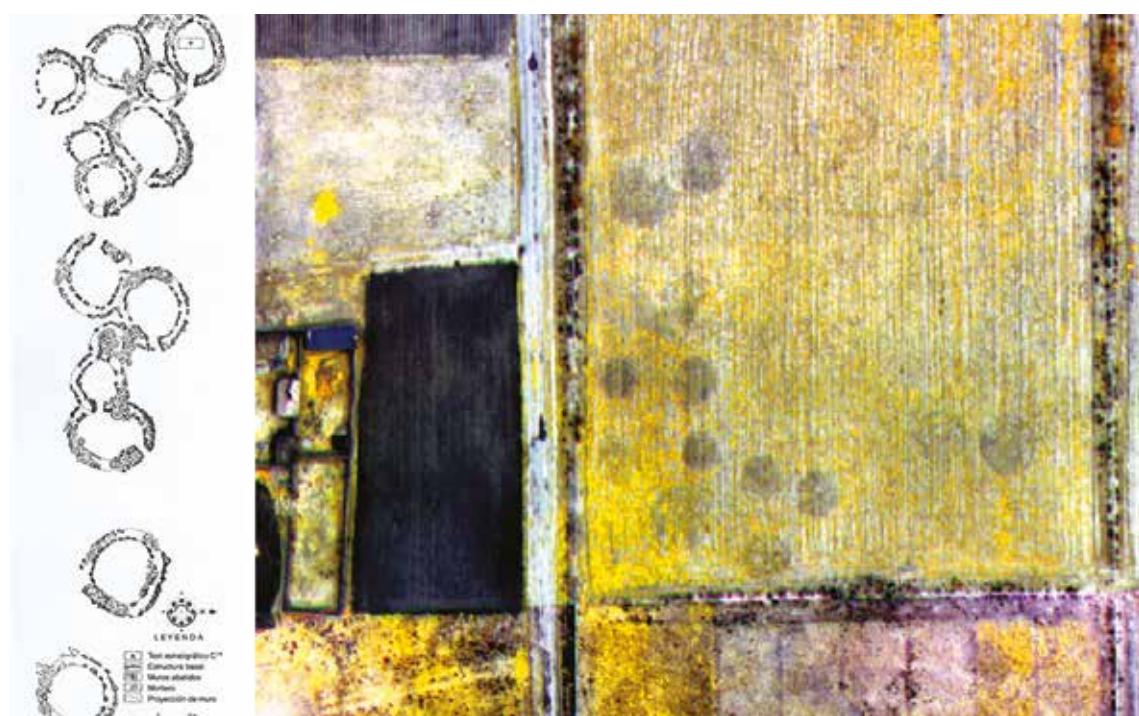


Ilustración 45. Cabañas circulares: Izquierda, excavaciones correspondientes a la aldea Puripica - 23 (Atacama); derecha, huellas de construcciones al sur de Puma Punku (Tiwanaku), Sobre imagen del dron de falso color.

Así, podemos observar a partir de la información de las imágenes multiespectrales, o de *falso color*, como actua la luz solar sobre el terreno, en dos sentidos diferentes. Por una parte, empleando la diferencia de temperatura, dado que la composición y compacidad del suelo hace que esta se refleje de manera muy distinta, en función de lo que hay enterrado. Por otra parte, la reacción de las plantas, a través de los procesos de la fotosíntesis. Las plantas absorben una parte de la luz que reciben, y reflejan otra. En función de este proceso, que tiene mucho que ver con el tipo de plantas que cubren el suelo y su estado de salud, podemos averiguar datos sobre la composición del suelo sobre el que esas plantas se desarrollan.

En el caso concreto de estas posibles huellas de cabañas, la lógica nos habla de la primera de las dos opciones. Y para entender por qué lo vemos, debemos pensar en cómo se construyen estas soluciones. Imaginemos por tanto una cabaña construida en barro. Para su edificación en unas condiciones ambientales como son las del altiplano boliviano, lo primero que haríamos en toda lógica sería excavar, aunque fuera mínimamente, la forma de la cabaña en el suelo en el que la vamos a construir. Este rebaje va a permitir mantener unas condiciones de temperatura más adecuadas para la cabaña que si la levantamos directamente sobre el suelo, evitando tanto la helada como las temperaturas de alta insolación. Esta técnica es harto conocida, y se ha empleado en sitios relativamente cercanos en los que el clima resulta un condicionante extremo, como puede ser la zona de Atacama (50). A continuación, los constructores excavarán una zanja perimetral, en la que van a establecer los cimientos del muro que recorrerá en círculo toda la forma de la construcción. En caso de disponer de material, acto seguido la llenarán de piedra mampuesta. Esto permite dos cosas distintas. En primer lugar, estabiliza el muro que irá encima. En segundo lugar, controlará la humedad que en el futuro afectará al citado muro, mediante su evaporación.



Ilustración 46. Viviendas circulares tradicionales del altiplano boliviano, construidas de barro y techo vegetal. Atilano boliviano²⁵. Imagen cortesía de Matteo Porta

²⁵ https://www.trekearth.com/gallery/South_America/Bolivia/South/Oruro/Chipaya/photo970023.htm

A partir de este momento, los constructores antiguos comenzaban a elevar los muros del edificio. Esto podía hacerse empleando dos recursos materiales de naturaleza similar, pero de características distintas. En primer lugar, se podían emplear adobes, realizados mediante la mezcla de barro y paja, escuadrados en bloques y secados al sol, apoyados en una estructura de pilares y dinteles de madera, para a continuación enlucir sus paredes al interior y exterior, bien con cal o bien con barro; o bien se podía levantar como segundo modelo un entramado de ramas y también pilares de madera, y después mantearlo con barro, creando un muro grueso y de una pieza. Una vez acabadas, ambas soluciones tendrían un aspecto más o menos similar, si bien la forma de construcción y las características físicas de cada una de las construcciones serían muy diferentes.

Para la construcción posterior de las cubiertas, también se podrían plantear soluciones distintas. Si las paredes exteriores son verticales, la forma lógica de cubrir es mediante un techo vegetal de forma cónica o semiesférica, y que normalmente se soportaría mediante su apoyo en un pilar central de madera y en los puntos más fuertes del muro exterior de la vivienda. Por otra parte, si las paredes presentan una inclinación hacia el interior, se puede plantear una cubierta *por aproximación de hiladas*. En este caso, las paredes de la vivienda van decreciendo en su diámetro en la medida en que van ganando altura, con lo que la vivienda adquiere una particular forma cónica, y son las propias paredes las que hacen la función de tejado. En este tipo de construcción, la cumbre de la cubierta no precisa normalmente apoyos suplementarios una vez terminada su construcción, con lo que el espacio interior del recinto es totalmente diáfano. Ambos ejemplos, en cualquier caso, los podemos ver reflejados en un ejemplo de construcción actual, en la ilustración 47.



Ilustración 47. Localización de los principales asentamientos conocidos del periodo Formativo Tardío, en el entorno de Tiwanaku. Elaborado a partir de los datos de E. Marsh (2016 - figura 1), sobre imagen Landsat.

Con el paso del tiempo, se ha observado en Tiwanaku el cambio de diseño constructivo de estas cabañas hacia formas rectangulares. Además, este cambio, que resulta ya común en el periodo siguiente, Tiwanaku IV (500 - 750 d.C), se ha detectado en la excavación arqueológica de alguna de las escasas estructuras hasta ahora conocidas, tal y como parece reflejar la secuencia del conjunto constructivo desenterrado en la zona de Kk'araña, en el espacio Norte del sitio. Este cambio, de estructuras circulares a estructuras cuadrangulares, como las excavadas por Janusek en el área de Akapana Este (51) o las que componen el conjunto de Mollo Kontu (39), o los elementos de este tipo que han aparecido en nuestras recientes excavaciones al sur de Putuni tal y como veremos un poco más adelante, implica el conocimiento referente a las fórmulas de edificación complejas, sobre todo en cuanto al soporte de las cubiertas. Desde este cambio, los tejados de las viviendas se construyen normalmente con vertientes a dos o a cuatro aguas, y requieren obligatoriamente de la disposición de estructuras portantes, como pueden ser pilares, cerchas, u otro tipo de recursos arquitectónicos que soporten el peso de los materiales de tejado. Además del propio peso de las coberturas vegetales de estas edificaciones, las techumbres y sus estructuras de soporte deberán aguantar el peso adicional del agua de lluvia y de la nieve, en determinadas épocas del año, que se acumula en mayor medida sobre las cubiertas ortogonales, dado que ofrecen superficies planas sobre las que descarga la precipitación.

Esta nueva manera de estructurar todo lo que tiene que ver con los espacios domésticos, esto es, las viviendas y sus elementos anejos, sigue conservando sin embargo los esquemas de formulación comunitarios del periodo Formativo Tardío, en tanto a la posible distribución de las viviendas alrededor de patios comunitarios, que son espacios en los que se producen los mecanismos más básicos de los procesos de cohesión social. Estos elementos de uso colectivo se complementan además con algunas construcciones en las que los investigadores han identificado un uso estrictamente temporal (53), vinculado a momentos específicos en el desarrollo del calendario anual, sean estos de la naturaleza que sean.

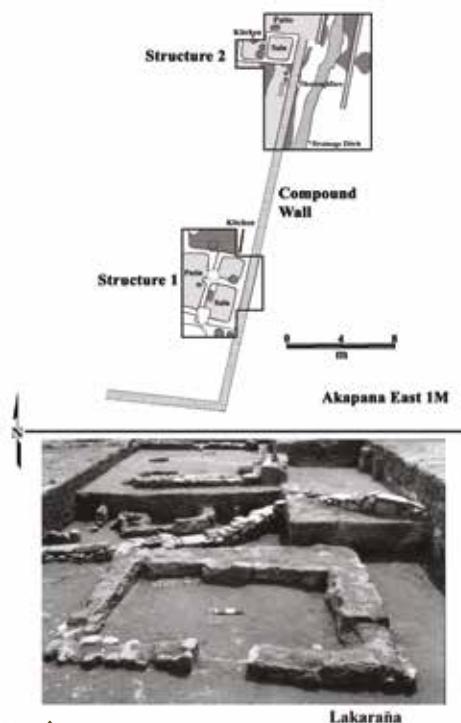


Ilustración 48. Viviendas de los períodos Tiwanaku IV - V. Sectores Akapana este y Kk'araña. En Janusek (52), figura 8.3.

Esta forma tan particular de distribución y uso de los espacios habitados, tal y como vemos en todos aquellos lugares en los que las excavaciones del sitio han buscado el espacio doméstico, se estructuran en torno a barrios delimitados en este caso por muros perimetrales, también con cimentación de encachados de piedras de río, sobre las que se levantan lienzos de adobe.

Aunque sólo encontramos el basamento de estos elementos de construcción, en función de algunos parámetros podemos conocer la altura máxima que estos muros de cierre podrían alcanzar. De hecho, en función de la anchura del muro, así como la distancia de los elementos de arriostre que se hayan empleado, como pueden ser pies derechos de madera, apoyos traseros en estructuras secundarias, como pueden ser los propios muros de las viviendas adyacentes, podemos realizar estos cálculos. Por ejemplo, el muro que Janusek localiza en sus intervenciones en el área de Akapana Este, y que interpreta como el lienzo perimetral del *barrio*, que tiene unos 40 – 50 centímetros de anchura, podría alcanzar una altura máxima sin flexiones críticas que depende expresamente de la distancia entre las estructuras que lo arriostran²⁶.

En todo caso, estos muros presentan características físicas, sobre todo en tanto a la conformación de cimentaciones potentes de cantos de río de mediano y gran tamaño, que permiten su preservación física. Esta es mucho más complicada en el caso de las estructuras sencillas de barro y adobe, cuyas cimentaciones son más ligeras, y apenas dejan rastro visible sobre el terreno, tal y como hemos visto con anterioridad, obligándonos a emplear el recurso de las imágenes de *falso color*. En el caso de estos grandes muros, y dadas las condiciones de horizontalidad del terreno altiplánico, podemos emplear el recurso del *Modelo Digital del Terreno* de alto detalle, generado por el *dron*, para intentar localizarlos. Si bien no conocemos de forma definitiva y objetiva la existencia o no de un sistema organizado de medidas para la construcción de estos elementos comunitarios, cuestión que sería algo más que lógica, por otra parte, sí que sabemos de su naturaleza ortogonal, una pista que nos permite rastrear patrones en la topografía que cumplan con la circunstancia de formar recintos de tendencia cuadrangular.

Y así es. Cuando observamos en detalle las distintas áreas que componen el territorio interior del núcleo principal de Tiwanaku, a partir en este caso del modelo tridimensional generado por los trabajos de Teledetección, nos damos cuenta de que la superficie del sitio está repleta de estas estructuras. Si bien no es posible determinar un uso de las mismas a partir de la simple observación de su huella en los volúmenes topográficos, sí podemos intuir las relaciones más que evidentes entre estas evidencias, y los restos analizados por otros equipos en el sitio, y que antes hemos mencionado. Además, su desarrollo en toda la extensión del sitio, incluyendo el interior del *recinto ceremonial* determinado por el gran foso, o en otro elemento destacado del paisaje urbano tiwanakota, al que nos referiremos en detalle más adelante, que es *Mollo Kontu*, (Ilustración 49) una pequeña elevación que se destaca al sur de la pirámide de Akapana, y que está rodeada también por un posible canal, nos está haciendo una narración muy completa de la complejidad de los mecanismos sociales de la población de Tiwanaku.

26 Este cálculo se hace en función de la siguiente fórmula, en la que H_1 es la altura máxima que soporta el muro, e_m es el espesor máximo del muro, y $1m\ddot{a}x$ es la distancia entre los elementos de arriostamiento verticales que lo soportan:

$$H_1 = \frac{64e_m^2}{1m\ddot{a}x}$$



Ilustración 49. En líneas negras, distribución de potenciales estructuras de carácter doméstico en el área de Mollo Kontu (Área 3), a partir de los datos del modelo 3D generado por el dron.

En sus alrededores observamos todo tipo de estructuras, como canales, muros, cochas, etc. Tal y como señalábamos, la ortogonalidad de muchas de estas posibles estructuras que, aunque deberán corroborarse de cualquier manera mediante la aproximación física a cada una de ellas se observan con una nitidez meridiana en el modelo tridimensional, nos está hablando de la presencia en buena parte de los casos, de estos muros de delimitación de los *barrios* que componían el paisaje habitacional tiwanakota. Tenemos noticias indirectas de la presencia, además, de la aparición de estructuras de sillares de arenisca roja al sur de la carretera, con lo que podemos afirmar sin temor a equivocarnos que este espacio habitado se extiende al territorio que planteamos, con un espacio habitado de unas dimensiones considerables.

Además, si observamos su distribución, en la forma en que se nos manifiesta y mostramos en la ilustración 49, encontramos un último aspecto de especial interés. El modelo tridimensional nos muestra como el conjunto de estructuras mantiene en algunos casos patrones de alineación completamente distintos, incluso llegando a superponerse algunas potenciales estructuras murarias sobre otras. Esto nos está hablando directamente de la secuencia del sitio. De hecho, aunque mediante los trabajos de teledetección no podemos establecer unas fechas, ni tan siquiera relativas para cada uno de esos *elementos inconexos*, es posible afirmar que, con toda seguridad, existe una diferente adscripción cronológica para cada uno de ellos. Una circunstancia, en cualquier caso, que deberá establecerse mediante trabajos de campo arqueológicos tradicionales, más adelante.

El Recinto Ceremonial de Tiwanaku

Si ha habido un elemento común en las miradas de todos y cada uno de los viajeros y estudiosos que han recorrido los caminos que serpenteaban entre los restos de la antigua y olvidada Tiwanaku, este ha sido el conjunto de sus *construcciones ceremoniales*. En realidad, no tenemos constancia alguna del uso originario que los habitantes de la antigua urbe daban a cualquiera de aquellos edificios. Sin embargo, su tamaño, las características de su construcción en tanto a elementos como el uso de materiales ajenos a los recursos cercanos del sitio, como puede ser la propia piedra, así como la presencia en ellos y en torno a ellos de un conjunto espectacular de grandes monolitos tallados, y en ocasiones de proporciones inimaginables, como es el caso del Monolito Bennett, que actualmente podemos admirar como elemento principal de la exposición del Museo Lítico, hacían del conjunto monumental del sitio un elemento de naturaleza singular.



Ilustración 50. Vista de Kalasaya y la pirámide de Akapana al fondo. E.G. Squier, 1887 (16). El autor denominó a este grabado “Puma Punku”, erróneamente.

Esta singularidad, que ha hecho de Tiwanaku un espacio absolutamente único, y que ha sido un aporte fundamental para justificar el *Valor Universal Excepcional* del sitio, hasta el punto de ser reconocido en el año 2000 como *Patrimonio Mundial* por parte de UNESCO, ha supuesto la base de una controversia científica de largo recorrido temporal, y que tiene que ver con cuestiones tan básicas y complejas como el modelo de sociedad que desarrolló tamañas construcciones. Por una parte,

investigadores como Ponce Sanginés o Kolata, que defienden un modelo de sociedad estatal, expansionista en algunos momentos de su desarrollo, y que entiende la ciudad como un elemento referencial central en el sistema de relaciones con el resto de los territorios (54). Por otro lado, todo un conjunto de investigadores ha desarrollado otras aproximaciones a los sistemas de relaciones sociales que esta monumentalidad refleja, atendiendo a fórmulas menos tradicionales de aproximación a las evidencias. Autores como Vranich, Brownman, Albarracín - Jordán o Janusek, entre otros, han observado mecanismos complejos de la vida social de Tiwanaku, a partir de fórmulas colaborativas, de negociación, o incluso potenciales situaciones de conflicto entre el centro y la periferia, reflejo de posibles desequilibrios asociables a los sistemas de relaciones a disintos niveles, primero entre los habitantes de los barrios, y después, de estos con las élites del sitio (55).

Además, la comprensión de este lugar como espacio político, religioso, o social desde una percepción amplia y orientada del concepto hacia mecanismos colectivos del uso de los espacios comunitarios, se enfrenta a diferentes *hándicaps* a la hora de su observación por parte del investigador que le enfrenta. En primer lugar, no se trata de un espacio pensado formalmente *a priori* tal y como lo vemos en la actualidad. Las excavaciones de Kalasasaya, por parte de los equipos dirigidos por Ponce Sanginés previamente a la restauración del gran edificio, demostraron la existencia en torno al elemento *a priori* más antiguo del conjunto, el *Templete Semisubterráneo*, de viviendas que formalmente parecen asociables al periodo Formativo Tardío. La construcción de Kalasasaya parece amortizar estas construcciones, probablemente ya en desuso, y su potencial población habitaría en otro espacio que, por el momento, no podemos identificar. Todo el conjunto de este ámbito se reconstruye para configurar un territorio complejo, al que se incorporan en diferentes momentos buena parte de los edificios de los que hablaremos en mayor detalle un poco más adelante.

En segundo lugar, el denominado *centro ceremonial* está rodeado, tal y como hemos comentado en páginas precedentes, por un gran foso de drenaje, que lo significa físicamente sobre todo el territorio circundante. Este proceso implica una planificación clara, no solo de las condiciones del elemento que se va a construir y sus relaciones con lo que albergará, sino también con un conjunto urbano complejo, del que formará parte en unas condiciones de localización muy concretas. Sin embargo, la construcción de este elemento no supone la exclusión de los espacios de vivienda del interior de este recinto destacado de la ciudad. Las excavaciones arqueológicas del sector denominado *Akapana Este* han demostrado la presencia de viviendas de forma contemporánea a los usos públicos de los grandes monumentos que el complejo encierra. Unas viviendas que, además, no solo incluyen los espacios de habitación, sino que se asocian a otros espacios y estructuras relacionadas con las actividades cotidianas, e incluso con los procesos de relaciones, tanto del propio *barrio*, como de este con grupos, incluso, externos a la propia Tiwanaku (56).

En tercer lugar, la presencia de edificios de naturaleza *cívica – religiosa*, si es que este es el término correcto para hacer referencia a construcciones como Akapana o Kalasasaya, no se restringe al interior de este *temenos*²⁷. Existen otros elementos de esta naturaleza fuera del espacio delimitado por ese foso, cuya intencionalidad de diferenciar y diferenciarse es más que evidente, así como su interés físico de *centralidad*. Fuera de este ámbito tenemos el complejo de Puma Punku, cuya naturaleza y características se han delimitado muy bien mediante los trabajos de teledetección, y al que dedicaremos una parte específica más adelante. Y también mediante los trabajos de teledetección, como explicaremos en seguida, se ha descubierto la presencia de un gran geoglifo, del que forma parte la estructura geológica que subyace a la pequeña colina de *Mollo Kontu*. Se trata de un serpentiforme de unos cuatrocientos cincuenta metros de longitud, cuya forma se asocia con claridad a todo un conjunto de figuras que encontramos en la iconografía tiwanakota clásica, además de varios conjuntos de interesantes petroglifos que aparecen en Kantatallita y en el propio Puma Punku. Ambas estructuras son demasiado *evidentes* como para pasar por alto esta circunstancia.



Ilustración 51. Localización de los principales edificios monumentales del Área Ceremonial de Tiwanaku, sobre el modelo tridimensional generado por el dron.

27 Término griego clásico que significa “Recinto”, y que hace referencia a un espacio delimitado, con una advocación política o religiosa, y que marca de forma *sagrada* una diferencia fundamental entre el espacio que alberga y el exterior.

Más allá de todo este conjunto inicial de cuestiones, que resultan de harto interés para el análisis científico de un espacio reconstruido como paisaje humano en un momento dado, hemos de plantear brevemente las limitaciones que el trabajo realizado tiene a la hora de analizar este tipo de elementos. La teledetección mediante *dron* y satélite, si bien nos aporta una imagen general de los elementos constructivos que se destacan de una forma u otra, no vemos en detalle las evidencias que nos permiten establecer fechas de certeza fehaciente para cada uno de estos elementos. Sí podemos establecer secuencias, en caso de que observemos superposiciones de construcciones, o podemos inferirlas a partir de las formas de construcción que se emplean en cada momento histórico, tal y como veíamos con anterioridad para las formas de las viviendas. A partir de esto, debemos hacernos las preguntas concretas para aprovechar al máximo la información que las imágenes, tanto de *color natural* como de *falso color*, nos transmiten.

En cuanto al criterio correcto unitario de aproximación a esta información, podemos decir que no existe como tal. Es válido desde el enfoque científico realizarlo desde una perspectiva cronológica, esto es, partiendo desde los elementos más antiguos conocidos, en este caso el *Templete Semisubterráneo*, hasta lo más reciente, o viceversa. O se podría hacer mediante un listado particular de elementos, tanto desconocidos como de nueva descripción. En el caso que nos ocupa, vamos a emplear un enfoque neutro para acercarnos a las evidencias, y lo haremos desde una perspectiva de su localización topográfica en el sitio. Comenzaremos en este caso nuestro proceso de descripción e interpretación desde la periferia hacia el centro. Por tanto, describiremos en primer lugar la disposición del foso perimetral, así como sus elementos anejos, para finalizar en los elementos que ocupan el espacio central del recinto, que a su vez son los más conocidos por el visitante: Kalasasaya, Akapana, el Templete y Putuni.

El Foso del Recinto Ceremonial

La primera cuestión que merece un mínimo de detalle en esta descripción que vamos a desarrollar es la propia estructura que rodea el área ceremonial. Nos encontramos ante un foso de importantes dimensiones, que forma un cierre de tendencia rectangular, con unas medidas aproximadas de 1000 x 700 metros de lado, y parece rodear este espacio por sus cuatro lados. En el caso del lado Sur, la obra contemporánea del trazado ferroviario ha amortizado su existencia, mediante el relleno del mismo para la creación del balasto de la vía férrea. Si atendemos a sus dimensiones, el gran canal, que por su forma y dimensiones denominaremos foso, y que protege el recinto ceremonial es, ante todo, una obra pública de dimensiones colosales. Aunque su traza mantiene una cierta irregularidad, en el caso de que el cierre de la estructura fuese completo en sus cuatro lados, tal y como parece reflejar el modelo tridimensional del terreno que nos proporciona el dron, estaríamos hablando de una excavación de unos 3.300 metros lineales de longitud. En cuanto al resto de sus dimensiones, en su punto más

ancho, junto a la esquina Noroeste, el foso tiene una cabida de 38 metros, por unos 17 en su punto opuesto, en el ángulo Sureste. No podemos ver de forma clara si esta diferencia se debe a procesos de variabilidad en las condiciones de erosión y sedimentación, pero bien podría ser esta la razón principal de esta cuestión, además de la propia irregularidad de la forma que ahora contemplamos para la estructura. En cuanto a su profundidad, si tomamos como referencia de altitud la parte superior del Templo Semisubterráneo (3844 m. s. n. m.)²⁸, observamos como la parte inferior de este foso tiene unas alturas variables, que oscilan entre los 3840 y los 3838 metros sobre el nivel del mar, en varios puntos menos afectados por procesos de sedimentación antrópica. Estos puntos, si bien seguramente tienen depósitos de relleno que esconden la verdadera altitud del foso, y sobre todo en tanto a sus puntos con mayor cota de altitud, nos indican también la existencia de un posible patrón de inclinación intencional de su forma, probablemente acentuado en la actualidad con la desaparición para la creación de campos de cultivo de la esquina nordeste completa del foso, y la propia tendencia de la vertiente hídrica, que se inclina levemente hacia el Norte, en dirección al río Tiahuanacu. En cualquier caso, si hablásemos de una estructura regular con un cálculo medio de las características que hemos descrito, hablaríamos del movimiento de un volumen de 544.500 metros cúbicos de tierra para su construcción.

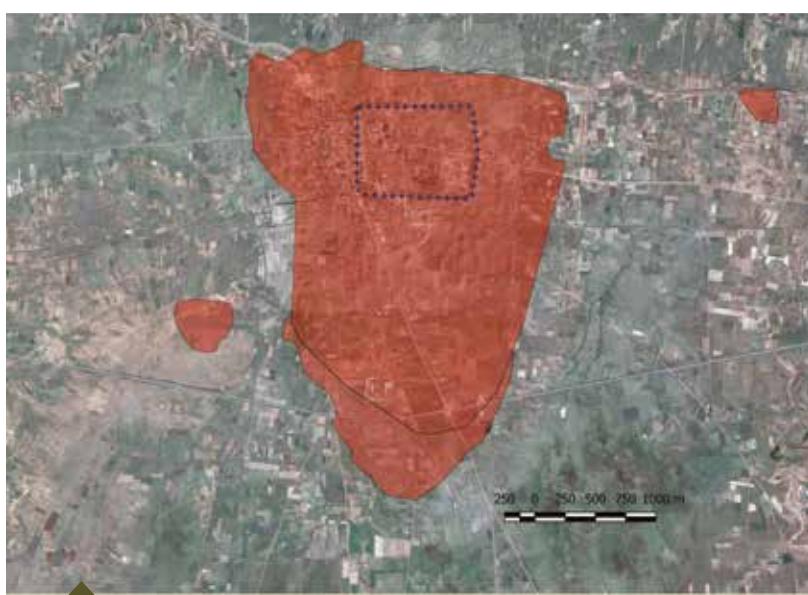


Ilustración 52. Localización física del espacio ceremonial, delimitado por el foso, en referencia a la extensión del sitio.

Además, su disposición física con respecto al resto del espacio urbano nos habla de un claro interés de centralidad, de establecer una posición topográfica adecuada y preeminente de este espacio tan particular por parte de los mecanismos de control sociopolíticos de la población tiwanakota. El espacio ceremonial, tras la finalización de esta colossal obra pública, se convierte en un territorio delimitado, y ubicado proporcionalmente al Norte de la ciudad, en una posición físicamente central, tal y como podemos ver en la ilustración 53. Esta circunstancia sería visible

desde las referencias elevadas de las proximidades del sitio, y ha requerido en toda lógica, no solo una intención por parte de sus diseñadores y constructores, sino también un complejo sistema de mecanismos políticos y sociales que permitiesen esta manifestación física de la diferencia, y por ende el poder, tan evidente y tan marcada.

28 Datum empleado en el proyecto: WGS 84; Zona UTM 19S

Si bien buena parte de los fosos que rodeaban los centros históricos que conocemos en la actualidad han sido en realidad diseñados como estructuras secas, cuyo interés defensivo radicaba en separar físicamente a los atacantes de las murallas, y multiplicar la altura de estas en el momento en que llegaban a su pie, en este caso concreto parece que estamos ante una infraestructura en la que el agua, bien estacionalmente o bien de manera más o menos constante, ha tenido una importancia capital. Toda su configuración está preparada para recibir aportes tributarios de un conjunto de canales de gran tamaño desde su perímetro, además de la misma función en referencia a toda la estructura de atarjeas y desagües que recorren todo el conjunto monumental, y que evacúan los elevados volúmenes de aguas pluviales que la zona recibe en épocas de lluvia, y que de otra forma anegarían tanto los edificios como todo su entorno²⁹.

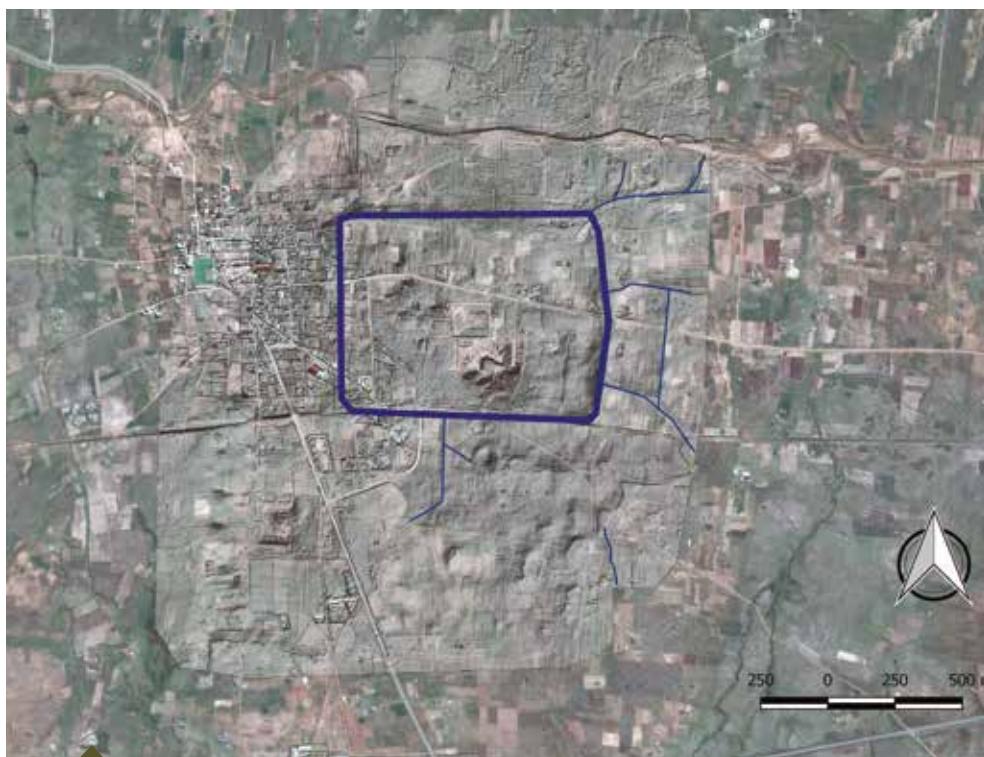


Ilustración 53. Localización mediante imagen de color natural y modelo 3D de los principales canales tributarios del foso perimetral al Área Ceremonial. Modelo digital del terreno del dron sobre imagen satélite Google Earth ® (2017).

La presencia de algunos resalte del terreno en la esquina Nordeste de la infraestructura, tal y como vemos en la ilustración 54, nos permite pensar en que, muy probablemente, esta cerraba completamente alrededor del conjunto ceremonial, aliviando su agua en dirección al río Tiahuanacu mediante, al menos, el canal que

29 Ver cap. *El Enfoque de la Geografía Física: Lo que Vemos y lo que no Vemos*

engancha en la misma esquina, y que dispone de varios ejes en dirección Norte que enlazan con el cauce principal. Además, la llanura aluvional que se abre en la parte central del lado Norte del foso, y que actualmente ocupan campos elevados de cultivo presenta un claro patrón de erosión *en abanico*, del que queda una evidencia muy clara en el lado Oeste. Esto ha podido deberse al colapso del lienzo Norte del propio foso, por una presencia masiva de agua en su interior, y probablemente por falta de acciones de conservación en el mismo, motivado por el posible aprovechamiento de un antiguo tramo del cauce fluvial para la conformación del tramo Norte del foso, decisión que podría suponer una debilidad estructural en origen en tanto a la construcción del mismo.

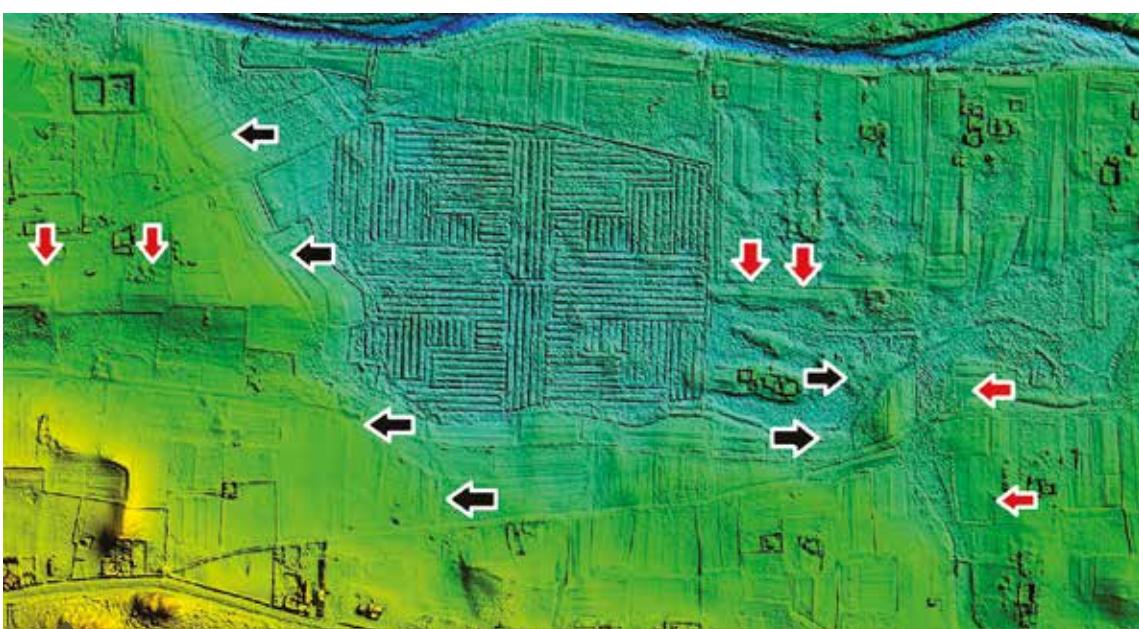


Ilustración 54. Detalle del modelo digital del Terreno en 3D, sombreado en falso color. En azul podemos observar la zona colapsada del lienzo norte del Foso, con los actuales campos elevados de cultivos. Señalados por flechas rojas, los restos de los lienzos Norte y Este de la infraestructura. En Flechas negras, la evidencia de erosión en abanico. Al Norte, el vecino río Tiahuanacu.

Es lógico pensar, aunque no se pueda por el momento ir más allá de la mera hipótesis, que esta situación se pueda haber dado al final del periodo histórico de vida de la ciudad, en un momento o periodo indeterminado desde su desocupación hasta nuestros días. Volveremos en cualquier caso a esta cuestión en el último capítulo del libro, cuando hagamos una mención expresa a *La Importancia del Agua*.

Las estructuras aledañas al foso

Un canal en las condiciones que ofrece el anteriormente descrito *foso* perimetral al recinto ceremonial de Tiwanaku es un elemento socialmente significativo. Establece una clara diferencia entre lo que hay dentro y lo que hay fuera, en un juego simbólico entre el centro y la periferia. Lo que queda al interior es un espacio controlado, cuyos mecanismos de gestión y comprensión por parte de la población

son muy distintos a lo que queda fuera. En muchas ocasiones, tal y como hemos indicado brevemente en el apartado precedente, estas construcciones disponen de otra serie de elementos asociados, que facilitan la labor que se ha previsto para la estructura. Una muralla o una empalizada, en el caso de un diseño defensivo, son elementos que multiplican su altura al estar junto a un foso, y por ende mejoran sensiblemente sus capacidades. En el caso de que la función de la infraestructura sea, por ejemplo, la comunicación física entre diversos espacios, serían necesarias rampas, escaleras, etc, que facilitasen el acceso al interior de la estructura en los puntos de interés.

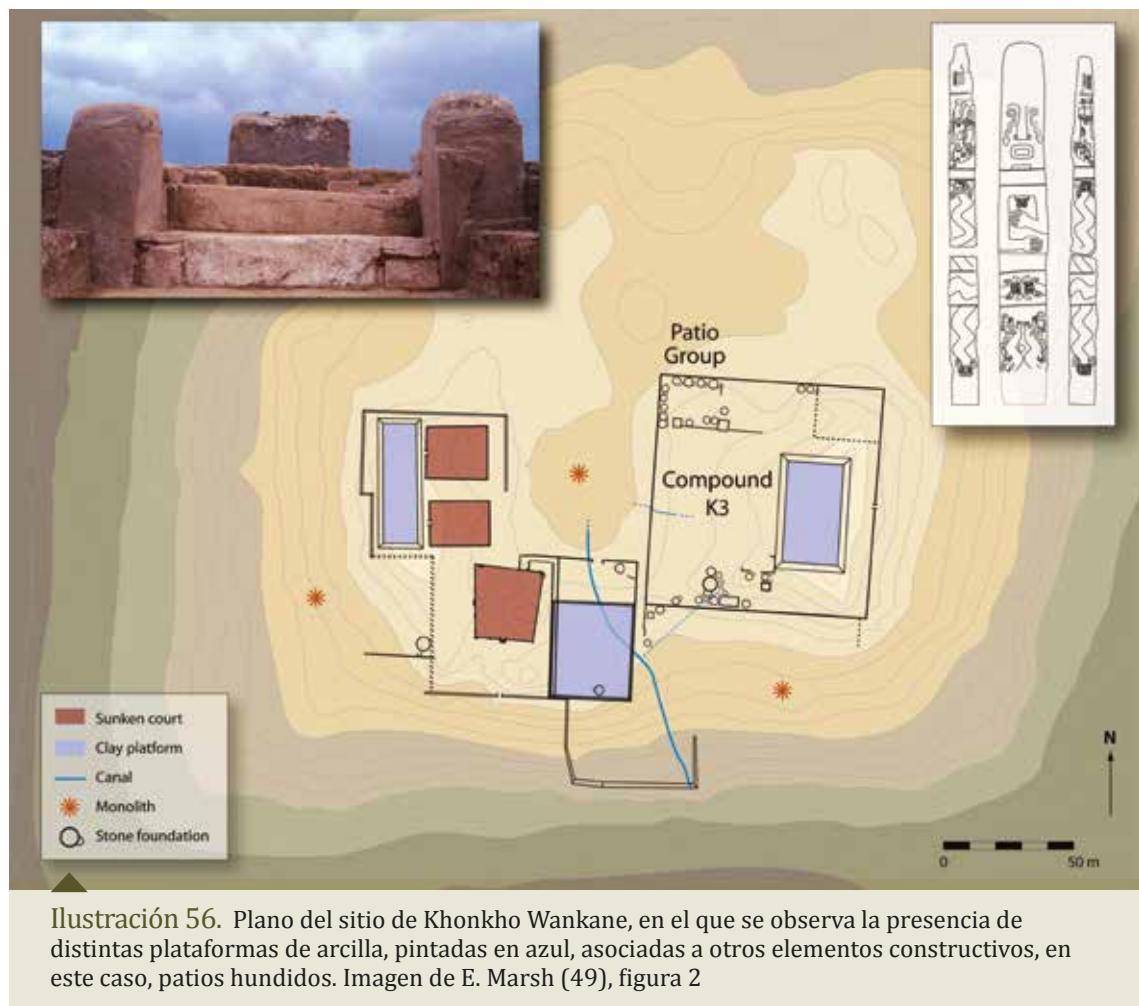


Ilustración 55. Localización de las plataformas rectangulares de arcilla (indicaciones mediante flechas rojas), en los límites del área ceremonial, en contacto con el foso perimetral. Los elementos que tienen estas características en el lado suroriental, aparecen junto a las áreas excavadas por Janusek en el sector Akapana Este.

En nuestro caso concreto, ignoramos por completo la funcionalidad de la estructura, más allá de su relación con los diferentes sistemas hídricos que la alimentan. Por el contrario, el modelo tridimensional generado por el dron nos ha mostrado algunos elementos especialmente interesantes, cuya construcción tiene una relación física directa con la localización del foso. Estos elementos consisten en un número indeterminado de plataformas de construcción rectangular, probablemente de arcilla y delimitadas con toda probabilidad por cierres de material pétreo. Esto coincide con las noticias indirectas que tenemos de la presencia de potentes niveles de arcillas en esta zona en concreto del sitio, y que han podido identificarse de forma errónea como depósitos naturales, y por tanto niveles estériles desde el

punto de vista arqueológico³⁰. Estas plataformas se ubican, al menos, en el extremo occidental del foso, recorriéndolo en dirección Norte – Sur, tal y como podemos observar en la ilustración 55. Es muy probable que también se ubiquen en el lado opuesto, en el margen oriental del foso, e incluso que algunos de los muros que se han encontrado en las excavaciones realizadas por J. Janusek en esta zona puedan corresponder a la delimitación longitudinal de piedra del exterior de estas plataformas.

Este tipo de construcciones no son extrañas en sitios de cultura Tiwanaku, si entendemos como tal incluso los lugares con rasgos arqueológicos del periodo formativo tardío. Así, en Khonko Wankane, Erik Marsh (49) documenta la presencia de grandes plataformas cuadrangulares de arcilla, asociadas a patios hundidos, así como a conjuntos de viviendas de naturaleza circular, tal y como veíamos en el capítulo referente a las viviendas. De hecho, si observamos el detalle de la imagen de falso color de esta zona, volvemos a encontrar rastros de estructuras de naturaleza circular, similares a aquellos elementos que indicábamos para el área sur de Puma Punku, en el entorno de vecindad a las plataformas. Por el momento desconocemos cual ha sido la utilidad práctica de estas edificaciones, construcciones de carácter público, sin duda, que requieren esfuerzos colectivos muy complejos para su construcción, así como de una clara planificación urbana.



30 Comunicación del Arqueólogo D. Mario Pachaguaya, responsable de Investigación y Arqueología del CIAAAT.

Un segundo elemento, del que apenas podemos comentar la necesidad de su existencia, es la formulación de los accesos desde el perímetro exterior del foso hacia su espacio interno. No tenemos conocimiento de su localización, ni siquiera de su presencia o no, pero es más que evidente que tuvieron que existir. Por el evidente uso hídrico del foso, es muy probable que estos pasos consistieran, bien temporalmente, o bien de forma permanente, en estructuras construidas con materiales perecederos. Tenemos noticia de la existencia de pontones de *totora* en espacios vecinos, como es el caso del puente de Desaguadero, del que tenemos noticias al comienzo del periodo colonial, pero cuyo uso procedía de un momento anterior de cronología indeterminada. Así, en la *Descripción Breve del Reino del Perú*, Reinaldo de Lizárraga nos narra lo siguiente al respecto de estas posibles estructuras:

“[...] Tiene este Desaguadero una puente, la mejor, más fácil y segura del mundo; es llana y de totora asentada sobre tres o cuatro maromas de icho, muy estiradas; hacen los indios unas balsas fuertemente, atadas desta totora, a manera de media luna cuando se muestra después de la conjunción; el convexo, que es el lomo, asientan sobre las maromas muy bien atados, luego junto a esta otra, y así las multiplican desde el principio al fin y las unas con las otra las atan.

El vacío que hay entre una y otra, porque estas balsas son redondas, hínchenlo con enea o totora suelta, que es lo mismo, de suerte que la puncta queda llana y rema de ancho tres varas largas; es segurísima y puédense pasar a caballo, aunque yo muchas veces que la he pasado me apeo, llevando la cabalgadura de diestro. Hay aquí indios con pescado, los cuales tienen cuidado a su tiempo de renovarla, y son tan diestros en ello, y en saber, por la experiencia que tienen, cuándo conviene hacerlo, que no pierden punto, porque ya saben cuándo han de renovar las maromas y las balsas [...]”

(Descripción breve del reino del Perú, Tucumán, Río de la Plata y Chile, Capítulo LXXXVII) (13)

No podemos ir mucho más allá en cuanto a la posible localización de estas estructuras. La configuración del foso en tanto a la presencia masiva de agua parece limitar claramente las opciones de construcción de los habitantes de la Tiwanaku histórica en referencia a estas estructuras. Sin embargo, son uno de los elementos a localizar, para poder entender los mecanismos de configuración urbanística planificada de este territorio, como así parece suceder. Por el momento, las técnicas de teledetección no nos muestran evidencias de otro tipo de fórmulas, de carácter perdurable, que pudieran realizar esta misma función, con lo que entendemos que lo más lógico será la presencia de este tipo de estructuras, elaboradas en madera o en totora, fácilmente reparables, y que permiten el trasiego de cargas pesadas.

Nuevas y viejas estructuras: algunas cuestiones de interés a partir de la Teledetección

Cuando hablamos de las informaciones que se derivan de un trabajo como el realizado en Tiwanaku, y por ende sus implicaciones prácticas, en realidad lo estamos haciendo al respecto, no sólo del valor de descubrimiento, cuestión evidentemente llamativa de cara tanto al investigador como al visitante. También lo estamos haciendo en referencia a otros elementos que se nos muestran, y cuyo interés para un sitio como Tiwanaku resulta crítico. En este caso nos referimos expresamente a la conservación, como elemento de indudable necesidad en tanto a su aplicación a cualquier sitio arqueológico. En este apartado vamos a hablar de los dos conceptos, que en buena medida vienen de la mano en este trabajo: Descubrimiento científico, como eje vertebral del presente documento y conservación del sitio y sus principales edificios, como elemento indisociable al concepto de Patrimonio Cultural.

El espacio interior del foso, en primer lugar, no es el terreno más favorable para las técnicas que estamos aplicando. Y no lo es por dos motivos distintos, pero que comparten el factor humano en la ecuación. En primer lugar, el Área 1 ha sido, junto a Puma Punku, el principal territorio de estudio para las decenas de equipos arqueológicos que han intervenido, con mayor o menor fortuna, en Tiwanaku, durante más de cien años. Esto implica que su paisaje ha sido alterado en multitud de ocasiones, desdibujando de manera clara buena parte de las evidencias que pudieran observarse en superficie.

En segundo lugar, este espacio es el principal foco de visita del elevado número de visitantes que recorren a diario el sitio. Miles de personas caminan por sus monumentos, alterando en muchos casos sus suelos, sus entornos, etc. El tránsito altera en buena medida la forma de los suelos, no solo eliminando con el tránsito las trazas superficiales de estos elementos, sino también afectando incluso la permeabilidad de sus superficies, y por tanto la conservación de los elementos enterrados. Ninguno de ambos elementos supone una variable que podamos evitar. Sin embargo, en este caso la teledetección sí nos puede ayudar a entender los mecanismos que implican, como valor añadido a la visibilidad de nuevos elementos arqueológicos que puedan resultar de gran interés.

Un primer ejemplo en este sentido lo tenemos al sur del complejo de Putuni. Apenas a unos metros al Suroeste, el modelo tridimensional del relieve obtenido por el *dron* nos muestra la presencia de un gran edificio, de tendencia cuadrangular, con una superficie superior a los 3.500 metros cuadrados. Se trata de un edificio, de naturaleza hasta ahora totalmente desconocida, y que nos muestra su forma de manera clara, tal y como podemos observar en la ilustración 58. A partir de la localización de este elemento, se han iniciado excavaciones que pretenden corroborar algunos de los extremos que mostramos por primera vez en este libro, y en este proceso de análisis físico de las evidencias enterradas, se ha demostrado de forma fehaciente la existencia de este edificio, en las condiciones exactas que nos indica el modelo tridimensional del terreno. Se han abierto sondeos de comprobación en las posibles localizaciones de las esquinas Noroeste y Sureste del edificio, apareciendo ambas. Esto nos permite la medición exacta del elemento, que a su alrededor dispone de otro conjunto de evidencias que nos hablan tanto de ofrendas religiosas como de espacios de ocupación, probablemente viviendas.

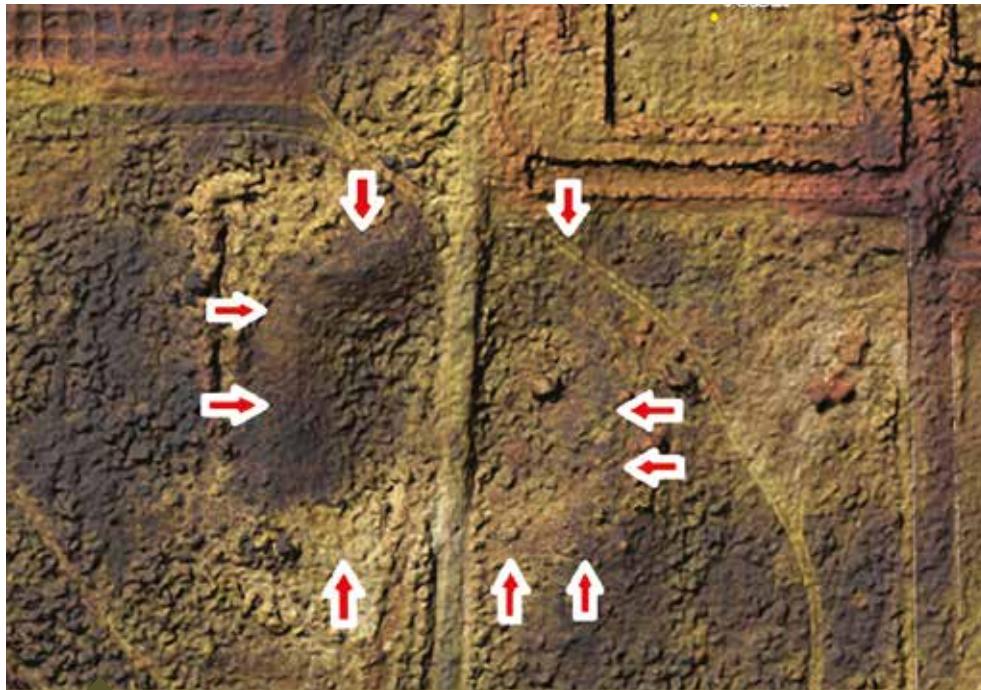


Ilustración 57. Nuevo edificio localizado mediante teledetección al sur de Putuni. Vista de la ortofoto con color forzado sobre el modelo 3D. Las flechas rojas indican la posición de los muros perimetrales del edificio.

Desconocemos por el momento su funcionalidad. El tipo de construcción, mediante muros dobles de sillarejos, trabados al interior con arcilla, permiten la construcción de alturas razonablemente elevadas. Pero por el momento poco más podemos añadir a la evidencia de que estamos ante una obra pública de grandes dimensiones, y que probablemente podamos fechar en un momento indeterminado de la fase Tiwanaku IV, con uso continuado hasta la desaparición de la ciudad, siglos después.

Si nos movemos apenas cien metros al Este, nos encontraremos con uno de los elementos más destacados del paisaje monumental del sitio. Kalasasaya, o el *Templo de las piedras paradas* ha sido uno de aquellos espacios en los que todos los viajeros, científicos o no, han reparado en su caminar por Tiwanaku, durante los últimos quinientos años. Sus masivos bloques de piedra en pie jalonan una estructura rectangular que, pese a un controvertido proceso de restauración que ha transformado el edificio en lo que ahora vemos, es el espacio central de la matemática que ha configurado este *microcosmos intramuros* del área interior del gran foso, que ahora estamos observando en cierto detalle. Bartolomé Mitre hace una sencilla pero interesante descripción de como se encontraba este edificio a mediados del siglo XIX (15):



Ilustración 58. Esquina Sureste del nuevo edificio, localizado al Sur de Putuni mediante el uso de Teledetección. Excavaciones de septiembre de 2017. Modelo fotogramétrico tridimensional del elemento. Obsérvese junto a sus muros la presencia de ofrendas cerámicas y restos óseos de un camélido y dos humanos.

“La primera impresión que produce el conjunto de las ruinas es de confusión y de asombro. Luego que se forma idea del plan general, la vista es inmediatamente atraída por una serie de largas columnas tienen el aspecto de un monumento druídico. Esta construcción es la que vulgarmente se signa en la comarca con la denominación de El Templo, y que los viajeros y arqueólogos han adoptado para distinguirla de las demás. Lo que se llama El Templo, es un vasto cuadrilátero, cuyo recinto marcan por sus cuatro frentes otras tantas columnatas tiradas a cordel. Medí con religioso respeto dos de sus costados con el único instrumento de que podía disponer, y abriendo un tanto el compás natural para darle más o menos la medida de la vara castellana, conté doscientos pasos por uno de sus frentes y poco menos por el otro. [...]”

(Las Ruinas de Tiwanaku, cap. IV)

En el caso concreto de Kalasasaya, la teledetección nos resulta un recurso extremadamente útil en dos sentidos muy diferentes. Por un lado, nos muestra algunos rasgos específicos del edificio en su estado original, que han sido desmantelados en el proceso de restauración. Este es el caso del pasillo perimetral que rodeaba buena parte de la estructura, y que permitía el acceso y evacuación de la misma por escaleras laterales, alejadas completamente de las gradas principales, que ingresan al edificio por el centro de su fachada oriental. Esta posibilidad, observada por a. Vranich a partir de las informaciones de los maestros excavadores (57), se contrasta mediante las imágenes de falso color

obtenidas por el dron, en las que observamos la presencia de un perímetro de humedad persistente bajo la reconstrucción de los suelos que rodean el edificio, en especial en los lados Este y Sur, que reciben menor insolación, tal y como podemos observar en la ilustración 59, incluso a pesar de que estos en buena parte de sus zonas tienen una superficie de cemento. La permeabilidad de este material evidencia este elemento, si bien lo oculta a simple vista.



Ilustración 59. Imagen de falso color (NIR-BR-G) con corrección de histograma, obtenida por el dron. Edificio de kalasasaya. En la esquina inferior derecha, reconstrucción ideal realizada por A. Vranich (57). Las flechas rojas indican la humedad remanente del pasillo perimetral en los lados Este y Sur. Las flechas verdes indican la presencia de una gran masa de humedad, debida a la impermeabilidad de los muros occidentales, restaurados. Obsérvese también el triángulo conformado en el suelo por el tránsito cotidiano de visitantes al monumento.

Por otro lado, nos muestra algunos aspectos preocupantes en referencia a la conservación *a futuro* del elemento. En la imagen de falso color podemos observar la presencia de una gran acumulación de humedad en el área occidental del monumento, que nos indica que con seguridad los muros de la fachada Oeste, totalmente restaurados con formas y materiales *no originales* están ejerciendo un proceso de impermeabilidad muy alto, impidiendo la evaporación de esta agua infiltrada a los suelos del monumento, que aparentemente parecen contener amplios depósitos de tierra. Esta agua se infiltra hacia el subsuelo de la estructura, y se acumula en su interior, multiplicando el peso del contenido de tierra que albergan sus muros, lo que puede llegar a comprometer su estabilidad en caso de deterioro. Además, podemos distinguir muy bien cuáles son las zonas transitadas por los visitantes, en la forma que su caminar constante ha marcado un

triángulo de suelo con una huella de paso evidente, tal y como podemos observar también en la ilustración 60. Este tipo de huellas, visibles a partir de las imágenes de falso color, nos permite controlar las áreas de mayor afección por parte de los visitantes a los monumentos, y en un futuro, incluso poder planificar sus rutas en función de criterios de conservación preventiva.

Una aplicación similar de la técnica, tanto de descubrimiento arqueológico como de circunstancias referentes a la conservación, la podemos realizar comparativamente en relación, por una parte, a los restos del área de Kantatallita, y por otra parte la pirámide de Akapana. En el primero de los casos, la teledetección nos permite observar la presencia de estructuras soterradas asociables a la configuración primigenia del sitio, en tanto que parece que el elemento está ubicado sobre una plataforma cuyas dimensiones y proporciones no son claras, probablemente por la sedimentación en sus contornos, tal y como nos muestra el *Modelo Digital del Terreno*. Sin embargo, el mismo elemento generado por el *dron* nos facilita una cuestión muy simple, pero que nos habla expresamente de la dimensión arquitectónica de todo el conjunto de edificios inscritos en el gran foso, y de los que participa definitivamente Kantatallita, y por extensión, los procesos de planificación urbanísticos. En este caso, esta cuestión que observamos de forma muy sencilla es la altura de las superficies de uso de los edificios, así como sus anchuras. A partir de las plataformas que conocemos de la pirámide de Akapana, sabemos que un módulo de altura que los *arquitectos tiwanakotas* emplearon para la construcción del monumento está en torno a los dos metros de altura. No podemos precisar exactamente esta medida por el momento más allá de esta proporción aproximada, de la que sí tenemos evidencias arqueológicas. Si observamos el caso de Putuni, el módulo de cálculo referente a las anchuras de sus elementos construidos se establece en torno a múltiplos aproximados de medio metro, cuestión que podría también explicar proporcionalmente las alturas de las plataformas de Akapana.



Ilustración 60. Secuencia de altitud de suelos de uso conocidos en el área 1, a partir de las proporciones de cálculo de alturas de las plataformas de Akapana. Sobre ortofoto de alto detalle de color natural obtenida por el *dron*.

Lo que también observamos es que este módulo arquitectónico de cálculo no sólo se emplea en la construcción de la gran pirámide, sino que se aplica a la planificación de las superficies de uso de los edificios monumentales que la rodean, incluyendo Kantatallita, cuya superficie conocida se encuentra a la misma altura que la base de la propia pirámide. Sin embargo, la altura en este caso de la superficie perimetral del Templo Semisubterráneo está en torno a los dos metros por debajo de ambas estructuras. Esto podría resultar casual, pero si nos trasladamos en este caso al complejo de Putuni, observamos como las piezas conocidas como *los sarcófagos* se encuentran en este caso a la misma altitud que Kantatallita y la base de Akapana, mientras que el canal soterrado que discurre bajo el edificio, ubicado en su lado occidental se encuentra dos metros por debajo, esto es, a la misma cota de altitud que el *Templo Semisubterráneo*. Esta proporción en tanto a los suelos de uso de los edificios nos habla claramente de una planificación urbanística, no sólo muy cuidada y gestionada mediante mecanismos de poder muy destacables, sino que también nos plantea la posibilidad de una normalización de largo recorrido temporal en cuanto a las proporciones y sistemas de medida por parte de la sociedad tiwanakota.

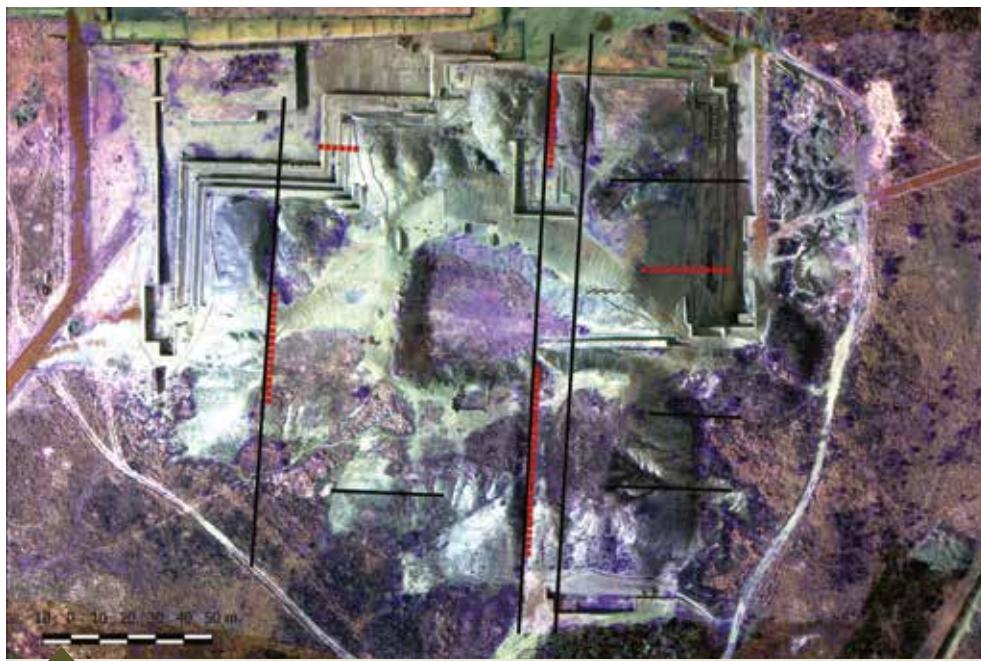


Ilustración 61. Imagen de falso color (G-R-NIR) de la pirámide de Akapana, sin corrección de histograma. En tonos azules observamos la disposición de vegetación higrófila, que indica la presencia de mayores porcentajes de humedad. Las líneas rojas corresponden a los canales de los que tenemos conocimiento por restos arqueológicos. En líneas negras, posibles canales cuyo desmantelamiento ha generado la presencia de grandes cárcavas en el edificio.

Por otra parte, en el caso de la pirámide de Akapana, el principal aspecto que queremos destacar, al igual que sucede con Kalasasaya, es la aportación combinada en tanto a las hipótesis arqueológicas y el aspecto particular de la conservación preventiva del bien. En la imagen 62 que mostramos a continuación, correspondiente a la toma de datos de falso color por parte del *dron*, observamos la proporcionalidad matemática de la posición de los canales de desagüe conocidos de la pirámide, marcados en líneas intermitentes rojas, tanto entre si como con respecto a las cárcavas más potentes que están afectando a la conservación del monumento.

En líneas negras podemos observar la alineación de las principales cárcavas que afectan a la construcción de la pirámide. Su disposición y relación evidente con los canales conocidos mediante datos arqueológicos, nos permite plantear la hipótesis de que estas cárcavas son fruto del desmantelamiento de las estructuras de piedra que conformaban antiguos canales de desagüe del edificio. El arranque de esta piedra dejó a la vista el núcleo de la pirámide, construida mediante capas consecutivas de arcilla apisonada, exponiéndolo al deterioro generado por la erosión hídrica, que generó las grandes cárcavas que jalonan el edificio.

Los muelles occidentales de Tiwanaku

Una de las grandes revelaciones del modelo digital del relieve (MDT) de altísima resolución fue el conjunto de formas, estructuras y alineamientos localizados en el talud occidental de este altozano, frente al complejo de Puma Punku. Tal y como planteábamos en el capítulo correspondiente a *La Controversia sobre los Límites* de Tiwanaku, la ciudad parece extender sus formas en el lado occidental hasta un conjunto de edificaciones, que construyen un gran talud artificial en dirección Norte – Sur, con una serie de características que indudablemente nos hablan de una estructura, o mejor dicho, un complejo de estructuras, construido en época Tiwanaku, cuya funcionalidad tiene que ver expresamente con las llanuras de inundación vecinas.

El imaginario popular, al igual que algunos autores tradicionales que investigaron a principios y mediados del pasado siglo XX sobre Tiwanaku, hablaron de la presencia de un puerto en el sitio. Sin embargo, el planteamiento de esta posibilidad se ligaba a la cercanía con respecto al lago, y la posible llegada del agua del mismo en determinados momentos históricos. Ahora, a partir de los datos que tenemos en referencia a las alturas de los niveles de agua del Titicaca en época Tiwanaku, sabemos que este escenario es harto improbable. Sin embargo, la estructura natural del entorno del sitio, tal y como nos la muestran tanto los modelos del terreno generados por el *dron* como las imágenes de satélite, compone un espacio claramente inundable, incluso en la actualidad. Durante la época de lluvia, los diferentes arroyos y torrentes que recorren esta zona generan en el entorno de Tiwanaku una gran lámina de agua que la convierte en un bofedal, que en algunas partes es un elemento prácticamente permanente. Esta lámina de agua conecta al Norte con la estructura del río Tiahuanacu, y hacia el sur enlaza fluvialmente con el margen serrano, y por ende con los afloramientos de piedra arenisca roja empleados para la construcción del sitio, entre otros recursos. Tanto la forma del elemento, como los condicionantes físicos de su disposición nos invitan a pensar, por tanto, en esta estructura como un posible muelle portuario, de carácter fluvial, en cualquier caso, que funcionaría estacionalmente como una de las herramientas fundamentales de la ciudad en tanto a la gestión de los recursos externos que precisa. Un ejemplo claro en este sentido es la piedra. Siendo un recurso alóctono al

sitio, los volúmenes de este material que se han dispuesto para la construcción de sus principales edificios han sido descomunales, y son precisos espacios al interior del área urbana para su acopio, gestión y distribución. Estos espacios parten del punto en el que el material ingresa al ámbito urbano, y a continuación debe establecerse un mecanismo de distribución, en la medida en que la cultura Tiwanaku no emplea la rueda, y por tanto no puede desplazar estas grandes cargas mediante carros u otros mecanismos de tracción similares.

Lo que a todas luces parece el conjunto de muelles occidental de Tiwanaku es, en realidad, un complejo de estructuras. El elemento principal es un dique longitudinal, que recorre el extremo occidental del sitio en dirección Norte – Sur, y del que tenemos evidencias físicas a partir del modelo digital del terreno generado por el *dron* en una longitud intermitente de 875 metros lineales, de los que tenemos certeza física en aproximadamente 605 metros. La anchura de la plataforma del muelle principal es de aproximadamente 17 metros, lo que le confiere unas dimensiones realmente relevantes. De forma paralela observamos la presencia de pequeños elementos de naturaleza similar, aunque de menor tamaño, posibles alteraciones del dique principal en momentos, por ejemplo, en que las aguas disponen de alturas inferiores. Además, en su vertiente Sur, el dique principal presenta forma de rampa de doble dirección, un elemento característico de puestos para embarcaciones de poco calado, que se emplea para amarrarlas fuera del agua, sobre todo para efectuar reparaciones *en seco*.



Ilustración 62. Ortoimagen de alta definición del área de los muelles occidentales, correspondiente a la misma zona ofrecida en la figura anterior. No se observa ninguna evidencia física de la presencia de estructuras vinculadas a los muelles.

Una de las grandes ventajas que nos confiere el uso del modelo digital del terreno, es que nos permite alterar artificialmente la altura de los elementos topográficos que observamos. Esto incrementa los resalte de los elementos soterrados, y nos permite ver algunos detalles que, sobre el terreno no son fácilmente observables. Esto sucede con las estructuras constructivas asociadas a estos muelles. Algunos de los numerosos entrantes y salientes geométricos percibidos en este pequeño escarpe mediante el MDT son difíciles de distinguir *in situ*. Del mismo modo, tampoco se observan en las fotografías, imágenes aéreas, o de satélite recopiladas en servidores tales como *Google Earth*, *Bing Maps*, y otros similares, tal y como podemos ver en la ilustración 63.

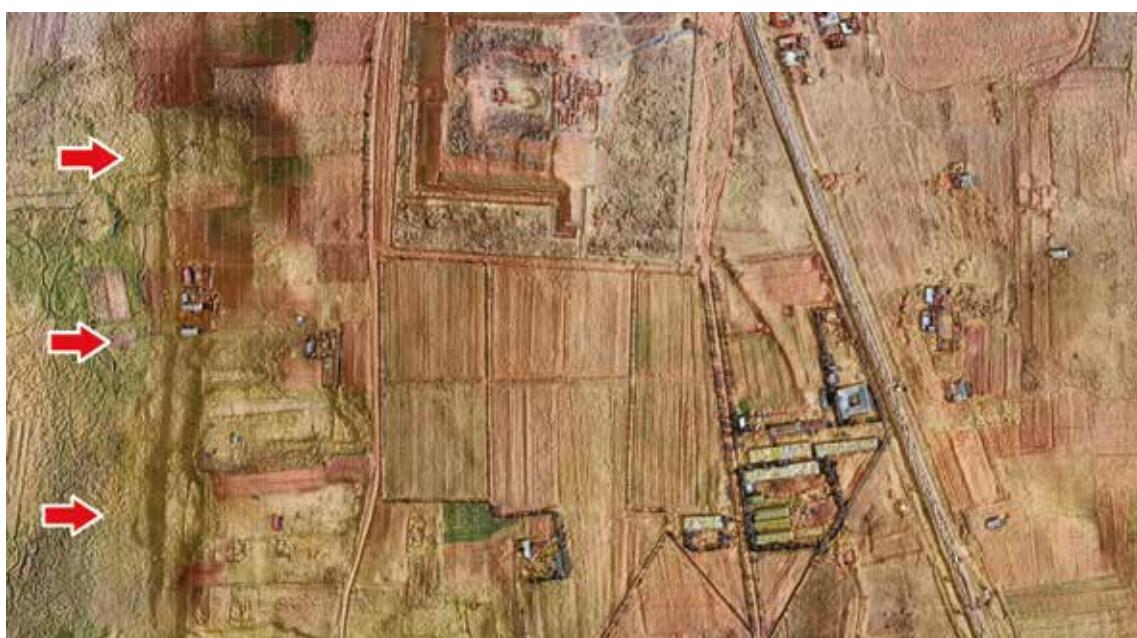


Ilustración 63. Área Sur de los muelles occidentales de Tiwanaku. Las flechas rojas indican la disposición longitudinal del dique principal.

Gracias a esto, observamos como a lo largo de todo el conjunto de muelles se distribuyen otra serie de elementos que nos resultan de interés. En primer lugar, se observa una segunda plataforma, aproximadamente dos metros por encima de la superficie del muelle. Perpendicularmente a ambas estructuras, se distribuye todo un conjunto de construcciones, en forma de cierres, que configuran espacios delimitados que, como hipótesis a partir de su tamaño y configuración, bien pudieron emplearse como espacios de almacén temporal de los elementos que se descargaban en los muelles, y que se gestionaban en este punto de forma previa a su distribución al sitio. La presencia de estos elementos al norte de Puma Punku, se delimita en un espacio de tres hectáreas de extensión, que se adosa a la dirección longitudinal del muelle.

La gran incógnita ahora es determinar si realmente lo que subyace enterrado es aquello que las imágenes de alta definición y el modelo digital del terreno invitan a definir. En este caso, algunas cuestiones desde la óptica de la geografía física serían cuál sería el alcance de la superficie inundable, tanto desde la óptica de lo espacial en referencia a hasta donde llega y qué cota alcanza, como también temporalmente, esto es, entender si estamos ante un evento permanente en época Tiwanaku

o acaso es una circunstancia estacional; y si así lo es, si se trata de un elemento recurrente, con carácter anual. Lo que parece evidente, a la luz de los datos que tenemos en referencia a las alturas del lago para el primer milenio d.C., es que los muelles, cumpliendo su función hipotética tanto de embarcadero como de dique, se construyeron gracias a la inundación producida por los arroyos de montaña que desaguan y anegan estacionalmente las áreas más deprimidas del altiplano, cuestión que se sigue produciendo anualmente en la actualidad³¹. Estas cuestiones volveremos a tratar en el capítulo referente a *La Importancia del Agua*, un poco más adelante.

¿Puma Punku, o Uma Punku?

Si hay un lugar en Tiwanaku que representa la esencia del sitio, ese es el complejo de Puma Punku. Observado por los primeros viajeros como un elemento singular, cuya ubicación y características llamaban la atención. Y no solo ha resultado un espacio destacado dentro del paisaje monumental del sitio una vez este desaparece, sino que sus características y estructura convierten este elemento en el eje principal del asentamiento Inka que siglos más tarde ocupará la ciudad, para convertirla en un referente mítico para esta población (58). De hecho, en su entorno tiene lugar el desarrollo de su principal asentamiento en una ciudad que para ellos era un referente mítico, a la altura de otros lugares como Pachamac o la Isla del Sol. El cronista Juan de Betanzos narraba lo siguiente al respecto de Tiwanaku (59).

“Y como este hubiese salido desta laguna, fuese de allí á un sitio ques junto a esta laguna, questá donde hoy dia es un pueblo que llaman Tíaguanaco, en esta provincia ya dicha del Collao; y como allí fuese él y los suyos, luego allí en improviso dicen que hizo el sol y el dia, y que al sol mandó que anduviese por el curso que anda; y luego dicen que hizo las estrellas y la luna. El cual Con Tici Viracocha, dicen haber salido otra vez antes de aquella, y que en esta vez primera que salió, hizo el cielo y la tierra, y que todo lo dejó escuro; y que entonces hizo aquella gente que había en el tiempo de la escuridad ya dicha; y que esta gente le hizo cierto deservicio á este Viracocha, y como della estuviese enojado, tornó esta vez postrera y salió como antes había hecho, y á aquella gente prfínera y á su Señor, en castigo del enojo que le hicieron, hízolos que se tornasen piedra luego. Así como salió y en aquella misma hora, como ya hemos dicho, dicen que hizo el sol y dia, y luna y estrellas; y que esto hecho, que en aquel asiento de Tiaguanaco, hizo de piedra cierta gente y manera de dechado de la gente que después había de producir, haciéndolo en esta manera: Que hizo de piedra cierto número de gente y un principal que

31 Información que nos ha facilitado amablemente la comunidad de Achaca, actuales pobladores de la zona de los muelles occidentales de Tiwanaku.

la gobernaba y señoreaba y muchas mujeres preñadas y otras paridas y que los niños tenían en cunas, según su uso; todo lo cual ansí hecho de piedra, que lo apartaba á cierta parte; y que él luego hizo otra provincia allí en Tiaguanaco, formándolos de piedras en la manera ya dicha, y como los hiciese acabado de hacer, mandó á toda su gente que se partiesen todos los que él allí consigo tenía, dejando solos dos en su compañía, á los cuales dijo que mirasen aquellos bultos y los nombres que les había dado á cada género de aquellos, señalándoles y diciéndoles: “éstos se llamarán los tales y saldrán de tal fuente en tal provincia, y poblarán en ella, y allí serán aumentados; y éstos saldrán de tal cueva, y se nombrarán los fulanos, y poblarán en tal parte; y ansí como yo aquí los tengo pintados y hechos de piedras, ansí han de salir de las fuentes y ríos, y cuevas y cerros, en las provincias que ansí os he dicho y nombrado; é iréis luego todos vosotros por esta parte (señalándoles hacia donde el sol sale), dividiéndoles á cada uno por sí y señalándoles el derecho que deba de llevar”

(Suma y Narración de los Incas. Capítulo I)

La presencia inka en Tiwanaku, tiempo después de la desaparición física de las estructuras sociales que construyeron y configuraron la ciudad, como eje político de un inmenso territorio, marcan el final de la época prehispánica en la zona. De hecho, ellos observan el paisaje cultural tiwanakota desde una óptica muy distinta, que mantiene el concepto de lo sagrado al respecto de los espacios tradicionales, como puede ser el caso de la pirámide de Akapana, o del propio Puma Punku, pero reestructuran el uso del espacio, con esta última como eje central de la sacralidad, y por ende de lo público. En su entorno, según defienden los principales autores que han estudiado el sitio (58) (38), el cronista Cieza de León ubica uno de los Palacios Reales del Inka, en el que nace Manco Capac, hijo del Inka Guayna Capac, entre otros elementos arqueológicos de gran interés (9):

“[...] Apartados de estos edificios, están los aposentos de los Ingas, y la casa donde nació Manco Inga hijo de Guaynacapa. Y están junto a ellos dos sepulturas de los señores naturales de este pueblo, tan altas como torres anchas y esquinadas, las puertas al nacimiento del sol.”

(Crónica del Perú, cap. CV)

Han sido muchos los especialistas que se han aproximado a este lugar, como uno de los espacios de especial interés para la arqueología Tiwanakota. Desde los precursores de la Arqueología científica en el sitio hasta nuestros días, sus piedras han sido objeto de controversia, y por ende de atención. Excede en cualquier caso las pretensiones de este breve capítulo hacer una explicación detallada de los diferentes aportes de todos y cada uno de los autores, desde las primeras mediciones matemáticas de Max Uhle, hasta los recientes trabajos arqueológicos, ya en pleno siglo XXI, que han caracterizado en detalle, al menos, los principales componentes de un conjunto de edificaciones cuya complejidad crece día a día.

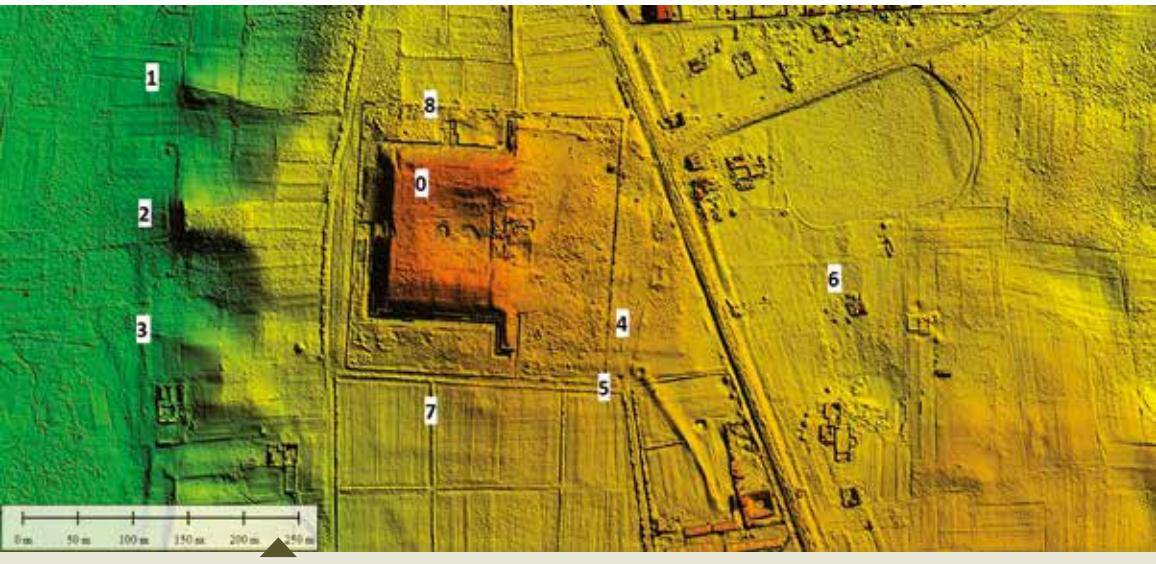


Ilustración 64. Modelo tridimensional de alto detalle, en relieve coloreado, del complejo de Puma Punku. Consecutivamente: 0. Edificio principal. 1, 2 y 3. Edificios occidentales. 4. Plataforma superior de la plaza central. 5. Plataforma inferior de la plaza central. 6. plaza oriental de tierra apisonada. 7. Edificio sur, probablemente anterior o posterior al complejo.

Lo que la *teledetección* nos muestra al respecto de Puma Punku es tan sorprendente como alentador en tanto a la validez de las aproximaciones de los especialistas que han tratado de desentrañar el sitio, tal y como podemos observar a partir del modelo tridimensional de alto detalle, que ofrecemos en la ilustración 64. Por una parte, el planteamiento de la existencia de una plaza en la parte delantera del edificio se demuestra, si bien la realidad es mucho más compleja desde el punto de vista arquitectónico. Lo que el modelo tridimensional de alta precisión nos muestra es que, lo que parecía una plaza, en realidad es un conjunto constructivo de dos plataformas superpuestas, con números 4 y 5 en la citada ilustración 64, a las que en su parte oriental parece adosarse un recinto de proporciones similares, en forma de una gran plaza, posiblemente de tierra (6 en la figura).

En cuanto a la configuración de la *plaza central* del monumento, teníamos ya noticia en cuanto a la observación de estas plataformas pos distintos autores, que han intervenido de una u otra forma en el conjunto (60) (38). De este posible tercer recinto de configuración terrera, tenemos ahora información de recientes excavaciones de rescate en las que sólo se identificaban elementos de cultura material mueble, como elementos cerámicos y óseos, asociados a un suelo de arena apisonada, cuestión que parece dar argumentos a las improntas que observamos en el modelo tridimensional generado por el *dron*.

Si observamos el ámbito occidental del edificio principal, Alexei Vranich (38), tal vez uno de los mayores conocedores de los mecanismos que rodean a esta

estructura, señalaba la presencia de un elemento asociado al edificio, enfrentado hacia la llanura inundable. Este elemento lo describía como una rampa, por la ligera inclinación de este espacio. Sin embargo, el modelo tridimensional de alto detalle nos muestra que, en esta parte, estamos ante un panorama, de nuevo, mucho más complejo. En primer lugar, tanto al norte como al sur de esta estructura, señalada con el número 2 en la imagen 65 se observan dos restos de construcciones paralelas y equidistantes. Cualquiera de ambas se encuentra aproximadamente a unos noventa y cinco metros lineales de la estructura central que Vranich describía hipotéticamente como una rampa.

La proporcionalidad de su construcción y su ubicación nos permiten afirmar que son edificaciones relacionadas arquitectónicamente con este elemento central, con número 3 en la imagen. Este a su vez está construido en relación matemática de equidistancia con el edificio principal, lo que nos permite pensar que es harto probable que las tres estructuras estén asociadas a este. Y, además, su presencia ofrece un significante en tanto a la relación original del complejo con respecto a las llanuras de inundación hacia las que se orienta. Las características del complejo observado en su conjunto, nos muestra un diseño complejo, con una clara orientación Este – Oeste, en función de la potencial *sacralidad* de los elementos que lo componen. Un planteamiento, en todo caso, subjetivo en tanto a su formulación, pero lógico en tanto a la magnitud de los diferentes elementos que componen un conjunto, que como tal supera las 16,5 hectáreas, con una evidente relación con los espacios inundados, y por ende con el agua. He aquí la cuestión que planteamos como título de este apartado del documento, que es la denominación tradicional del sitio como la *Puerta del Puma*, o Puma Punku. Tal vez no más que como un sencillo juego lingüístico, y dada la conformación tanto del complejo como del entorno, y su evidente vinculación, tanto de proximidad física como de configuración formal con los muelles occidentales de Tiwanaku, proponemos la denominación alternativa de *Uma Punku*, que significa *la Puerta del Agua*, si bien por el momento no podemos plantear esta cuestión más allá del mero juego de palabras, aunque la opción es harto sugerente desde el punto de vista arqueológico.



Ilustración 65. Elementos constructivos de época incaica al norte del edificio principal de Puma Punku. Ortoimagen RGB sobre modelo digital del terreno generado por el dron.

Pero no es sólo el conjunto que tradicionalmente conocemos como Puma Punku, y que administrativamente compone el Área 3 del sitio lo que observamos como evidencias arqueológicas asociables a este espacio, gracias a los mecanismos de teledetección proporcionados por el *dron*. Tradicionalmente sabemos de la presencia de otros recursos constructivos antiguos, que parecían circunscribirse al norte de la gran estructura. En esa localización, indicada en la ilustración 64 con el número 8, diferentes excavaciones, tal y como vemos en la ilustración 65, han documentado parte de la ocupación incaica, que parece delimitarse en el complejo y extenderse por debajo de la actual población de Tiahuanaco (58).



Ilustración 66. Localización de potenciales huellas de cabañas circulares, en las zonas marcadas por flechas rojas, en el lado Sur de Puma Punku, a partir de la imagen de falso color (G-NIR-BR) generada por el *dron*.

Sin embargo, el espacio Sur del conjunto parecía no haber demostrado rastros de interés arqueológico hasta este momento. Nada más lejos de la realidad, si bien las evidencias superficiales parecían estar difusas. Lo que el *dron* nos muestra, combinando las diferentes aproximaciones formales a la información, es la existencia de un conjunto variado de elementos de naturaleza histórica, que bien pueden cambiar en buena medida las informaciones que tenemos sobre el conjunto. Así, el modelo digital del terreno nos muestra la existencia de un gran edificio soterrado justo al Sur del edificio principal del complejo, tal y como podemos observar en la ilustración 64. Además, sus dimensiones son similares en cuanto a su perfil longitudinal, en torno a los 130 metros. Aunque no podemos afirmar nada más allá de lo hipotético, si como tal lo que estuvieramos viendo en el modelo tridimensional fuese una parte de un edificio anterior al conjunto principal de Puma Punku, y el elemento enterrado mantuviera, como parece lógico, un

modelo arquitectónico simétrico, podemos estar ante un espacio de proporciones similares a este conjunto, lo que significaría la presencia anterior de un edificio con las mismas características.

A su alrededor, como podemos ver en la ilustración 66, se observa en la imagen multiespectral la presencia de un amplio conjunto de huellas circulares, cuya disposición y proporciones nos recuerda a los conjuntos de cabañas del periodo formativo, tal y como describimos en el capítulo correspondiente a los espacios habitados (ver *Lugares para la Vida: Los Espacios Habitados en Tiwanaku*). Ambos elementos, el edificio documentado al Sur y el conjunto de posibles cabañas circulares, que potencialmente pueden asociarse al periodo *Formativo Tardío*, a falta de su corroboración mediante una excavación arqueológica convencional, completan la imagen de uno de los elementos más complejos e interesantes de Tiwanaku.

Observando lo inesperado: geoglifos en Tiwanaku

Uno de los elementos más llamativos, documentado a partir del modelo digital del terreno ha sido la presencia de al menos dos geoglifos de grandes dimensiones, el mayor en forma de serpiente, ubicado en las inmediaciones de Akapana, en torno a la pequeña elevación que conocemos como Mollo



Ilustración 67. Petroglifo serpentiforme, ubicado en uno de los monolitos del entorno de la nueva estructura localizada al sur de Putuni.

Kontu, y el segundo en forma de un camélido, al Este del anterior. Resulta curioso, en tanto al primero, como algunos autores clásicos llamaban la atención sobre la ausencia de este animal en las representaciones simbólicas de Tiwanaku. Un ejemplo fue Bartolomé Mitre, que en su descripción de mediados del siglo XIX del sitio comentaba lo siguiente:

"En cuanto a la serpiente, sea como ornamento, sea como símbolo, sea por líneas sinuosas que traigan a la mente su idea, declaro no haberle visto en ninguna de las piedras de Tiahuanaco. Puede asegurarse que no existe, desde que, a excepción de Tschudi y Rivero -poco correctos en esta parte de su acreditado libro-, ningún viajero lo ha señalado. Y esta circunstancia es tanto más digna de apuntarse, cuanto que, siendo el símbolo de la serpiente común a todos los monumentos de piedra así como a las más groseras esculturas en madera de las tribus salvajes de América, y abundando en lo del resto del Perú, su ausencia en Tiahuanaco probaría, no sólo la originalidad de sus construcciones, sino también la de la religión que profesaba la raza que ha estampado allí sus símbolos místicos." (15)

Esta supuesta ausencia de un elemento tan común en las diferentes teogonías andinas como es la serpiente, el *Katari* en la tradición aymara, o el *Amaru*, en la quechua, no es sino una observación incompleta de los elementos que jalona el paisaje tiwanakota histórico, cuestión que no sucede con los camélidos, que al final han sido siempre un referente cultural para las culturas andinas. Así pues, referencias plásticas a esta entidad natural, la serpiente, las podemos encontrar en diferentes elementos, en forma de petroglifos³², e incluso formando parte de los patrones decorativos de algunos monolitos, como sucede incluso con la figura central de la propia *Puerta del Sol*. De hecho, tenemos un conocimiento estadístico de su importancia en elementos mucho más apegados a la vida cotidiana de las gentes de Tiwanaku. Un estudio realizado sobre las cerámicas de esta cultura que presentan decoraciones animalísticas nos indica que la serpiente es el cuarto animal en porcentaje de representación, por detrás del mono, los propios camélidos y el puma, y delante del condor y el perro, entre otros (61).

Estos referentes, la figura de la serpiente y los camélidos, se pueden observar en espacios tan diversos de Tiwanaku como Kantatallita, el entorno de Putuni o Puma Punku, entre otros espacios. En el caso de los petroglifos, los talladores suelen aprovechar grandes losas de piedra horizontales, o algunos bloques monolíticos como sucede en el entorno del nuevo edificio documentado al sur de Putuni, tal y como podemos ver en la ilustración 67. Son elementos de naturaleza estilizada, que representan el serpentiforme, bien enroscado en forma de espiral, o bien reptando. En este último caso, la forma del animal suele estar asociada en su cola a un elemento circular u oval, alrededor del cual se ciñe la forma del

32 Según su etimología, los petroglifos son dibujos grabados en la roca, con diferentes simbolismos, y con carácter esquemático.

serpentiforme. En el caso del camélido, las figuras se representan en posición en pie, y de hecho tenemos algunas representaciones que parecen realmente muy antiguas en forma de grabados rupestres en pilastras del mismo Kalasasaya. Vamos a realizar a continuación una breve descripción de ambos elementos. El serpentiforme mantiene un estado de conservación correcto, mientras que el camélido ha resultado más afectado por su condición geológica, conformado por la modificación de varias cochas con proximidad física, difuminándose, aunque no ocultando alguno de sus rasgos más característicos, especialmente parte de su cabeza y el alto de su lomo trasero.

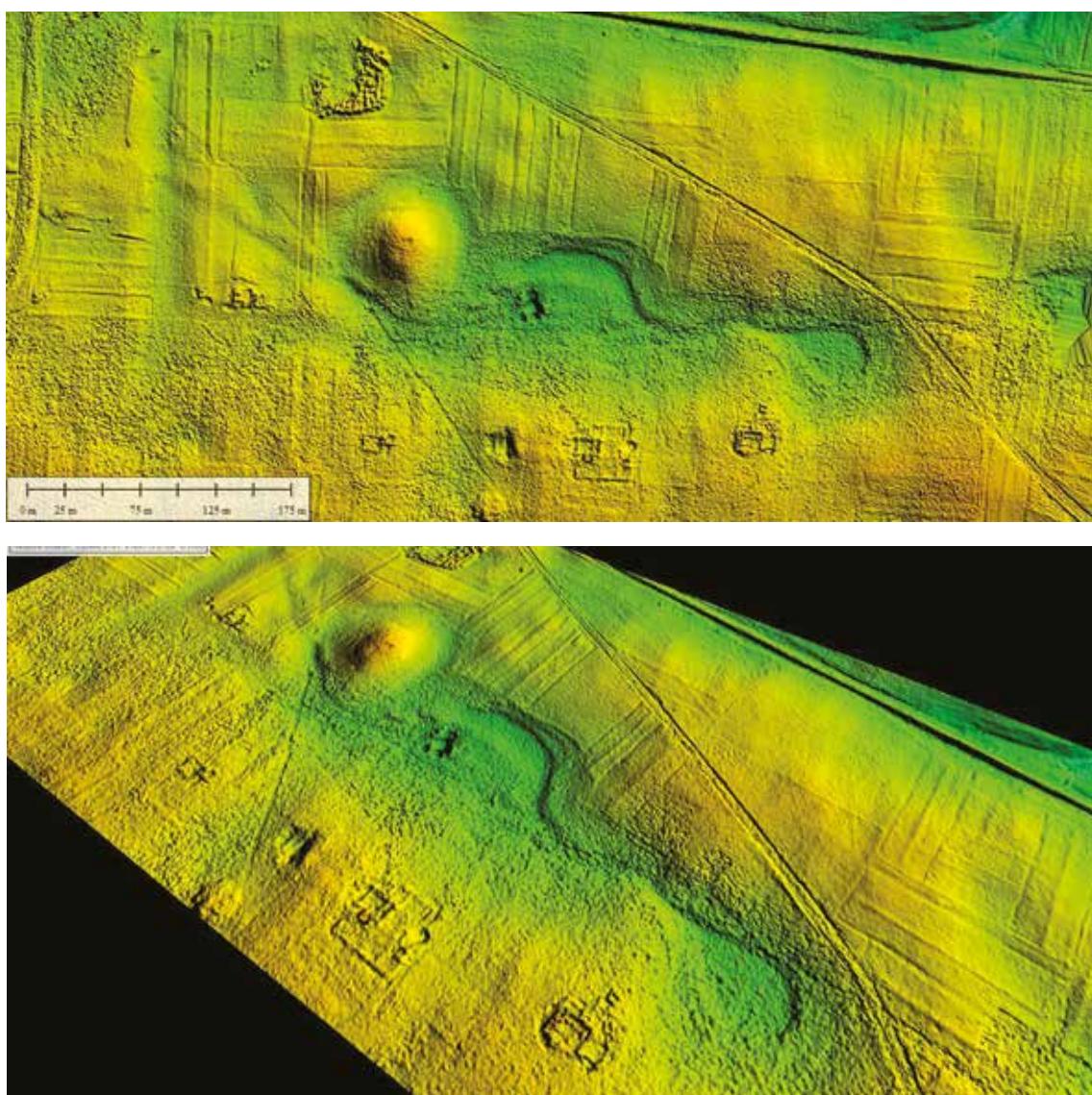


Ilustración 68. Geoglifo serpentiforme en el área de Mollo Kontu. Imagen sobre el modelo Digital del terreno, en 2D y 3D, obtenido mediante el dron. Imágenes en falso color. Alrededor se observan volúmenes correspondientes a otras estructuras soterradas.

Ambos elementos son bien conocidos, además, no sólo por sus características en la iconografía, que señalábamos anteriormente. Más allá de esto, ambos, el serpentriforme y el camélido, son dos representaciones arqueoastronómicas muy conocidas para el conjunto de las culturas andinas, correspondiendo con las constelaciones occidentales de *Cassiopeia* y *Chamaleeon*. La actual población aymara las conoce como *Kattari Paka* o *Puchka*, en el primer caso y *Wari*, en el segundo. Sus orientaciones, Noroeste – Sureste en el caso del serpentriforme y Nor/Noreste – Sur/Suroeste se corresponden además con sus observaciones más comunes en los cielos de invierno y verano en el *altiplano* boliviano, respectivamente (62).

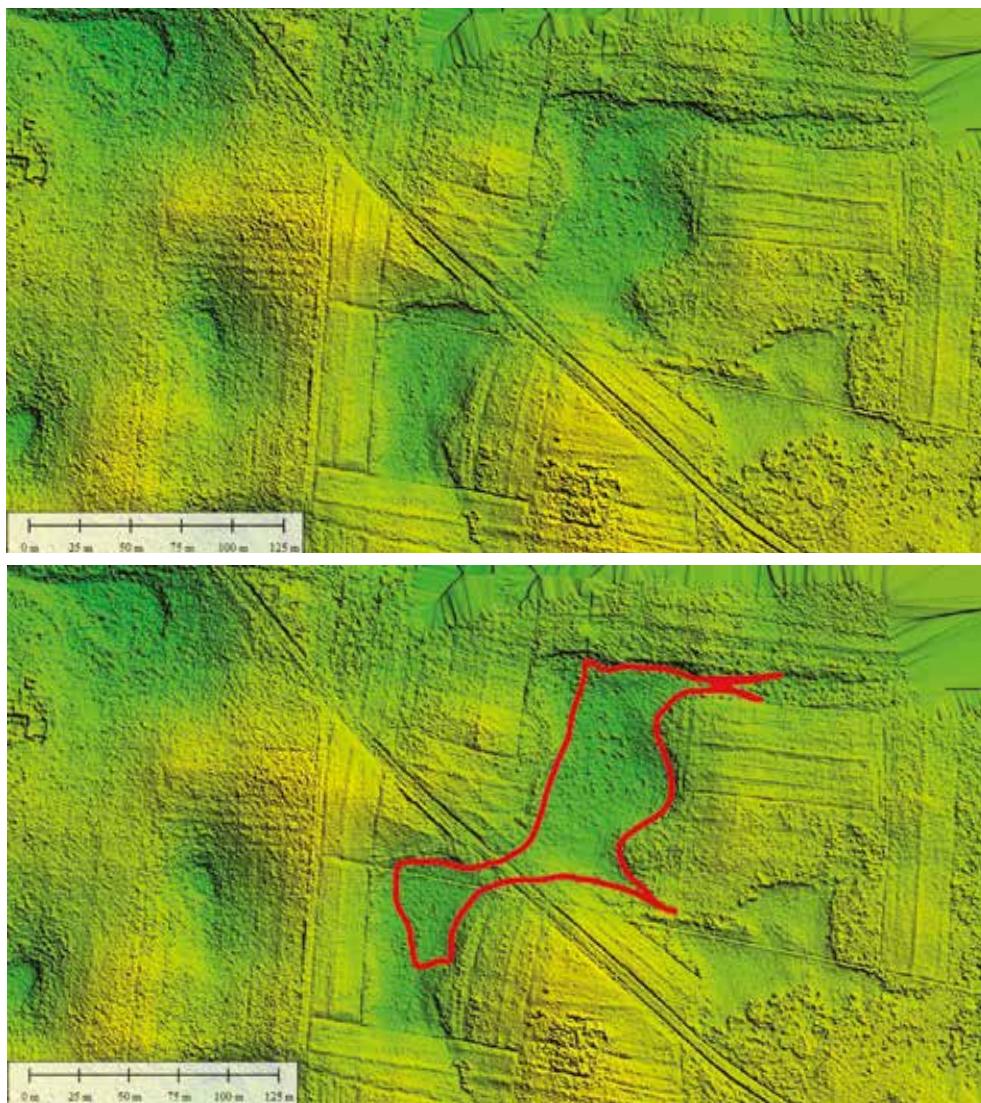


Ilustración 69. Geoglifo de camélido. Imagen sobre el Modelo Digital del Terreno.

El primer elemento que hemos localizado es el serpentiforme, que se dibuja con una longitud lineal estimada de 425 metros. En forma extendida, la longitud real del serpentiforme es de 578 metros. La forma oblonga que conforma la cabeza ocupa una superficie que supera ligeramente los mil metros cuadrados. Sus dimensiones y estructura sugieren el aprovechamiento de una *cocha* para la conformación de esta. Además, la dirección en la que se configura su construcción no guarda ninguna relación estructural con ningún otro elemento de carácter público de todos los que conocemos para el sitio, con lo que no es posible establecer *a priori* una correspondencia de uso, ni física ni cronológica con ninguna de ellas.

En cuanto al segundo, ubicado cerca del límite oriental del modelo generado por el *dron*, sus dimensiones lineales corresponden con una longitud desde la cabeza hasta la cola de 190 metros lineales, y ocupando una superficie aproximada de 0,88 hectáreas, lo que corresponde a unos 8.800 metros cuadrados. De nuevo, su estructura nos sugiere, en este caso, la modificación de un conjunto de cochas para la elaboración del elemento, cuestión que en este caso ha derivado en los problemas de conservación que citamos al respecto de su cabeza y lomo trasero. En cuanto a su cronología, tampoco podemos decir nada con certeza por el momento, salvo la presencia en sus alrededores de estructuras constructivas, que con el tiempo pudieran darnos una secuencia relativa, tal y como veremos a continuación que puede suceder con el serpentiforme.

En este caso, el aprovechamiento del montículo circular de Mollo Kontu para la creación de un barrio habitado fuera del ámbito de protección del foso que cierra el *recinto ceremonial* nos permite plantear que la construcción del geoglifo es posiblemente anterior a la ocupación barrial del sitio. Como hipótesis, por tanto, podemos apuntar la posibilidad de su construcción en un momento indeterminado del periodo Formativo Tardío, en probable asociación con las primeras estructuras del Templo Semisubterráneo y con la posible plataforma interior sobre la que se edifica Akapana, en caso de que esta se demuestre. Se trata sin duda de los primeros elementos de estas características documentados en Tiwanaku, y los primeros también con características naturalistas en Bolivia.

Tenemos otros ejemplos de geoglifos de diferente naturaleza en diferentes localizaciones periféricas a Tiwanaku. Con formas lineales, existen noticias en diferentes espacios, como el Valle de Chincha, en Perú, o en el desierto de Sajama, también en Bolivia (63), con diferentes interpretaciones e incluso aceptación por parte de la comunidad científica, si bien con evidente similitud. De diferente magnitud y forma son las manifestaciones localizadas en las regiones de Pando y Beni, también en Bolivia, cuya naturaleza, similar a los elementos localizados en los estados brasileños de Amazonas, Arce y Rondonia³³, que parecen tener más que ver con espacios habitados y de uso, delimitados físicamente mediante fosos de tierra, que con geoglifos propiamente dichos, cuestión que formalmente implicaría una formulación simbólica de la construcción, más allá de su utilidad formal. Geoglifos con características naturalistas debemos buscarlos en este caso en localizaciones más alejadas del sitio, como pueden ser los ejemplos harto conocidos de los valles de Nazca y Palpa, o el caso del Valle de Moche (64) en Perú, o en áreas mucho más cercanas, como es el caso de los interesantes geoglifos del área de Tarapacá, en el norte de Chile (65), con claras relaciones, tanto astronómicas como con rutas caravaneras, cuestión última que es de gran interés para la compren-

33 <http://www.agencia.ac.gov.br/earthmovers-os-construtores-de-geoglifos/>

sión de los mecanismos económicos que garantizaron la estabilidad de la cultura Tiwanaku, tal y como hemos descrito brevemente con anterioridad. La localización de estos elementos dentro del ámbito urbano de Tiwanaku no sólo añaden un valor singular a la percepción cultural del sitio, sino que aportan referentes de alto interés a zonas del sitio que actualmente son más desconocidas por el gran público, cuestión que aporta un último grado de valor y capacidades al uso de la teledetección para los sitios *Patrimonio Mundial*, en tanto a cuestiones que no siempre se valoran adecuadamente, como pueden ser, por ejemplo, sus modelos de gestión.



Redescubriendo Tiwanaku (ii): redibujando el paisaje de Tiwanaku

“Vése también una muralla grandísima, de piedras tan grandes que la mayor admiración que causa es imaginar qué fuerzas humanas pudieron llevarlas donde están, siendo, como es verdad, que en muy gran distancia de tierra no hay peñas ni canteras de donde se hubiesen sacado aquellas piedras”.

Inca Garcilaso de la Vega





Vista de la Puerta del Sol desde el área de Putuni.

Los habitantes de la Tiwanaku histórica nos legaron un espectacular conjunto de edificios de uso político, social o cultural, como sus pirámides y templos, junto al río del mismo nombre, y como sociedad tenemos la fortuna de poder acercarnos a ellos en la actualidad. No obstante, la envergadura y origen de los materiales utilizados, la distancia hasta las posibles áreas fuente de recursos, o incluso las posibilidades para su transporte a distancias relativamente largas con los conocimientos sobre técnicas e infraestructuras de aquel momento, más allá de los elementos que las recientes investigaciones han revelado, perfilan algunas hipótesis sobre probables variaciones del territorio y del uso del agua a lo largo de los más de mil doscientos años transcurridos desde el florecimiento de las posibles comunidades del periodo Formativo Tardío, como ocupación primigenia, hasta su ocaso, en fecha también incierta, más allá de aquel salto del primer milenio al segundo d.C., que ofrecía unos desequilibrios climáticos muy visibles a nivel de buena parte del mundo conocido.



Ilustración 70. Vista de los meandros actuales del Río Tiahuanacu a su paso por el sitio.
Imagen: Ernestina Cortés Albor.

Para despejar algunas de las múltiples incógnitas que esta cultura todavía nos esconde, deben contemplarse desde la perspectiva de la ciencia los diversos condicionantes del medio físico, a los que los tiwanacotas históricos debieron enfrentarse. Cuestiones muy complejas desde el punto de vista orográfico, climático, hidrológico, edáfico o biogeográfico que, en parte, hemos esbozado en los capítulos anteriores.

La rica información geográfica aportada por las imágenes de satélite, así como los nuevos hallazgos arqueológicos desvelados por las imágenes de altísimo detalle realizadas mediante *dron* en el año 2016, nos invitan a interrelacionar la información geográfica con la arqueológica a diferentes escalas, espaciales y temporales. De este modo, los diferentes testimonios, geográficos y arqueológicos, animan a desenmascarar aspectos del territorio que debieron ser fundamentales en la cultura Tiwanaku, a lo largo de los diferentes momentos de su desarrollo. La piedra, el agua, los recuersos agroganaderos o las vías de comunicación, entre otros, son elementos fundamentales para el desarrollo socio – cultural de Tiwanaku a lo largo de su historia.

Los dos primeros de ellos, el agua y la piedra, serán aquellos que analizaremos en detalle en este último capítulo. La piedra como elemento tan extraño como cotidiano en la configuración del *ecosistema social y cultural* del paisaje urbano de la Tiwanaku histórica. El agua, como fundamento que no sólo es un mecanismo de necesidad humana, sino que es un recurso que condiciona, moldea y establece las pautas que crean el paisaje. Y en el caso de Tiwanaku, estos mecanismos, estrechamente relacionados tanto con el agua como con la piedra, no sólo forman parte del espacio interior del área urbana, sino que su formulación se extiende a todo el territorio circundante, a partir de diferentes elementos críticos para la población del sitio, como pueden ser la agricultura, la ganadería, la pesca o el transporte de personas y recursos. En las próximas páginas intentaremos explicar algunos de estos mecanismos, y como el territorio y el clima determinan la relación histórica del sitio con el elemento.

Y es que una población con las características y peculiaridades de Tiwanaku, mantiene un alto nivel de exigencia sobre el territorio que controla. Una exigencia desde el punto de vista de la producción de recursos estratégicos, tales como alimentos de primera necesidad, agua dulce, elementos minerales para la construcción de sus edificios, arcilla para sus producciones cerámicas, etc. Y exigencia también desde el ámbito socio – cultural a las poblaciones con las que de una forma u otra se relaciona, y que le permiten disponer de aquellos recursos que físicamente le son escasos. Esta circunstancia genera un proceso de relación con el medio, que deja una huella física: en síntesis, crea un paisaje a partir de un territorio³⁴.

34 La diferencia entre paisaje y territorio radica en el proceso de cambio generado por el ser humano en el medio. El territorio sería un ámbito geográfico determinado, mientras que el paisaje sería la percepción de ese territorio como un espacio en el cual el ser humano ha ejercido diferentes procesos de alteración.

La importancia del agua

Definir el agua como un recurso crítico para cualquier población humana no deja de ser una obviedad. Es imposible el asentamiento de cualquier cultura o población a partir de la inexistencia o inestabilidad en el acceso a este recurso. Máxime si de lo que estamos hablando es de una población de las características de la Tiwanaku histórica, cuya población, como hemos visto en capítulos anteriores, pudo superar con facilidad los 20.000 habitantes, sólo en su núcleo principal. Una población que hacía uso del agua para diversidad de factores más allá del consumo ordinario mínimo por persona. Actividades domésticas, industriales y cívicas requerían de este elemento de forma cotidiana, en elevadas cantidades.

Un ejemplo puede resultar ilustrativo en tanto a las condiciones en que este recurso debía presentarse en el ámbito cotidiano de la vida de Tiwanaku. En condiciones normales, un ser humano pierde al día un litro y medio de agua aproximadamente; cantidad que reponemos mediante el consumo directo o indirecto del líquido que nuestro organismo elimina. Si entendemos que la población de la Tiwanaku histórica oscila entre los 20.000 y los 40.000 habitantes, el consumo diario de agua de esta población requiere un abastecimiento de este elemento en cantidades que oscilan entre los 30.000 y los 60.000 litros diarios, sólo para el consumo humano. Aparte de esto, determinadas actividades, tanto domésticas como industriales requieren del uso de un volumen extra de este recurso, con lo que las cantidades son sensiblemente mayores. La elaboración de alimentos, sobre todo hervidos, como puede ser el caso de los diferentes tubérculos domésticos que se consumen en Tiwanaku, o las manufacturas cerámica y metálica, entre otras, requieren del uso de este elemento con carácter controlado.

En cualquier caso, en Tiwanaku la gestión compleja de este recurso no sólo no es extraña, sino que, como hemos observado, es uno de los factores materiales que condicionan la configuración incluso urbanística de la ciudad. Autores tradicionales que se aproximan al lugar durante los primeros años de la exploración romántica, como Bartolomé Mitre, ya se dieron cuenta de esta circunstancia. El militar escribió lo siguiente al respecto del uso del agua en la zona del altiplano andino:

"Los indios del Alto y Bajo Perú son hidráulicos por instinto. Conducen por derivación el agua a través de las montañas, de modo que parecería que sube a ellas; hacen sus nivelaciones a la simple vista entre los puntos extremos, dando a la acequia la inclinación correspondiente; miden con el pie el volumen cúbico del agua que corre, calculan con precisión la cantidad de agua que sale por una toma en un espacio de tiempo dado, valiéndose para ello de los métodos más primitivos. Varias veces me ha sucedido, viajando de noche por los valles perfectamente irrigados del Perú, que el indio que me servía de guía me daba la hora exacta por la cantidad de agua que traía la acequia. Por lo que se ve en Tiahuanaco, esta educación o esta aptitud de raza debe ser" (Las Ruinas de Tihuanaco, Nota 7) (15)

Y es que, enfocándonos simplemente desde la manera en que el agua aparece en la vida de la población de Tiwanaku, debemos entender como la gran concentración estacional de las precipitaciones, junto a la configuración del relieve y escasa cubierta vegetal dan lugar a que los arroyos procedentes de las sierras en su recorrido hasta la base del altiplano tengan de forma recurrente una gran capacidad de transporte por arrastre de elementos geológicos, primero, y sedimentación, después, con una notable incidencia en el modelado del paisaje. Esto supone además que con seguridad también ha tenido una repercusión histórica en el uso y aprovechamiento de los recursos.

Lo que podemos inferir de esta circunstancia es que, si las temperaturas fueron entonces más o menos similares a las del siglo XX, lógicamente pudieron modificar en el altiplano la posición estacional de la citada *Zona de Convergencia Intertropical*, que es habitual portadora de las precipitaciones estivales, reduciendo o aumentando su cuantía o intensidad, parámetro que estaría posiblemente vinculado a oscilaciones asociadas al fenómeno de El Niño. En estas hipotéticas circunstancias, mantenidas durante un tiempo suficientemente amplio, la extensión de las sequías pudo contribuir a mermar las fuentes de alimentación basadas en la pesca, agricultura y/o ganadería, o a dificultar incluso los desplazamientos y comunicaciones entre diferentes enclaves, tanto a corta como a larga distancia. Elementos que se han valorado como de especial interés para la llegada de materias alóctonas al altiplano, como pudieron ser las *caravanas de camélidos* (33), se verían seriamente comprometidos por estas circunstancias climáticas muy adversas.

La carga trasportada por estos arroyos y torrentes estacionalmente muy caudalosos, en forma de agua y sedimentos, particularmente año a año durante la estación húmeda, queda en buena medida abandonada en la actualidad al llegar al terreno horizontal de la superficie del altiplano, sin que logre alcanzar los cursos de agua mayores, como sucede en este caso con el río Tiahuanacu. Los regímenes hídricos estacionales de los arroyos que descienden desde la Sierra de Machaca hasta el altiplano, vinculados a las precipitaciones de la Zona de Convergencia Intertropical, suponen también un factor de riesgo alto por avenidas, riadas e inundaciones en las áreas de descarga y meses estivales. Asimismo, en estas citadas áreas de descarga de estos materiales de arrastre sobre el tablero del altiplano se forman suelos muy fértiles, hoy ocupados por vegetación higrófila y campos de cultivo. Sin duda, debieron ser también aprovechados por los pobladores de la Tiwanaku histórica. Unos pobladores de un territorio que debieron también convivir con eventos hídricos y climáticos más o menos similares, sujetos además a la gran variabilidad interanual que implica el fenómeno de *El Niño*, y ajustar cuestiones aparentemente tan simples como la localización de sus asentamientos en función de esta circunstancia.

En el caso de Tiwanaku la posición elegida es aparentemente bien distinta a las poblaciones serranas, al situarse en fondo del valle del altiplano, junto al cauce de un río. Sin embargo, la información topográfica de alta precisión permite determinar el emplazamiento sobre un pequeño relieve, una mesa o altozano, en cualquier caso más aislado, o incluso a resguardo de las avenidas estacionales tan frecuentes en el valle. Tal y como veíamos en el capítulo referente a los límites del sitio, esta disposición marca un relieve elevado, y por ende saneado, en referencia a todo un entorno inundable, que lo delimita y lo condiciona.

Este emplazamiento de Tiwanaku alberga hoy en día toda una serie de hipótesis sobre las transformaciones del espacio y aprovechamiento del agua, dentro y fuera del enclave, que ayudan a explicar los avances técnicos y culturales de esta

sociedad a lo largo de toda su historia. Para desentrañar las distintas hipótesis sobre el uso del agua se partirá de la exploración de las imágenes de mayor detalle espacial, que como hemos podido leer en capítulos anteriores, hablan por sí mismas de lo que allí yace enterrado, para analizar después el territorio a mayor distancia, en un marco regional, y conectar el conjunto de información geográfica en el paisaje arqueológico. Destacaremos aquí especialmente los aspectos vinculados con el agua, elemento al que los tiwanakotas debieron de estar íntimamente ligados.

Un ejemplo claro que nos permite entender la magnitud del fenómeno, incluso si nos circunscribimos al interior del espacio urbano es la figura del gran foso perimetral al Área 1, que hemos analizado con anterioridad, y que enmarca generosamente algunos de los principales elementos construidos visibles en el sitio, como Kalasasaya, Putuni, Kantatallita o Akapana. La incisión rectangular del terreno puede dibujarse con facilidad, y con unas dimensiones de 1005-1008 m de largo por 725-755 m de ancho, determina un sistema de drenaje de gran envergadura, tal y como podemos observar en la ilustración 71. Esta obra de ingeniería, destinada seguramente a evacuar los excedentes de agua en los momentos de fuertes precipitaciones, tal y como comentamos en el capítulo referente a esta estructura³⁵, es una clara muestra del buen conocimiento del medio y manejo del agua por parte de la cultura tiwanakota. El conjunto de canalizaciones es de tal magnitud que es vivible también en las imágenes de satélite de resolución media, en las que, a pesar de su escasa precisión de imagen de color natural para las necesidades de la Arqueología, gracias en este caso a la información de los canales infrarrojos quedan identificados tanto el sistema rectangular, como dos de sus entradas y salidas de agua hacia los puntos más deprimidos.

Para lograr acceder a esta información, en este caso a partir de la imagen del sistema de satélites *Landsat 8*, en color de componentes principales, se extraen los elementos más repetidos del terreno en función de su respuesta digital en los diferentes canales del espectro electromagnético, visibles e infrarrojos, y los unifica en falsos colores, mostrándonos una imagen en la que estos nos permiten observar los distintos elementos que buscamos en nuestro análisis, de forma visual y sencilla, tal y como veremos en la ilustración 71. Las diferentes líneas de los sistemas de drenaje, en muchos casos relacionadas con elementos externos al área urbana que definíamos con anterioridad, quedan representadas por su forma regular y colores claros.

Junto a la canalización general, cuya parte occidental queda soterrada por el núcleo actual de Tiwanaku, pueden dibujarse además otros canales menores que parecen servir, entre otras cosas, para drenar aguas de algunas dolinas, tanto aquellas naturales como las que han sido trabajadas, evacuándolas hacia canales mayores o hacia las llanuras aluviales que rodean la meseta tiwanakota. Asimismo, a la llanura de inundación situada frente a Puma Punku parecen llegar numerosos canales de desagüe procedentes de los altozanos de su entorno, configurando un área de inundación que, incluso en la actualidad es un bofedal durante varios meses al año. Vamos a analizar a continuación esta área, y su relación con la cuenca del lago Titicaca. Lo haremos siendo conscientes de la dificultad que entraña tratar de dar un salto temporal de unos dos milenios para conocer cuánto, dónde y cuándo pudo extenderse la lámina de agua alrededor de Tiwanaku.

35 Ver “El Foso del Recinto Ceremonial”.

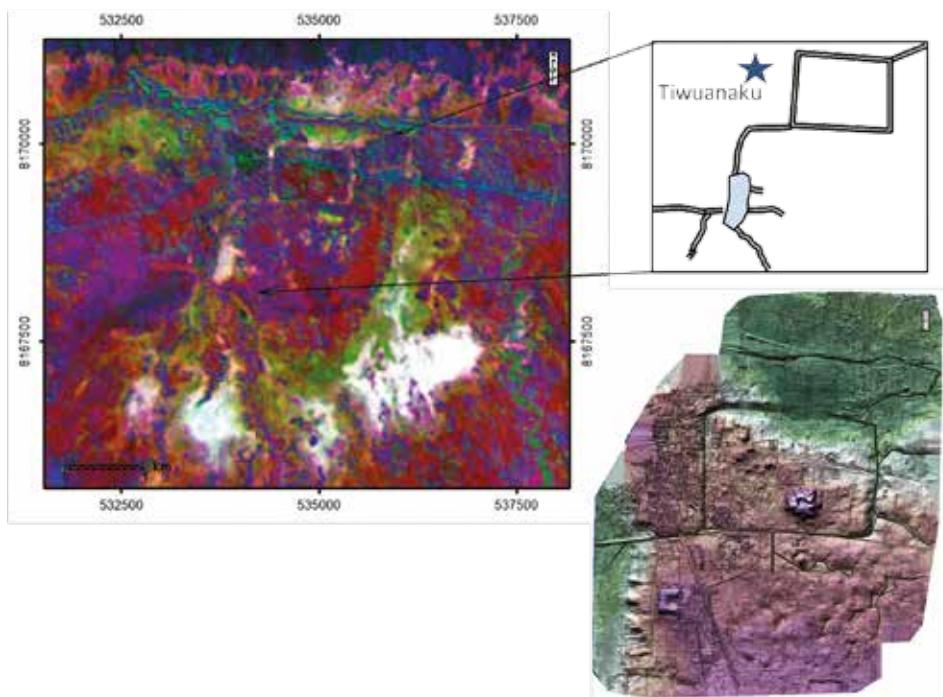


Ilustración 71. Imagen Landsat-8 en componentes principales en la que se localizan diferentes canalizaciones (formas geométricas conectadas en colores claros) y su representación en la imagen de alta resolución espacial obtenida desde dron.

Topografía y paisaje del enclave arqueológico y sus alrededores

A partir del modelo digital del relieve en 3D, obtenido a través del trabajo tanto del *dron* como de la observación de la información de satélite, y exagerado visualmente en altura para favorecer la representación de sus espacios topográficamente destacables, se pueden identificar tantos elementos subyacentes que traremos en este capítulo de ir desentrañando aquellos relativos al uso del agua y a su posible distribución, espacial y temporal.

En este sentido lo primero que llama la atención al observar la ilustración 72 es el gran contraste entre las áreas topográficamente más bajas, que se representan en verde oscuro, como son el río y las llanuras de inundación, ubicadas a 3.833 - 3.834 m.s.n.m., y por otro lado la plataforma más elevada, que se representa en colores pardo-amoratados, ligeramente inclinada de norte a sur al igual que el resto de la cuenca donde se ubica, de 3.847-49 m a 3.853 m.s.n.m. respectivamente. Los tonos púrpuras quedan para los principales edificios singulares, templos y pirámides, que se elevan entre 5 y 16 metros más.

En las áreas bajas se reconoce con facilidad tanto la parcelación actual, con los cultivos experimentales a modo de *Sukakollo*, en la margen izquierda del río Tihuanaco, como los resaltes alargados y paralelos al río, formados por los sedimentos fluviales, a modo de indicadores de las fluctuantes posiciones del río. Estas tierras fértiles, pese a las limitaciones por heladas impuestas por la altitud debieron también ser utilizadas para su aprovechamiento agrícola por parte de los antiguos pobladores de la zona.

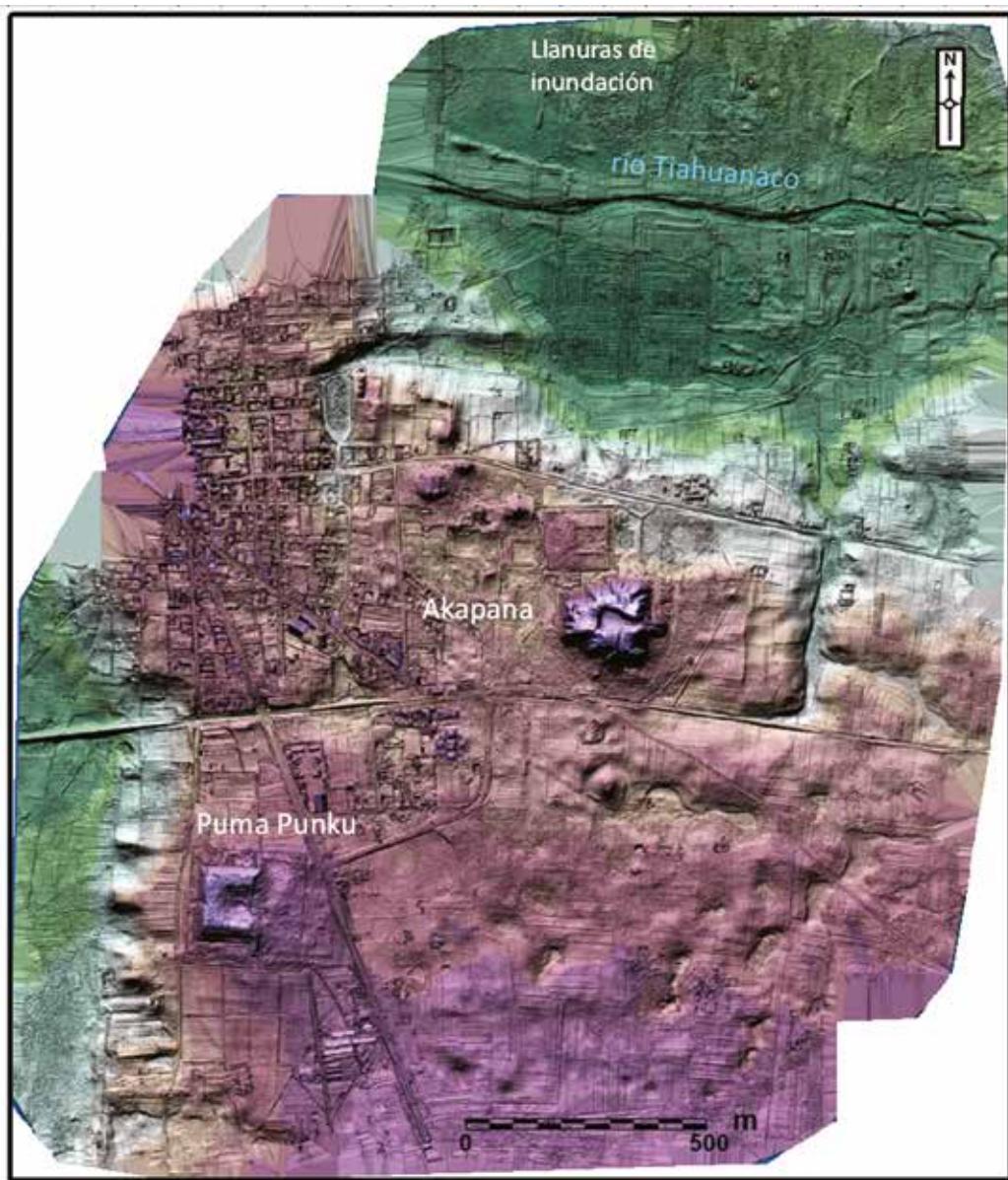


Ilustración 72. Pintado del relieve desde *dron*. En ella se advierten numerosas estructuras arqueológicas soterradas inéditas: posible muelle o plataformas para embarque y desembarque, muros, drenajes de diferentes medidas y estados de conservación.

En el cauce menor del río, a 3.831-3.832 m de altitud, también se observan algunos tramos con forma trenzada, mostrando los cambios habituales en el trayecto del agua tan característico de ríos muy estacionales, más bien funcionales en algunos picos, aquí en los meses centrales del verano. No obstante, el cauce del río Tiahuanaco a su paso por el enclave arqueológico del mismo nombre tiene pequeños sectores anómalamente rectilíneos, al menos en cuanto al dominio meandriforme y trenzado del resto del cauce del río en toda su cuenca baja, hasta su desembocadura en el Lago Titicaca, como puede verse en las imágenes regionales, Landsat y Sentinel, de la cuenca meridional del río Tiahuanaco.

Entre las áreas más bajas de las llanuras de inundación y las más elevadas del techo de la meseta desgastada sobre la que se asienta Tiwanaku, se advierte un pequeño talud o escalón en tonos blanquecinos que está en parte soterrado y modificado por el hombre, dadas sus formas excesivamente lineales y regulares. Si la relativa elevación donde se instala Tiwanaku, plana en su techo, no estuviese salpicada de dolinas, podría hacer referencia a un antiguo nivel de terraza fluvio-lacustre, muy desgastada por los arroyos que, procedentes de la Sierra de Machaca hacia su desembocadura en el río Tihuanaco, parecen abrazar el enclave arqueológico. Sin embargo, dichas depresiones redondeadas, formadas por la disolución y posterior colapso de los materiales pétreos subyacentes a la superficie, hacen referencia a niveles de rocas calizas de edad incierta, pero indudablemente anteriores a los depósitos cuaternarios que moldean el relleno del altiplano. De este modo, lo que subyace de forma natural es aquí todavía tan incierto como los restos soterrados de la cultura tiwanakota.

Las superficies inundables entre Tiwanaku y el lago Titicaca

Remontándonos milenios atrás, la bibliografía científica ha identificado las grandes variaciones de los lagos endorreicos del altiplano central desde el inicio del Pleistoceno, hace unos 2,58 millones de años, hasta que finalizó la última glaciación cuaternaria, hace unos 10.000 años. Estas oscilaciones en el nivel de las aguas del territorio que actualmente ocupa el Titicaca, se produjeron a consecuencia de los sucesivos cambios climáticos cuaternarios, los recurrentes eventos de la actividad volcánica y algunas deformaciones tectónicas menores (66) (67) (68). Así, hay descripciones de una sucesión de grandes lagos, que preceden al actual lago Titicaca, de mayor extensión y altura, tales como el Ballivian que se extendía hasta los 3840 m de altitud, y por tanto cubría el espacio que ocupaba buena parte de Tiwanaku, el lago Michín que inundaba hasta los 3825 m o el actual lago Titicaca que alcanza hasta los 3810-15 m, según las oscilaciones inter o intra-anuales (69).

Más recientemente, durante los últimos 9000 años, tenemos bien documentados y fechados algunos episodios de niveles del lago Titicaca superiores al actual,

que se suceden hasta bien entrado el séptimo milenio a.C., y tras un largo período con niveles más bajos, las aguas vuelven a ascender a lo largo de algún siglo previo a la era cristiana, con un repunte en torno al primer milenio d.C., fecha desde la cual sólo parece mostrar pequeñas variaciones por encima o por debajo del nivel actual, que se suceden casi de forma secular.

Queda por tanto un larguísimo período desde finales del séptimo milenio a.C. hasta poco antes de establecerse la cultura Tiwanaku, en el que la cota del lago Titicaca parece que descendió entre unos 15 y 30 m por debajo del nivel actual, lo que implicaría por tanto una superficie inundable en tanto a la estructura hídrica afectada por la costa del lago, mucho más reducida que la contemporánea. Si este largo período de menor calado fue continuo o bien se vio interrumpido por épocas más o menos largas de mayor inundación, como parecen indicar las oscilaciones climáticas seculares e irregulares vinculadas a la Zona de Convergencia Intertropical, es algo que todavía no está bien detallado (70).

Lo que parece más o menos claro es que desde el período Formativo Tardío como momento de primeras certezas de ocupación de la Tiwanaku histórica, en torno al cambio de era, hasta su ocaso como civilización, más de un milenio después, el lago Titicaca pasa por leves fluctuaciones bastante irregulares y todavía muy mal datadas de ascensos y descensos de pocos metros, por lo que el enigma de la relación de la población tiwanacota con el lago Titicaca queda todavía abierto. Hemos de tener en cuenta que la distancia física del sitio al lago es realmente reducida. En cualquier análisis científico de la relación de poblaciones preindustriales con el medio, la distancia de 15 kilómetros, similar a una jornada de camino a pie, es considerada un patrón económicamente viable en cuanto a los sistemas de producción agropecuarios. Máxime si podemos acortar el esfuerzo del recorrido mediante un transporte fluvial, del que hablaremos en más detalle en las próximas páginas.

En el mismo sentido debe destacarse que, en una superficie tan llana como la atravesada por el río Tihuanaco en su tramo bajo, leves variaciones de la altura del agua del lago Titicaca dan como resultado avances horizontales importantes del agua, como en otra escala temporal se mostrará a continuación con las imágenes de satélite de las últimas décadas. Revisado todo el archivo de imágenes históricas, para comprender los mecanismos hídricos que condicionan la relación de vecindad tan estrecha de Tiwanaku con el lago, se seleccionaron una vez más varias imágenes del sistema de satélites Landsat ®, obtenidas a lo largo de los años ochenta del pasado siglo XX. Para ello se seleccionaron las imágenes de 1972, 1987 y 2016, y en ellas se contrasta el alcance de las fluctuaciones espaciales de la línea de la costa suroriental del Lago Titicaca. Estos altos niveles originados a consecuencia de elevadas precipitaciones en toda la cuenca del lago Titicaca, estuvieron vinculadas al potente fenómeno de El Niño que tuvo lugar en los años 1982 y 1983, que en este ámbito geográfico no se repitió con igual intensidad durante el evento de la década siguiente, en los años 1997 y 1998. De ahí la dificultad de analizar escenarios futuros o reconstruir el paisaje del pasado a partir de indicadores indirectos.

Entre las imágenes se buscaron las que incluyeran un ámbito territorial que abarcase desde la costa suroriental del Lago Titicaca, en tanto a su vaso menor o Huinamarca, hasta las inmediaciones del complejo arqueológico de Tiwanaku, y que a su vez registrasen mayor índice de humedad, y con menor cobertura nubosa. Además, sobre las imágenes seleccionadas se realizaron diversas mejoras con los valores digitales que ofrecen los diferentes sensores satelitales empleados, como MSS, Thematic

Mapper (TM)³⁶, Landsat 8 o Sentinel 2 para mostrar aquí los productos visuales que ayuden a comprender mejor los condicionantes geográficos a los que se adaptaron o transformaron los antiguos pobladores de Tiwanaku.

Así, la imagen Landsat 5 en falso color de 2 de agosto de 1987, obtenida mediante la mejora espectral que denominamos Tasseled Cap³⁷, y que observamos en la ilustración 73, representa en tonos azulados el contenido de agua y las zonas de humedad. Esta combinación permite destacar únicamente del territorio en tonos azulados los grandes cuerpos de agua, en este caso el vaso del lago, los cursos del río Tiahuanaco o de los amplios espacios marcados por sus afluentes tributarios por su margen izquierda, así como los terrenos anegados, variando del azul más claro al más oscuro en función de la menor o mayor profundidad del agua, respectivamente.

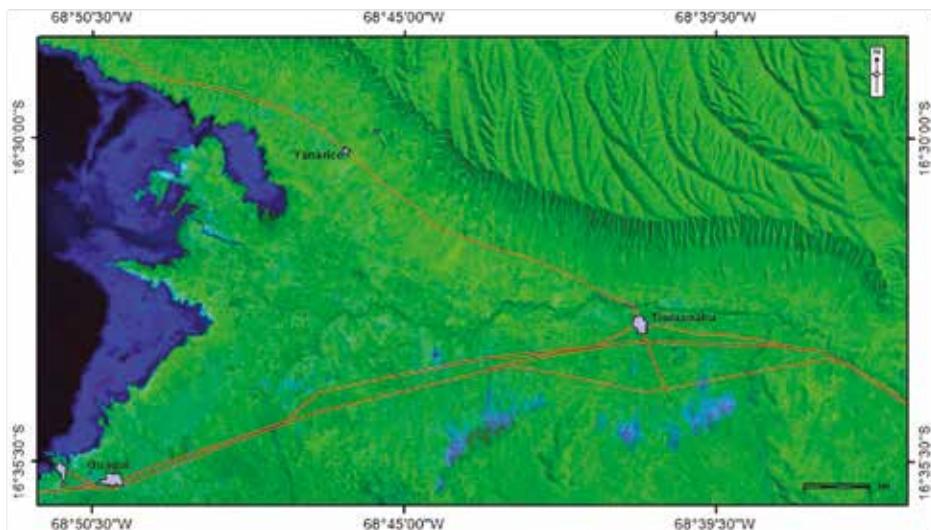


Ilustración 73. Imagen Landsat 5-TM de 2 de agosto de 1987 con la mejora espectral Tasseled Cap, combinación 2-1-3 (R-V-A). Todas las láminas de agua o suelos muy húmedos quedan representados en colores azules.

³⁶ El sensor *Thematic Mapper* es un sistema montado en los equipos de satélites *Landsat 4* y *5*. Con una precisión de 30x30 metros, permite un análisis multiespectral de siete bandas distintas, que incluyen una de Infrarrojo térmico. El sistema mejoraba sensiblemente la precisión y la calidad de la información obtenida mediante siete bandas simultáneas, cuya combinación permite multiplicidad de fórmulas de análisis. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/the-thematic-mapper/>

³⁷ El filtro de imágenes denominado *Tasseled Cap* nos permite observar determinadas imágenes de satélite, reduciendo su manera de visualización a tres factores, que son el brillo, el verdor de la vegetación y la humedad. Estos tres factores nos muestran determinados cambios en la superficie, que implican elementos en la cobertura vegetal, el suelo y las alteraciones humanas, reduciendo la influencia de otros condicionantes ambientales.

En el margen suroriental del lago Titicaca se observan los cambios de profundidad, que van desde los azules oscuros (casi negro), hasta los azules intensos de los bordes más someros, que avanzan a modo de brazos por el norte, cerca del núcleo de Yanarico. También son reconocibles los humedales formados en las áreas de descarga de los arroyos que, procedentes de la Sierra de Machaca llegan al altiplano sin más capacidad de seguir transportando el material, tanto agua como sólidos, por lo que los abandonan en los cambios de ruptura de la pendiente, dejando amplias extensiones representadas en la imagen en azul claro, lo que nos indica la presencia de campos con un altísimo contenido de humedad, si no anegados por completo.

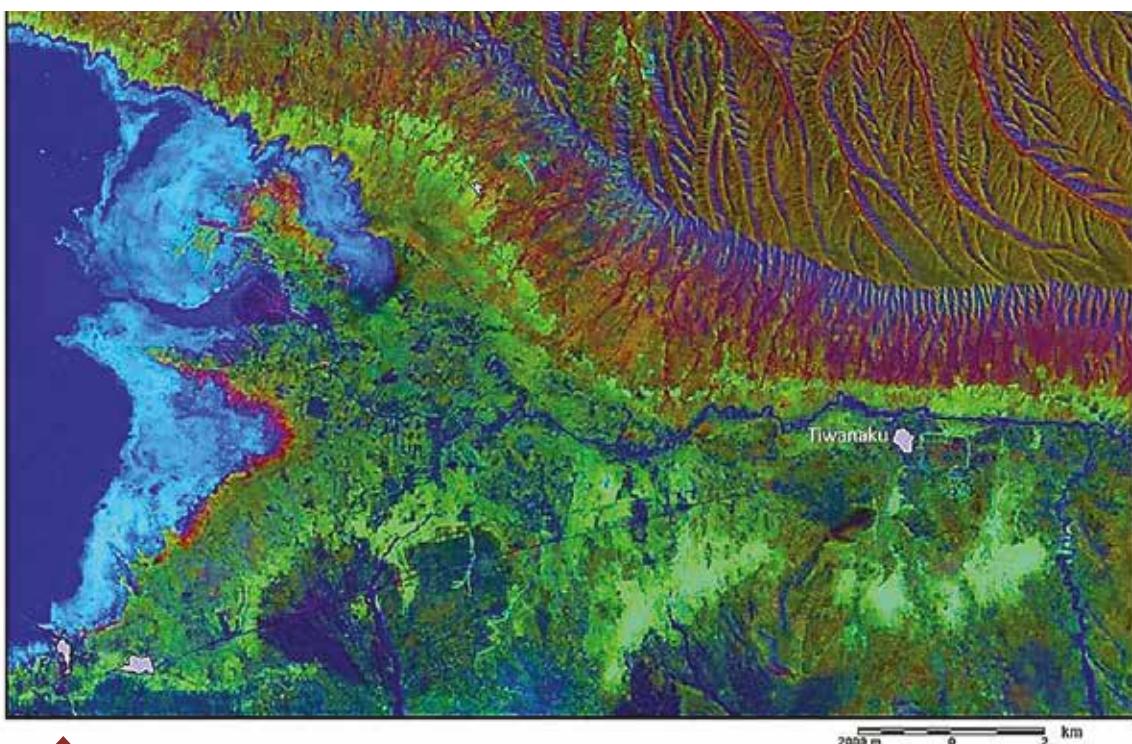


Ilustración 74. Mejora espectral de la imagen Landsat 5 de Tasseled Cap (2-08-1987), en la combinación de canales 5-2-3 (Rojo-Verde-Azul). Además de los cuerpos de agua de la figura anterior, esta otra mezcla resalta numerosas formas menores del terreno (pequeño delta en la desembocadura, grandes abanicos aluviales, coladas de derrubios, meandros, etc.) y en colores verdosos los suelos más肥íles formados gracias a los frecuentes aportes de humedad y materiales finos transportados por los arroyos temporales al llegar al altiplano, que facilitan el crecimiento de la vegetación y la acumulación de nutrientes.

Como vemos una vez más, las imágenes de satélite, gracias a la rica información que contienen en sus diferentes canales del espectro visible o infrarrojo, nos permiten resaltar múltiples aspectos de la superficie del terreno, de naturaleza geomorfológica, hidrogeográfica, biogeográfica, o incluso antrópica que, junto a las imágenes de altísima resolución espacial obtenidas mediante el uso del *dron*, ofrecen una nueva dimensión al paisaje arqueológico.

Otra combinación, en este mismo orden de cosas, de bandas de la mejora espectral Tasseled Cap de la imagen Landsat de 1987, recogida en la ilustración 74, realza las numerosas formas del relieve y sus interrelaciones con la hidrología. En ella podemos observar con facilidad las formas y cursos de agua de la

cuenca del río Tiahuanacu, el pequeño delta formado en la desembocadura del río, los numerosos conos aluviales y coluviales que llegan al altiplano por su margen izquierda, los arroyos temporales de la margen derecha del río, cortos y rectilíneos, y los suelos más húmedos sin vegetación en tonos muy oscuros.

A su vez, en tonos verdes claros resaltan los suelos más fértiles localizados en todos los casos en las áreas de descarga de los arroyos y cauces temporales, torrentes en muchos casos. De este modo, estos suelos, ricos en sedimentos finos, humedad y nutrientes parecen circunvalar la cuenca baja del río, sin que pueda reconocerse en la imagen de satélite antiguos niveles de inundación del lago Titicaca, si no las diferentes formas que adoptan los depósitos de arrastre de los ríos, así como los valles y las llanuras aluviales. Si nos aproximamos un poco más a Tiwanaku, observamos como en las proximidades del conjunto arqueológico, se ha detallado mediante un índice de agua los terrenos particularmente inundados o inundables, que vemos en verde y azul en la ilustración 75, que de forma recurrente son ocupados por riadas durante los meses estivales de lluvias breves, pero intensas, concentradas en unos pocos meses.

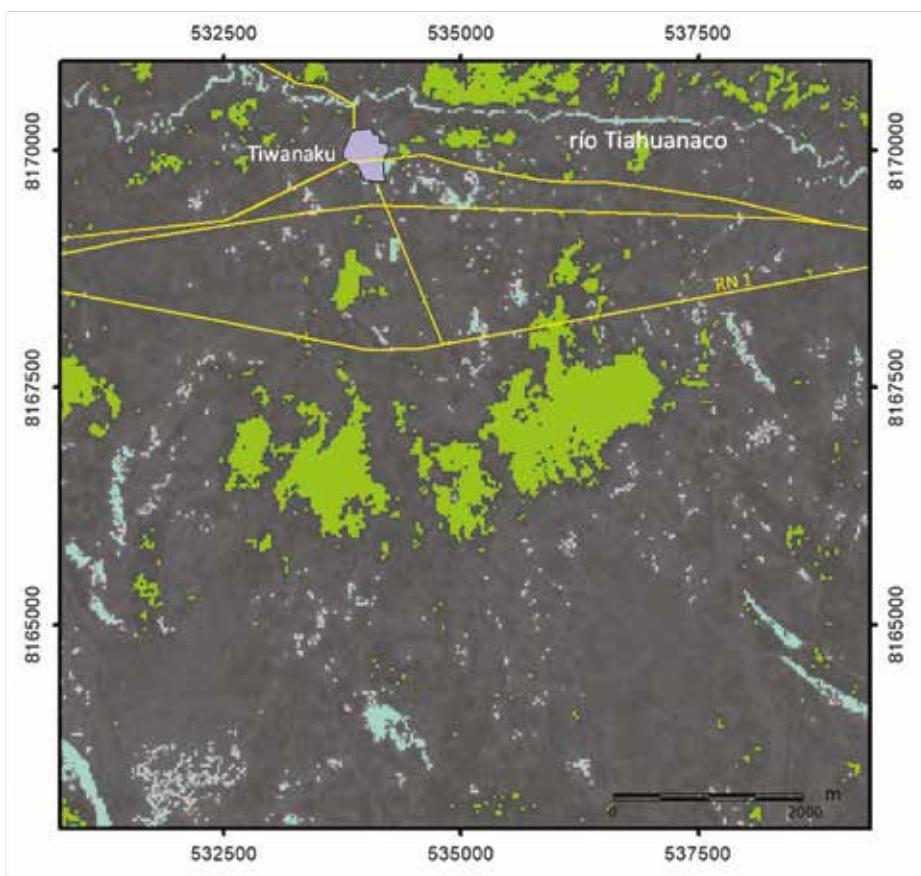


Ilustración 75. Índice de agua en el que se representa en color azul claro el cauce del río Tiahuanacu y algunos cauces procedentes de la Sierra de Machaca. También se cartograffian en verde los suelos más fértiles, ocupados por humedales con vegetación natural y/ o por cultivos.

Queda bien representada, una vez más, la extensión de estas áreas fácilmente inundables, rodeando casi por completo la extensión urbana de Tiwanaku, hacia el norte, oeste, y al sur. Estas son las superficies inundables con alta recurrencia más próximas a Tiwanaku, con el régimen pluviométrico y térmico actual. Sin embargo, dada la escasa pendiente del relieve son muy susceptibles de ampliarse notablemente ante ligeras variaciones de los citados parámetros climáticos, que con seguridad se han sucedido a lo largo de los últimos dos milenios.

Variaciones interanuales recientes del borde suroriental del lago Titicaca

A través de la información contenida en las imágenes de satélite regionales de toda la serie histórica se pueden extraer las variaciones temporales y espaciales de las diferentes láminas de agua, esto es, tanto del propio lago, como de sus ríos tributarios, las llanuras fluvio-lacustres y valles aluviales, etc., durante los últimos cuarenta y cinco años. Un período que dista entre la primera imagen del sistema de satélites *Landsat* ® en 1972 y la más reciente del sistema *Sentinel 2* en 2017. Estas oscilaciones nos sirven como, premisas para entender un poco mejor cómo podía ser el territorio del altiplano en el que se ubicó la población tiwanacota, y cómo pudieron gestionarlo como el medio en el que se desarrolló su ferviente actividad durante más de un milenio; o qué cambios acaecieron en su ocaso, pues la denominación *aymara* del sitio como la “ribera seca”, con todo lo que estamos viendo con respecto a la relación del sitio con el agua, expresa una transformación que habla por sí sola. Quizás, si no la incógnita principal, una de las cuestiones recurrentes en el imaginario popular, y que más interés suscita, sea la procedencia del agua: si esta es meramente lacustre, pluvial o fluvial, o tal vez quizás una suma lógica de todas ellas.

A partir de esta posibilidad, lo que podemos conocer analizando pormenorizadamente las diferentes extensiones del lago Menor del Titicaca durante los últimos cuarenta y cinco años, es que la distancia media de unos 15 kilómetros entre su borde meridional y Tiwanaku muestra variaciones bastante notables de unos años a otros. La comparación de la línea de costa en dos inviernos extremos, 1987 y 2016, muestra un retroceso de la línea de costa que oscila entre tres y siete kilómetros, según el sector seleccionado, con lo que la distancia a Tiwanaku se reduce en función del momento a poco menos de entre doce y ocho kilómetros. Esto invitaría a pensar en una reducción reciente y paulatina de la superficie del lago, como podemos ver en la ilustración 76.

Sin embargo, atendiendo a este mismo criterio, el conjunto de imágenes históricas que podemos analizar evidencia una oscilación de la ribera suroccidental del lago mucho menor entre el principio y el fin de las últimas cinco décadas. De esta manera, la comparativa de los datos objetivos que tenemos entre los años 1972 y 2016 respectivamente, reducen la diferencia a poco menos de dos kilómetros. Un ejemplo en este sentido lo podemos ver de forma gráfica en la ilustración 77, que refleja esta variación. Si bien no es posible establecer una correlación clara entre posibles crecimientos del lago, lo que resulta evidente es que cualquier pequeña variación afecta a toda la estructura hídrica de la zona, con alteraciones muy potentes de la línea de costa, y por tanto de las estructuras hídricas a todos los niveles. Una cuestión que se añade a otras variables, que analizaremos en las próximas páginas.



Ilustración 76. Solapamiento de imágenes Landsat 5 (18-07-1987) y Sentinel 2 A (02-08-2016) para detectar las variaciones de la línea de costa del borde suroriental del lago Titicaca (Lago Menor).

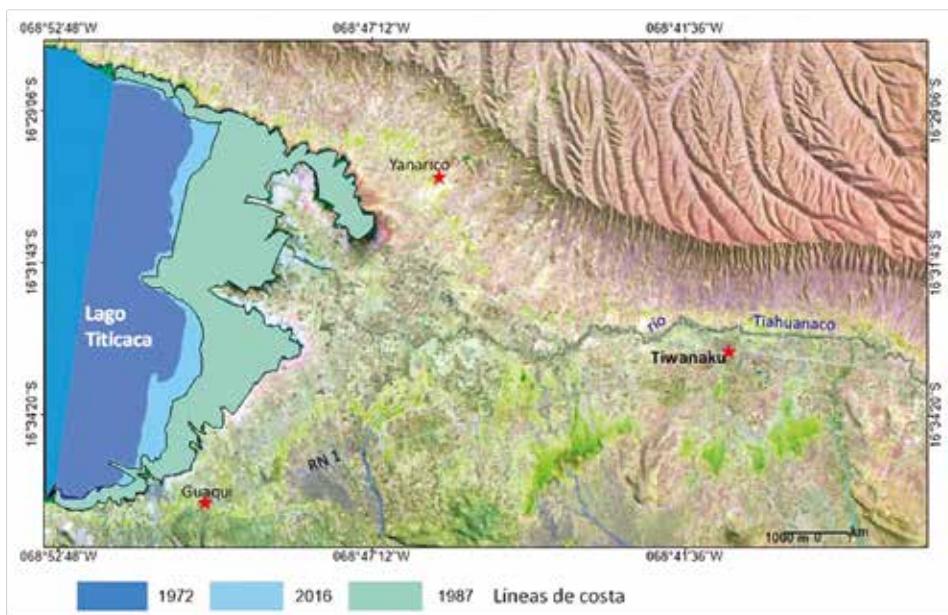


Ilustración 77. Variaciones de la línea de costa del Lago Menor del Titicaca obtenidas a partir de las imágenes Landsat 1, 5 y Sentinel 2A. La diferencia entre 1972 y 2016 es inferior a 1,4 km, siendo en muchos puntos sectores de 400-500 m. Sin embargo, mayor es el contraste entre la ribera de 1972 y 2016, que llega a alcanzar los 6,6 km de diferencia en la costa más norteña.

Posibles desviaciones de los cursos del río Tiahuanaco y tributarios

Por último, en este capítulo dedicado al agua, debemos atender a un elemento no menor, en referencia a las estructuras hídricas que, como vemos, condicionaron de forma manifiesta la vida de la población tiwanakota. Queremos hacer referencia a uno de los elementos más interesantes de todos los observados en nuestro proyecto, mediante los mecanismos de Teledetección. Lo que señalamos en este momento son las alteraciones y cambios de naturaleza antrópica que observamos en el curso menor del río Tiahuanaco y de alguno de sus tributarios, que cambian sustancialmente de forma hacia recorridos “poco naturales”, cuestión que nos hace pensar en alguna intervención por parte del ser humano. Este elemento, además, no es una circunstancia extraña, dado que otros autores han observado circunstancias similares en los valles paralelos, en modificaciones que parecen asociarse a procesos de cultivo del periodo Tiwanaku (45). Kolata observa, por ejemplo, como fórmulas similares a las que vamos a describir a continuación tienen lugar, en este caso, en el valle del río Catari, al Norte, territorio controlado por los grandes asentamientos de periodo Tiwanaku de Lukurmata y Pajchiri.

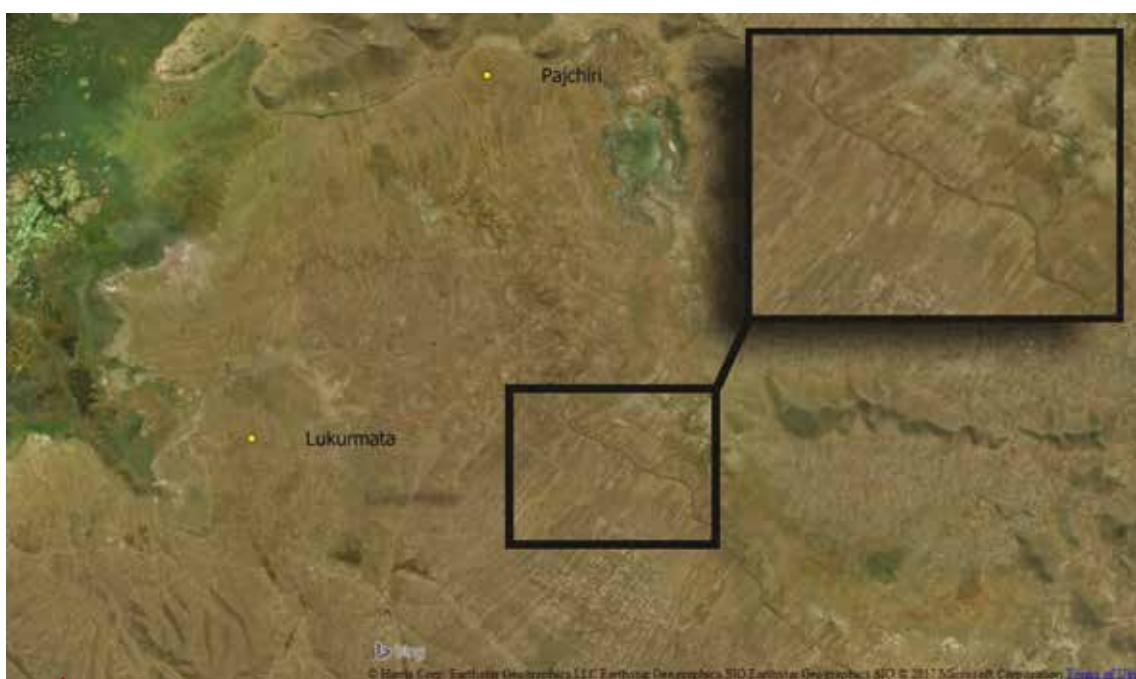


Ilustración 78. Valle del río Catari, con la localización de los principales asentamientos. En el detalle podemos observar la localización del tramo modificado del cauce del río, para la disposición vecina de campos elevados agrícolas. A partir de los datos de A. Kolata (45).

Antes de describir las modificaciones fluviales que hemos observado, debemos entender el funcionamiento normal de las estructuras fluviales del valle del río Tiahuanacu. Prácticamente todo el tramo bajo del citado río tiene un trazado muy meandriforme, describiendo en su recorrido, en dirección Este – Oeste sucesivos arcos pequeños, característicos de cursos de agua que divagan a uno y otro lado, hasta su desembocadura en el lago Menor del Titicaca. Esta forma sinuosa se debe a la escasa

pendiente del terreno y su reducido caudal estacional. Además, como factor de alteración irregular, todos los cauces tributarios del citado río Tiahuanaco también experimentan variaciones interanuales notables en función de la mayor o menor intensidad de la Zona de Convergencia Intertropical, que se definen por la presencia de años con unas cuantías de precipitaciones muy dispares, desde aquellas casi propias del mundo árido a otras de climas muy húmedos.

Así, en las diferentes imágenes expuestas de la cuenca baja del río Tiahuanaco, como hemos visto en las ilustraciones anteriores, podemos entender como se desarrollan bien los trazados de los arroyos que descienden, tanto de la Sierra de Machaca como del propio río Tiahuanaco, en su recorrido por la cuenca baja hasta su desembocadura en el lago Menor del Titicaca. Un ejemplo en este sentido es la ilustración 79 , que recoge la imagen del sistema de satélites Sentinel 2 ®, en cuyo detalle de colores morados y azules se destacan estos cursos, con su carácter meandriforme predominante, y unos pocos sectores muy regulares o rectilíneos, especialmente cuando su curso pasa por las inmediaciones de Tiwanaku.

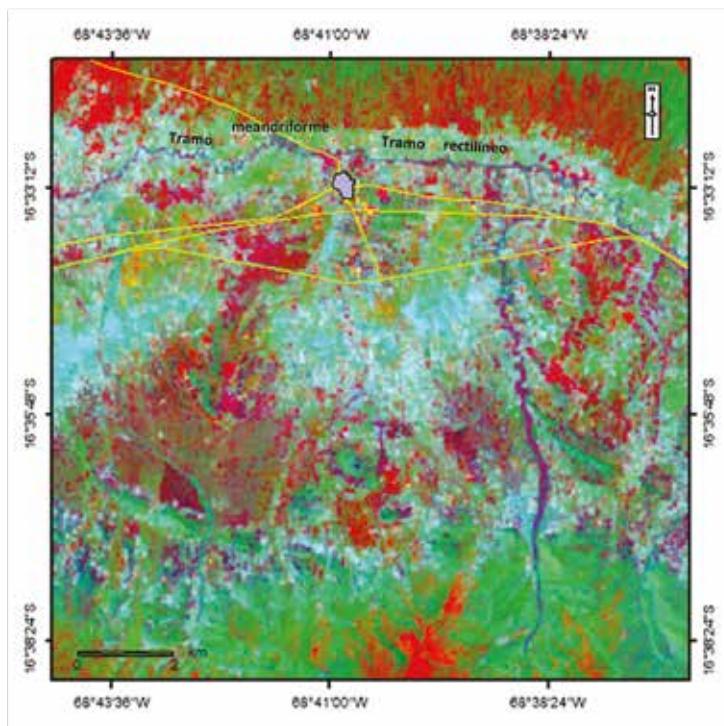


Ilustración 79. Imagen Sentinel 2 A de 27 de abril de 2016. Se destaca los cursos de los ríos y arroyos que casi circunvalan Tiwanaku. Se advierten tramos muy divagantes al oeste del núcleo actual y rectilíneos al este, antes de llegar al complejo.”

Un mayor detalle referente a estos visibles cambios de trazado del río Tiahuanaco, aguas arriba y al llegar al sitio, que afectan también al menos a uno de los cauces tributarios de su margen izquierda, queda recogido en la ilustración 80, para poder apreciar algunas probables transformaciones de los cursos de los ríos de las que desconocemos su fecha, pero no es descartable en caso alguno que pudieran ser antiguas dado el precedente que hemos señalado del valle del río Catari. En cualquier caso, la reducción de la sinuosidad de los cursos de los ríos tiene siempre como finalidad aumentar su caudal y evitar pérdidas laterales de agua, minimizando con ello, la duración y extensión de las avenidas. Como circunstancia derivada, este aumento de caudal estacional mejora las condiciones de transporte fluvial de los cauces.

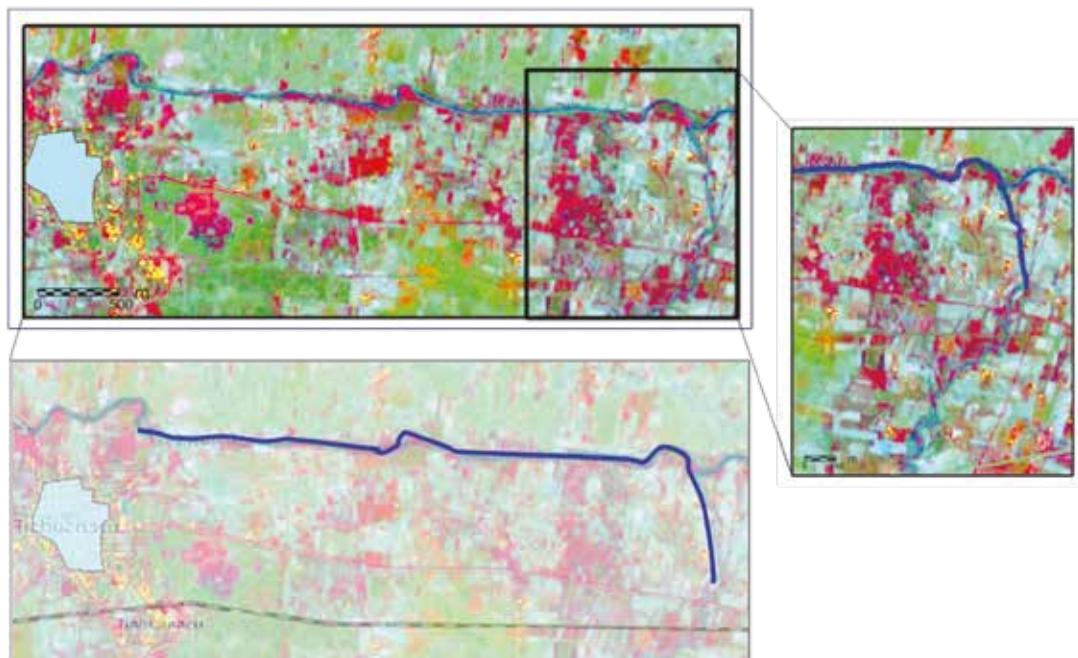


Ilustración 80. Detalle de los tramos rectilíneos del río Tiahuanaco y su tributario por la margen izquierda, que bien pudo haber sido utilizado para el transporte de materiales durante los períodos anuales de mayor caudal.

Si estas transformaciones se produjeron en época de la cultura tiwanakota, como así parece, estas pudieron habilitar estos cauces estacionales para el traslado de las enormes piezas de construcción de varias toneladas, que a día de hoy se planteaban como uno de los grandes enigmas, a pesar incluso de la existencia de interesantes trabajos de arqueología experimental, que explicaban con absoluta claridad las posibilidades para el transporte de grandes bloques megalíticos mediante barcas fabricadas con *totora*, y por ende de muy poco calado (71) y fácil navegación. Y como segundo factor adicional, cuestión que trataremos en detalle un poco más adelante, entendemos que es más que probable que un análisis en profundidad de toda la cuenca baja del río Tiahuanaco, que incluya a buena parte de los numerosos cauces tributarios que avenan desde la Sierra de Machaca, y con relación expresa con varias canteras de arenisca roja, nos permitiera desvelar mejor cómo llegaron las grandes piedras de

construcción hasta el sitio. Una cuestión que, desde luego, también puede evadirse al respecto de otros recursos de diferente naturaleza, pero de carácter crítico para la evolución de una urbe de la extensión y particularidades de Tiwanaku, complementando otras opciones especialmente interesantes, como las bien estudiadas rutas de caravanas de camélidos que alcanzaban la ciudad desde distintas partes de su territorio controlado.

Los recursos minerales

Los referentes físicos que tenemos en Tiwanaku son evidentes. Sus grandes edificios, alejados en todo caso de la monumentalidad de otros grandes referentes de la Arqueología americana, son tan sencillos como sorprendentes. La dimensión de alguna de sus construcciones, o de sus monolitos, van mucho más allá en este caso de la habilidad de sus ingenieros o sus canteros a la hora de alzarlos sobre el suelo. En realidad, lo más difícil de entender y valorar en su justa medida es algo tan básico como los procesos que hay alrededor de la extracción, captación y transporte del material pétreo hasta el sitio, y dentro de él. Máxime si tenemos en cuenta la dimensión de sus construcciones, y el hecho de que la sociedad tiwanakota no conoce la rueda en ningún momento de su devenir histórico, como así parece.

Tanto las rocas duras, como la arenisca roja, la andesita o el basalto, como la propia arcilla empleada en edificios de la naturaleza de la pirámide de Akapana, Putuni, o el nuevo edificio descubierto por nosotros al sur de este último, suponen la disposición de mecanismos sociales fortísimos, que faciliten la labor colectiva de consecución, acarreo, manufactura, etc., en ocasiones desde distancias kilométricas, y atendiendo a que los volúmenes de material son realmente ingentes. Algunos capítulos más atrás exponíamos que la cantidad aproximada de piedra necesaria, simplemente para la construcción de las fachadas visibles del *Templete Semisubterráneo*, podemos estimarla en unos 225.000 Kilogramos de piedra arenisca roja³⁸. Si realizamos una simulación de las condiciones que nos ofrece, de la misma manera, la pirámide de Akapana, nos podemos hacer incluso una mejor idea de las condiciones de esta circunstancia. Dado su estado de conservación y los datos que hemos podido analizar en el desarrollo de nuestros trabajos, si planteamos un modelo ideal para el proceso de construcción de la pirámide, con un total para su estructura nuclear de siete plataformas, con un módulo de construcción casi regular y escalonado de, aproximadamente, dos metros en altura por tres en anchura por parte de cada una de sus plataformas, medido desde la base hasta los suelos de ocupación excavados por la arqueóloga mexicana Linda Manzanilla, obtendremos los siguientes datos:

38 Ver *Redescubriendo Tiwanaku (I): Arqueología desde el Cielo*.

PLATAFORMA	ÁREA (EN M ²)	PERÍMETRO DE FACHADAS (EN M. LINEALES)
Primera	32.123	774
Segunda	29.123	750
Tercera	27.620	726
Cuarta	25.478	702
Quinta	23.405	678
Sexta	21.406	654
Séptima	19.478	630
SUMA TOTAL	178.633	4.914

Ilustración 81. Tabla de dimensiones hipotéticas de las siete primeras plataformas de la pirámide de Akapana.

Para realizar un sencillo cálculo volumétrico, multiplicamos por la altura el número de metros cuadrados correspondientes al conjunto del área de la pirámide, obteniendo un volumen total construido de 357.266 metros cúbicos.³⁹ Si, como así parece, la forma de construcción de las fachadas externas del edificio está realizada mediante casetones rectangulares de piedra que se asientan, altura tras altura, en la plataforma interior, tendríamos un volumen de piedra, principalmente arenisca roja, a detraer del conjunto general, de un total aproximado de 18.108 m³ de este material rocoso, tan solo atendiendo a los muros principales. Por tanto, si la pirámide fuese un elemento totalmente regular, el núcleo de arcilla que la compone supondría un total de 339.158 metros cúbicos de este material, acarreado y apisonado por trabajadores de forma artesanal. Si, como veíamos en el capítulo anteriormente citado, el peso específico de la arenisca roja es de 2.600 kg/m³, la piedra que compuso las fachadas y estructura principal de la pirámide de Akapana supuso un esfuerzo a su población de 47,₁080.800 Kilogramos.

En el caso de la arcilla compactada, su peso específico es de 1.900 kg/m³, con lo que el núcleo de construcción de la pirámide supuso un trabajo a su población para transportar y disponer un total aproximado de 644,₁400.200 Kilogramos de este material. En ambos casos estamos hablando de cantidades ingentes de recursos constructivos, que implicaron la participación de amplios volúmenes de mano de obra en su consecución, en toda lógica. Para hacernos una idea, si la población total del sitio fuese de 40.000 habitantes, cada uno de sus habitantes, anciano, adulto o niño, debería haber acarreado más de diecisésis toneladas de arcilla para la construcción del edificio. Y estamos hablando sólo de la pirámide de Akapana. Las dimensiones del proceso de construcción requieren, no sólo de un control efectivo sobre el esfuerzo de la mano de obra por parte de la sociedad Tiwanakota, cuestión evidente, cuyo análisis se escapa de los propósitos y posibilidades de nuestro estudio; sino también de una capacidad logística, de transporte, filtrado, almacenaje y distribución de estos volúmenes de materiales, que en toda lógica debe haber dejado rastros arqueológicos que podemos rastrear en el territorio, además de las evidencias que hemos planteado para el interior del ámbito urbano de Tiwanaku, tal y como describíamos en el capítulo *Los Muelles Occidentales de Tiwanaku*.

³⁹ Este cálculo hipotético no incluye las construcciones que existen por encima de la séptima plataforma, así como el *estanque central* de la pirámide, cuyas dimensiones originales en profundidad son complicadas de evaluar en las condiciones actuales del monumento.



Ilustración 82. Vista de la primera plataforma de la pirámide de Akapana, y las estructuras internas de la segunda y tercera, en su fachada oriental.

La cuestión de las fuentes de captación de la piedra no es un tema reciente. Autores clásicos como el propio Posnasky (72), o más recientes como Ponce Sanginés (43), Protzen (73) o Janusek (34), entre otros, han tratado de poner luz en un asunto realmente interesante. La inexistencia de afloramientos rocosos en los alrededores del sitio, añadido al impresionante volumen de material que históricamente se dispuso para la construcción de los edificios principales que todavía podemos observar en el conjunto arquitectónico, hicieron de este aspecto uno de los más misteriosos e interesantes de Tiwanaku.

Desde sus más antiguos edificios públicos, la presencia de la piedra como elemento de construcción y ornamentación ha destacado de forma obvia y determinante. Y esto en contraposición con la información de que disponemos al respecto de la arquitectura doméstica, en la cual a lo largo de toda su historia, desde el periodo formativo hasta los últimos momentos de la Tiwanaku histórica, el recurso principal para la construcción de las viviendas ha sido el barro, empleando en todo caso la piedra para la cimentación de las estructuras. Además, parece también claro el uso de diferentes opciones de materiales en función del periodo de la vida de la ciudad, tal vez motivado simplemente por la capacidad física y social de la misma para acceder a recursos alejados de su área de influencia.

Así, durante el periodo *Formativo Tardío*, el principal recurso mineral empleado en la construcción de los edificios públicos, como el caso del *Templete Semisubterráneo*, es la piedra arenisca roja (74) (75) (34). En fases subsiguientes se incorporarán otros elementos, especialmente aquellos minerales de naturaleza volcánica, como la arenisca y el basalto. De particular interés resultará esta primera, que incluso se empleará para ornamentar y reestructurar algunos edificios construidos en un primer momento en arenisca roja, como sucede en los casos de Akapana y Puma Punku. Este último es especialmente llamativo en este sentido, dado que la presencia de la andesita es muy visible en alguno de sus elementos más significativos, si bien la estructura primordial, tal y como sucede con la pirámide de Akapana, está edificada mediante estructuras de arenisca roja que flanquean un núcleo de tierra arcillosa apisonada (76) (55).



Ilustración 83. Proceso de restauración del núcleo de la pirámide de Akapana, mediante la reposición de material a través de la fórmula original de construcción. 2017. Obsérvese la composición de la estructura, basada en la adición consecutiva de capas de arcilla apisonada.

Sea cual sea el material pétreo empleado en la construcción de los monumentales edificios públicos y asombrosos monolitos que jalonaban el paisaje urbano de Tiwanaku, en realidad estamos ante elementos que constituyeron un reto colosal. Lo fue desde el punto de vista de los volúmenes de material, tal y como hemos observado con el ejemplo particular de Akapana; y lo fue también desde el enfoque de la capacidad de una sociedad para elaborar mecanismos de ingeniería y capacidad de trabajo suficientes para desplazar este material desde distancias realmente lejanas, si entendemos que jamás emplearon la rueda ni sus recursos derivados para su transporte. Esta circunstancia limita enormemente las opciones que los antiguos tiwanakotas tenían para la realización de este trabajo.

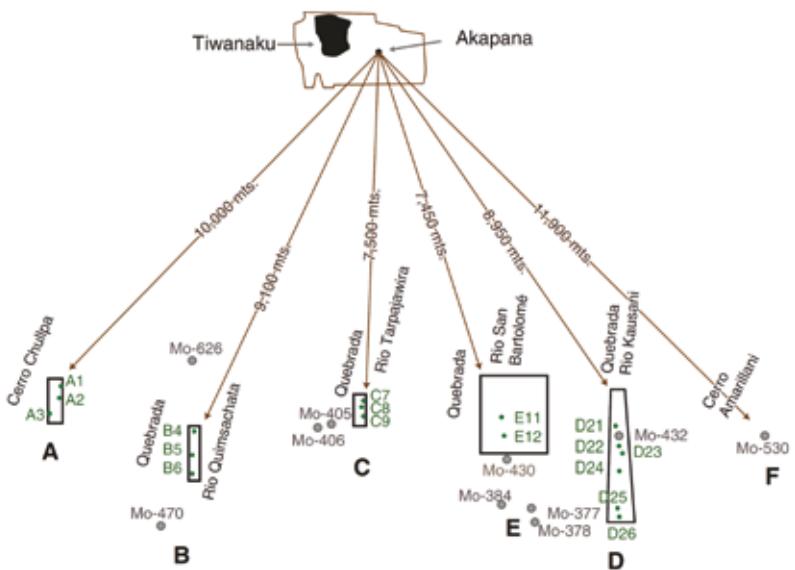


Ilustración 84. Potenciales fuentes de captación de arenisca roja, a partir de los datos de Ponce Sanginés (77). Dibujo elaborado por N. Tripcevich, en Janusek (34).

A partir de los trabajos de Ponce Sanginés (77), que describían la presencia de seis potenciales focos de captación de la arenisca roja en torno a las estribaciones del monte Kimsachata, en dirección Este – Oeste, como vemos en la ilustración 84, entre 2010 y 2011, los trabajos desarrollados por varios equipos de investigadores bolivianos y norteamericanos lograron discriminar en buena medida este amplio espectro de zonas de captación, dibujando por primera vez un panorama realista de las circunstancias que implicaban el transporte de este material al sitio. Varios de los puntos señalados por Ponce Sanginés, de hecho, ofrecían rasgos coherentes con el proceso de obtención de la piedra en el área⁴⁰, y especialmente el ámbito citada ilustración 84 con la letra D. Este corresponde al valle de Kaliri, y como apuntan los autores, su estructura geológica presenta conjuntos de bloques de sección natural en la piedra arenisca⁴¹, cuya forma y disposición favorece su obtención y posterior uso para la elaboración de mamposterías típicas tiwanakotas. La forma en que estas rocas se fragmentan y afloran es realmente sugerente, en cuanto a la posterior elaboración de increíbles trabajos de talla, absolutamente exactos en cuanto a su manufactura y armado en los edificios,

40 En el valle de Kaliri se documenta la presencia de un 9% de bloques de arenisca roja con evidencias de talla inicial, destinada no sólo a dar forma a los bloques pétreos, sino también a favorecer su atado mediante sogas, que faciliten su manipulación, tanto en el proceso de transporte como en su posterior trabajo en la fase de construcción, ya en Tiwanaku (34, figura 4.19).

41 “Traveling up into the range southward from Tiwanaku, it is the first sedimentary exposure that naturally produces relatively large and nonfoliated, contiguous blocks of finely laminated reddish-brown sandstone.” (34)

como réplicas humanas de las formas naturales que observamos en la propia montaña. Una lógica nada extraña a las grandes construcciones megalíticas en todo el mundo (78) (79).

Desde el enfoque de la teledetección, atendiendo a la captación y logística relativas a la arenisca roja, podemos hacer en este momento un aporte potencial de gran interés. Una vez localizadas aquellas áreas en las que tenemos evidencias de estos procesos de obtención de la piedra, podemos trabajar en la cuestión subsiguiente, que atiende a los mecanismos de transporte del material hacia el sitio. Para hacerlo, observaremos a partir de las informaciones que nos proporcionan las imágenes de satélite posibles rastros de actividad humana que hayan dejado evidencias en el paisaje. Una orientación en este sentido es la capacidad demostrada de la población tiwanakota para modificar los cauces fluviales para controlar el caudal y la velocidad de los cursos de agua, tal y como hemos analizado en las páginas precedentes. Este tipo de evidencia material en el paisaje nos ofrece alteraciones sustanciales de las formas naturales del relieve, que son visibles, como sabemos, en el tramo del cauce del río Tiahuanacu que discurre por el flanco Norte del área nuclear de Tiwanaku.

Lo que la teledetección nos muestra en este sentido es algo realmente sorprendente e interesante. Tal y como podemos observar en la ilustración 85, los extremos de descarga de los cauces de montaña que hay en torno a la explotación de arenisca de Kaliri fueron susceptibles de modificaciones humanas, actualmente inservibles, con toda probabilidad en un momento indeterminado de la época Tiwanaku. Estas se manifiestan como excavaciones en dirección Este - Oeste del terreno, que sirven para comunicar estos cauces entre si, lo que permite el control efectivo del volumen y el caudal hídrico de los mismos en períodos estacionales de inestables precipitaciones. Su empleo serviría para regular y estabilizar los volúmenes de agua que derivan en los principales cauces tributarios del río Tiahuanacu, a partir del control de los mecanismos de aporte más complejos e inestables, que son los ríos de montaña, arroyos y torrentes, cuya estacionalidad y variabilidad somete, y por ende también lo hacía en la antigüedad, a un régimen hídrico inestable a las llanuras de inundación. Esto permitiría con toda probabilidad emplear al menos estos cauces mayores para el transporte de recursos mediante balsas de totora, minimizando los recorridos de transporte manual de las cargas, cuestión atestiguada mediante la disposición de marcas de atado en algunos de los sillares que se han observado en el entorno de Kaliri (ver nota 40, en páginas anteriores), lo que unido a los elementos que hemos podido atestigar en tanto a los muelles orientales del sitio y las modificaciones del cauce del río Tiahuanacu a su paso por la ciudad, así como la disposición del conjunto de canales interiores, componen un panorama realmente sugerente en tanto a las fórmulas de acopio de piedra.

El potencial uso de estas embarcaciones, de poco calado pero de gran versatilidad y capacidad de carga quedó perfectamente atestiguado por los trabajos de arqueología experimental del proyecto Qala Yampu, llevados a cabo en el año 2002 (71). Este proyecto construyó de forma tradicional una balsa elaborada mediante Totora⁴², y empleando técnicas simples cargó en su cubierta un bloque monolítico de andesita, con una masa de nueve toneladas y dimensiones similares a las que ofrece, por ejemplo, el monolito y lo desplazó a través del lago Titicaca, desde su captación en el entorno de

42 La totora (*Schoenoplectus californicus*) es una planta herbácea perenne que crece en entornos de humedal, y en principio es endémica de América del Sur. Se ha empleado tradicionalmente por su longitud y flexibilidad para todo tipo de actividades, como el techado de viviendas, la fabricación de elementos de uso cotidiano y adorno personal, o la construcción de balsas de poco calado.

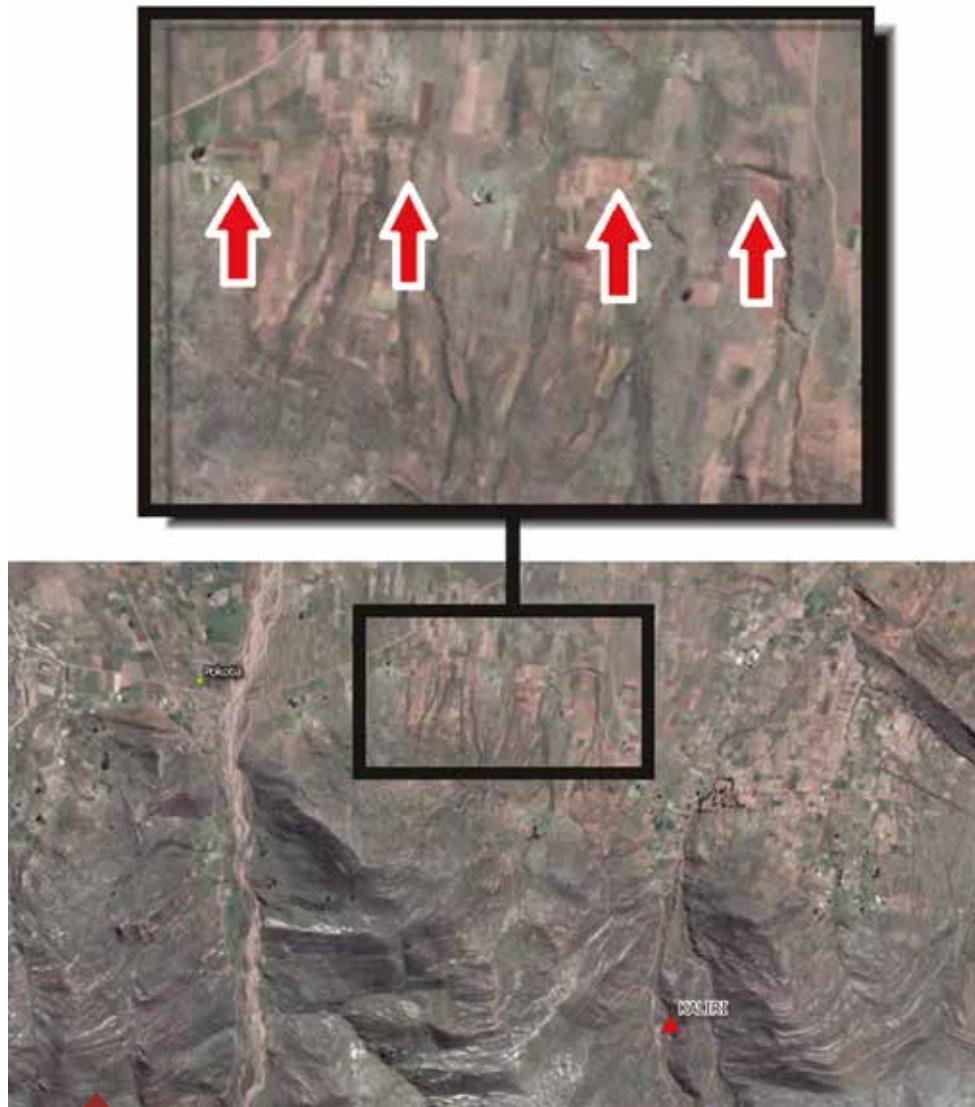


Ilustración 85. En el detalle superior, marcadas con flechas rojas, modificaciones de los cauces de los torrentes y arroyos de montaña observadas en las inmediaciones de la captación de arenisca roja de kaliri, al sudeste de Tiwanaku. A partir de la imagen de Google Earth ®, 2016.

Copacabana hasta el entorno de la Península de Taraco, dónde existen evidencias de la llegada de estos bloques y su transporte, como vemos en la ilustración 86. En su entorno aparecen algunas de las que la investigación tradicional denominó como las *piedras cansadas* (80), que *a priori* parecen corresponder con bloques, en muchos casos de andesita, abandonados en el suelo durante el proceso de transporte al sitio.

En cuanto a las fuentes de captación de la andesita y el basalto, ambas rocas en toda lógica se han de obtener en entornos volcánicos. De procedencia en

estrecha relación⁴³, estas fuentes principales de extracción se ubican en diferentes puntos del área del Lago Menor, y han podido caracterizarse adecuadamente a través de un análisis de *espectrometría de fluorescencia de Rayos X*, realizado de forma comparativa tanto en los materiales localizados en Tiwanaku como en los afloramientos rocosos en origen (81). Estos trabajos confirman la existencia de diferentes espacios de captación de estas rocas volcánicas dispuestas en el sur del Lago, como Ccapia, como núcleo principal, además de afloramientos de aprovechamiento secundario, como Tiquina o Viacha, entre otros; todo ello con la particularidad añadida que estas analíticas permiten determinar la procedencia de buena parte de los materiales más conocidos de la arquitectura tiwanakota, como la *Puerta del Sol*, buena parte de los materiales de andesita de Puma Punku, Akapana y el *muro balconero* de Kalasasaya, etc. (34).

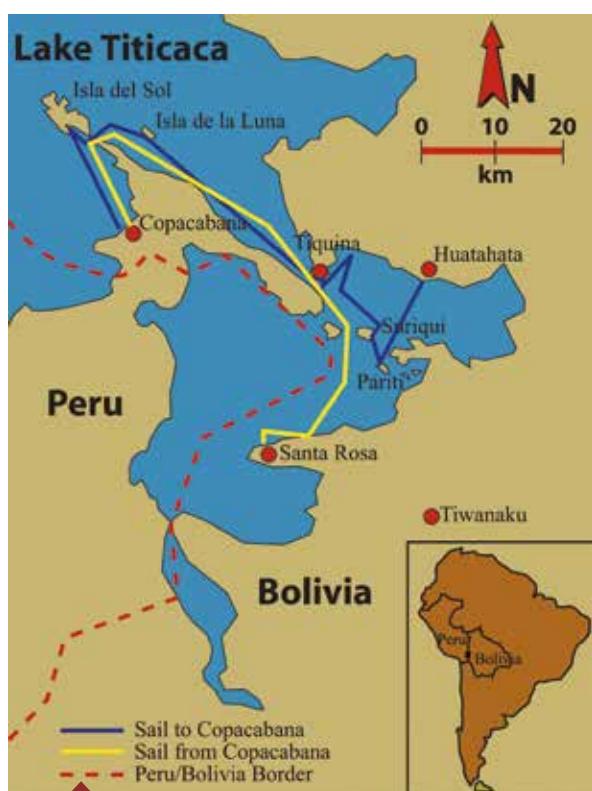


Ilustración 86. Trayecto realizado en balsa de totora, en el proyecto Qala Yampu, desde Copacabana hasta Santa Rosa, en la península de Taraco (71).

En cuanto a su desplazamiento, el transporte a través del lago mediante balsas de totora de mayor o menor manga, en función del volumen del material a desplazar, parece en cualquier caso dentro de toda lógica. Máxime después de las acciones de *arqueología experimental* desarrolladas por el proyecto Qala Yampu. Desde su llegada al entorno de la península de Taraco, la interpretación se nos ofrece más compleja. Aunque hipotéticamente no debemos descartar en modo alguno el transporte fluvial, que ha podido favorecerse por la alta variabilidad de los niveles del lago que hemos observado en el capítulo anterior, con amplias zonas inundables en momentos concretos, y con una estacionalidad en cierta medida recurrente, esta es una cuestión todavía a resolver. La disposición horizontal de los grandes bloques que conocemos como *piedras cansadas* nos indica indirectamente que su disposición es fruto del proceso de transporte. En el caso de que estas estuvieran, por ejemplo, sobre balsas de totora que por descensos de los niveles superficiales de inundación o cálculos erróneos de calado, no encontraríamos evidencia alguna arqueológica de estos contenedores, fabricados con un material absolutamente perecedero.

Esta cuestión no deja de ser uno de tantos misterios que Tiwanaku nos sigue ocultando. Resulta sugerente intentar emplear los mecanismos que observamos para intentar explicar la presencia de estos

43 El origen de ambas rocas es similar, si bien la diferencia principal entre ambas estriba en el proceso de enfriado de los materiales que componen la lava volcánica. Cuando esta se produce en superficie, el enfriado es mucho más rápido, y da lugar a la andesita, que tiene una estructura más dispersa. Si este se produce bajo la superficie, lo que se produce es el basalto, con una estructura cristalina más densa. Varía por tanto entre ambas el peso específico y sus características mecánicas.

grandes bloques de camino al sitio. Pero cuando pensamos en estos mecanismos, tenemos que tener como referencia otras estructuras monolíticas que jalonan el sitio. Un claro ejemplo en este sentido lo tenemos en las *puertas* monolíticas de andesita que jalonaban todo el sitio. El ejemplo por antonomasia es la *Puerta del Sol*. Un elemento cuyo transporte es complejo, tanto por el peso como por sus dimensiones. Y no es la única en este sentido. Existían, y de hecho todavía podemos observarlas diseminadas por el paisaje, otro conjunto de puertas monolíticas con condiciones materiales similares al icónico elemento tiwanakota. Tanto en Akapana como en Puma Punku se pueden observar sus restos, en ocasiones, de importantes proporciones.

Un valor añadido, en todo caso, a los mecanismos del acercamiento científico que realizamos desde diversas disciplinas a Tiwanaku, fruto del cual ha sido el libro que ahora concluimos. El acercamiento a la realidad a través de los mecanismos de la curiosidad y el pensamiento científico. Ambos están intrínsecamente relacionados a la duda, el desconocimiento y, por qué no, el misterio. Tres razones que nos permiten augurar un largo y próspero futuro de interesantes trabajos que, poco a poco, nos irán mostrando un poco más de uno de los referentes imprescindibles de la historia mundial, que ha sido y será, Tiwanaku.



Ilustración 87. Catamarán actual fabricado mediante técnicas antiguas de uso de la totora. Actualmente se emplea como recurso turístico en el Lago Menor.
Fotografía, Ernestina Cortés Albor.



Epílogo: la ciencia como herramienta de lectura

“Si he visto más lejos es porque estoy sentado sobre los hombros de gigantes”

Sir Isaac Newton

El libro que ahora concluimos es un documento a caballo entre un documento académico y un texto de divulgación. Nunca ha sido nuestra pretensión en su desarrollo realizar una explicación definitiva, ni siquiera exhaustiva, de lo que supuso Tiwanaku como fenómeno cultural, ni de los mecanismos geográficos que condicionaron la vida no solo de la población de la Tiwanaku histórica, sino también de las poblaciones humanas anteriores y posteriores. Cuestiones como la domesticación de algunas especies vegetales, como la papa (82), por parte de las poblaciones más antiguas del altiplano andino supusieron a la postre circunstancias excepcionales que afectaron miles de años después a la vida de buena parte de la población a lo largo de todo el mundo.

La ciencia nos habla de estas conexiones de largo recorrido temporal. El análisis de los fenómenos que componen la experiencia humana, como procesos relacionales que arraigan en mecanismos en ocasiones muy lejanos en el tiempo es una cuestión que requiere de perspectiva. En mecanismos en ocasiones desconocidos, que convierten la realidad en un elemento dual, entre aquello que vemos y por tanto expresamos, y todo aquello que no decimos (83). La ciencia no es ajena, por tanto, a las contradicciones, en la medida en que es el lenguaje que empleamos para intentar comunicar las soluciones a lo que Wittgenstein denominaba para la filosofía *nuestras perplejidades*.

Este documento ha intentado aproximarse a algunas de estas perplejidades a través de la ciencia. La teledetección es un enfoque complejo, cuyos mecanismos beben de multitud de disciplinas, que han creado un armazón poderoso en el que apoyarnos para analizar el territorio. Un análisis que, en función de las preguntas que nos hacemos nos puede llevar a respuestas centradas en cuestiones como la reconstrucción ambiental o la comprensión del espacio simbólico. Sólo depende de nuestra aproximación a los datos. Una aproximación que, más allá de las cuestiones arqueológicas más abs-

tractas, abre un poderoso abanico de posibilidades en cuanto al análisis de cuestiones absolutamente cotidianas e inexcusables para la labor del sitio, como sucede con la conservación de sus espacios más sensibles. El análisis de las imágenes nos permite observar no sólo la presencia, sino también la evolución paulatina de aquellos factores de deterioro que puedan afectar a sus principales estructuras, y a partir de su análisis plantear aquellas acciones más adecuadas para su control y posible mitigación. Un complemento esencial para la compleja gestión de un sitio Patrimonio Mundial.

Tiwanaku es un lugar especial en este sentido. Nos ofrece un conjunto tan amplio de preguntas que nos permite trabajar en esta variedad de respuestas, como un recurso inagotable de interés, desafíos y curiosidad. Algo inherente en cualquier caso a la ciencia en general, y la Arqueología en particular. En multitud de ocasiones las respuestas escapan a nuestra lógica, no por el hecho de ser extrañas, sino porque tal vez no hemos entendido los mecanismos esenciales de su génesis. Es por este preciso motivo por el que la ciencia adquiere la condición de lenguaje, como una estructura explicativa viva y cambiante que entiende la importancia del entendimiento humano como base elemental de nuestra capacidad de comprensión del mundo. Y eso también ha sido y es Tiwanaku: un espacio vivo y cambiante, cuyas circunstancias culturales cambiantes requieren de un discurso vivo, dialogante e integrador para ser comprendidas en su verdadera dimensión (84) (85).

Un discurso que no se aleje, en cualquier caso, de la realidad de los datos objetivos que obtenemos a partir de nuestros análisis y enfoques multidisciplinares, de unos mecanismos y técnicas científicas cada vez más avanzados y resolutivos, y que nos están abriendo los ojos hacia nuevas vías de comprensión de los fenómenos humanos. Unos fenómenos que en buena medida marcan la verdadera dimensión de nuestras aproximaciones, incluso aquellas que nos llevan hacia los territorios más complejos de nuestro análisis, como las fórmulas de la identidad o los mecanismos de la percepción de las poblaciones antiguas sobre su propia realidad, y sus maneras de reconstruir sus territorios para convertirlos en paisajes culturales, que ahora, cientos o miles de años después intentamos desentrañar (86) (87).

Este es nuestro denuedo como científicos. Todas estas acciones han de estar enfocadas a la manera en que transmitimos estos esfuerzos a sus verdadera *detentora*, que es la sociedad; aquella que cuando somos capaces de trascender la barrera del lenguaje, se interesa y se sorprende por todo aquello que ha hecho de ella lo que es actualmente, para mal y para bien.

...Por ella y para ella hablamos.

Tiwanaku, a 30 de septiembre de 2017

Abreviaturas empleadas en el libro

- **B.R.**: Border Red. Límite de Rojo. Banda de color de imagen multiespectral.
- **C.I.A.A.A.T.**: Centro de Investigaciones Arqueológicas, Antropológicas y Administración de Tiwanaku. Ente gestor del gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia para el sitio.
- **M.D.T.**: Modelo Digital del Terreno.
- **m.s.n.m.**: Metros sobre el nivel del mar.
- **N.I.R.**: Near Infrared. Infrarrojo Cercano. Banda de color de imagen multiespectral.
- **S.I.G.**: Sistema de Información Geográfica.
- **UNESCO**: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- **Z.C.I.T.**: Zona de Convergencia Intertropical.



Bibliografía

1. *Nouvel Atlas au Theatre du Monde comprenant les tables et descriptions de toutes les regions du monde universel.* **Hondius, Henricus y Jansonius, Johannes.** s.l. : Amstelodami apud Ioannem Iansonium, 1649.
2. **Posnasky, A.** *The Cradle of American Man.* New York - La Paz : J.J. Agustin - Ministerio de Educación de Bolivia, 1945.
3. **Brayer, E.** *George Eastman: A Biography.* Rochester, NY : Rochester University Press, 2006. 17.
4. **Chuvieco, E.** *Fundamentos de Teledetección Espacial.* Madrid : Rialp, 1990.
5. **Burrough, P.A. y McDonnell, R. A.** *Principles pf Geographical Inforamtion Systems.* Nueva York : s.n., 1998.
6. **Wiserman, J. R. y (Eds.), El - Baz.** *Remote Sensing in Archaeology.* New York : Springer, 2007.
7. **Wilson, D.R.** *Air Photo Interpretation for Archaeologists.* London : St. Martin's Press, 1982.
8. **Cobo, Bernabé.** *Historia del Nuevo Mundo.* Sevilla : Imprenta de E. Rasco, Ed. 1890. Vol. Biblioteca Digital Hispánica. Biblioteca Nacional de España. <http://bdh.bne.es/bnsearch/detalle/1631180>.
9. **Cieza de León, P.** *Crónica del Perú.* Madrid : Linkgua, 2012 [1532].
10. *Craft and local power: Embedded specialization in Tiwanaku cities.* **Janusek, J. W.** Washington D.C. : s.n., 1999, Latin American Antiquity, Vol. 10 (2), págs. 107-131.
11. *Análisis de ADNmt de restos esqueletales del sitio arqueológico de Tiwanaku, y su relación con sus constructores.* **Rothammer, F. y otros.** 2, Santiago de Chile : s.n., 2003, Chungara, Revista de Antropología Chilena, Vol. 35, págs. 269-274.
12. **Vega, Garcilaso de la.** *Comentarios Reales de los Incas.* Lisboa : s.n., 1609.
13. **Lizarraga, Reinaldo de.** Descripción breve del Reino del Perú, Tucumán, Río de la Plata y Chile. [En línea] 1605. <http://biblioteca.org.ar/libros/130461.pdf>.
14. **Gnecco, C. y Ayala, P.** *Indigenous People and Archaeology in Latin America.* New York : Routledge, 2016.
15. **Mitre, Bartolomé.** *Las Ruinas de Tiahuanaco.* Buenos Aires : Imprenta de Pablo Coni, 1879.

- 16.** **Squier, E.G.** *Perú. Incidents of travel and exploration in the land of the Incas.* New York : s.n., 1877.
- 17.** *Tiwanaku, el Balbec del nuevo mundo.* **Squier, E.G.** [ed.] Universidad Católica San Pablo. La Paz : s.n., 2011 (1877), Ciencia y Cultura, Vol. 27, págs. 153-163.
- 18.** *Enfoques teóricos en Arqueología.* **Hernando Gonzalo, A.** Sevilla : Universidad de Sevilla, 1992, SPAL I, págs. 11-35.
- 19.** **Hodder, I y Orton, C.** *Análisis Espacial en Arqueología.* Barcelona : Crítica, 1990.
- 20.** **Uhle, M y Strübel, A.** *Die Ruinenstaette von Tiahuanaco im hochlande des alten Peru. Eine kulturgeschichtliche studie auf Grund selbständiger Aufnahmen.* Facsímil Universidad de Heidelberg. Alemania. Leipzig : Leipzig Hiersemann, 1892. http://digi.ub.uni-heidelberg.de/digitData/tmp/pdf/stuebel_uhle1892.pdf.
- 21.** **Bennett, W. C.** *Excavations at Tiahuanaco.* New York : Anthropological Papers of the American Museum of Natural History, 1934. XXXIV, part III.
- 22.** *Carlos Ponce Sangines, Godfather of bolivian Archaeology.* **Brownman, D.L.** St. Louis : Washington University in St. Louis, 2005, Bulletin of the History of Archaeology, Vol. 15 (1), págs. 16-25.
- 23.** *An Estimate of Size and Population for Middle Horizon Tiahuanaco, Bolivia.* **Parsons, J.** 1968, American Antiquity, Vols. 33, 2, págs. 253-245.
- 24.** **Kolata, A. (Editor).** *Tiwanaku and its Hinterland: Archaeological and Paleoecological Investigations of an Andean Civilization, Vol.1: Agroecology.* s.l. : Latin American Antiquity, 1997.
- 25.** —. *Tiwanaku and its Hinterland: Archaeological and Paleoecological Investigations of an Andean Civilization, Vol. 2: Urban an Rural Archaeology.* Washington D.C. : Smithsonian Institution Press, 2003.
- 26.** *Fusion of Three-Dimensional Data at Tiwanaku: An Approach to Spatial Data Integration.* **Cothren, J., y otros.** [ed.] Ferenc Redő y Vajk Szeverényi Erzsébet Jerem. Budapest : Archaeolingua Foundation, 2008. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA). págs. 92-98. Proceedings of the 36th International Conference.
- 27.** **Marsh, E.** *Proyecto Arqueológico Kala Uta: Informe de las excavaciones en el sitio Kk'araña, Tiwanaku (Bolivia).* s.l. : Universidad de Santa Bárbara (California), 2008.
- 28.** **Escalante Moscoso, J. F.** Residential Architecture in La Karaña, Tiwanaku. [aut. libro] A. Kolata. *Tiwanaku and its Hinterland: Archaeological and Paleoecological Investigations of an Andean Civilization, Vol. 2: Urban and Rural Archaeology.* Washington D.C. : Smithsonian Institution Press, 2003, págs. 316-326.

- 29.** **Browman, D. L.** Toward the Development of the Tiahuanaco (Tiwanaku) State. *Advances in the Andean Archaeology*. La Haya : Mouton, 1978, págs. 327-349.
- 30.** *Geomorphology of Natural Hazards and Human-induced Disasters in Bolivia*. **Latrubesse, E.M., Bakerb, P.A. y J., Argollo**. 2009, Developments in Earth Surface Processes, Vol. 13, págs. 181-194. doi.org/10.1016/S0928-2025(08)10010-4.
- 31.** **Capel Molina, J.J.** *El Niño y el sistema climático terrestre*. Barcelona : Ariel, 1999.
- 32.** **Comellas, L.** *Historia de los cambios climáticos*. Barcelona : Rialp, 2011.
- 33.** *Camélidos silvestres y domésticos en Khonko Wankane, Bolivia. Un estudio osteométrico*. **Marsh, E. y Gasco, A.** Mendoza : XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina, 2010. Poster 31.
- 34.** **Janusek, J. W., Williams, P.R. y Golito, M.** Buliding Taipikala: Teluric transformations in the Lithic Production of Tiwanaku. [aut. libro] N. Tripcevich y K.J. (Editores) Vaughn. *Mining and Quarrying in the ancient Andes: Sociopolitical, Economic and Symbolic Dimensions*. New York : Springer, 2012, págs. 66-97.
- 35.** *Análisis de ADNmt de restos esqueletales del sitio de Tiwanaku, y su relación con el origen de sus constructores*. **Rothhammer, Francisco, y otros**. Santiago de Chile : s.n., 2003, Chungara, revista de antropología chilena, Vols. 35, Nº 2, págs. 269-274.
- 36.** *New environmental and spatial discoveries from UAV images in World Heritage site of Tiwanaku (Bolivia)*. **Pérez, M. E. y Gallego, J. I.** Madrid : s.n., 2017 (En Prensa), European Journal of Remote Sensing.
- 37.** *Beyond modern landscape features: New insights in the archaeological area of Tiwanaku from satellite data*. **Lasaponara, R. y Masini, N.** 26, 2014, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, págs. 464-471.
- 38.** *The construction and reconstruction of ritual space at Tiwanaku, Bolivia (A.D. 500-1000)*. **Vranich, A.** 2006, Journal of Field Archaeology, Vol. 31, págs. 121-136.
- 39.** **Williams, Patrick R., Coture, N. y Blom, D.** Urban Structure at Tiwanaku: Geophysical Investigations in the Andean Altiplano. [aut. libro] F. El-Baz y James. R. Wiserman. *Remote Sensing in Archaeology*. New York : Springer, 2007, 17, págs. 423-441.
- 40.** *Hydraulic analysis of Tiwanaku aqueduct structures at Lukurmata and Pajchiri, Bolivia*. **Ortloff, Ch.R. & Kolata, A. L.** 1989, Journal of Archaeological Science, Vols. 16, Issue 5, págs. 513-535.
- 41.** *Política. Aristóteles*. Madrid : Colección Austral. Ed. Espasa Calpe, Ed. 1997, Vol. 274.
- 42.** **Ponce Sanginés, C.** *Panorama de la Arqueología Boliviano*. La Paz : Juventud, 1980.

43. —. *Tiwanaku: Espacio, Tiempo y Cultura. Ensayo de síntesis arqueológica*. La Paz / Cochabamba : Los del Libro, 1981.
44. **Janusek, J. W.** *Identity and Power in the Ancient Andes: Tiwanaku Cities Through Time*. s.l. : Routledge. Colección Critical Perspectives Identity, Memory & the Built Environment.
45. *The Agricultural Foundations of the Tiwanaku State: A View from the Heartland*. **Kolata, A.** 1984, American Antiquity, Vols. 51, nº 4, págs. 748 - 762.
46. **Hegel, G.W.F.** *Fenomenología del Espíritu*. s.l. : Pre-Textos, 1808.
47. **Maslow, A.** *Motivación y Personalidad*. Tercera edición. 1991. Madrid : Editorial Diaz de Santos, 1954.
48. **Ponce Sanginés, C.** *Descripción Sumaria del Templo Semisubterráneo de Tiwanaku*. La Paz : Editorial Librería Juventud, 1981 b.
49. *Building Household and Community through Active Assemblages: A Late Formative Patio Group at Khonko Wankane, Bolivia*. **Marsh, E.** Cambridge : Cambridge University Press, 2016, Cambridge Archaeological Journal.
50. *La naturaleza de la expansión aldeana durante el formativo tardío en la cuenca de Atacama*. **Núñez, L.** Santiago de Chile : s.n., 2005, Chungara, Revista de Antropología Chilena, Vols. 37, Nº 2, págs. 165-193.
51. *Diversidad residencial y el surgimiento de la complejidad en Tiwanaku*. **Janusek, J. W.** Lima : s.n., 2001, Boletín de Arqueología PUCP, Vol. 5, págs. 251-294.
52. **Janusek, J. W.** Residence and Ritual in Tiwanaku. [aut. libro] L Manzanilla y C. Chapdelaine. *Domestic Life in Prehispanic Capitals*. Ann Arbor : Memoirs of the Museum of Anthropology, 2009, págs. 159-169.
53. **landscapes, Tiwanaku Urban Origins: distributed centers and animated**. Janusek, J. W. [aut. libro] Norman Yoffee. *The Cambridge World History: Early Cities in Comparative Perspective, 4000 BCE-1200 CE*. s.l. : Cambridge University Press, 2015, Vol. 3, págs. 229-252.
54. **Kolata, A. y Ponce Sanginés, C.** Tiwanaku: The city and the center. [aut. libro] R. F. Townsend. *The Ancient Americas: Art from Sacred Landscape*. Munich : Prestel Verlag, 1992, págs. 317-333.
55. **Vranich, A.** The Development of the Ritual Core of Tiwanaku. [aut. libro] M. (Ed.) Young - Sánchez. *Tiwanaku*. Denver : Frederick & Jan Mayer Center of Pre-Columbian & Spanish Colonial Art / Denver Art Museum, 2005, págs. 11- 34.
56. **Janusek, J. W.** Tiwanaku Urban Origins: Distributed Centers and Animated Landscapes. [aut. libro] N Yoffee. *The Cambridge World History: Early Cities in Comparative Perspective, 4000 BCE-1200 CE*. s.l. : Cambridge University Press, 2015, Vol. 3, págs. 229-252.



57. **Vranich, A.** Plataformas, plazas, y palacios en Tiwanaku, Bolivia (500-1000 a.d.). [aut. libro] K. (compilador) Makowski. *Señores de los Imperios del Sol*. Lima : Banco de Crédito del Perú. Colección Arte y Tesoros de Perú, 2010, págs. 143-153.
58. *Reconfiguración del Espacio Sagrado: Los Inkas y la Pirámide PumaPunku en Tiwanaku, Bolivia*. **Yaeger, J. y López Bejarano, J. L.** 2, Santiago de Chile : s.n., 2004, Chungara, Revista de Antropología Chilena, Vol. 36, págs. 337-350.
59. **de, Betanzos. Juan.** *Suma y narración de los Incas, que los indios llamaron Capaccuna, que fueron Señores de la Ciudad del Cuzco y de todo lo a ella subjeto*. Madrid : Marcos Jiménez de la Espada, 1551 (Ed. 1880). Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. Biblioteca Nacional de España..
60. *Los Cronistas y la Reconstrucción de Puma Punku*. **Mesa, J. y Gisbert, T.** 1973, Boletín del Centro de Investigaciones Históricas y Estéticas, Vol. 16.
61. *Iconografía Tiwanakota Zoomorfa como Indicador de Desplazamientos Poblacionales Posiblemente Vinculados a Ciclos de Transmisión Zoonótica*. **Orellana Halkyer, N, Arriaza, B. T. y Navarro, D. Mendoza, V. Rothhammer, F.** 12, Caracas : Asociación Interciencia, 2014, Interciencia, Vol. 39, págs. 868-873.
62. **de la Torre Ugarte Bustos, M.** *Cosmovisión Andina: Aspectos astronómicos*. La Paz : Topaz Ediciones, 2015.
63. *A 2300 - year - old architectural and astronomical complex in the Chincha Valley, Peru*. **Stanish, C., y otros.** 20, 2014, Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 111, págs. 7218–7223.
64. *Geoglifos y contexto arqueológico en la quebrada de Santo Domingo, Valle de Moche, Perú*. **Corcuera Cueva, V. y Echevarría López, G. T.** 3, Lima : Asociación Peruana de Arte Rupestre, 2010, Boletín Oficial de la Asociación Peruana de Arte Rupestre, Vol. 1, págs. 40-47.
65. *Astronomía Cultural de los Geoglifos Andinos: Un Ensayo sobre los Antiguos Tarapaqueños, Norte de Chile*. **Clarkson, P. B. y Briones Morales, L.** Arica : Universidad de Tarapacá. Departamento de Ciencias Históricas y Geográficas., 2014, Diálogo Andino, Vol. 44, págs. 41-55.
66. *Geological investigations arround Lake Titicaca*. **Nevell, N. D.** 1946, American Journal of Science, Vol. 244, págs. 357 - 366.
67. *Palaeohydrology of the Quaternary saline Lake Ballivian (southern Bolivian Altiplano) based on diatom studies*. **Servant - Vildary, S. y Mello e Sousa, H.** 1993, International Journal of Salt Lake Research, Vol. 2 (1), págs. 69 - 85.
68. *Climate Variation and the Rise and Fall of an Andean Civilization*. **Binford, M. W., y otros.** 1997, Quaternary Research, Vol. 47 (2), págs. 235 - 248.

69. *A new estimate of the Holocene lowstand level of Lake Titicaca, central Andes, and implications for tropical palaeohydrology.* **Cross, S. L., y otros.** 1, 2000, *The Holocene*, Vol. 10, págs. 21-32.
70. *Circulation anomalies associated with dry and wet periods in the South American Altiplano.* **Aceituno, P. y Montecinos, A.** s.l. : American Metrological Society, 1993. Fourth International Conference on Southern Hemisphere Metrology and Oceanography. págs. 330-331.
71. *Reed Boats and Experimental Archaeology on Lake Titicaca.* **Vranich, A., Harmon, P y Knutson, C.** 2, Pennsylvania : Pennsylvania University, 2005, *Expedition*, Vol. 47, págs. 21-15.
72. *Petrografía de Tiahuanacu.* **Posnasky, A.** La Paz : s.n., 1904, Boletín de la Sociedad Geográfica de La Paz, Vols. 18-20, págs. 207 - 211.
73. *Protzen, J. P. y Nair, S. Las Piedras de Tiahuanaco. Arquitectura y Construcción de un Centro Megalítico Andino.* Lima : Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
74. *The changing 'nature' of Andean religion and the rise of an Andean state.* **Janusek, J. W.** 3, 2006, *World Archaeology*, Vol. 38, págs. 469-492.
75. **Janusek, J. W.** *Ancient Tiwanaku.* Cambridge : Cambridge University Press, 2008.
76. **Escalante Moscoso, J. F.** *Arquitectura Prehispanica en los Andes Bolivianos.* La Paz : CIMA, 1997.
77. *Examen arqueológico de las ruinas Precolombinas de Tiwanaku.* **Ponce Sanginés, C.** La Paz : Academia nacional de Ciencias de Bolivia, 1971, Procedencia de las areniscas utilizadas en el templo Precolombino de Pumapunku (Tiwanaku), Vol. 22, págs. 13-206.
78. *Say it with stone: constructing with stones on Easter Island.* **Hamilton, S., Seager Thomas, M. y Whitehouse, R.** 2, s.l. : Taylor & Francis, 2011, *World Archaeology*, Vol. 43.
79. *Ancient quarries in mind: pathways to a more accessible significance.* **Bloxam, E.** 2, s.l. : Taylor & Francis, 2011, *World Archaeology*, Vol. 43.
80. *The "Tired Stones of Lake Titicaca".* **Knutson, C.** 1, Pennsylvania : University of Pennsylvania, 2002, *Expedition*, Vol. 49, págs. 46-49.
81. **Williams, P. R., Dussubieux, L. y Nash, D. J.** Provenance of Peruvian Wari Obsidian: Comparing INAA, LA-ICP-MS, and portable XRF. [aut. libro] Liritzis & C. Stevenson (Eds.). *Obsidian and ancient manufactured glasses.* Albuquerque : University of New Mexico, 2012, págs. 75-96.
82. *La papa : apuntes sobre sus orígenes y su domesticación.* **Bonavía, D.** 1, 1993, *Journal de la Société des Américanistes* , Vol. 79, págs. 173-187.



83. **Wittgenstein, Ludwig.** *Tractatus Lógico - Philosophicus*. Madrid : Alianza, 2002.
84. *Experiencia, Narración, Personas: Elementos para una Arqueología comprensible.* **González Ribal, A.** Madrid : s.n., 2006, Complutum, Vol. 17, págs. 235-246.
85. *Sobre Identidad y Prehistoria.* **Hernando Gonzalo, A.** (3) Diciembre, 2001, Arqueoweb. Revista digital., Vol. 3.
86. **Tuan, Y. F.** Thought and Landscape: The eye and the Mind's Eye. [aut. libro] D. W. (ed.) Meining. *The Interpretation of Ordinary Landscapes*. Oxford : Oxford University Press, 1979, págs. 89-102.
87. *The temporality of the landscape.* **Ingold, T.** 2: Conceptions of Time and Ancient Society, 1993, World Archaeology, Vol. 25, págs. 152-174.
88. **Bennett, W.C.** *Excavations at Tiahuanaco*. [ed.] Anthropological Papers of The American Museum of Natural History. New York : The American Museum of Natural History, 1934. Vols. XXXIV, Part III.
89. **Bloch, M. y Parry, J.** *Death and the Regeneration of Life*. Cambridge : Cambridge University Press., 1982.
90. **Connolly, J. y Lake, M.** *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge : s.n., 2006.
91. **Frazer, J. G.** *La Rama Dorada*. Mexico D.F. : Fondo de Cultura Económica, 2011.
92. **Malinowsky, B.** *Magia, Ciencia y Religión*. Barcelona : Planeta, 1948.
93. **Wheatley, D. y Gillings, M.** *Spatial Technology in Archaeology. The Archaeological Application of GIS*. London : s.n., 2002.
94. *Diccionario de Términos Geográficos.* **Monkhouse, F. J.** Barcelona : Oikos Tau, 1978.

Tabla de Ilustraciones:

Ilustración 1. Puerta del Sol. Tiwanaku. Dibujo de E. G. Squier (1877).....	12
Ilustración 2. Fragmento de Mapa del Virreinato del Perú, de 1649 (Hondius & Jansonius, 1649). Fuente: Biblioteca Nacional de España.	13
Ilustración 3. Ceremonia aymara en Tiwanaku. Imagen: Ernestina Cortés Albor.....	18
Ilustración 4. Vuelo del primer globo tripulado, en París, el 15 de octubre de 1783. En "Histoire des Ballons et des Aeronautes Celebres," de Gaston Tissandier, 1887, p. VII (3).....	20
Ilustración 5. Gaspard-Félix Tournachon, "Nadar". Autorretrato. Mediados - finales del Siglo XIX. ...	21
Ilustración 6. Avión de los Royal Flying Corps (Reino Unido), equipado con una cámara fotográfica. Primera Guerra Mundial. Fotografía Q33850: The Imperial War Museum.....	22
Ilustración 7. Imagen de satélite aplicada a gestión de Recursos Culturales: Parte Norte de la Península de Yucatán, México, tomada por la plataforma ENVISAT, el 07/01/2008. ESA, CC BY-SA 3.0 IGO.	25
Ilustración 8. Lago Titicaca y localización de Tiwanaku en una imagen <i>Modelo Digital del Terreno regional</i> (izquierda) y la pirámide de Akapana, de altísimo detalle, obtenida desde dron en 2016 (derecha).....	26
Ilustración 9. Visualización de la interfaz de la herramienta SIG GVisig.....	27
Ilustración 10. Representación del espectro visible. Fuente: Image: EM spectrum.svg (imagen: Philip Ronan).....	28
Ilustración 11. Imágenes obtenidas desde dron de la pirámide de Akapana y templo de Kalasasaya, en color natural (derecha) y en falso color, infrarrojo (izquierda), octubre de 2016. Adviértanse las diferencias visuales entre las dos imágenes, tanto en los edificios arqueológicos como en el terreno circundante.	30
Ilustración 12. Primera página de la Crónica del Perú. Pedro Cieza de León (1553). Library of University of Pennsylvania.....	35
Ilustración 13. Portada de los Comentarios Reales, del Inca Garcilaso de la Vega. Biblioteca Nacional de Perú.	36
Ilustración 14. Monolito Fraile. Templo de Kalasasaya. Imagen: Ernestina Cortés Albor	38
Ilustración 15. Retrato de Bartolomé Mitre. Fuente: Diario La Nación.	40
Ilustración 16. Misión Arqueológica Francesa. 1903. Museo de Brooklin.	41



Ilustración 17. Plano de Tiwanaku. Max Uhle y Alphonse Stuebel. Hace referencia a Kalasasaya, Akapana y un bosquejo parcial de Putuni (20). Facsímil, Universidad de Heidelberg.....	42
Ilustración 18. Dibujo de la localización de los monolitos “Bennett” y “Barbado” entre otros elementos líticos de gran interés. Pozo VII. Excavaciones de Wendell C. Bennett: dibujo original (21).....	43
Ilustración 19. Detalle de la excavación de los monolitos “Bennett” y “Barbado”. Fotografía original de Wendell C. Bennett (21)	44
Ilustración 20. Superposición de diferentes tipos de estructuras asociadas al periodo Formativo Tardío. Área de Kk’araña. Fotografía: Erik Marsh (27).....	46
Ilustración 21. Localización de Tiwanaku en el <i>Modelo Digital del Terreno</i> regional y detalle del altiplano central con exageración del relieve. Fuente: Shuttle Radar Topography Mission (http://glcf.umd.edu/data/srtm/).	48
Ilustración 22. Perfil topográfico del núcleo arqueológico de Tiwanaku.	50
Ilustración 23. Vista de Tiwanaku en una imagen de Google Earth ® de 19/06/2003, en la que se aprecian los diferentes arroyos que circunvalan el enclave arqueológico y la extensión de las llanuras de inundación. También se ha dibujado en línea azul discontinua el límite aproximado de las áreas inundables en torno al enclave arqueológico.....	51
Ilustración 24. Precipitación anual en La Paz y Tiwanaku. Datos SENHAMI.	52
Ilustración 25. Distribución mensual de la precipitación en Tiwanaku, 1973-2015. Los valores medios, máximos y mínimos revelan la gran variabilidad estacional e interanual de las precipitaciones. Datos SENHAMI.	53
Ilustración 26. Vista frontal del conjunto formado por el Templo Semisubterráneo y el complejo de Kalasasaya (Fachada Este).....	59
Ilustración 27. Localización geográfica de un punto “P” a partir de los tres ejes de coordenadas cartesianas (X, Y, Z). Dibujo de Sebastião Rocha traducido, bajo licencia CC ®.....	62
Ilustración 28. Tabla de condiciones mínimas operativas de la toma de datos mediante plataforma <i>dron</i> , planteadas por UNESCO.	64
Ilustración 29. Restitución 3D del entorno de Mollo Kontu. Se puede ver las formas ortogonales del terreno, provocadas por las estructuras antiguas enterradas. A la izquierda de la imagen se identifica el actual edificio del Museo Lítico.	66
Ilustración 30. Vista general de Tiwanaku. Dibujo de Max Uhle, en 1892 (20).	66
Ilustración 31. Localización de Tiwanaku en una imagen Sentinel 2A de 27/04/2016.	69
Ilustración 32. Acumulación de hallazgos y su distribución espacial general, estructurada por áreas de interés. Área de análisis del <i>dron</i> , de octubre de 2016 (36).....	70

Ilustración 33. Modelo 3D del área del complejo de Puma Punku a partir del <i>Modelo Digital del Terreno</i> . En él se observa con claridad la presencia de estructuras adosadas a la pirámide, entre otras en forma de plataformas, en el área oriental, y edificios de naturaleza desconocida, en las áreas occidental y sur.....	73
Ilustración 34. Localización del área de estudio. Se observa en el plano la mancha aproximada del área de máxima extensión del sitio, inscrita en línea negra, así como la localización en los alrededores de al menos dos zonas de alto interés, en rojo.....	75
Ilustración 35. Localización de los asentamientos de Lukurmata y Pajchiri (área de Pampa Koani, valle del río Catari), en relación a Tiwanaku, sobre imagen de satélite (Earthstar Geographics SIO – BING Maps ®)	80
Ilustración 36. Imagen del servidor de satélite Google Earth ®. En ella observamos como el espacio central de la imagen, que corresponde al área de Tiwanaku, queda rodeado por varias áreas inundables, que en la fotografía aparecen en distintos tonos de verde.....	81
Ilustración 37. Detalle del límite oriental del espacio urbano. Obsérvese el cambio de coloración en el terreno, a la derecha de la línea de flechas, así como la linealidad de este cambio, en dirección Norte - Sur. Fuente Google Earth ®. Imagen 2009.....	83
Ilustración 38. Detalle del límite suroriental del espacio urbano. Obsérvese de nuevo el cambio de coloración en el terreno, así como la linealidad de este cambio, en dirección Noroeste - Suroeste. Además, la comunidad de Achaca, habitantes del lugar, hablan de la existencia de un canal de agua soterrado en este espacio. Fuente: Google Earth ®. imagen 2003.	83
Ilustración 39. Detalle del límite occidental del espacio urbano, sobre el modelo 3D obtenido por el dron. Obsérvese la rotundidad de las alineaciones en dirección Norte - Sur, correspondientes a estructuras de mampostería, actualmente enterradas. obsérvese también su proximidad a Puma Punku, en la esquina superior derecha de la imagen.....	85
Ilustración 40. Extensión del sitio Arqueológico de Tiwanaku, a partir de las evidencias obtenidas mediante Teledetección. Sobre imagen de Google Earth ®.....	85
Ilustración 41. Localización y dimensiones de Tiwanaku, en relación con el fondo de valle del río Tiahuanacu. Sobre imagen Landsat - Google Earth. ®.....	86
Ilustración 42. Cerámica Tiwanaku, con representación de la figura del Señor de los báculos. Museo cerámico. Exposición temporal "Wirakocha o Wilkatata". Tiwanaku, 2017.....	87
Ilustración 43. Localización de los principales elementos citados sobre las imágenes del <i>dron</i> y satélite Geoeye. 2017 CNES/Airbus. Digitalglobe ®.....	88
Ilustración 44. Mapa de conjunto de cabañas en torno a un patio central, de Khonkho Wankane. En E. Marsh (2016), figura 4.....	89
Ilustración 45. Cabañas circulares: Izquierda, excavaciones correspondientes a la aldea Puripica - 23 (Atacama); derecha, huellas de construcciones al sur de Puma Punku (Tiwanaku), Sobre imagen del dron de falso color.	90
Ilustración 46. Viviendas circulares tradicionales, construidas de barro y techo vegetal. Altiplano boliviano.....	91



Ilustración 47. Localización de los principales asentamientos conocidos del periodo Formativo Tardío, en el entorno de Tiwanaku. Elaborado a partir de los datos de E. Marsh (2016 - figura 1), sobre imagen Landsat.....	92
Ilustración 48. Viviendas de los periodos Tiwanaku IV - V. Sectores Akapana este y Kk'araña. En Janusek (52), figura 8.3.....	93
Ilustración 49. En líneas negras, distribución de potenciales estructuras de carácter doméstico en el área de Mollo Kontu (Área 3), a partir de los datos del modelo 3D generado por el <i>dron</i>	95
Ilustración 50. Vista de Kalasasaya y la pirámide de Akapana al fondo. E.G. Squier, 1887 (16). El autor denominó a este grabado “Puma Punku”, erróneamente.....	96
Ilustración 51. Localización de los principales edificios monumentales del Área Ceremonial de Tiwanaku, sobre el modelo tridimensional generado por el <i>dron</i>	98
Ilustración 52. Localización física del espacio ceremonial, delimitado por el foso, en referencia a la extensión del sitio.....	100
Ilustración 53. Localización mediante imagen de color natural y modelo 3D de los principales canales tributarios del foso perimetral al Área Ceremonial. Modelo digital del terreno del <i>dron</i> sobre imagen satélite Google Earth ® (2017).....	101
Ilustración 54. Detalle del modelo digital del Terreno en 3D, sombreado en falso color. En azul podemos observar la zona colapsada del lienzo norte del Foso, con los actuales campos elevados de cultivos. Señalados por flechas rojas, los restos de los lienzos Norte y Este de la infraestructura. En Flechas negras, la evidencia de erosión en abanico. Al Norte, el vecino río Tiahuanacu.....	102
Ilustración 55. Localización de las plataformas rectangulares de arcilla (indicaciones mediante flechas rojas), en los límites del área ceremonial, en contacto con el foso perimetral. Los elementos que tienen estas características en el lado suroriental, aparecen junto a las áreas excavadas por Janusek en el sector <i>Akapana Este</i>	103
Ilustración 56. Plano del sitio de Khonkho Wankane, en el que se observa la presencia de distintas plataformas de arcilla, pintadas en azul, asociadas a otros elementos constructivos, en este caso, patios hundidos. Imagen de E. Marsh (49), figura 2	104
Ilustración 57. Nuevo edificio localizado mediante teledetección al sur de Putuni. Vista de la ortofoto con color forzado sobre el modelo 3D. Las flechas rojas indican la posición de los muros perimetrales del edificio	107
Ilustración 58. Esquina Sureste del nuevo edificio, localizado al Sur de Putuni mediante el uso de Teledetección. Excavaciones de septiembre de 2017. Modelo fotogramétrico tridimensional del elemento. Obsérvese junto a sus muros la presencia de ofrendas cerámicas y restos óseos de un camélido y dos humanos.	108
Ilustración 59. Imagen de falso color (NIR-BR-G) con corrección de histograma, obtenida por el <i>dron</i> . Edificio de kalasasaya. En la esquina inferior derecha, reconstrucción ideal realizada por A. Vranich (57). Las flechas rojas indican la humedad remanente del pasillo perimetral en los lados Este y Sur. Las flechas verdes indican la presencia de una gran masa de humedad, debida a la impermeabilidad de los muros occidentales, restaurados. Obsérvese también el triángulo conformado en el suelo por el tránsito cotidiano de visitantes al monumento.....	109

Ilustración 60. Secuencia de altitud de suelos de uso conocidos en el área 1, a partir de las proporciones de cálculo de alturas de las plataformas de Akapana. Sobre ortofoto de alto detalle de color natural obtenida por el <i>dron</i>	110
Ilustración 61. Imagen de falso color (G-R-NIR) de la pirámide de Akapana, sin corrección de histograma. En tonos azules observamos la disposición de vegetación higrófila, que indica la presencia de mayores porcentajes de humedad. Las líneas rojas corresponden a los canales de los que tenemos conocimiento por restos arqueológicos. En líneas negras, posibles canales cuyo desmantelamiento ha generado la presencia de grandes cárcavas en el edificio.....	111
Ilustración 62. Ortoimagen de alta definición del área de los muelles occidentales, correspondiente a la misma zona ofrecida en la figura anterior. No se observa ninguna evidencia física de la presencia de estructuras vinculadas a los muelles.	113
Ilustración 63. Área Sur de los muelles occidentales de Tiwanaku. Las flechas rojas indican la disposición longitudinal del dique principal.	114
Ilustración 64. Modelo tridimensional de alto detalle, en relieve coloreado, del complejo de Puma Punku. Consecutivamente: 0. Edificio principal. 1, 2 y 3. Edificios occidentales. 4. Plataforma superior de la plaza central. 5. Plataforma inferior de la plaza central. 6. plaza oriental de tierra apisonada. 7. Edificio sur, probablemente anterior o posterior al complejo.....	117
Ilustración 65. Elementos constructivos de época incaica al norte del edificio principal de Puma Punku. Ortoimagen RGB sobre modelo digital del terreno generado por el <i>dron</i>	118
Ilustración 66. Localización de potenciales huellas de cabañas circulares, en las zonas marcadas por flechas rojas, en el lado Sur de Puma Punku, a partir de la imagen de falso color (G-NIR-BR) generada por el <i>dron</i>	119
Ilustración 67. Petroglifo serpentiforme, ubicado en uno de los monolitos del entorno de la nueva estructura localizada al sur de Putuni.....	120
Ilustración 68. Geoglifo serpentiforme en el área de Mollo Kontu. Imagen sobre el modelo Digital del terreno, en 2D y 3D, obtenido mediante el <i>dron</i> . Imágenes en falso color. Alrededor se observan volúmenes correspondientes a otras estructuras soterradas.....	122
Ilustración 69. Geoglifo de camélido. Imagen sobre el Modelo Digital del Terreno.....	123
Ilustración 70. Vista de los meandros actuales del Río Tiahuanacu a su paso por el sitio. Imagen: Ernestina Cortés Albor.....	128
Ilustración 71. Imagen Landsat-8 en componentes principales en la que se localizan diferentes canalizaciones (formas geométricas conectadas en colores claros) y su representación en la imagen de alta resolución espacial obtenida desde <i>dron</i>	133
Ilustración 72. Pintado del relieve desde <i>dron</i> . En ella se advierten numerosas estructuras arqueológicas soterradas inéditas: posible muelle o plataformas para embarque y desembarque, muros, drenajes de diferentes medidas y estados de conservación.	134
Ilustración 73. Imagen Landsat 5-TM de 2 de agosto de 1987 con la mejora espectral Tasseled Cap, combinación 2-1-3 (R-V-A). Todas las láminas de agua o suelos muy húmedos quedan representados en colores azules.	137



- Ilustración 74.** Mejora espectral de la imagen Landsat 5 de Tasseled Cap (2-08-1987), en la combinación de canales 5-2-3 (Rojo-Verde-Azul). Además de los cuerpos de agua de la figura anterior, esta otra mezcla resalta numerosas formas menores del terreno (pequeño delta en la desembocadura, grandes abanicos aluviales, coladas de derrubios, meandros, etc.) y en colores verdosos los suelos más fértiles formados gracias a los frecuentes aportes de humedad y materiales finos transportados por los arroyos temporales al llegar al altiplano, que facilitan el crecimiento de la vegetación y la acumulación de nutrientes..... 138
- Ilustración 75.** Índice de agua en el que se representa en color azul claro el cauce del río Tiahuanacu y algunos cauces procedentes de la Sierra de Machaca. También se cartografián en verde los suelos más fértiles, ocupados por humedales con vegetación natural y/ o por cultivos..... 139
- Ilustración 76.** Solapamiento de imágenes Landsat 5 (18-07-1987) y Sentinel 2 A (02-08-2016) para detectar las variaciones de la línea de costa del borde suroriental del lago Titicaca (Lago Menor)..... 141
- Ilustración 77.** Variaciones de la línea de costa del Lago Menor del Titicaca obtenidas a partir de las imágenes Landsat 1, 5 y Sentinel 2A. La diferencia entre 1972 y 2016 es inferior a 1,4 km, siendo en muchos puntos sectores de 400-500 m. Sin embargo, mayor es el contraste entre la ribera de 1972 y 2016, que llega a alcanzar los 6,6 km de diferencia en la costa más norteña. 141
- Ilustración 78.** Valle del río Catari, con la localización de los principales asentamientos. En el detalle podemos observar la localización del tramo modificado del cauce del río, para la disposición vecina de campos elevados agrícolas. A partir de los datos de A. Kolata (45). 142
- Ilustración 79.** Imagen Sentinel 2 A de 27 de abril de 2016. Se destaca los cursos de los ríos y arroyos que casi circunvalan Tiwanaku. Se advierten tramos muy divagantes al oeste del núcleo actual y rectilíneos al este, antes de llegar al complejo.” 143
- Ilustración 80.** Detalle de los tramos rectilíneos del río Tiahuanaco y su tributario por la margen izquierda, que bien pudo haber sido utilizado para el transporte de materiales durante los periodos anuales de mayor caudal. 144
- Ilustración 81.** Tabla de dimensiones hipotéticas de las siete primeras plataformas de la pirámide de Akapana. 146
- Ilustración 82.** Vista de la primera plataforma de la pirámide de Akapana, y las estructuras internas de la segunda y tercera, en su fachada oriental. 147
- Ilustración 83.** Proceso de restauración del núcleo de la pirámide de Akapana, mediante la reposición de material a través de la fórmula original de construcción. 2017. Obsérvese la composición de la estructura, basada en la adición consecutiva de capas de arcilla apisonada..... 148
- Ilustración 84.** Potenciales fuentes de captación de arenisca roja, a partir de los datos de Ponce Sanginés (77). Dibujo elaborado por N. Tripcevich, en Janusek (34). 149
- Ilustración 85.** En el detalle superior, marcadas con flechas rojas, modificaciones de los cauces de los torrentes y arroyos de montaña observadas en las inmediaciones de la captación de arenisca roja de kaliri, al sudeste de Tiwanaku. A partir de la imagen de Google Earth ®, 2016..... 151
- Ilustración 86.** Trayecto realizado en balsa de totora, en el proyecto Qala Yampu, desde Copacabana hasta Santa Rosa, en la península de Taraco (71)..... 152
- Ilustración 87.** Catamarán actual fabricado mediante técnicas antiguas de uso de la totora. Actualmente se emplea como recurso turístico en el Lago Menor. Fotografía, Ernestina Cortés Albor. 153

Glosario de términos

A

Adobes · 92

Agua · 5, 11, 18, 19, 23, 45, 49, 52, 53, 54, 56, 68, 76, 79, 82, 83, 84, 90, 93, 101, 102, 106, 109, 112, 114, 118, 128, 129, 130, 132, 133, 132, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 142, 144, 150, 170

Akapana

Pirámide de Akapana · 3, 7, 13, 16, 26, 29, 30, 42, 44, 45, 60, 62, 73, 74, 78, 88, 93, 94, 96, 98, 99, 103, 110, 111, 112, 116, 120, 124, 132, 146, 148, 152, 154, 165, 168, 170

Altiplano · 11, 15, 34, 36, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 66, 67, 68, 82, 91, 116, 123, 130, 131, 132, 135, 138, 140, 157, 166

Análisis del territorio · Ver Territorio

Arcilla · 59, 68, 82, 90, 103, 104, 107, 112, 129, 146, 148, 168

Área ocupada · 45, 74

Área urbana · 13, 72, 86, 114, 129, 132

Áreas inundables · 51, 82

Arenisca roja · 58, 76, 95, 113, 144, 146, 148, 150, 152, 170

Arqueología · 3, 5, 8, 11, 13, 18, 20, 21, 24, 41, 42, 44, 45, 47, 58, 60, 71, 74, 76, 78, 90, 105, 116, 132, 146, 156, 160, 161, 162, 164

ASTER (Aster GDEM)

Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer · 24

Aymara · 18, 34, 122, 123, 140, 165

B

Bandas · 24, 29, 67, 138

Barrios · 62, 74, 82, 88, 90, 94, 95, 98



C

Cabañas · 69, 72, 74, 90, 91, 93, 119, 120, 168

Cámara · 22, 23, 66, 90, 165

Camélido · 108, 122, 123, 168

Campos elevados · Ver Sukakollus

Canales · 28, 29, 34, 50, 58, 67, 69, 70, 72, 76, 95, 101, 111, 112, 132, 138, 150, 168, 169

Caravanas · 46, 56, 132, 146

Casas · 15, 38, 76, 78, 87, 88, 91

Cauces fluviales · 82, 150

Chií ji Jawira · 36, 88

Choque Paccha · 74, 82, 84

Cieza de León

Pedro Cieza de León · 14, 36, 37, 36, 116, 158

Cobo

Bartolomé Cobo · 34, 36, 158

Color natural

Imagen de color natural (RGB) · 8, 23, 28, 29, 30, 66, 67, 68, 71, 72, 76, 99, 101, 110, 132, 168

Créqui-Monfort · 40, 43

Crónica del Perú ·

Ver Cieza de León

Cronología · 36, 106, 124

D

Densidad de población · 79

Desaguadero · 41, 85, 106

Diego de Alcobaza ·

Ver Garcilaso de la Vega

Dique · 114, 116

Dolinas · 49, 50, 82, 132, 135

Drenaje · 32, 45, 68, 72, 76, 98, 132

Dron · 8, 13, 26, 29, 30, 32, 48, 65, 66, 67, 70, 68, 70, 72, 74, 76, 80, 82, 84, 86, 88, 90, 94, 95, 98, 99, 101, 103, 106, 109, 110, 112, 114, 117, 119, 122, 124, 129, 134, 138, 165, 166, 168, 169

F

Ecosistema · 129

El Niño · 11, 54, 56, 132, 136, 160

Espectro visible · 28, 29, 67, 138, 165

Espectrometría de fluorescencia de Rayos X · 152

Estadística · 42

Excavación · 16, 43, 44, 45, 67, 71, 76, 84, 100, 120, 166

F

Falso color

Imagen en falso color · 29, 30, 66, 67, 69, 71, 90, 91, 99, 102, 104, 108, 109, 110, 111, 112, 119, 122, 138, 168

Formativo Tardío · 46, 58, 90, 92, 98, 120, 124, 128, 136, 148, 166, 168

Foso · 72, 74, 76, 94, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 110, 124, 132, 168

Fotografía · 21, 23, 67, 82

G

Garcilaso de la Vega · 36, 129, 165

Gaspard - Félix Tournachon · 20

Geoglifo · 98, 120, 124, 124, 125

Guayna Capac · 116



H

Historia del Nuevo Mundo · Ver Cobo (Bartolomé)

Humedad · 29, 50, 68, 84, 91, 109, 111, 137, 138, 140

Humedales · 51, 54, 70, 138, 140

I

Inka · 62, 116

Inundación · 49, 50, 51, 53, 72, 76, 82, 84, 112, 116, 118, 132, 134, 135, 136, 140, 150, 152

J

Juan de Betanzos · 116

K

Kalasasaya · 13, 29, 30, 40, 42, 44, 60, 62, 73, 87, 88, 90, 96, 98, 99, 107, 108, 112, 122, 132, 152, 165, 168

Kaliri

Valle de Kaliri · 150

Kantatallita · 62, 98, 110, 111, 122, 132

Khonkho Wankane · 90, 104, 160, 162, 168

Kkaraña · 45, 46, 88, 90, 93, 159

L

La Paz · 41, 47, 52, 158, 160, 161, 162, 164, 166

Landsat · 13, 32, 70, 86, 92, 132, 134, 135, 136, 138, 140, 141, 169, 170

Lizárraga

Fray Reinaldo de Lizárraga · 38, 41, 85, 106

L

Llanuras de inundación · Ver humedales

Lluvia · 18, 53, 82, 93, 101

M

Manco Capac · 116

Mapa · 8, 13, 32, 49, 76, 78

Mineral · 58, 59, 148

Mitre

Bartolomé Mitre · 40, 41, 107, 122, 130, 159, 165

Mollo Kontu · 62, 69, 74, 88, 93, 94, 95, 98, 122, 124, 166, 168

Monolito · 35, 59, 150

Monolito Fraile · 40, 62, 165

Muelle

Muelle portuario · 84, 113, 114, 134

Multiespectral · 8, 29, 30, 66, 67, 72, 74, 120, 138, 157, *Ver imágenes en falso color*

H

NASA

National Aeronautics and Space Administration · 24, 32

P

Paisaje · 5, 7, 13, 18, 20, 30, 47, 49, 52, 70, 76, 78, 82, 94, 95, 99, 106, 107, 116, 122, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 136, 138, 148, 150, 154

Pampa Koani · 50, 80

Patios hundidos · 67, 90, 104

Patrimonio Mundial · 3, 7, 8, 10, 16, 60, 63, 96, 126, 156



Perú · 14, 34, 36, 37, 36, 41, 40, 54, 106, 116, 122, 124, 130, 158, 160, 162, 164, 165
Piedra · 18, 36, 38, 41, 58, 69, 70, 74, 76, 82, 84, 90, 91, 96, 104, 107, 112, 113, 116, 122, 129, 146, 148, 150
Piedras cansadas · 152
Pirámide · 7, 13, 26, 29, 30, 44, 74, 94, 96, 110, 111, 112, 116, 146, 147, 148, 165, 168, 170
Planificación urbana · 104
Plataformas · 23, 24, 32, 50, 67, 72, 74, 90, 103, 104, 110, 117, 134, 146, 168, 170
Plaza · 74, 117
Población · 15, 34, 36, 42, 45, 47, 54, 78, 79, 80, 87, 94, 98, 102, 116, 119, 123, 129, 130, 136, 140, 142, 146, 150, 157
Puerta de la Luna · 19
Puerta del Sol · 14, 40, 62, 122, 152, 154, 165
Puma Punku · 13, 45, 49, 58, 60, 62, 72, 74, 78, 82, 86, 88, 90, 96, 98, 104, 106, 112, 114, 116, 117, 118, 119, 122, 132, 148, 152, 154, 162, 167, 168
Putuni · 29, 42, 62, 74, 78, 87, 88, 93, 99, 106, 107, 108, 110, 111, 121, 122, 132, 146, 168

Q

Qala Yampu
proyecto Qala Yampu · 150, 152

R

Recinto Ceremonial · 96, 99, 133
Recursos · 8, 19, 21, 23, 26, 29, 30, 42, 45, 46, 51, 58, 61, 62, 71, 79, 84, 92, 93, 96, 113, 119, 128, 129, 131, 146, 148, 150
Relieve · 13, 46, 47, 48, 49, 50, 54, 64, 67, 70, 82, 106, 112, 117, 130, 132, 134, 139, 140, 150, 166, 168, 169
Río Catari · 80, 82, 142, 144, 170
Río Tihuanaco · 134, 135, 136

S

Satélite · 8, 11, 23, 24, 30, 32, 51, 65, 70, 68, 71, 80, 82, 84, 86, 88, 99, 101, 112, 114, 129, 132, 134, 136, 138, 140, 168

Sentinel · 13, 32, 70, 135, 138, 140, 141, 144, 166, 170

Serpentiforme · 98, 121, 122, 123, 124, 168

Sierra de Machaca · 58, 84, 132, 135, 138, 140, 144

Sistemas de Información Geográfica · 22, 26, 69

Sistemas de medida · 111

Squier

Ephraim George Squier · 14, 40, 96, 160

Sukakollus · 50, 134

T

Teledeteción · 11, 16, 18, 21, 45, 48, 49, 60, 64, 65, 70, 71, 76, 79, 80, 90, 95, 98, 99, 106, 107, 108, 110, 117, 119, 126, 150, 157, 168

Templete Semisubterráneo · 29, 58, 60, 62, 78, 98, 99, 100, 111, 124, 146, 148, 162, 166

Territorio · 8, 11, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 29, 30, 32, 34, 41, 42, 45, 47, 52, 54, 58, 60, 64, 65, 66, 67, 70, 68, 72, 74, 76, 78, 79, 80, 82, 84, 86, 94, 95, 98, 100, 106, 116, 128, 129, 130, 132, 135, 138, 140, 142, 146, 157

Tiahuanaco

Río Tiahuanaco · 13, 34, 47, 49, 51, 70, 74, 82, 119, 122, 130, 135, 138, 140, 142, 144, 159, 160, 164, 170

Titicaca

Lago Titicaca · 13, 26, 38, 47, 51, 54, 70, 112, 132, 135, 136, 138, 140, 141, 142, 144, 150, 162, 164, 165, 170

Tiwanaku · 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 18, 25, 26, 29, 30, 32, 34, 35, 36, 41, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 59, 58, 60, 62, 64, 69, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 82, 84, 86, 87, 88, 90, 92, 93, 94, 96, 98, 102, 104, 106, 107, 108, 112, 114, 115, 116, 117, 116, 118, 120, 122, 124, 126, 128, 129, 130, 132, 135, 136, 137, 138, 140, 142, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 157, 156, 157, 158, 160, 162, 164, 165, 166, 168

Topografía · 13, 21, 49, 60, 65, 94

Totora · 41, 106, 144, 150, 151, 152, 154, 170



U

UAV

Unmanned Air Vehicle (vehículo volador no tripulado) · Ver Dron

UNESCO · 3, 7, 8, 10, 11, 13, 16, 58, 60, 64, 65, 66, 70, 97, 157, 166

Uvalas · 49, 79, 82

V

Valor Universal Excepcional · 7, 96

Vegetación · 28, 29, 32, 51, 70, 111, 132, 138, 140

Virreinato del Perú · 15, 165

Viviendas · Ver Casas

W

Willa Jawira

Proyecto Willa Jawira · 45, 50

Z

Z.C.I.T.

Zona de Convergencia Intertropical · 52, 157

Esta publicación ofrece, desde un enfoque de divulgación científica, los hallazgos que resultaron de la aplicación en Tiwanaku (Bolivia) de las más modernas técnicas de teledetección en la investigación arqueológica y la gestión de los sitios Patrimonio Mundial. Todo ello como parte del proyecto “Preservación y conservación de Tiwanaku y la pirámide Akapana”, financiado por los Fondos Fiduciarios de Japón para el patrimonio cultural mundial y coordinado por la Oficina de la UNESCO en Quito y representación para Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela. Trabajos que garantizan un amplio abanico de posibilidades para el futuro de la gestión y la investigación de Tiwanaku.

La topografía generada para el sitio, ahora tiene datos de altísima precisión, gracias a los que se han podido observar elementos tan significativos, como son los geoglifos, con formas naturalistas que están asociados con la astronomía andina, siendo los primeros de su tipo que se encuentran en Bolivia. Estos y otros espectaculares hallazgos científicos, redefinen las estructuras emblemáticas ya conocidas e impactarán positivamente en la conservación y gestión del sitio, reconocido como Patrimonio Mundial desde el año 2000.