

RESEARCH ADVANCE

LA PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA BASADA EN IMÁGENES SATELITALES: EL CASO DE LA ZONA NORTE DEL PAÍS CARANQUI (IMBABURA, ECUADOR)

Archaeological Survey Based on Satellite Images: The Case of the Northern Area of the Caranqui Country (Imbabura, Ecuador)

Carlos E. Montalvo Puente

Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Sección Ecuador (Quito, Ecuador)
(cemontalvop@hotmail.com)

RESUMEN. Este artículo busca discutir sobre los usos y potencialidades que el SIG (sistema de información geográfica) tiene para su aplicación en la arqueología de campo, focalizándose en la prospección telemática. Con base en un caso específico de estudio, se plantean las ventajas y oportunidades que tiene un SIG aplicado a la arqueología para almacenar, gestionar y analizar datos con especial énfasis en la prospección.

PALABRAS CLAVE. SIG; arqueología; prospección; Ecuador.

ABSTRACT. This paper aims to discuss the potential use of GIS (geographic information system) as applied on archaeological fieldwork, focusing on the telematic survey. Based on a specific case study, the advantages and challenges of applying a methodology for storing, managing, and analyzing archaeological data with emphasis on survey are discussed.

KEYWORDS. SIG; archaeology; survey; Ecuador.

INTRODUCCIÓN

El uso de los SIG (sistemas de información geográfica) en arqueología se remonta a inicios de los años 80 (Verhagen 2018: 12) y, con aportes de geógrafos e informáticos, los arqueólogos han ido moldeando continuamente estas herramientas a fin de obtener resultados

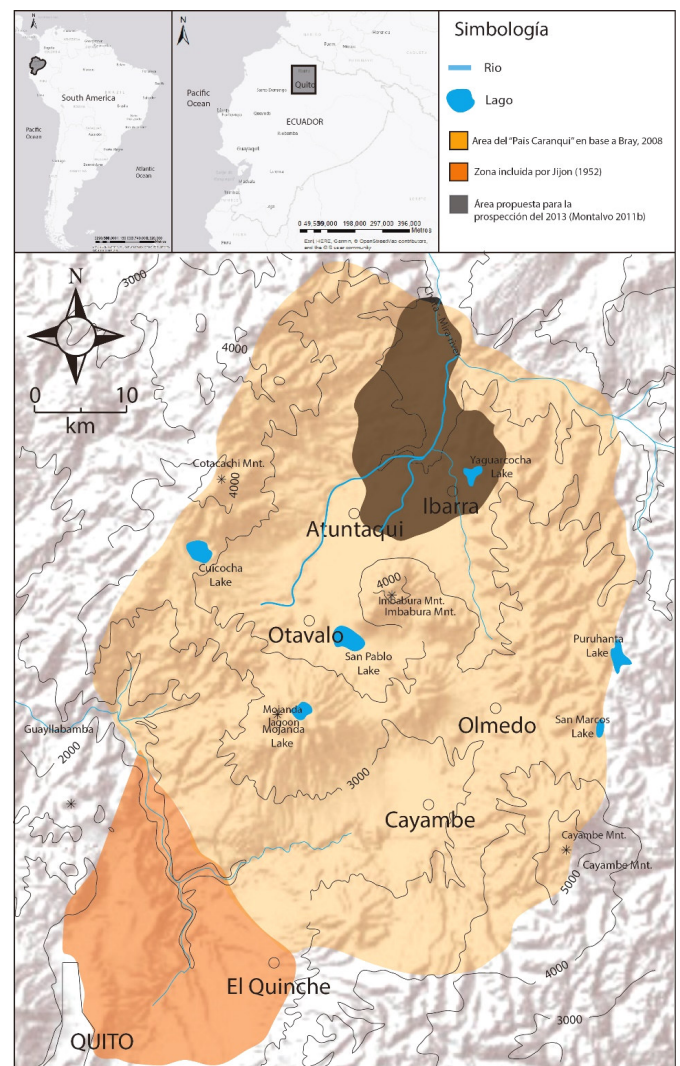


Figura 1. Mapa con el área estudiada.

Recibido: 26-3-2020. Aceptado: 1-4-2020. Publicado: 8-4-2020.

dirigidos principalmente al estudio del paisaje y la gestión de los recursos culturales con fines de tutela (Scianna y Villa 2011: 342-345; Conolly y Lake 2009: 57-64; Barceló y Pallarés 1998). En la actualidad, la accesibilidad a herramientas digitales como fotografías satelitales y capas *raster* (trama) de alta definición, además de una serie de instrumentos topográficos, han puesto a disposición de la arqueología nuevas herramientas que ayudan al desarrollo de las investigaciones y al manejo masivo de datos. La presente contribución se centra en ilustrar cómo las imágenes satelitales y las teselas *raster* DEM, dentro de un SIG, tienen potencial de uso para la identificación de estructuras arqueológicas. Estos recursos, combinados con los datos arqueológicos, permiten cubrir amplias áreas, manejar gran cantidad de datos y sortear las dificultades ligadas a la topografía del paisaje; por lo tanto, su utilidad se manifiesta en la gestión, análisis, almacenamiento, presentación e interpretación de los datos obtenidos.

EL PAÍS CARANQUI

El país caranqui corresponde al territorio ocupado en época prehispánica por el grupo étnico caranqui (Bray 2008: 527), localizado en el área andina de la zona septentrional del Ecuador (fig. 1). Sus límites geográficos están marcados por los ríos Chota-Mira al norte y Guayllabamba al sur; al este limita con la cordillera oriental y al oeste con la occidental. La geografía de esta área está compuesta por valles intermontanos con diferentes pisos ecológicos marcados por el accidentado paisaje (Basile 1974: 12).

La característica cultural fundamental de los caranqui, desde el periodo de Desarrollo Regional Final/ Integración Temprano (400-600 d. C.), es la construcción de montículos de tierra (tolas) con diferentes funciones que incluyen lo doméstico, ceremonial y funerario. Este tipo de estructuras destaca por presentar diferentes formas y dimensiones, pero se puede subdividir en tres grupos: 1) tolas con planta circular u ovoidal, 2) con planta cuadrangular y 3) con planta cuadrangular y rampa(s) de acceso (Bray 2003: 32; Oberem 1981: 50-53; Osborn y Athens 1974: 5; Jijón 1952: 342; Jijón 1914). Este tipo de estructuras se puede encontrar aislado o en grupos cubriendo de forma capilar el territorio.

Además de desarrollar técnicas agrícolas de gran escala como la irrigación por canales (Knapp 1992), los caranqui construyeron terrazas agrícolas y camellones

(campos elevados) (Gondard y López 1983, 2006). Los camellones se localizaron en las cercanías de áreas con abundante agua (Gondard y López 2006), mientras que las terrazas se ubicaron en zonas con pendiente para aprovechar los cambios de piso ecológico (Gondard y López 1983: 134-136). Estos elementos, en parte en desuso, aún son visibles en el territorio.

La conquista inca se desarrolla entre los años 1505 y 1525. Los principales elementos culturales dejados por estos son las fortalezas o pucarás, algunos trayectos conservados del *Qhapaq Ñan* (camino inca) y el palacio de estilo inca imperial localizado en Caranqui (Bray 2008: 534; Bray 2013: 182-185; Gondard y López 1983: 109-129; Plaza-Schuller 1976).

ANTECEDENTES: ESTUDIOS EN BASE A FOTOGRAFÍAS AÉREAS

El uso de la fotografía aérea en esta área no es nuevo, siendo pionera la contribución de Gondard y López (1983), la cual se caracterizó por la revisión exhaustiva de las fotografías aéreas de la sierra norte del Ecuador (provincias de Pichincha, Imbabura y Carchi). Como resultado de este trabajo, se publicó un inventario preliminar de sitios arqueológicos del área septentrional del Ecuador; sin embargo, este trabajo estuvo condicionado por limitaciones en la disposición y calidad de las imágenes aéreas. La escala de la fotografía usada en el mismo estuvo entre 1:28.500 y 1:60.000 y, para la identificación de los sitios, se procedió a escrutar las fotos con lentes estereoscópicas de aumento sin dedicar tiempo a una prospección pedestre en el campo (Gondard y López 1983: 19). Cabe recalcar que la particularidad del área es la presencia de estructuras monumentales distinguibles a través de este método.

El inventario de los sitios monumentales por medio de la fotografía aérea requirió también un esfuerzo para clasificar la morfología y número de las estructuras existentes en el área, esto con el afán de lograr un registro eficiente de la información. Para la definición de las categorías de estructuras fueron particularmente valiosas las contribuciones de Athens (1980), Oberem (1981), Plaza-Schuller (1976) y Echeverría *et al.* (1995).

Es pertinente, por ende, tratar la clasificación de estructuras realizada por Gondard y López, ya que fue conservada sin mayores modificaciones para la prospección del 2013. Los autores identificaron pucarás o fortalezas, montículos de tierra o tolas, elementos agrarios (terrazas escalonadas, albarradas y camellones) y habi-

tacionales (bohíos, zona de Pasto, provincia de Carchi) (Gondard y López 1983: 73-164).

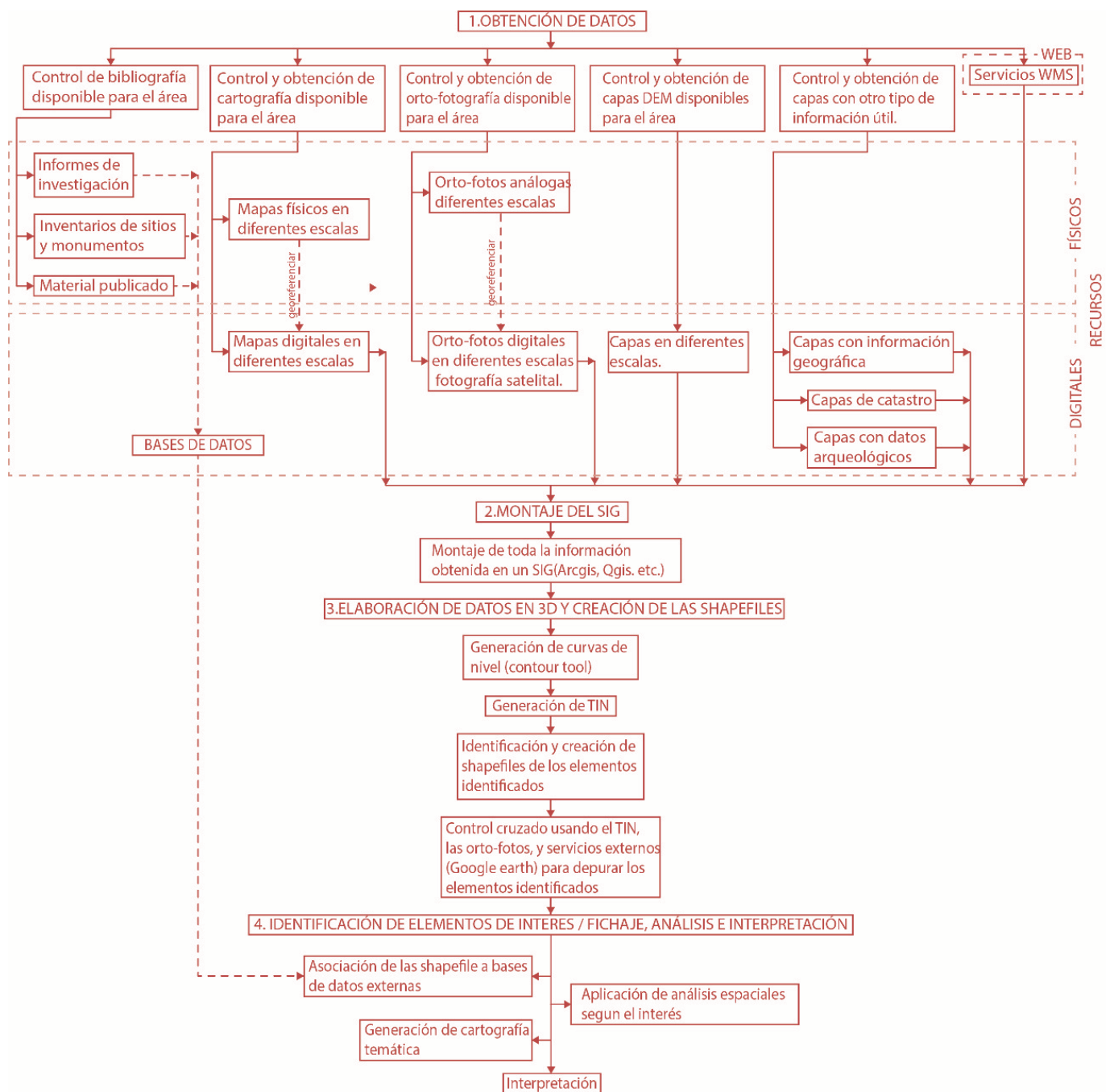
METODOLOGÍA DESARROLLADA: LA TELEPROSPECCIÓN DE 2012-2013

La teleprospección se desarrolló como alternativa para el levantamiento y comparación de datos de los inventarios realizados anteriormente en el área de estudio, con el afán de cubrir capilarmente un territorio de 127 km² aproximadamente. Ya que abarcar este espacio en

una prospección tradicional habría tomado meses y hasta años debido a la extensión y lo accidentado de la topografía, se optó por realizar un control exhaustivo de la fotografía aérea disponible. Afortunadamente, para este momento ya estaban disponibles los geodatos levantados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (Ecuador) y el proyecto SIGTIERRAS.

Con la finalidad de identificar la mayor cantidad de estructuras, se desarrolló una metodología articulada en 4 pasos, expuesta en el esquema 1.

La obtención de datos (Punto 1) supuso, como paso inicial, el control exhaustivo de la bibliografía disponi-



Esquema 1. Cuadro de flujo con la organización del trabajo aplicado.

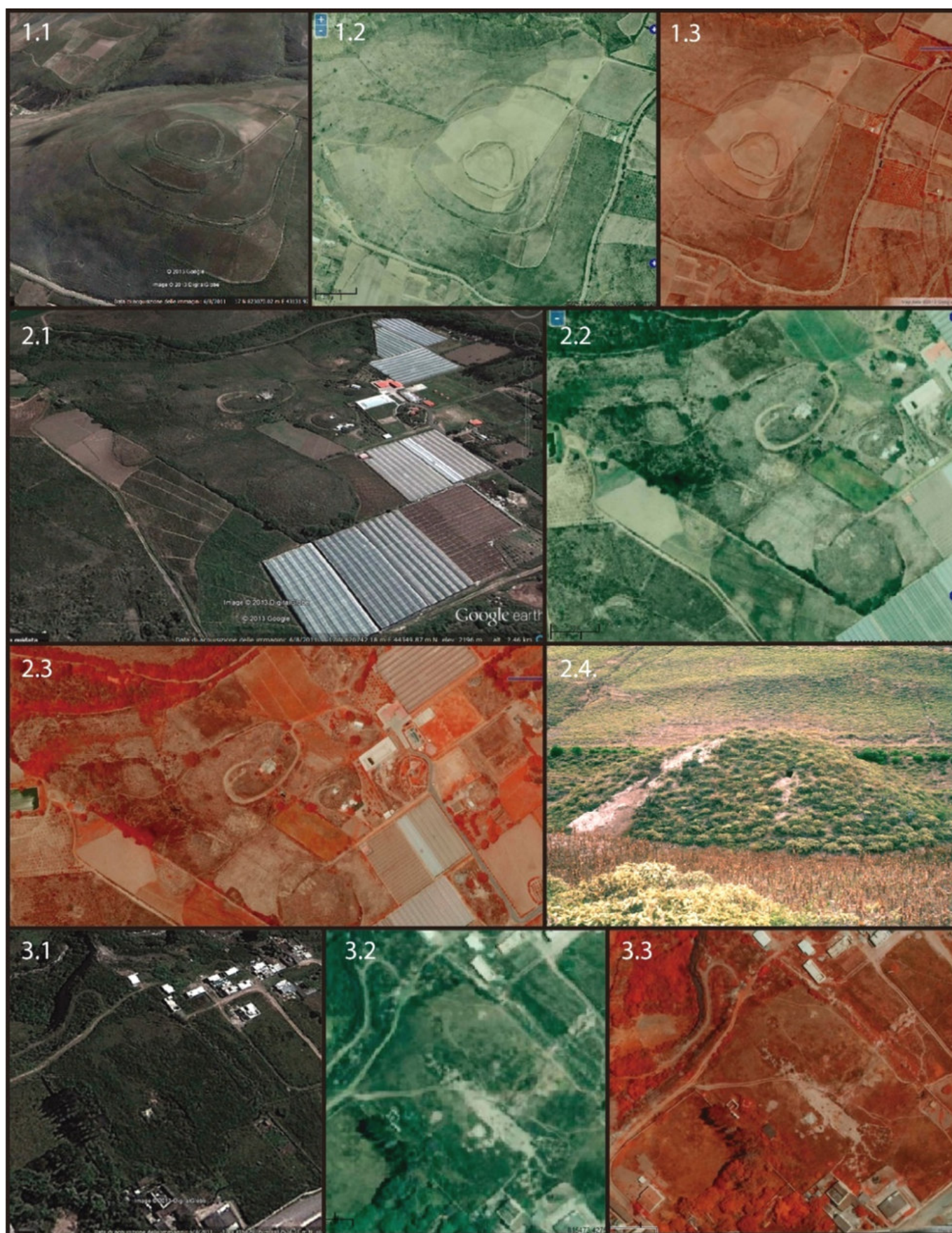


Figura 2. Pucará de Yahuarcocha: fotos de *Google Earth* (1.1), SIGTIERRAS (1.2) y SIGTIERRAS infrarrojo (1.3). Tolas de Socapamba: fotos de *Google Earth* (2.1), SIGTIERRAS (2.2), SIGTIERRAS infrarrojo (2.3) y foto de tola (Athens 2003: img. 41) (2.4). Tola Huataviro: fotos de *Google Earth* (3.1), SIGTIERRAS (3.2) y SIGTIERRAS infrarrojo (3.3).

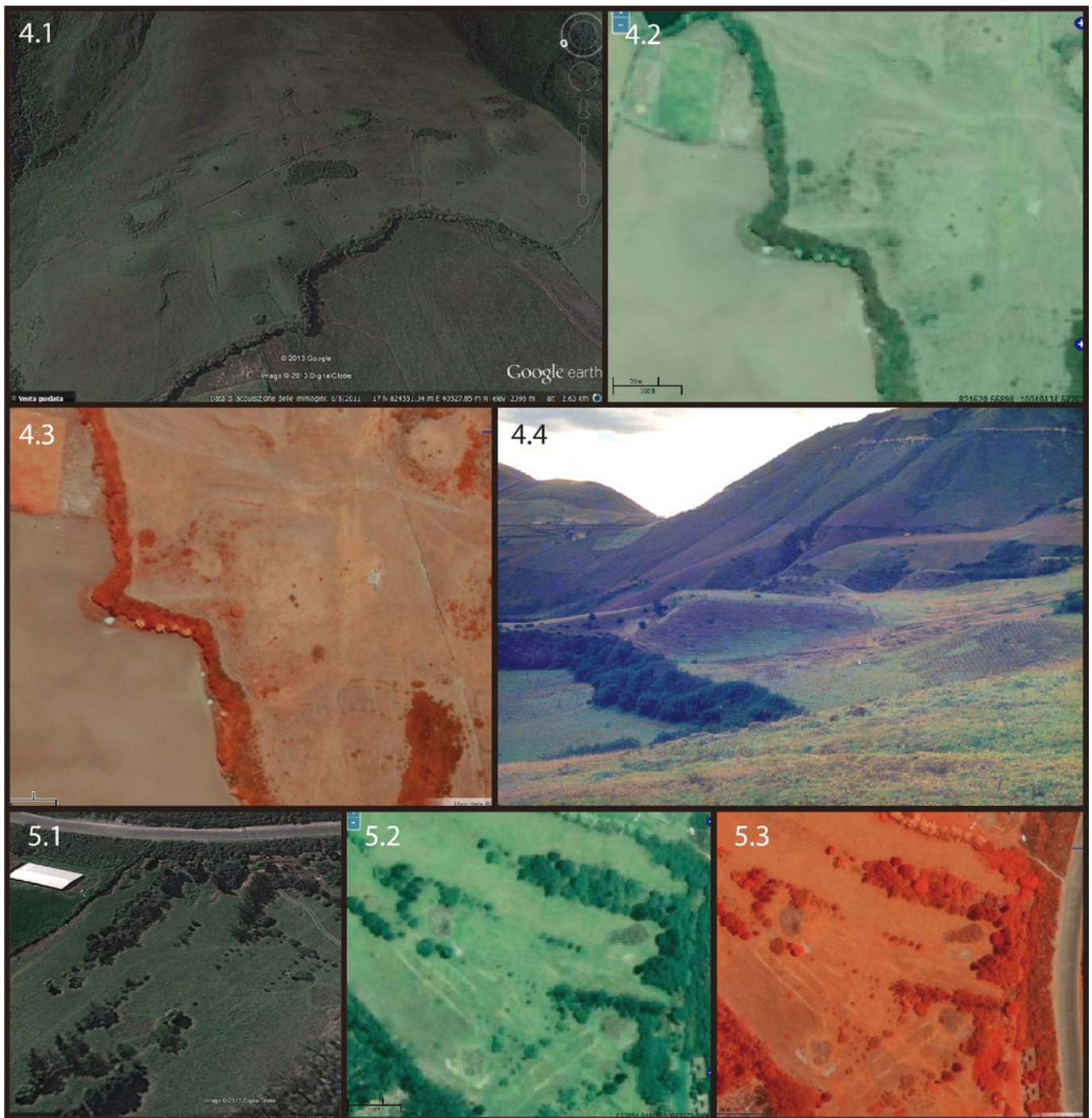


Figura 3. Tolas de El Tablón: fotos de *Google Earth* (4.1), SIGTIERRAS (4.2), SIGTIERRAS infrarrojo (4.3) y foto de tola (Athens 2003: img. 41) (4.4). Camellones de Yahuarcocha: fotos de *Google Earth* (5.1), SIGTIERRAS (5.2) y SIGTIERRAS infrarrojo (5.3).

ble para el área de estudio. Con este objetivo, se examinaron los trabajos de Athens (1980, 2003), Echeverría *et al.* (1995), Gondard y López (1983), Oberem (1981), además de informes disponibles en el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC) (Echeverría 2008; Villalba 2009), recuperando así información útil para cruzar y complementar los datos. Una vez realizado el control de la bibliografía, se obtuvo la cartografía disponible en formato carta, escala 1:25.000, del Institu-

to Geográfico Militar, la misma que fue digitalizada y georreferenciada. Así mismo, se solicitaron las ortofotografías y los *rasters* (tramas) DEM del área de estudio, obteniendo archivos de alta resolución (50 m = 1:5.000) elaborados entre 2010 y 2012.

Consiguientemente, se procedió al montaje de un SIG con las capas obtenidas (Punto 2), combinando la ortofotografía del proyecto SIGTIERRAS, las teselas DEM, los datos recuperados del control bibliográfico

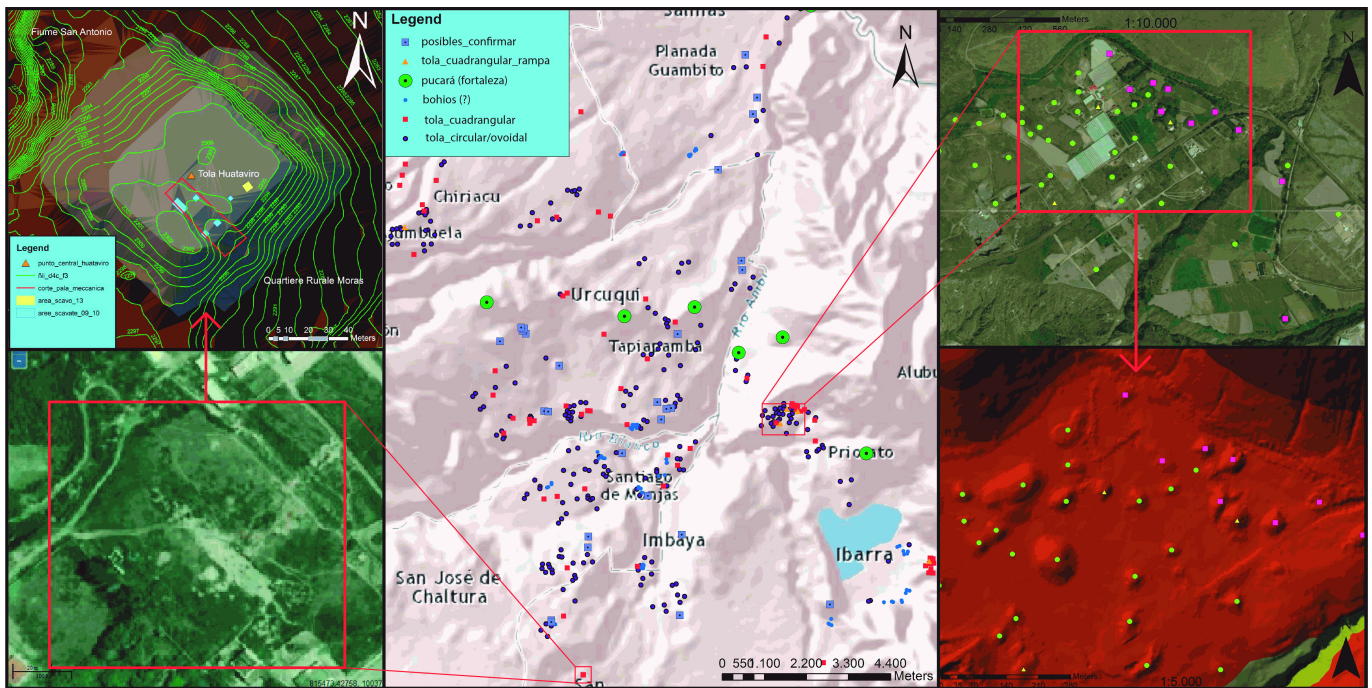


Figura 4. Ejemplos de la metodología aplicada y carta temática resultante.

y algunas capas ya generadas por el INPC en el marco del inventario nacional del 2009.

Una vez montado el SIG, se procedió a generar los modelos en 3D usando las teselas DEM (Punto 3). Para este paso, y tomando en cuenta la resolución de las teselas (50 m), se comenzó a generar curvas de nivel de 1 metro de distancia. Una vez creadas las curvas de nivel, se elaboraron, usando estas, los modelos tridimensionales de terreno (TIN).

A continuación, se realizó el control exhaustivo del área cotejando las estructuras observadas en las fotografías aéreas (WMS de SIGTIERRAS) con las contempladas en el modelo tridimensional generado en base a los *rasters* DEM. Acto seguido se realizó un control cruzado con la información disponible en la bibliografía consultada, incluyendo las capas del inventario del 2009. Como método de control final, se buscaron los elementos identificados en *Google Earth* y en las ortofotografías infrarrojas disponibles en la página de SIGTIERRAS (resolución a 30 m, no disponibles como capas o servicios WMS, figs. 2 y 3).

Como resultado del levantamiento (Punto 4), se generaron elementos vectoriales (*point shapefiles*) clasificados en base a la observación y la categorización ya realizada en el inventario de 1983, del que se tomó la simbología. El método aplicado funcionó de modo satisfactorio en lo que se refiere al uso combinado de fotografía aérea y modelos TIN, permitiendo identificar principalmente montículos, fortalezas, camellones y

acequias (fig. 4). Posteriormente, se asociaron estos *shapefiles* con bases de datos externas con información recopilada durante el control bibliográfico. A partir de esta información, fue posible extrapolar cartografía temática específica sobre el área estudiada.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La característica principal de la metodología ilustrada es la elasticidad; por ende, esta se debe amoldar a las necesidades de la investigación, a las características del terreno y la tipología de los yacimientos, y dependerá en buena parte de tener a disposición elementos cartográficos digitales (DEM y ortofotos) liberados (gratuitos o de pago) por los órganos estatales, además de la resolución de estos. Actualmente, gracias a la tecnología, es posible suplir esta última carencia con la autogeneración de cartografía y modelos digitales usando drones comerciales y equipos topográficos (Montalvo *et al.* 2020), lo cual permite cubrir pequeñas porciones de territorio. En cuanto al flujo de trabajo, se presenta un ejemplo de esquema organizacional con los pasos aplicados y su fin es proporcionar una idea básica desde la cual aplicar modificaciones y eliminar o integrar pasos nuevos.

Otro punto crucial —en aras de la precisión— es la propuesta para cruzar las capas (TIN y diferentes clases de ortofoto a diferente escala). Esta acción permitió pu-

lir la observación reduciendo la afectación por sombras de las fotos. Aunque el grado de precisión aumentó, reduciendo numéricamente los elementos erróneos identificados (entre 0 y un máximo del 5 %), la teleprospección debe ser combinada —sobre todo en áreas críticas— con observaciones de campo con la finalidad de purgar el error remanente (Gondard y López 1983; Athens 2003; Montalvo y Dyrdaahl 2017).

Para concluir, la metodología propuesta y aplicada, con los pasos ilustrados, permitió registrar un total de 483 estructuras en el área —sin contar los tramos de caminería y de las acequias— en un periodo de tiempo de 3 meses, con un presupuesto mínimo (gastos operativos, de licencia de programas y de almacenamiento

digital) y sin necesidad de ingresar al campo. Toda la información en formato digital es consultable en el tiempo y la misma presenta un gran potencial para aplicar otras herramientas de análisis de las plataformas SIG. En el caso expuesto, las características del terreno y de la ocupación caranqui jugaron un rol decisivo en la aplicación de la metodología gracias a la monumentalidad de las estructuras presentes en el área de estudio. Finalmente, es necesario poner en claro que el SIG como herramienta no interpretará la información por nosotros, si bien nos restituye datos que pueden apuntalar las interpretaciones arqueológicas. Empero, como toda herramienta, necesita calibración para restituir datos confiables que no falseen las interpretaciones.

Agradecimientos

Mis más sincero agradecimiento a Ivonne Ortiz, Eric Dyrdaahl, María Fernanda Ugalde, Alden Yépez, María Auxiliadora Cordero, Andrea di Renzoni, Luis Rodríguez, Isaac Falcón y Pablo Quelal por sus observaciones y comentarios al borrador de este trabajo. ¡Mil gracias!

Sobre el autor

El Dr. Carlos E. Montalvo Puente (Riobamba 1986, Ecuador) es *Ph.D.* por la Universidad de Roma-La Sapienza, Italia. Ha participado en varios grupos de investigación y proyectos en Ecuador e Italia (*Gruppo Celti d'Italia*, Italia; *Scavi nel Monte Croce-Guardia*, Italia; *Proyecto Arqueológico Las Orquídeas*, Ecuador; *Proyecto Arqueológico Rancho Bajo*, Ecuador; *Proyecto Arqueológico Machalilla*, Ecuador). Se ha especializado en la aplicación de tecnología y gráfica computarizada a la documentación arqueológica. Sus intereses principales, en cuanto a la investigación, se centran en la aplicación de herramientas SIG a la arqueología, enfocados en el registro y gestión de datos arqueológicos, en la elaboración de secuencias cronológicas (cronotipología), en el estudio estratigráfico y de procesos de formación de los yacimientos arqueológicos, así como en tecnologías relacionadas con la fabricación de cerámica y procesos pirotécnicos.

BIBLIOGRAFÍA

- ATHENS, J. S. 1980. *El proceso evolutivo en las sociedades complejas y la ocupación del período Tardío-Cara en los Andes septentrionales del Ecuador*. Otavalo: Instituto Otavaleño de Antropología.
- ATHENS, J. S. 2003. *Inventory of Earthen Mound Sites, Northern Highland Ecuador*. Final project report prepared for H. John Heinz III Fund Grant Program for Latin American Archaeology and the Instituto Nacional de Patrimonio Cultural del Ecuador. Informe. Quito: INPC.
- BARCELÓ, J. A., M. PALLARÉS. 1998. Beyond GIS: The archaeology of social spaces. *Archeologia e Calcolatori* 9: 47-80.
- BASILE, D. G. 1974. *Tillers of the Andes: Farmers and Farming in the Quito Basin*. Studies in Geography 8. University of North Carolina at Chapel Hill, Dept. of Geography.
- BRAY, T. L. 2003. *Los efectos del imperialismo incaico en la frontera norte: una investigación arqueológica en la sierra septentrional del Ecuador*. Quito: Abya Yala.
- BRAY, T. L. 2008. Late Pre-Hispanic Chiefdoms of Highland Ecuador. En *The Handbook of South American Archaeology*, eds. H. Silverman y W. L. Isbell, pp. 527-543. Nueva York: Springer.

- BRAY, T. L. 2013. Water, Ritual, and Power in the Inca Empire. *Latin American Antiquity* 24/2: 164-190.
- CONOLLY, J., M. LAKE. 2009. *Sistemas de información geográfica aplicados a la arqueología*. Barcelona: Bellaterra.
- ECHEVERRÍA, J. 2008. *Prospección arqueológica y aprovechamiento educativo-turístico del sitio "El Tablón", Yahuarcocha, Ibarra*. Informe. Quito: INPC.
- ECHEVERRÍA, J., J. BERENQUER, M. V. URIBE. 1995. Prospecciones en el valle del Chota-Mira (Carchi-Imbabura). En *Área Septentrional Andina Norte: Arqueología y Etnohistoria*, eds. J. Echeverría y M. V. Uribe, pp. 45-148. Quito: BCE-IOA-Abya Yala.
- GONDARD, P., F. LÓPEZ. 1983. *Inventario arqueológico preliminar de los Andes septentrionales del Ecuador*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa Nacional de Regionalización Agraria, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer. Quito: Banco Central.
- GONDARD, P., F. LÓPEZ. 2006. Albarradas y camellones: drenaje, heladas y riego en Cayambe (Sierra Norte del Ecuador). En *Agricultura Ancestral: Camellones y Albarradas*, ed. F. Valdez, pp. 241-250. Quito: Abya Yala.
- JIJÓN Y CAAMAÑO, J. 1914. *Contribución al conocimiento de los aborígenes de la Provincia de Imbabura en la República del Ecuador*. Madrid: Blass y Cía.
- JIJÓN Y CAAMAÑO, J. 1952. *Antropología Prehispánica del Ecuador*. Quito: La Prensa Católica.
- KNAPP, G. W. 1992. *Riego precolonial y tradicional en la Sierra Norte del Ecuador*. Quito: Abya Yala.
- MONTALVO PUENTE, C., E. DYRDAHL. 2017. Combining digital and traditional survey techniques: A case study from Northern Ecuador integrating remote sensing and pedestrian survey. Conferencia. *European Archaeological Association Annual Meeting*, ses. 404.
- MONTALVO PUENTE, C., E. DYRDAHL, M. CANTISANI, L. DE FABRITIIS. 2020. *La implementación del SIG de excavación: el caso de estudio de los sitios Las Orquídeas y Huataviro (Imbabura-Ecuador)*. Artículo en preparación.
- OBEREM, U., ED. 1981. *Cochasquí: estudios arqueológicos* (3 vols.). Otavalo: Instituto Otavaleño de Antropología.
- OSBORN, A., J. S. ATHENS. 1974. *Prehistoric Earth Mounds in the Highlands of Ecuador: A Preliminary Report*. Manuscrito. Otavalo: Instituto Otavaleño de Antropología.
- PLAZA-SCHULLER, F. 1976. *La incursión inca en el septentrión andino ecuatoriano: antecedentes arqueológicos de la convulsiva situación de contacto cultural*. Otavalo: Instituto Otavaleño de Antropología.
- SCIANNA, A., B. VILLA. 2011. GIS applications in archaeology. *Archeologia e Calcolatori* 22: 337-363.
- VERHAGEN, P. 2018. Spatial Analysis in Archaeology: Moving into New Territories. En *Digital Geoarchaeology, Natural Science in Archaeology*, eds. C. Siart, M. Forbriger, O. Bubbenzer, pp. 11-25. Cham: Springer.
- VILLALBA, F. 2009. *Proyecto de prospección arqueológica intra-sitio en Cruztola, Tumbabiro*. Informe. Quito: INPC.