

RESEARCH ARTICLE

# APLICACIÓN DE LA GEOMÁTICA EN EL REGISTRO Y ANÁLISIS DE SITIOS ARQUEOLÓGICOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO COCAHUAYCO, PROVINCIA DE BONGARÁ, PERÚ

*Application of Geomatics in the Recording and Analysis of Archaeological Sites from the Cocahuayco River Subbasin, Bongará Province, Peru*

*Maritza Revilla Bueloth,<sup>1,4</sup> David Enmanuel Llancari Oleden,<sup>2,5</sup>  
Alex Javier Sánchez Pantaleón,<sup>1,6</sup> Diego Leandro Quispe Revilla,<sup>3,7</sup>  
Jhunniors Puscan Visalot<sup>1,8</sup>*

<sup>1</sup> Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), Perú; <sup>2</sup> Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú; <sup>3</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Perú; <sup>4</sup> [maritza.revilla@untrm.edu.pe](mailto:maritza.revilla@untrm.edu.pe); <sup>5</sup> [david\\_llancari@yahoo.es](mailto:david_llancari@yahoo.es); <sup>6</sup> [alex.sanchez@untrm.edu.pe](mailto:alex.sanchez@untrm.edu.pe); <sup>7</sup> [N00413740@upn.pe](mailto:N00413740@upn.pe); <sup>8</sup> [jhunniors.puscan.epg@untrm.edu.pe](mailto:jhunniors.puscan.epg@untrm.edu.pe)

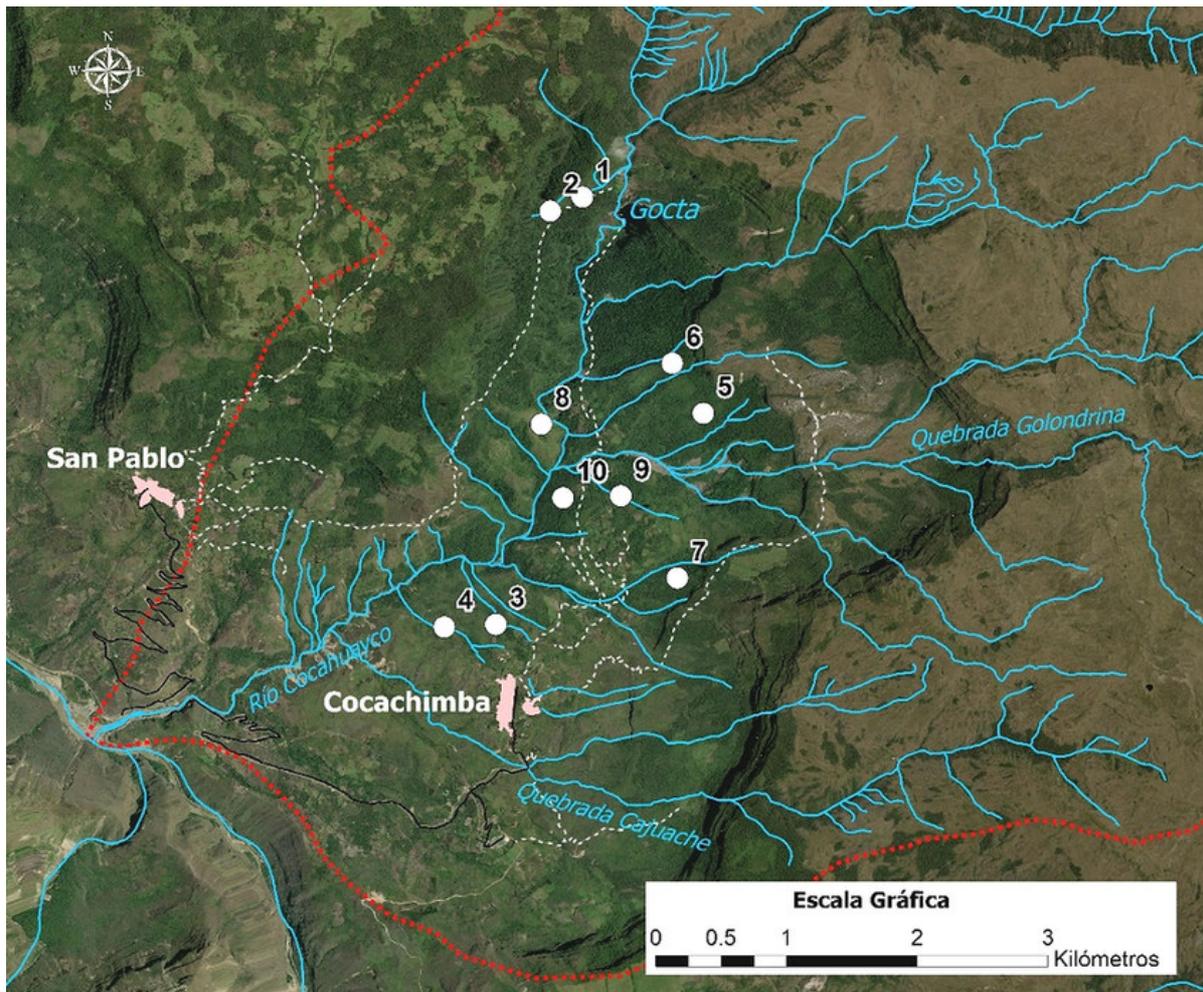


Figura 1. Distribución de los sitios arqueológicos ubicados en la subcuenca del río Cocahuayco, provincia de Bongará, Perú. El área de la subcuenca está delimitada en color rojo y los ríos se representan en color celeste.

*Recibido: 30/1/2025. Aceptado: 12/3/2025. Publicado: 28/3/2025.*

**RESUMEN.** Esta investigación estuvo enfocada en utilizar la geomática como metodología de investigación para geolocalizar, describir, analizar e interpretar los sitios arqueológicos ubicados en la subcuenca del río Cocahuayco, provincia de Bongará, Perú. Se emplearon diversas técnicas y herramientas, tales como la recolección de datos en campo con receptores GNSS (sistema de navegación global por satélite) de diferentes categorías (navegadores, cartográficos y diferenciales), el uso de imágenes satelitales y el análisis de datos con programas especializados como ArcGIS 10.5, Trimble Business Center 4.5 y Envi 5.1. Los resultados permitieron generar un registro detallado de diez sitios arqueológicos que corresponden por lo general a la arquitectura habitacional y banales de la cultura prehispánica Chachapoyas. Estos sitios arqueológicos fueron registrados espacialmente en función de la red geodésica vigente en el Perú. Se concluye que requieren una intervención arqueológica siguiendo el debido proceso metodológico encaminado a su conservación y puesta en valor, buscando promover el turismo sostenible y reforzar la identidad cultural local.

**PALABRAS CLAVE.** Geomática, sitios arqueológicos, registro arqueológico, subcuenca, Cocahuayco, Bongará, Perú.

**ABSTRACT.** This research was focused on using geomatics as a research methodology to geolocate, describe, analyze, and interpret the archaeological sites located in the Cocahuayco river subbasin, Bongará province, Peru. Various techniques and tools were employed, such as field data collection using GNSS (Global Navigation Satellite System) receivers of different categories (navigators, cartographic, and differential), the use of satellite images, and data analysis with specialized software such as ArcGIS 10.5, Trimble Business Center 4.5, and Envi 5.1. The results allowed us to generate a detailed record of ten archaeological sites that generally correspond to household architecture and terraces of the pre-Hispanic Chachapoya culture. These archaeological sites were spatially recorded according to the geodetic network in Peru. It is concluded that these sites require an archaeological intervention following the appropriate methodological process aimed at their conservation and enhancement, seeking to promote sustainable tourism and reinforce the local cultural identity.

**KEYWORDS.** Geomatics, archaeological sites, archaeological record, Cocahuayco, subbasin, Bongará, Peru.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Geomática aplicada a la Arqueología constituye un conjunto interdisciplinario de ciencias centradas en la gestión de la información geoespacial, integrando tecnologías informáticas para la captura, procesamiento, almacenamiento y análisis de datos georreferenciados, con el fin de generar nuevos conocimientos.

Utilizando equipos GNSS (siglas de *Global Navigation Satellite System*, sistema de navegación global por satélite) diferenciales de alta precisión y estaciones totales, un equipo topográfico especializado está implantando una red de control horizontal y vertical de alta precisión, mejorando los niveles de precisión en la generación de datos topográficos planimétricos y altimétricos de todos los yacimientos arqueológicos (Ministerio de Cultura 2014).

La arqueología es una ciencia social que busca reconstruir el pasado mediante bienes materiales prehispánicos, especialmente los de carácter arquitectónico. No suelen ser fácilmente interpretables por sí mismos debido a su estado de conservación, afectado por el paso del tiempo o la reutilización. Por ello, el proceso de educación patrimonial se debe basar en el desarrollo de ac-

titudes de respeto, valoración, cuidado, disfrute y transmisión del patrimonio (Rivero & Feliu 2017).

En Tzintzuntzan (Michoacán, México) se utilizó la tecnología LiDAR, una herramienta revolucionaria que emite pulsos láser para localizar y mapear estructuras con una precisión milimétrica, detectando más de 1000 estructuras arqueológicas en un área de 1075 hectáreas. Este hallazgo ha cambiado la visión espacial de la antigua ciudad, revelando su extensión más allá de las zonas rituales conocidas y proporcionando una nueva comprensión de su compleja organización urbana y su impacto en el paisaje circundante (Punzo & Navarro 2022). Asimismo, en la zona norte de Caranqui, Ecuador, se realizó una prospección arqueológica basada en imágenes satelitales de alta resolución, para lo cual se emplearon herramientas como drones comerciales equipados con sensores especializados y equipos topográficos de última generación integrados en un sistema de información geográfica (SIG). Esta tecnología permitió la identificación y documentación detallada de 483 estructuras en tres meses, demostrando cómo la tecnología moderna puede transformar la arqueología de campo acelerando el proceso de descubrimiento y conservación (Montalvo 2020).

Meléndez y Alva (2016) ilustraron de manera ejemplar cómo esta tecnología innovadora contribuyó al análisis integral de la subcuenca de la quebrada Chucumayo, en Huarochirí. A través de modelos de evaluación ambiental y una base de datos geográfica robusta, establecieron vínculos críticos entre el medio físico y la planificación del uso del suelo, subrayando la importancia de la integración de datos geoespaciales en la toma de decisiones ambientales y urbanísticas, y destacando la geomática como una herramienta indispensable en la gestión sostenible del territorio.

En el ámbito agrícola, la geomática se dejó ver como una herramienta de gran utilidad, especialmente en el catastro agrario. Ponvert *et al.* (2012) demostraron cómo la geomática puede mejorar significativamente la calidad y la actualización de la cartografía catastral, permitiendo una gestión más efectiva de la tierra y los recursos naturales. De igual forma, la aplicación de la geomática también contribuye a la comprensión de los lugares ocupados en tiempos prehispánicos a través del conocimiento del medio físico o entorno (relieve, vegetación, agua, clima y otros) asociado a las obras construidas y su significado (Aguiló 1999).

Por otro lado, la reconstrucción tridimensional (3D) es una técnica que posibilita recrear con gran precisión el aspecto y las dimensiones de un objeto o un lugar a partir de datos métricos e históricos. Su uso en la arqueología ha facilitado considerablemente el estudio y la conservación de diversos sitios y monumentos históricos, permitiendo a los investigadores y al público en general visualizar y comprender mejor su estructura y estética original (Ferrari & Quarta 2019).

Diversos investigadores han destacado el papel de la geomática como disciplina integral que combina técnicas avanzadas, incluyendo la cartografía digital, la teledetección y la fotogrametría, para el análisis del espacio geográfico en múltiples campos (Abate *et al.* 2022; Doyo *et al.* 2022). En el ámbito arqueológico, su uso incluye sistemas de navegación satelital diferencial y vehículos aéreos no tripulados que proporcionan precisión y mayor eficiencia en el mapeo de sitios arqueológicos (GeomáticaES 2019).

El territorio peruano alberga una abundancia de sitios arqueológicos que están intrínsecamente ligados a diversas características geográficas (Ministerio de Cultura 2016; Patrimonio Mundial 2015). El departamento de Amazonas destaca por su diversidad topográfica, caracterizada por una serie de relieves accidentados que abarcan zonas de sierra, selva alta y selva baja. Se ubica en la región nororiental del país, limita al norte con

Ecuador, al este con Loreto, al sur con La Libertad, al sureste con San Martín y al oeste con Cajamarca. La altitud en el departamento de Amazonas varía desde los 186 m s. n. m. en el poblado Nueva Esperanza, distrito Río Santiago de la provincia Condorcanqui, hasta los 4269 m de altitud en las elevaciones de la laguna Mishacocha, distrito Leymebamba de la provincia Chachapoyas (INEI 2018).

Existen numerosos sitios arqueológicos en la región Amazonas con arquitectura habitacional y funeraria. En Yalape, en el distrito de Levanto, tenemos terrazas agrícolas y arquitectura circular habitacional de aproximadamente 5 ha de extensión que forman un complejo arqueológico significativo debido a su imponente iconografía prehispánica Chachapoyas, expresada en frisos de alto relieve, rombos (doble y triple rombo) y zigzags. En el distrito de Magdalena hay presencia de arquitectura prehispánica en Macro, Tella, Machupirca y cavernas de Shihual. En el distrito de Colcamar se evidencia arquitectura ancestral en Torruco, Tuente, Puenal, Chamalca y los sarcófagos de Sholón, y en el distrito de Leymebamba tenemos los mausoleos de la Laguna de las Momias; es decir, hay mucha riqueza cultural prehispánica ubicada en la margen izquierda de la cuenca del río Utcubamba, la margen derecha de la cuenca del río Marañón y la subcuenca del río Cocahuayco.

## ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se enfocó en la provincia de Bongará, lugar donde se ubica la subcuenca del río Cocahuayco (figura 1), y abarca cuatro distritos de esta provincia: Churuja, San Carlos, Valera y Jumbilla, en la cual se encuentra la catarata de Gocta. Este recurso natural forma parte del circuito turístico del norte del Perú, que incluye otros destinos de interés como la fortaleza de Kuélap, los sarcófagos de Karajía, Revash u Ollape, entre otros potenciales turísticos ubicados en el valle alto del Utcubamba, caracterizados por presentar estructuras circulares en terrazas agrícolas construidas con piedra caliza y argamasa de barro, complementadas con paja y piedrecillas, siendo vestigios arqueológicos pertenecientes a la cultura prehispánica Chachapoyas.

El estudio se desarrolló en la subcuenca del río Cocahuayco, situada en la provincia de Bongará, en la región Amazonas, comprendiendo los distritos detallados en la tabla 1. La cultura Chachapoyas, conocida también como «los guerreros de las nubes», floreció en la región nororiental de los Andes peruanos entre los

Tabla 1. Distribución del área de estudio por distritos.

Superficie (ha)	Distritos	Superficie abarcada (ha)	Representación (%)
8188.51 m <sup>2</sup>	Churuja	168.72 m <sup>2</sup>	2.06 %
	San Carlos	5747.8 m <sup>2</sup>	70.19 %
	Valera	2240.1 m <sup>2</sup>	27.36 %
	Jumbilla	31.89 m <sup>2</sup>	0.39 %

años 800 y 1470 DC, antes de ser conquistada por el Imperio inca. Esta civilización se caracterizó por su arquitectura única, que incluye construcciones como la fortaleza de Kuélap, con sus murallas de piedra y complejos sistemas de entrada, y los mausoleos de Revash, pintados en colores crema y rojo ocre, ubicados en acantilados (Leiva *et al.* 2019).

## METODOLOGÍA

El presente estudio abordó la aplicación de la geomática al registro arqueológico mediante el uso de avanzados métodos de recolección de datos *in situ*, análisis deductivos e inductivos y enfoques comparativos y culturales. La geomática, como disciplina especializada en la gestión y procesamiento de información geográfica con alta precisión, permite la localización confiable de sitios arqueológicos gracias al uso intensivo de las tecnologías de la información y la comunicación (Khedr *et al.* 2023). Este enfoque multidisciplinario integra modelos digitales del terreno y considera tanto la forma como la función de la arquitectura prehispánica, además de su relación con el paisaje cultural circundante (Tapia-Silva 2014).

La documentación de sitios arqueológicos complejos requiere tecnologías geomáticas avanzadas que respondan a las características únicas y desafíos específicos de cada caso, incluyendo aspectos como la topografía, la accesibilidad y la conservación del contexto (Ebolese & Lo Brutto 2020).

Las herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG) y los sistemas de información espacial (SIS) se usan para organizar, manipular y analizar datos espaciales de manera sistemática, permitiendo la integración de capas de información histórica y espacial para obtener una comprensión holística del sitio (Costantino *et al.* 2023). Además de facilitar el almacenamiento, análisis y visualización de datos geoespa-

ciales, permiten interpretar relaciones espaciales y temporales, mejorando la toma de decisiones en la gestión del patrimonio (Al-Ruzouq *et al.* 2022).

En este estudio se emplearon equipos especializados, como estaciones totales y sistemas de navegación satelital diferencial, para la recopilación de datos. Posteriormente, la información obtenida fue procesada mediante programas especializados como *Autocad Civil 3D 2019* y *Trimble Business Center 4.5*. Los resultados vectoriales fueron integrados en el *software ArcGIS 10.5*, donde se combinaron con datos satelitales, logrando una representación precisa y detallada del entorno arqueológico. Esta metodología subraya la relevancia de la geomática como una herramienta indispensable en la investigación y preservación del patrimonio arqueológico.

La metodología de investigación consistió en tres pasos: prospección, uso de la geomática y registro de los sitios arqueológicos. La prospección fue sistemática y se realizó a pie en una zona de vegetación arbórea y arbustiva de difícil acceso, permitiendo identificar la ocupación prehispánica distribuida por la subcuenca del río Cocahuayco.

Para ubicar las coordenadas UTM y la altura en metros sobre el nivel del mar de cada sitio prospectado, utilizamos un receptor GNSS y un receptor marca *Trimble R8* modelo 1; para su localización geográfica, usamos la carta nacional 12H Chachapoyas. La caracterización funcional de cada sitio arqueológico se basó en el tipo de evidencia que presentaba. Considerando esta caracterización, describimos cada sitio arqueológico según su ubicación fisiográfica y sus coordenadas. Luego presentamos los sitios a través de un mapa general de ubicación.

## Prospección arqueológica

Es un método para localizar, identificar, delimitar e interpretar evidencias arqueológicas ubicadas en el medio físico mediante técnicas no destructivas (Benito

2019). El presente estudio se centró en el reconocimiento de sitios arqueológicos en la subcuenca del río Cochahuayco, prospección que se realizó de manera superficial mediante un desplazamiento a través de la margen izquierda de dicho río por sectores de la cuenca media, la cual presentaba zonas boscosas con una topografía muy accidentada.

Los sitios arqueológicos de esta área, por lo general, se encuentran deteriorados, cubiertos por sedimentos o vegetación. Por ello, para la recuperación de esas evidencias, se desplegaron estrategias que incluyeron la prospección o exploración de zonas o regiones con lugares donde existen restos materiales de ocupación humana. Se procedió al análisis de dichos sitios, lo cual permitió descubrir con mayor exactitud las zonas donde se llevaron a cabo actividades humanas; para ello, se diferenció la información de los estudios realizados en otras áreas geográficas con la finalidad de analizar, comparar, contrastar y aplicar el principio de recurrencia.

Por otro lado, la recuperación involucró un laborioso trabajo de observación y descripción que permitió crear el registro arqueológico, que es el conjunto de datos recuperados a partir del recuento escrito de lo observado en prospecciones; empleando también el dibujo, la fotografía y la geomática para tener datos confiables de los hallazgos registrados en el área.

### Levantamientos geodésicos con el método «estático»

Un receptor GNSS permite el posicionamiento geoespacial global basándose en una constelación de satélites que están emitiendo señales electromagnéticas de forma constante a la Tierra y en un modelo matemático que se ajusta a la forma de nuestro planeta, aprobado por la gran mayoría de países.

Sin embargo, tal como mencionan Pozo-Ruz *et al.* (2000), este sistema de posicionamiento es susceptible de errores, que son ocasionados por los cambios en la ionosfera (que modifica la velocidad de las señales electromagnéticas de los satélites), por la presencia de humedad en el cielo (que también afecta a la velocidad de las señales) y los cambios de la trayectoria de los satélites, entre otros factores.

Por lo tanto, los datos obtenidos por este método de trabajo requieren un lapso en el cual el equipo receptor debe permanecer totalmente inmóvil (de ahí el nombre de «estático») y, además, se debe contar con la información de otro equipo que haya estado en las mismas condiciones, en el mismo horario de trabajo del

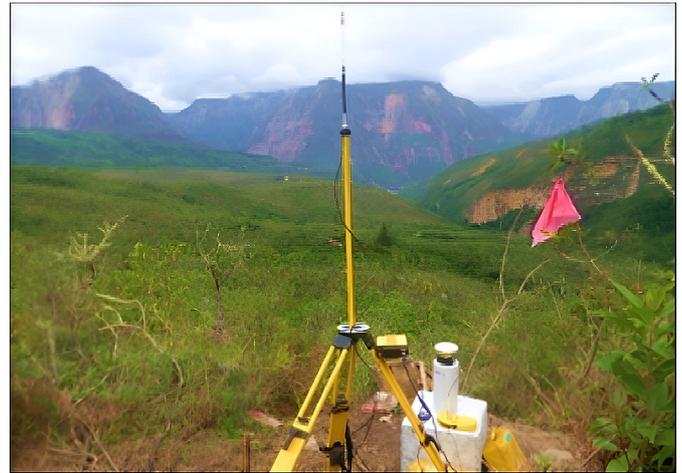


Figura 2. Receptor GNSS ubicado en un hito concreto.

primero y que, asimismo, esté posicionado en un punto de coordenadas conocidas y validadas según las normas vigentes. En el presente estudio, este método se utilizó en cada sitio arqueológico registrado, realizándose dos lecturas en la gran mayoría de los sitios. El tiempo utilizado para dicho método ha sido de cinco horas por cada punto, dada la presencia de árboles.

Debemos mencionar que los puntos medidos en el campo fueron materializados mediante estacas de madera de 60 cm de longitud, plantadas hasta los 40 cm en tierra (para evitar al máximo un impacto negativo en los sitios arqueológicos) y también por medio de un hito concreto (este último en un predio rural ubicado en las cercanías de los sitios arqueológicos).

### Levantamientos geodésicos con el método de «tiempo real» (RTK) de estructuras arqueológicas

Este método precisó el uso de dos receptores GNSS, uno de los cuales se ubica sobre un punto de coordenadas conocidas (denominado «Base»), el cual emite una señal de radio (utilizando un amplificador de señal de radio con antena externa) hacia el segundo receptor (denominado «Rover»), con la finalidad de que este último calcule y corrija la señal recibida por los satélites en el momento de la toma de coordenadas. Esta señal de radio solo puede tener un alcance teórico de 10 km; sin embargo, en este estudio y dada las condiciones de cobertura de árboles, solo se lograban 4 km de distancia. Este método de trabajo se utilizó en la gran mayoría de sitios arqueológicos estudiados.

En la figura 2 se puede observar un receptor GNSS ubicado en un hito concreto (estructura de color blan-



Figura 3. Proceso de levantamiento geodésico con el método RTK.



Figura 4. Códigos que se han utilizado para codificar los puntos topográficos.

co), el cual posee a su lado izquierdo un amplificador de señal de radio y una antena externa (ubicada sobre el trípode de madera). El receptor es de la marca *Trimble R8* modelo 1. Para el proceso de levantamiento geodésico de un muro prehispánico, en la figura 3 se puede apreciar que el receptor está instalado a tres metros de altura, con el fin de que pueda recibir un mayor número de señales satelitales y también la señal de radio del receptor «Base».

En la figura 3 se muestra el proceso que corresponde a uno de los muros prehispánicos (terrazas) del sector «Cajuache Bajo», en el cual no hay mucha presencia de árboles debido a que es más accesible en comparación con los otros sitios y a la explotación de esta área para el pastoreo, lo cual facilitó la recepción de las señales de la estación base; asimismo, se empleó un controlador TSC2 de *Trimble*.

### Levantamientos topográficos por el método de «radiación»

Los levantamientos topográficos se realizaron mediante el uso de estación total. Solo se efectuaron en dos sitios arqueológicos donde no había buena receptividad y fue necesario usar este método como último recurso para poder llevar a cabo el registro respectivo. Fue necesario colocar dos puntos georreferenciados para que los receptores GNSS pudiesen recibir la señal de los satélites en dichos sitios.

Dada la presencia de árboles en la zona y la intención de evitar algún impacto en las áreas de estos sitios arqueológicos (lo cual implicaba no cortar los árboles presentes allí), este método de trabajo fue bastante te-

dioso, teniendo que hacer un levantamiento con cinta métrica para poder complementar la información topográfica en algunos casos.

El trabajo de topografía se realizó mediante la codificación de los puntos a ser levantados. Los códigos recurrentes fueron los pies de muros (parte baja de los mismos), los hombros de muros (parte superior de estos) y los puntos de terreno, también denominados puntos de relleno.

La figura 4 muestra los códigos que se han utilizado para codificar los puntos topográficos. Estos puntos, una vez tomados, se descargan de los equipos en formato «TXT» (ya sean receptores GNSS o estación total) y después, utilizando el programa *Microsoft Excel*, se transfieren al *software* CAD para su procesamiento (ver figuras 5 y 6).

La figura 5 expone la nube de puntos representada en el *software* CAD (vista en perspectiva), sobre la que se realizó el tratamiento necesario para interpolar los datos y obtener un modelo digital de la topografía levantada sobre el terreno. En todos los casos, la nube de puntos supera los 250 puntos. En cuanto al sistema de bancales, se han levantado en función de la longitud que se podía ver en el campo, con la limitación de que en algunos casos los propietarios de las fincas donde se encontraban no dieron permiso para entrar en sus propiedades.

La figura 6 exhibe parte del procesamiento de la información topográfica, en la que se aprecian todas las líneas que representan las zapatas de los muros (rojo) y los hombros de los mismos (café oscuro). Es necesario mencionar que durante este trabajo no se realizó ninguna excavación para determinar la profundidad exac-

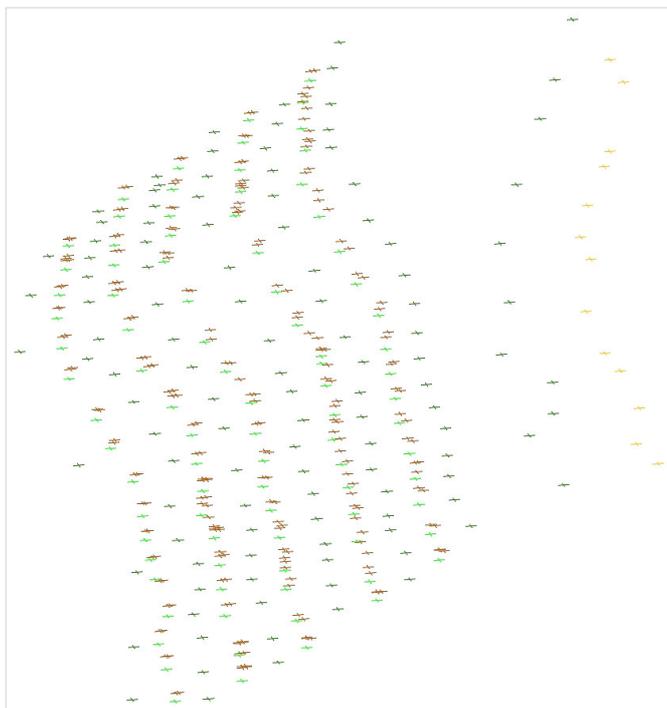


Figura 5. Nube de puntos y modelo topográfico digital del sector «La Arena 2» a partir de los datos de campo.

ta de las bases de estas estructuras, ya que para hacerlo es necesario contar con la autorización del Ministerio de Cultura.

La figura 7 muestra los vectores de la figura anterior, pero ahora con curvas de nivel, lo que permite apreciar mejor la forma del relieve de las zonas de estudio. En estas áreas hay una gran densidad de árboles, lo cual obligó a cambiar constantemente la ubicación del equipo topográfico conformado por una estación total. En el caso del equipo geodésico, este recibía una señal muy débil de la radio de la estación base debido a la vegeta-



Figura 6. Representación de pies y aleros de muro en el sector «La Arena 2» a partir del procesamiento de la información topográfica.

ción que caracteriza a la zona de ceja de selva, ocasionando que cada punto tardase entre 5 y 7 minutos en ser registrado. Por lo tanto, se consideró utilizar una estación total a pesar de la limitación de la poca visibilidad en el área de trabajo.

Para el procesamiento se utilizó el *software* CAD y el método de interpolación de los puntos topográficos fue el método de interpolación por distancia conocido como IDW. Tras lograr la interpolación topográfica, se procedió a verificar si la misma estaba bien realizada, usando para ello el método de secciones transversales. Así, en las figuras 5 y 6 se pueden ver cada una de las interpolaciones y las respectivas secciones.

En la figura 8 se muestra el perfil de la línea AB. La figura 9 expone el perfil donde se aprecia la altura de los muros que forman el recinto circular mostrado en la figura 8. El punto 1 corresponde al pie del muro y el punto 2 a la parte superior del mismo, denominado hombro de muro. El punto 3 pertenece al pie de la parte interna del recinto arqueológico. Finalmente, el punto 4 corresponde a un abultamiento debido a una acumulación de piedras que poseen una forma regular, por lo cual asumimos que este fue parte del derrumbe de dichos muros.

Para garantizar la precisión del registro topográfico, se llevó a cabo un levantamiento distinto para cada recinto o muro. De igual manera, se implementó un proceso de análisis específico para cada conjunto de datos recolectados. Esta metodología metódica se adoptó con el propósito de evitar cualquier posible confusión durante la interpolación de los puntos topográficos. Al trabajar de esta forma, se asegura que cada elemento arquitectónico sea documentado con la mayor fide-

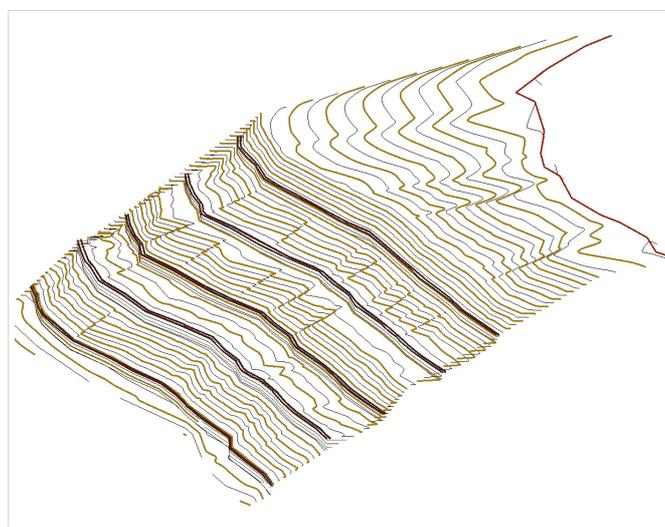


Figura 7. Vectores con curvas de nivel en el sector «La Arena 2» para la representación detallada del relieve topográfico.

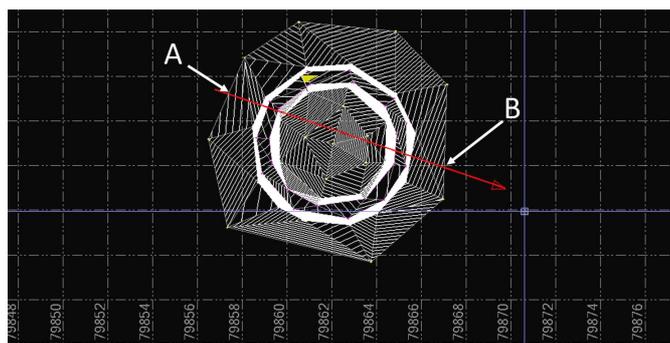


Figura 8. Resultado de interpolaciones realizadas a través del método de interpolación por distancia.

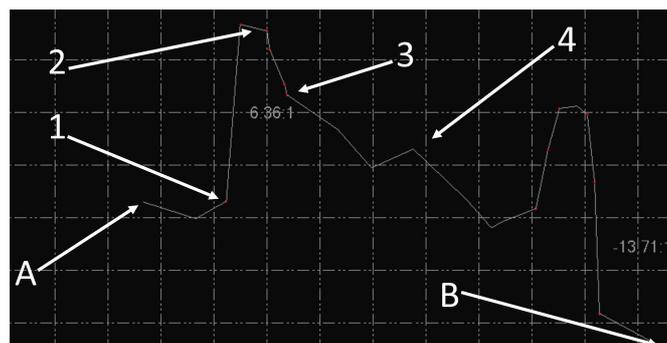


Figura 9. Perfil topográfico de la línea AB mostrando la altura y la estructura de los muros del recinto circular.

dad y que los datos procesados reflejen con exactitud las características físicas del terreno.

Por otro lado, se hace mención de que en la parte interna de los recintos se aprecian bloques de piedra que han sido parte de los paramentos, aunque durante el proceso de levantamiento no fueron removidos a fin de no afectar al piso arqueológico.

## RESULTADOS

### Registro de sitios arqueológicos en la subcuenca del río Cocahuayco

La aplicación de la geomática al registro de estos sitios arqueológicos ha permitido la identificación de diez sitios de ocupación prehispánica donde destaca la presencia de terrazas agrícolas con recintos circulares sobre ellas (ver tabla 2). Se encuentran asociados con imponentes formaciones rocosas que funcionan como paredes o muros de contención para las estructuras cir-

culares. Tanto los recintos como las terrazas se realizaron utilizando piedras calizas que fueron ensambladas con argamasa de barro, mezclado a menudo con paja, piedrecillas y otros materiales locales.

En la subcuenca del río Cocahuayco se han registrado sitios arqueológicos ubicados en zonas agrestes de difícil acceso, de los cuales siete son terrazas agrícolas, uno corresponde a banales donde se observan sistemas de drenaje, uno es arquitectura habitacional y otro es una cueva. Los sitios con arquitectura se caracterizan por tener un conjunto de estructuras arquitectónicas formadas por terrazas y recintos situados sobre una colina. Las terrazas tienen entre 90 y 100 m de largo, 0.90 m de altura y entre 5 y 6 m de ancho en la plataforma. La arquitectura habitacional presenta recintos arquitectónicos con formas circulares, semicirculares y cuadrangulares. En el registro arqueológico se han colocado siglas para cada sitio: P (Perú,) Am (Amazonas), B (Bongará), Scrc (subcuenca del río Cocahuayco), 001 (número de sitio arqueológico registrado). A continuación, se detalla cada sitio arqueológico:

Tabla 2. Ubicación de sitios arqueológicos registrados con coordenadas UTM según el sistema geodésico mundial WSG84 y la zona cartográfica 18 sur.

ID	Sitio Arqueológico	Tipo de Sitio	Norte	Este
1	Cueva San Pablo	Cueva/cementerio	9333458.033	180107.2782
2	San Pablo	Arquitectura habitacional	9333348.996	179862.0451
3	Senegal	Terrazas agrícolas	9330163.964	179445.8186
4	Cajuache Bajo	Terrazas agrícolas	9329638.786	178867.2467
5	La Arena	Terrazas agrícolas	9331791.155	181033.3218
6	La Arena 2	Terrazas agrícolas	9331925.3325	180923.5587
7	Shungaya	Terrazas agrícolas	9330520.215	180834.2917
8	Quintana	Andenes y drenaje	9331705.876	179792.3586
9	Tincucho	Terrazas agrícolas	9331242.2654	180527.3365
10	Mata	Terrazas agrícolas	9331138.212	179960.3426



Figura 10. Cueva San Pablo. Restos de osamenta humana.



Figura 11. Arquitectura de tipo habitacional construida con piedra caliza, característica de la cultura prehispánica Chachapoyas.

### Cueva San Pablo (P-Am-B-Scrc-001)

La cueva San Pablo se encuentra en una ladera que domina la subcuenca del río Cocahuayco. Situada en las coordenadas UTM 9333458.033 N/180107.2782 E y a una altitud de 2000 m s. n. m., el sitio de San Pablo corresponde a una cueva y dentro de ella se evidencia una osamenta humana disturbada (figura 10), lo cual se define como una nueva forma de depositar a los muertos en cuevas, siendo una característica peculiar del patrón funerario de la cultura prehispánica Chachapoyas.

### Arquitectura habitacional (P-Am-B-Scrc-002)

La arquitectura habitacional se ubica en el sector San Pablo. Tiene las coordenadas UTM 9333348.996 N y 179862.0451 E y una altitud de 2000 m. Presenta recintos circulares construidos con piedra caliza. Los mu-



Figura 12. Terraza agrícola con muros altos. Sobre esta estructura se halla la presencia de recintos circulares.

ros están unidos con argamasa de barro y tienen una altura de 0.80 a 3 m, lo cual constituye una arquitectura habitacional prehispánica (figura 11).

### Terraza agrícola Senegal (P-Am-B-Scrc-003)

Terraza agrícola que se ubica en las coordenadas UTM 9330163.964 N/179445.8186 E, con una altitud de 2100 m. El sitio tiene un conjunto de estructuras arquitectónicas distribuidas sobre la colina natural. Son muros de 2 m de altura, paramentos construidos con piedras pequeñas de caliza y arenisca con «cara vista» al exterior, unidas con mortero de barro (figura 12).

### Terraza agrícola Cajuaque Bajo (P-Am-B-Scrc-004)

Cajuaque Bajo corresponde a una terraza agrícola situada cerca del poblado Cocachimba, con las coordenadas UTM 9329638.786 N/178867.2467 E y una altitud de 1916 m. El sitio presenta terrazas agrícolas en un terreno ligeramente en declive con mucha vegetación. Las terrazas agrícolas tienen entre 60 y 80 m de longitud, con muros entre 0,50 y 1 m de altura construidos con piedras calizas con «cara vista» al exterior, unidas con barro y piedrecillas asociadas con pajillas de la zona. El sitio está cubierto por vegetación arbustiva y las prácticas agrícolas realizadas sin control, en contra de la conservación del patrimonio arqueológico, vienen deteriorando las estructuras (figura 13).

### Terraza agrícola La Arena (P-Am-B-Scrc-005)

El sitio arqueológico La Arena se encuentra en una ladera en declive, ubicada en las coordenadas UTM



Figura 13. Terraza agrícola ubicada cerca del poblado Cocachimba.

9331791.155 N/181033.3218 E y con una altitud de 2092 m. Tiene parcelas agrícolas y se observan las bases de recintos arquitectónicos distribuidos sobre las terrazas. Las parcelas agrícolas están delimitadas por muros de piedra caliza y arenisca que miden entre 0,70 y 1,10 m de alto por 0,50 m de ancho. Las bases de las estructuras pertenecen a recintos circulares ubicados sobre las terrazas. En algunos casos se muestran los vanos de acceso al recinto. El sitio está en regular estado de conservación (figura 14).

#### Terraza agrícola La Arena 2 (P-Am-B-Scrc-006)

La Arena 2 se sitúa en una colina natural al noreste de la subcuenca del río Cocahuayco. Tiene las coordenadas UTM 9331925.3325 N/180923.5587 E y una altitud de 2750 m. El sitio presenta una terraza agrícola de muros altos que oscilan entre 0,80 m y 2,50 de

alto y 0,60 m de ancho. Se encuentran asociados a un conjunto de estructuras arquitectónicas de forma circular y semicircular situadas sobre las terrazas. Estas estructuras se desplazan sobre la superficie teniendo en cuenta la topografía del terreno (figura 15).

#### Terraza agrícola Shungaya (P-Am-B-Scrc-007)

Shungaya se localiza en un terreno montañoso, a una distancia de 4 horas caminando desde el poblado Cocachimba, ingresando por un camino de herradura que nos lleva a la parte más alta, en la cual se distribuyen sobre la superficie terrazas agrícolas en buen estado de conservación. Las condiciones atmosféricas presentan fuerte densidad del aire y una temperatura baja media de 14 °C. El sitio arqueológico se registra con las coordenadas UTM 9330520.215 N/180834.2917 E y posee una altitud de 2253 m. Presenta terrazas agrícolas,



Figura 14. Terraza agrícola con muros altos. Sobre esta estructura se halla la presencia de bases de recintos circulares.



Figura 15. Terraza agrícola con muros altos. Sobre la misma hay recintos circulares y semicirculares.



Figura 16. Terraza agrícola con muros altos y aleros que sirvieron para proteger de la lluvia y la humedad.

sobre las cuales se ubican estructuras circulares y semi-circulares. Además, se observan aleros que sobresalen por encima de los muros con la finalidad de proteger esta estructura de la humedad y las lluvias (figura 16).

#### Bancales de drenaje Quintana (P-Am-B-Scrc-008)

El sector Quintana corresponde a un sitio arqueológico de arquitectura de bancales con ductos de drenaje.



Figura 17. Terraza agrícola con bancales y ducto de drenaje.



Figura 18. Terraza agrícola con muros altos. Se observa abundante vegetación que cubre las paredes de los muros.

Se sitúa en las coordenadas UTM 9331705.876 N/179792.3586 E y tiene una altitud de 1986 m. El sitio presenta un sistema de bancales con ducto de drenaje que corresponde a una técnica constructiva ancestral chachapoya, exhibiendo el conocimiento que tenían nuestros antepasados sobre la creación de estructuras de ingeniería hidráulica, así como la destreza en sus edificaciones de piedra, que se sitúan estratégicamente y perviven a través del tiempo. Está en buen estado de



Figura 19. Terraza agrícola con muros altos construidos con piedra caliza, en buen estado de conservación.

conservación y cubierto por vegetación arbustiva (figura 17).

### Terraza agrícola Tincucho (P-Am-B-Scrc-009)

Tincucho es un sitio arqueológico con terrazas agrícolas ubicado en las coordenadas UTM 9331242.2654 N/180527.3365 E y con una altitud de 2060 m. Las terrazas agrícolas están cubiertas por abundante vegetación. Se observan muros altos de piedra caliza y arenisca en regular estado de conservación (figura 18).

### Terraza agrícola Mata (P-Am-B-Scrc-010)

La Mata se localiza en una colina natural con las coordenadas UTM 9331138.212 N/179960.3426 E y una altitud de 2036 m. El sitio corresponde a una construcción de terraza agrícola edificada con piedras grandes de piedra caliza. Se observa una piedra sobre otra. Es imponente y está bien presentado y en buen estado de conservación (figura 19).

## ANÁLISIS

Los datos recogidos en el campo han facilitado la elaboración de cartografía detallada que, en muchos casos, complementa y mejora la precisión de la cartografía oficial. Durante las comparaciones, se ha observado que las elevaciones registradas en la carta nacional 12H, elaborada y publicada por el Instituto Geográfico Nacional del Perú, a menudo no coinciden con las elevaciones optométricas obtenidas directamente en el campo utilizando equipos de alta precisión. Además de estas discrepancias de altitud, se identificó la presencia de quebradas y otros accidentes geográficos que no estaban representados en la cartografía oficial, lo que subraya la necesidad de actualizar y revisar continuamente estos mapas para reflejar con mayor precisión las características del terreno.

Se presentan los resultados obtenidos durante el proceso de levantamiento topográfico y análisis de datos de campo, donde es importante aclarar que estas imágenes son representaciones simplificadas y no los planos completos generados, ya que los planos detallados son de dimensiones mucho mayores y contienen un nivel de detalle que no sería posible visualizar adecuadamente en el formato de este artículo. Por lo tanto, las figuras se han adaptado para ofrecer una visión general de los hallazgos, sin sacrificar la claridad y la comprensión de

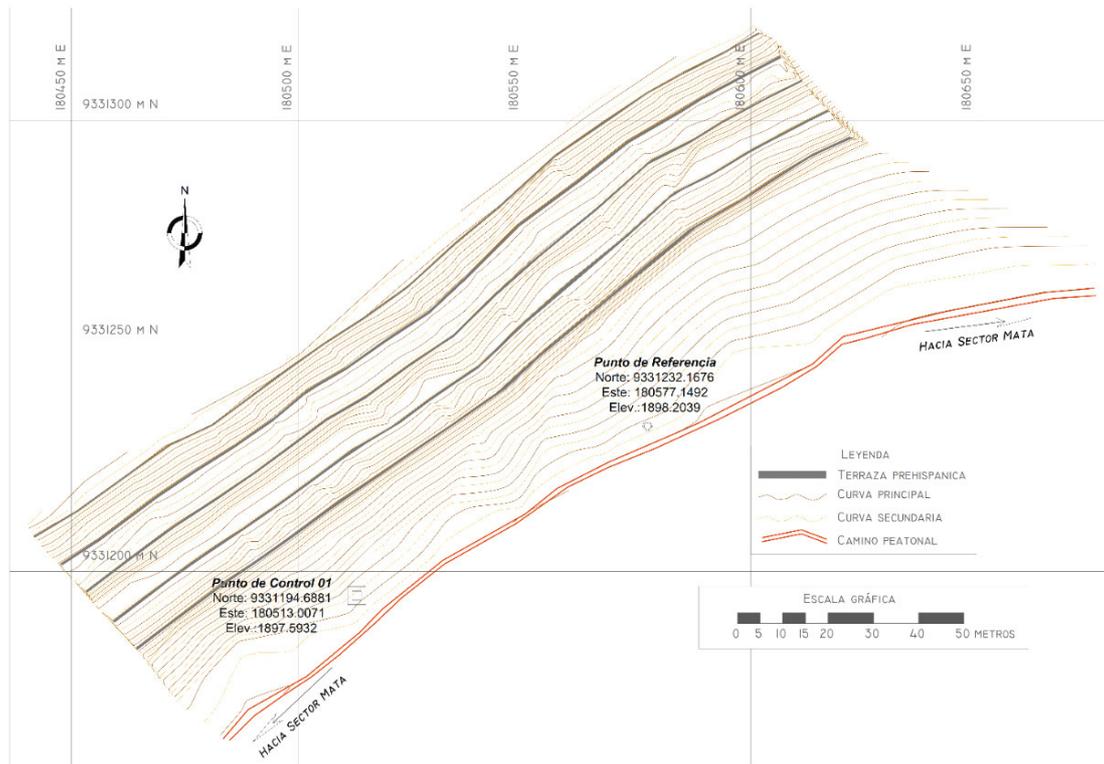


Figura 20. Plano en planta del sector Tincucho: visualización de bancales y puntos de control GNSS.

los elementos más relevantes documentados durante el estudio.

La figura 20 muestra una porción de la planta correspondiente al sector «Tincucho», que abarca una superficie elevada de aproximadamente dos hectáreas. Las terrazas representadas en la figura tienen una extensión que supera los 200 m de longitud.

Sin embargo, debido a la disposición de estas terrazas en diferentes parcelas, cada una perteneciente a diferentes propietarios, algunos de los cuales no permitieron el acceso a sus terrenos, el levantamiento no pudo abarcar la totalidad de las mismas. En el plano se destacan dos puntos de control geodésico obtenidos con receptores GNSS; aunque fue necesario establecer numerosos puntos auxiliares adicionales para garantizar la correcta ubicación y funcionamiento de la estación total durante el levantamiento topográfico.

Además, se decidió no incluir la ubicación de los árboles en la imagen para evitar que la vegetación obstruyera la visibilidad de las terrazas agrícolas que se pretendían ilustrar. Esta omisión intencionada persigue proporcionar una mejor comprensión de la distribución y las características de las estructuras agrícolas documentadas.

La figura 21 muestra una sección del plano del sector «La Arena 2» abarcando una superficie de dos hec-

táreas, donde se visualizan bancales con una longitud aproximada de 100 m cada uno. Este plano proporciona una representación detallada de la distribución y dimensiones de las estructuras agrícolas en el mencionado sector, facilitando una comprensión más precisa de la disposición espacial de los bancales dentro del área estudiada.

En varios casos, los recintos arqueológicos están unidos a robustas formaciones rocosas que se desempeñan como muros de contención de las estructuras circulares. Tanto los recintos como las terrazas están contruidos con piedra caliza, ensamblada con un mortero de barro que a menudo incluye paja y otros materiales locales para mejorar la cohesión. Además, los edificios emplean pachillas, pequeñas piedras utilizadas en la construcción para proporcionar estabilidad adicional y soporte estructural. Con esta combinación de técnicas y materiales demostraban una adaptación eficaz a los recursos disponibles en su entorno.

Los yacimientos arqueológicos se localizan en zonas históricamente dedicadas a la agricultura y la ganadería, considerándose como puntos estratégicos. En teoría, se podría tener una visión de las cascadas y saltos de agua cercanos; sin embargo, la visibilidad actual de estas fuentes de agua está obstruida por la densa vegetación. A pesar de ello, es posible observar que el acce-



Figura 21. Plano en planta del sector La Arena 2: representación de bancales en un área de dos hectáreas.

so a estas fuentes es relativamente fácil, lo cual habría influido en la selección de estos lugares para las actividades agrícolas y ganaderas, permitiendo el abastecimiento de recursos hídricos a las poblaciones antiguas.

Estos yacimientos arqueológicos han sufrido daños irreparables debido a factores antropogénicos, ya que muchos fueron destruidos para obtener las piedras utilizadas en su construcción original, que se reutilizaron para edificar estructuras contemporáneas como corrales y refugios contra la lluvia. Este saqueo y reutilización de materiales alteró el hábitat original y contribuyó a aumentar la erosión del suelo circundante, provocando un impacto negativo en la conservación del patrimonio y la integridad del paisaje arqueológico.

La figura 22 muestra el recinto circular ubicado en el sector Shungaya, donde se puede observar la catarata del mismo nombre (imagen izquierda). Además, se expone el ducto de drenaje ubicado en el sector bajo de la subcuenca de Cocahuayco (imagen inferior derecha). En la misma figura, se exhiben bloques de piedras asociadas a la arquitectura prehispánica (imagen superior derecha).

Durante el análisis espacial de la disposición de los sitios arqueológicos, se constató que varios recintos circulares tenían una orientación visual privilegiada hacia la imponente catarata de Gocta; convirtiéndose en una

tendencia recurrente la ubicación de estos sitios en las inmediaciones de cursos de agua que no están representados en la cartografía oficial, lo cual enfatiza la especial relación que esta antigua cultura mantuvo con los recursos hídricos disponibles.

Además, se ha observado que los recintos circulares tienden a localizarse en zonas de topografía relativamente llana, contrastando claramente con la ubicación de las terrazas agrícolas, que se sitúan en zonas con fuertes pendientes topográficas, producto de una planificación consciente y adaptada a las características del terreno para optimizar el uso del espacio y los recursos naturales. La disposición plana del suelo de los recintos está relacionada con la necesidad de espacios más estables y accesibles, mientras que las terrazas se ubican en pendientes para maximizar el uso de la tierra cultivable y la gestión eficiente de los recursos hídricos.

La figura 23 muestra la elaboración de un mapa detallado que ilustra la distribución de los sitios arqueológicos en la subcuenca del río Cocahuayco. Este mapa expone la georreferencia precisa de los 10 sitios arqueológicos, incluyendo recintos circulares, ductos de drenaje y estructuras habitacionales construidas sobre terrazas agrícolas o bancales.

También se realizó la representación geoespacial para una clara visualización de la localización y disposición



Figura 22. Arquitectura de sectores investigados.

de estos elementos en el paisaje, facilitando un análisis de su distribución y relación con las características geográficas de la zona, lo cual permite la comprensión de la organización y el uso del espacio en el contexto de las antiguas actividades de la región.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio, los resultados del georreferenciado son óptimos debido al especial cuidado que se tuvo desde el inicio de este trabajo. El criterio de utilizar equipos de geodesia satelital y de topografía automatizada permitió realizar el estudio con la menor pérdida de tiempo posible. Además, en las zonas en las que no teníamos una señal óptima de la radio base, se procedía a efectuar el levantamiento mediante el uso de una estación total.

Para el levantamiento de caminos hacia los sitios arqueológicos, se emplearon receptores de tipo navegador y cartográfico, los cuales permitieron el registro de los caminos mediante el método «tracking». Es cierto que este método no es muy confiable dado su alto grado de error (Gao *et al.* 2024; Jiang *et al.* 2021), aunque también podemos afirmar que no era necesaria tanta precisión en el levantamiento de caminos a estos sitios,

debido a que ello no era elemento de interés para este trabajo. Además, el control de la calidad de los equipos permitió identificar la fiabilidad de los receptores de tipo navegador en trabajos bajo fuerte cobertura arbórea y en condiciones topográficas de fuertes pendientes (Kumarin *et al.* 2022); observando que, aunque el equipo mostraba una precisión de 10 m, al evaluar sus datos con los que brindaba el receptor diferencial se veía que el error real de la posición era de hasta 60 m.

Estas variaciones se deben a la interferencia de la señal satelital causada por la cobertura arbórea y las condiciones topográficas adversas (Zhodzishsky & Kurynin 2018).

En las fechas en que se realizaron los trabajos de campo también se consideró tomar fotografías de forma continua para poder desarrollar una representación fotogramétrica de las zonas registradas. No obstante, en estos sitios se observa una fuerte presencia de árboles, lo cual dificultó poder obtener un trabajo óptimo con fotografías tomadas desde tierra o desde el aire.

Al-Ruzouq *et al.* (2022) mencionan que la fotogrametría usa una cámara montada en un avión para tomar imágenes verticalmente, mientras que los sistemas de posicionamiento global GPS recopilan imágenes desde una distancia cercana y diferentes posiciones dentro de esta distancia. Estos últimos sistemas se basan en

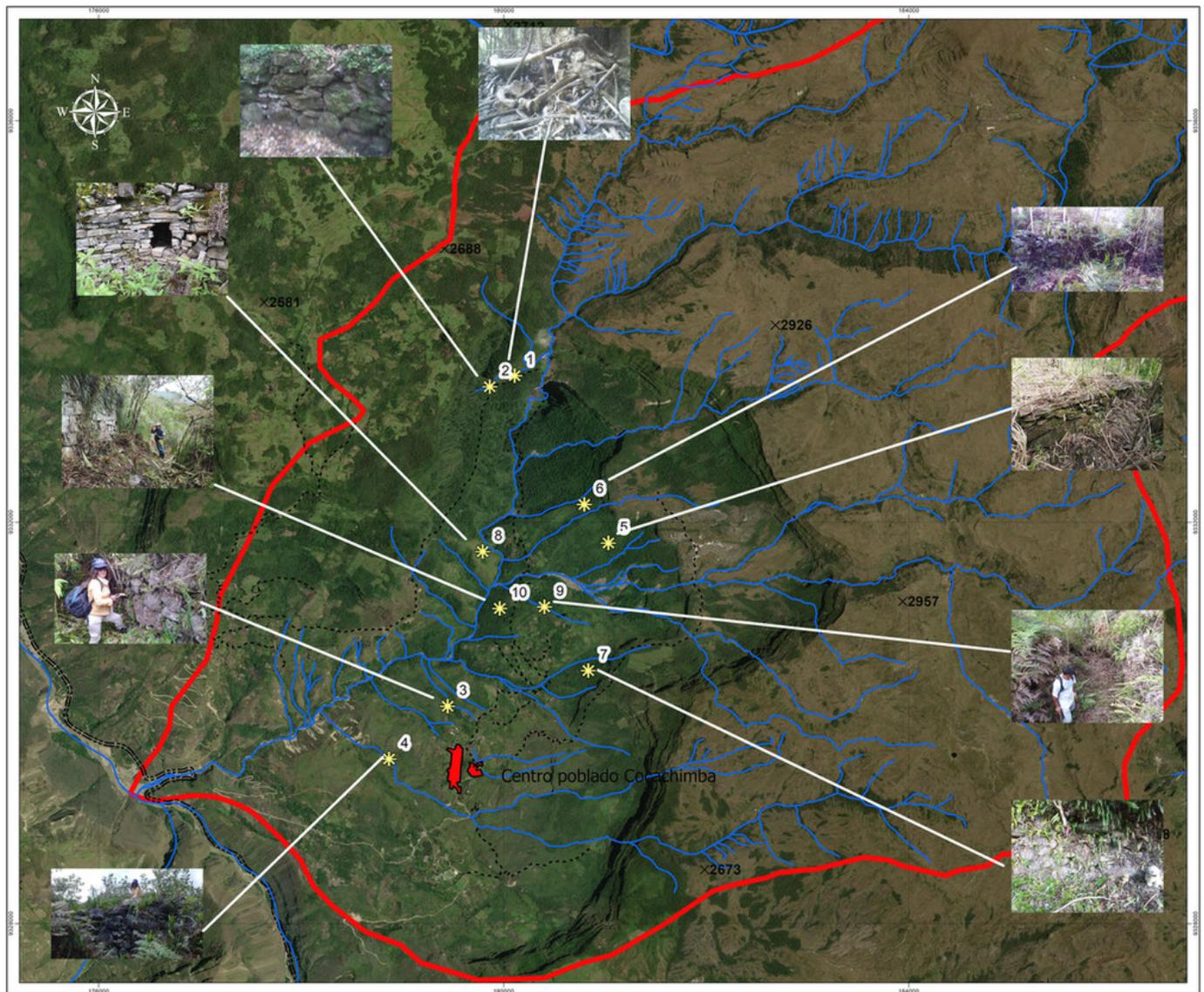


Figura 22. Arquitectura de sectores investigados. Escala 1:25000 (Maritza Revilla Bueloth, David Enmanuel Llancari Oliden).

satélites que determinan la ubicación precisa de los objetos según su posición en la Tierra. Del mismo modo, Torres-Martínez *et al.* (2016) indican que la fotogrametría aérea exhibe problemas para construir planos verticales, comunes en sitios arqueológicos, mientras que los escáneres láser terrestres o la fotogrametría terrestre proporcionan buenos resultados; sin embargo, estas técnicas terrestres están sujetas a problemas con superficies horizontales o áreas elevadas. El presente estudio concuerda con los autores antes mencionados, ya que la idea de controlar los datos que suministran los equipos receptores GNSS se debe a la experiencia en el ejercicio profesional de la topografía en estas condiciones de terreno; de no haber sido por esto, quizás nunca se hubiesen identificado esos errores.

En cuanto al uso de drones en estas condiciones de trabajo, no podrían ser posibles las tomas aéreas debi-

do a la presencia de arbustos y árboles. Respecto a la fotogrametría terrestre, este proceso implicaría la edición de cada fotografía con la finalidad de corregir las diferentes tonalidades de iluminación provocadas por la presencia de los árboles que obstaculizan la incidencia de los rayos solares, además de eliminar de las fotos la presencia de árboles, ramas y demás elementos que dificultarían la observación de los sitios arqueológicos.

Asimismo, debemos indicar que durante este trabajo no fue factible la tala de los árboles dentro de sitios arqueológicos (Picornell-Gelabert 2020) porque se debe contar con una autorización del Ministerio de Cultura para intervenir en estos sitios.

Mignone (2021) manifiesta que el estudio de redes en Perú a partir de la teledetección y el SIG ha demostrado ser sumamente útil para investigar las relaciones entre las culturas andinas del pasado y su medio am-

biente. Igualmente, Goswami (2024) indica que estas relaciones son frecuentes en medios geográficos hostiles que plantean un difícil acceso a los sitios arqueológicos. Es así como se coincide con los autores ya que, en este estudio, el análisis espacial de la ubicación de los sitios arqueológicos y la topografía de la zona demuestra el conocimiento de los antiguos pobladores de esta zona en cuanto al ordenamiento territorial; debido a que ubicaron sus sitios habitacionales en zonas remotas y, muchas veces, de agreste topografía, alejadas de los cauces de los ríos y quebradas y, a su vez, con vista hacia la catarata de Gocta.

Durante este trabajo siempre se compararon los resultados que obteníamos en el campo con los que brinda la Carta Nacional del Perú, en los cuales hemos visto errores de hasta 300 m en la elevación y de 200 m en la posición horizontal. También se han identificado quebradas que no existen en la cartografía nacional y se ha observado que los poblados no están correctamente georreferenciados.

Tal como indica Montalvo (2020), el SIG como herramienta no interpretará la información por nosotros, si bien nos restituye datos que pueden apuntalar las interpretaciones arqueológicas; sin embargo, como toda herramienta, necesita calibración para restituir datos confiables que no falseen las interpretaciones. Por ello, se concuerda con Baglay (2022), quien menciona que es importante registrar e interpretar el pasado prehispánico en contexto arqueológico *in situ* debido a que las evidencias prehispánicas de inmuebles son elementos que fueron creados por el hombre para una función específica que, al mismo tiempo, prevalecen en el presente como un potencial cultural coherente dentro de un territorio.

Tejeda-Sánchez *et al.* (2018) dan a conocer que, a lo largo de los años, la geomática ha tenido la oportunidad de comprobar, sobre distintos tipos de restos y ruinas, el rendimiento de nuevos sensores y equipos, así como la utilidad de sus métodos y procedimientos de trabajo. Por ello, las metodologías de instrumentación y geomática aplicadas a la arqueología han experimentado una evolución en las últimas décadas, pasando de los métodos cuasi manuales de levantamiento por topografía clásica a las más recientes técnicas fotogramétricas automáticas.

Coincidiendo con Mozas-Calvache *et al.* (2023), además de los equipos receptores GNSS, existen diversas técnicas geomáticas aplicadas a yacimientos arqueológicos, tales como metodologías recientes basadas en la fotogrametría de corto alcance (CRP) y la detección y

medición de luz (LiDAR) y, más concretamente, el escaneo láser terrestre (TLS); que permiten obtener modelos 3D para documentar estructuras determinando su geometría con una densidad y precisión inimaginables hasta hace pocos años.

Asimismo, esto encaja con el aporte de Kowlessar *et al.* (2023), quienes afirman que la geomática es aplicable para la identificación de estructuras arqueológicas y la reconstrucción de estas, utilizando diversos métodos que se adhieren a la realidad, como el geofísico no invasivo de tomografía de resistividad eléctrica (ERT), el cual es un método rápido, de bajo coste y no invasivo que puede caracterizar grandes áreas del paisaje. Estos datos de ERT se pueden usar para desarrollar modelos de paisaje que son útiles para comprender las ubicaciones de sitios conocidos, así como para predecir nuevas localizaciones de sitios (Herring *et al.* 2023; Alam *et al.* 2024).

Por otro lado, Muñoz-Nieto *et al.* (2014) destacan la existencia de los vehículos no tripulados (UAV), los cuales ofrecen muchas posibilidades para obtener productos cartográficos a gran escala, proporcionando una excelente documentación para la preservación del patrimonio cultural. Por ello, los UAV y las tecnologías geomáticas asociadas han contribuido a la ampliación de la gama de aplicaciones fotogramétricas en diferentes campos.

Por tanto, comprobamos que el desarrollo de las técnicas geomáticas durante las últimas décadas ha permitido mejorar la documentación gráfica de los yacimientos arqueológicos mediante la adquisición y el procesamiento de datos.

Aunque Pérez-García *et al.* (2021) y Mozas-Calvache *et al.* (2023) afirman que estos avances permiten la aplicación de estas técnicas incluso por parte de usuarios no profesionales en circunstancias sencillas, nosotros sostenemos que la geomática es una herramienta de gran utilidad para los trabajos arqueológicos, pero como tal debe ser aplicada por profesionales especialistas y con experiencia en trabajos de topografía, cartografía y geodesia para brindar datos validados para mayor aprovechamiento en el campo de la investigación.

Si el investigador no conoce el potencial real del equipo que utiliza, entonces no puede garantizar la calidad de su trabajo. Es decir, si tenemos datos de campo de baja calidad, entonces la cartografía a generar con estos datos presentará el mismo problema. Por lo tanto, dicha cartografía no sería fiable y los resultados del estudio no tendrían concordancia con el objetivo, además de carecer de rigor científico.

## CONCLUSIONES

El uso de receptores GNSS para el control de errores, junto con los levantamientos topográficos y geodésicos en tiempo real utilizando tecnología RTK y un enfoque cartográfico, ha permitido georreferenciar con éxito diez sitios arqueológicos correspondientes a la cultura Chachapoyas; incluyendo arquitectura habitacional, sistema de bancales y drenaje, cueva con osamenta disturbada en superficie ubicada en el camino a la primera caída de la catarata de Gocta, característica del patrón funerario de dicha cultura prehispánica, y terrazas agrícolas sobre las cuales se ubican recintos circulares construidos con piedras calizas.

La aplicación de técnicas geomáticas, incluido el uso de receptores GNSS y estaciones totales, ha posibilitado una documentación más precisa de los yacimientos arqueológicos en comparación con la cartografía oficial, donde las discrepancias observadas en las elevacio-

nes y la presencia de accidentes geográficos no representados en los mapas oficiales ponen de relieve la importancia de emplear herramientas avanzadas para actualizar y mejorar la precisión cartográfica. Esto último optimiza la tarea de georreferenciar los yacimientos arqueológicos y facilita una comprensión más detallada de la disposición espacial y la relación de estos yacimientos con su entorno geográfico.

La aplicación de la geomática ha permitido elaborar un mapa que muestra con precisión los sitios arqueológicos identificados. Estos yacimientos requieren ahora una intervención arqueológica siguiendo el debido proceso metodológico encaminado a su conservación y puesta en valor, buscando promover el turismo sostenible y reforzar la identidad cultural local, además de mejorar las infraestructuras turísticas y generar nuevas oportunidades de inversión y empleo, elevando la calidad de vida de la comunidad y proporcionando importantes beneficios a todos sus miembros.

## Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas e instituciones colaboradoras que contribuyeron a la realización de esta investigación, brindando conocimiento de los lugares y temas especializados en geomática tratados en el artículo.

## Declaración de contribución a la autoría

Maritza Revilla Bueloth: conceptualización, investigación, metodología, redacción, revisión y edición; David Enmanuel Llancari Oliden: conservación de datos, *software*, investigación, metodología, validación, redacción, borrador original; Alex Javier Sánchez Pantaleón: conceptualización, investigación, redacción, revisión y edición; Diego Leandro Quispe Revilla: conceptualización, investigación, redacción, borrador original, visualización, análisis formal; Jhunnors Puscan Visalot: conceptualización, *software*, investigación, redacción, revisión y edición.

## REFERENCIAS

- AGUILÓ, M. 1999. *El paisaje construido: una aproximación a la idea de lugar*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Editorial Castalia.
- ALAM, J. B.; A. AHMED; Z. ALAM. 2024. Application of Electrical Resistivity Tomography in Geotechnical and Geoenvironmental Engineering Aspect. *Geotechnics* 4, 2: 399-414. <<https://doi.org/10.3390/geotechnics4020022>>.
- AL-RUZOUQ, R.; S. ABU DABOUS; A. ABUELADAS; F. HOSNY; F. IBRAHIM. 2022. Integrated Archaeological Modeling Based on Geomatics Techniques and Ground-Penetrating Radar. *Remote Sensing* 14, 7: 1622. <<https://doi.org/10.3390/rs14071622>>.
- BAGLAY, V. 2022. Archaeology of Mexico City: new studies in the study of the history of the ancient Aztecs. *Latinskaia Amerika* 1: 75-90. <<https://doi.org/10.31857/s0044748x0018054-8>>.
- BENITO, J. E. 2019. Evaluando la rentabilidad y productividad de la prospección arqueológica: el Valle del Tajuña (Madrid). *Complutum* 30, 1: 79-105. <<https://doi.org/10.5209/cmpl.64509>>.

- BRICEÑO, J.; E. F. RODRÍGUEZ; S. LEIVA; L. E. POLLACK; E. ALVÍTEZ; G. GAYOSO. 2021. Estudio preliminar de la ocupación humana prehispánica y la diversidad natural en cerro Pergoche, parte alta de la cuenca del valle de Chicama, centro poblado Barro Negro, caserío San Isidro, distrito Usquil, provincia Otuzco, región La Libertad, Perú. *Arnaldoa* 28, 2: 243-304.
- COSTANTINO, D.; M. PEPE; A. G. RESTUCCIA. 2023. *Scan-to-HBIM* for conservation and preservation of Cultural Heritage building: the case study of San Nicola in Montedoro church (Italy). *Applied Geomatics* 15: 607-621. <<https://doi.org/10.1007/S12518-021-00359-2>>.
- DOYO, D. W.; S. T. GEBREKRISTOS; A. S. KASA; S. D. HATIYE. 2022. Groundwater prospective mapping using remote sensing and GIS techniques: the case of Meki watershed in Central Rift Valley, Ethiopia. *Sustainable Water Resources Management* 8: 184. <<https://doi.org/10.1007/s40899-022-00775-1>>.
- EBOLESE, D.; M. LO BRUTTO. 2020. Study and 3D survey of the Roman baths in the archaeological site of *Lylibaeum* (Marsala, Italy). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 949: 012103. <<https://doi.org/10.1088/1757-899X/949/1/012103>>.
- FERRARI, I.; A. QUARTA. 2019. The Roman pier of San Cataldo: from archaeological data to 3D reconstruction. *Virtual Archaeology Review* 10, 20: 28-39. <<https://doi.org/10.4995/var.2019.7957>>.
- GAO, N.; X. CHEN; Z. YAN; Z. JIAO. 2024. Performance Enhancement and Evaluation of a Vector Tracking Receiver Using Adaptive Tracking Loops. *Remote Sensing* 16, 11: 1836. <<https://doi.org/10.3390/rs16111836>>.
- GEOMATICAES. 2019. ¿Qué es la Geomática? GeomaticaES. <<https://geomatice.com/que-es-la-geomatice/aplicaciones-2/>>.
- GOSWAMI, K. 2024. Morphometric Analysis of Irang River Watershed, Manipur, India using Remote Sensing and GIS. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology* 12, 1: 129-134. <<https://doi.org/10.22214/ijraset.202.57884>>.
- HERRING, T.; A. G. LEWKOWICZ; C. HAUCK; C. HILBICH; C. MOLLARET; G. A. OLDENBORGER; S. UHLEMANN; M. FARZAMIAN; F. CALMELS; R. SCANDROGLIO. 2023. Best practices for using electrical resistivity tomography to investigate permafrost. *Permafrost and Periglacial Processes* 34, 4: 494-512. <<https://doi.org/10.1002/ppp.2207>>.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). 2018. *Amazonas. Resultados definitivos*. Tomo I. Instituto Nacional de Estadística e Informática. <[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1567/01TOMO\\_01.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1567/01TOMO_01.pdf)>.
- JIANG, C.; S. CHEN; Y. CHEN; D. LIU; Y. BO. 2021. GNSS Vector Tracking Method Using Graph Optimization. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs* 68, 4: 1313-1317. <<https://doi.org/10.1109/TCSII.2020.3025455>>.
- KHEDR, M. Z.; S. KAMH; A. A. AL DESOUKY; E. TAKAZAWA; C. HAUZENBERGER; S. A. WHATTAM; A. EL-AWADY. 2023. Remote sensing and geochemical investigations of sulfide-bearing metavolcanic and gabbroic rocks (Egypt): Constraints on host-rock petrogenesis and sulfide genesis. *Gondwana Research* 119: 282-312. <<https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.03.021>>.
- KOWLESSAR, J.; I. MOFFAT; D. WESLEY; M. WILLIS; S. WRIGGLESWORTH; T. JONES; A. NAYINGGUL; N. RANGERS. 2023. Reconstructing archaeological palaeolandscapes using geophysical and geomatic survey techniques: An example from Red Lily Lagoon, Arnhem Land, Australia. *PLoS ONE* 18, 5: e0283006. <<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0283006>>.
- KUMARIN, A.; M. DMITRIY; S. SHAFRAN; I. KUDRYAVTSEV. 2022. Navigation Receiver Signal Tracking Module Correction Based on Motion Data. En *2022 29th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems (ICINS)*, pp. 1-5. <<https://doi.org/10.23919/ICINS51784.2022.9815424>>.
- LEIVA, S.; E. RODRÍGUEZ; L. E. POLLACK; J. BRICEÑO; J. JIMÉNEZ; G. GAYOSO; I. S. SALDAÑA; M. Á. BARRENA; E. PARIENTE; W. GOSGOT; Ó. GAMARRA; J. RASCÓN. 2019. Diversidad natural y cultural del Complejo Arqueológico Kuélap (provincia Luya, región Amazonas): la fortaleza de los hombres de las nubes. *Arnaldoa* 26, 3: 883-930.
- MELÉNDEZ, J.; M. ALVA. 2016. Aplicaciones de la geomática para estudios sobre el medio físico y la planificación en la subcuenca de la quebrada Chucumayo, distrito Matucana, provincia Huarochirí, departamento de Lima. *Investigaciones Sociales* 20, 36: 95-104. <<https://doi.org/10.15381/is.v20i36.12922>>.
- MIGNONE, P. 2021. Evaluación crítica de la eficacia del camino de menor coste para el estudio predictivo del Qhapaq Ñan. *Chungara* 53, 1: 5-20. <<https://doi.org/10.4067/S0717-73562020005002201>>.
- MINISTERIO DE CULTURA. 2014. *Geomática aplicada a la Arqueología*. Ministerio de Cultura, Perú. <<https://www.zonacaral.gob.pe/investigacion-y-conservacion-arqueologica/geomatice-aplicada-a-la-arqueologica/>>.
- MINISTERIO DE CULTURA. 2016. *Paisajes culturales en Iberoamérica*. Ministerio de Cultura, Perú. <<https://repositorio.cultura.gob.pe/bitstream/handle/CULTURA/599/Paisajes%20culturales%20en%20Iberoamerica.pdf>>.

- MONTALVO, C. E. 2020. La prospección arqueológica basada en imágenes satelitales: el caso de la zona norte del país caranqui (Imbabura, Ecuador). *Arqueología Iberoamericana* 45: 35-42. <<https://doi.org/10.5281/zenodo.3757873>>.
- MOZAS-CALVACHE, A. T.; J. L. PÉREZ-GARCÍA; J. M. GÓMEZ-LÓPEZ. 2023. Geometrical study of Middle Kingdom funerary complexes in Qubbet el-Hawa (Aswan, Egypt) based on 3D models. *Virtual Archaeology Review* 14, 28: 1-18. <<https://doi.org/10.4995/VAR.2023.18418>>.
- MUÑOZ-NIETO, A. L.; P. RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ; D. GONZÁLEZ-AGUILERA; J. FERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ; J. GÓMEZ-LAHOZ; I. PICÓN-CABRERA; J. S. HERRERO-PASCUAL; D. HERNÁNDEZ-LÓPEZ. 2014. UAV archaeological reconstruction: The study case of Chamartin Hillfort (Avila, Spain). *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* II-5: 259-265. <<https://doi.org/10.5194/ISPRSANNALS-II-5-259-2014>>.
- PATRIMONIO MUNDIAL. 2015. *Santuario histórico de Machu Picchu*. Ministerio de Cultura, Perú. <<https://patrimoniomundial.cultura.pe/sitiosdelpatrimoniomundial/santuario-hist%C3%B3rico-de-machu-picchu>>.
- PEÑA, C.; J. GARCÍA; M. Á. RIQUELME. 2021. Análisis mediante geomática de tres retablos barrocos en el Sureste español: la singularidad de un patrimonio religioso de interés turístico. *Cuadernos de Turismo* 48: 429-455. <<https://doi.org/10.6018/turismo.493021>>.
- PÉREZ-GARCÍA, J. L.; A. T. MOZAS-CALVACHE; J. M. GÓMEZ-LÓPEZ; A. JIMÉNEZ-SERRANO. 2021. Modelling the evolution of the archaeological works developed in Qubbet el-Hawa (Aswan, Egypt). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLIII-B2-2021: 899-906. <<https://doi.org/10.5194/ISPRS-ARCHIVES-XLIII-B2-2021-899-2021>>.
- PICORNELL-GELABERT, L. 2020. An archaeological approach to people-tree interactions: The ethnoarchaeology of firewood procurement and consumption among the Benga people of the island of Mandji (Corisco, Equatorial Guinea, Central Africa). *Journal of Archaeological Science: Reports* 34, A: 102591. <<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102591>>.
- PONVERT, D. R.; F. S. KELLY; I. REYES. 2012. Las técnicas geomáticas aplicadas en la agricultura: el catastro agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 21, 4: 84-92.
- PUNZO, J. L.; F. L. NAVARRO. 2022. Prospección arqueológica de Tzintzuntzan, antigua ciudad de Michoacán, mediante tecnología LiDAR: primeros resultados. *Arqueología Iberoamericana* 49: 3-8. <<https://doi.org/10.5281/zenodo.5821758>>.
- RIVERO, P.; M. FELIU. 2017. Aplicaciones de la arqueología virtual para la Educación Patrimonial: análisis de tendencias e investigaciones. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)* 43, 4: 319-330. <<https://doi.org/10.4067/S0718-07052017000400017>>.
- RODRÍGUEZ, A.; A. O. PÉREZ. 2017. Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios* 82: 175-195. <<https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>>.
- TAPIA-SILVA, F. O. 2014. Avances en geomática para la resolución de la problemática del agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua* 5, 2: 131-148.
- TEJEDA-SÁNCHEZ, C.; A. MUÑOZ-NIETO; P. RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ. 2018. Geomatic archaeological reconstruction and a hybrid viewer for the archaeological site of Cáparra (Spain). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLII-2: 1105-1111. <<https://doi.org/10.5194/ISPRS-ARCHIVES-XLII-2-1105-2018>>.
- TORRES-MARTÍNEZ, J. A.; M. SEDDAIU; P. RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ; D. HERNÁNDEZ-LÓPEZ; D. GONZÁLEZ-AGUILERA. 2016. A Multi-Data Source and Multi-Sensor Approach for the 3D Reconstruction and Web Visualization of a Complex Archaeological Site: The Case Study of “Tolmo de Minateda”. *Remote Sensing* 8, 7: 550. <<https://doi.org/10.3390/RS8070550>>.
- VILLAFANEZ, E. A. 2011. Entre la geografía y la arqueología: el espacio como objeto y representación. *Revista de Geografía Norte Grande* 50: 135-150. <<https://doi.org/10.4067/S0718-34022011000300008>>.
- ZHODZISHSKY, M. I.; R. V. KURYNIN. 2018. Methods for Velocity Measuring of Navigation Receivers. En *2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)*, pp. 1-7. <<https://doi.org/10.1109/SYNCHROINFO.2018.8457064>>.