

Drones en arqueología: relevamiento fotogramétrico del Pucará de Tacuil en el valle Calchaquí medio, Salta, Argentina

Drones in archeology: phogrammetric survey of the Pucará de Tacuil in the medio Calchaquí valley, Salta, Argentina

Sonia Lanzelotti

Doctora en Arqueología. Investigadora Adjunta del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Instituto de las Culturas Universidad de Buenos Aires. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IDECU, UBA-CONICET). Bartolomé Mitre 1970, 5to "A", Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, sonia.lanzelotti@conicet.gov.ar, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3617-9466>

Rafael Peña Reinoso

Tecnólogo. Dirección Cartográfica, Proceso de Planificación y Captura UAV, Instituto Geográfico Militar del Ecuador. Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. Sector El Dorado, Quito, Ecuador, rafael.pena@geograficomilitar.gob.ec, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0836-5306>

Verónica Williams

Doctora en Ciencias Naturales. Investigadora Principal del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Instituto de las Culturas Universidad de Buenos Aires Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IDECU, UBA-CONICET). Bartolomé Mitre 1970, 5to "A", Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, veronicawilliams@conicet.gov.ar, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4194-5214>

Recibido: 15 de abril 2024 || Aprobado: 23 de octubre 2024
DOI: <https://doi.org/10.37838/unicen/est.35-2-108>

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados del relevamiento fotogramétrico completo efectuado sobre un sitio del Periodo de Desarrollos Regionales (ca. 1000-1430 d. C), el Pucará de Tacuil, en la provincia de Salta, Argentina. La restitución fotogramétrica se realizó a partir de fotografías aéreas capturadas con dos drones, que cubrieron los tres sectores que conforman este sitio arqueológico. Los productos cartográficos obtenidos fueron un Modelo Digital de Elevación (MDE) y una ortofoto de alta resolución del área a partir de los cuales se detectaron, caracterizaron, registraron y midieron las estructuras arqueológicas del sitio. Se expone la problemática arqueológica que rodea al lugar con sus características de poblado pucará y se realiza un análisis sobre la organización socioespacial inferida a partir de las evidencias arqueológicas detectadas.

Palabras clave: Geotecnologías; Fotogrametría; Drones;
Asentamientos prehispánicos

Abstract

The results of a complete photogrammetric survey carried out on a site from the Regional Development Period (ca. 1000-1430 AD), the Pucará de Tacuil, in the province of Salta, Argentina, are shown. The photogrammetric restitution was carried out from aerial photographs captured with two drones, which covered the three sectors that make up this archaeological site. The cartographic products



Este trabajo está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

obtained were a Digital Elevation Model and a high-resolution orthophoto of the area from which the archaeological structures of the site were detected, characterized, recorded and measured. The archaeological problems surrounding the site with its characteristics of a pucará settlement are presented and an analysis is made of the socio-spatial organization inferred from the archaeological evidence detected.

Key words: Geotechnologies; Photogrammetry; Drones; Prehispanic Settlements

Introducción

Los drones son instrumentos cada vez más frecuentes en las investigaciones arqueológicas. El desarrollo de estos equipos forma parte del Paradigma Geotecnológico, entendido como una forma de acceder y conceptualizar la realidad geográfica mediatizada por la informática (Buzai, 1999; 2001). Así, los drones han sido utilizados para la realización de prospecciones arqueológicas, también para el registro tridimensional de sitios, el monitoreo y conservación de bienes patrimoniales e incluso para el seguimiento de excavaciones, entre otras aplicaciones (Domínguez Pérez y Martínez González, 2019). Todo ello en base a la capacidad de estos equipos de obtener fotografías aéreas a baja altura y de gran calidad desde el punto visual y métrico, a partir de las cuales se pueden generar productos digitales que son la base para la elaboración de planos, mapas y otras imágenes de interés geográfico. Además, su uso permite optimizar recursos y tiempos, en comparación con otras técnicas de levantamiento topográfico que son más costosas o que pueden representar mayores dificultades operativas.

Los drones o VANT (Vehículos Aéreos No Tripulados, en su terminología específica) exigen, en contrapartida, una formación técnica específica sobre su correcto uso en campo¹, y también para el procesamiento posterior de los datos. Esto último requiere sólidos conocimientos sobre los principios de la fotogrametría, entendida como la técnica que, por medio de la intersección de fotografías, registra con gran precisión las dimensiones y la posición de objetos en el espacio. Similarmente, la detección de evidencias arqueológicas y la interpretación de los patrones observados en su distribución espacial y contexto, demandan formación arqueológica específica. El abordaje interdisciplinario entre geografía y arqueología confluye en este punto, por cuanto ambas disciplinas comparten el interés por el estudio de la relación entre las sociedades humanas y su entorno, en el presente y en el pasado respectivamente (Lanzelotti, 2015).

Entre las grandes ventajas de la utilización de VANTS en arqueología, podemos mencionar: la capacidad de cubrir áreas grandes; la obtención de imágenes detalladas y de alta resolución de las estructuras arqueológicas en simultáneo a los rasgos de la superficie terrestre o topografía; la reducción de costos en términos de tiempo, trabajo y cantidad de operadores, la posibilidad de explorar áreas peli-

¹ EL uso de VANTS en Argentina se encuentra regulado por la Resolución 880/2019 y su rectificatoria 885/2019 de la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC), vigentes desde el 1 de enero de 2021.

grossas o inaccesibles, y que permite el registro sin invadir ni destruir la evidencia arqueológica o su contexto. Las imágenes tomadas con VANTs, y la utilización de Sistemas de Información Geográfica, nos permiten realizar diversos análisis sobre el registro arqueológico, que nos acercan a la organización socioespacial de las poblaciones del pasado desde la perspectiva de la arqueología del paisaje (Criado Boado, 1999; Knapp y Ashmore, 1999; Anschuetz et al., 2001).

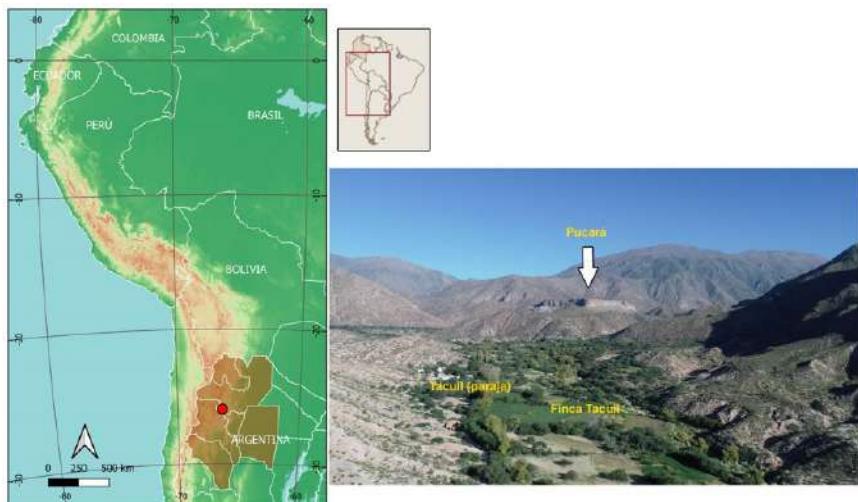
El presente artículo tiene como objetivo presentar un primer acercamiento sobre la organización socioespacial de las evidencias arqueológicas que conforman el Puracá de Tacuil, en la provincia de Salta, Argentina, el cual fue posible a partir de la realización de un relevamiento fotogramétrico integral de este sitio. Asimismo, este trabajo constituye un importante aporte metodológico sobre las estrategias de registro, identificación y procesamiento de la información geoespacial, de utilidad para orientar la realización de trabajos interdisciplinarios entre geografía y arqueología.

Contexto sociocultural

Para el momento de la llegada de los españoles al Noroeste argentino, en el siglo XVII, las investigaciones arqueológicas e históricas proponen la existencia de organizaciones sociales de tipo jefaturas con marcada desigualdad social y estratificación política, económica y social institucionalizada (Tarragó, 2000). Estas jefaturas habrían sido el resultado de un proceso iniciado cerca del inicio del primer milenio de nuestra Era, momento a partir del cual se registra un fuerte incremento demográfico que conllevó al aumento y expansión de la ocupación humana en todos los ecosistemas de la región. La organización socioeconómica se basó en la ampliación de los terrenos cultivables a partir de la utilización de técnicas más avanzadas de regadío sistemático y control de la erosión por medio de aterrazamientos y canchones, reorganización de los sistemas de movilidad y manejo del ganado. Para la época se registró además el desarrollo de estilos regionales diferenciados en la cultura material, caracterizando lo que se conoce como Período de Desarrollos Regionales (PDR), que se extendió hasta aproximadamente el año 1430 d. C. Otras propuestas discuten el modelo tradicional de jefaturas y sugieren pensar a estas poblaciones desde la integración comunal (Acuto, 2007) y el corporativismo (Nielsen, 2006).

En el sector medio del valle Calchaquí en la provincia de Salta (Figura 1), las quebradas occidentales que forman parte de las cuencas de los ríos Molinos y Angastaco (como Tacuil) jugaron un papel importante en la dinámica regional por la presencia de cursos permanentes de agua aptos para una agricultura intensiva, sumado a que constituyen pasos naturales de comunicación con la puna (Williams y Castellanos, 2014). En los documentos históricos sobre esta región son constantes los relatos sobre la huida de las poblaciones indígenas hacia las tierras altas, hecho que ha sido considerado tradicionalmente como una estrategia frente a la embestida europea bajo un contexto de guerra y conquista colonial.

Figura 1. Área de estudio



Referencia: a la izquierda, provincias que conforman la región Noroeste de Argentina, con la ubicación del área de estudio en el Valle Calchaquí Medio; derecha, vista del Pucará de Tacuil en relación con el paraje y finca del mismo nombre

Fuente: elaboración personal

Bajo este panorama, es común que se mencionen las tierras altas del valle como lugares inaccesibles y espacios de refugio indígena frente al asedio colonial, donde los «pucarás» tuvieron un papel importante en las luchas de resistencia indígena del siglo XVII. A diferencia del fondo de valle, para las quebradas altas la arqueología permite señalar que durante el PDR la ocupación se materializó en sitios en altura (pucarás y poblados altos), pequeños poblados al pie de estos y asentamientos agrícolas. A los fines de este trabajo utilizaremos el término «pucará» para designar asentamientos con estructuras de tipo habitacional que, aun teniendo diferentes dimensiones, cumplen con encontrarse emplazados en terrenos elevados, naturalmente defendibles y con una amplia visibilidad de su entorno (Ruiz y Albeck, 1997).

En el valle Calchaquí medio, investigaciones previas han localizado hasta el momento 25 sitios habitacionales, entre ellos nueve pucará distribuidos en una superficie de 149 km², cuya ocupación datada por Carbono-14 se extendería desde inicios del PDR (sitios Fuerte Tacuil, Peña Alta de Mayuco, Fuerte Gualfín, Cerro La Cruz), hasta el momento de expansión incaica (Pucara de Angastaco, localizado en el valle troncal), además de escasos y dispersos conjuntos arquitectónicos que no pasan las 2 hectáreas, como los recintos bajos de Tacuil y Gualfín que pueden ser caracterizados como semiconglomerados (Williams et al., 2020; Williams, 2010, 2019; Williams y Villegas, 2013). A pesar de la aparente abundancia de sitios habitacionales, la mayor parte de ellos consiste solamente en unas pocas estructuras dispersas ubicadas en muchos casos entre los campos de cultivo o al pie de los pucará. Entre las localidades de Angastaco y Molinos, por ejemplo, las evidencias arqueológicas indican que durante el PDR las

poblaciones ocuparon tanto los espacios en el valle troncal, así como las cuencas subsidiarias o quebradas altas, sectores óptimos para el desarrollo agrícola además de ser vías naturales de comunicación interregional (Baldini, 2003; Villegas, 2014; Williams, 2010).

Los fechados radiocarbónicos obtenidos hasta el momento permiten proponer una ocupación por lo menos desde el Tardío, aunque existen evidencias materiales como cerámica y representaciones iconográficas que son propias de momentos tempranos (Aguada o Ciénaga) (Williams *et al.*, 2020). Hay que recordar también que las poblaciones que habitaron Tacuil y Gualfín tuvieron una importante participación durante los levantamientos indígenas durante los siglos XVI y XVII (Castellanos, 2016).

De este modo, se ha propuesto que estos asentamientos pueden ser considerados como «poblados pucará», ya que algunos presentan cantidades significativas de construcciones en las cimas y evidencias de actividades cotidianas, sugiriendo diversas funcionalidades más allá de lo exclusivamente defensivo (Villegas, 2014). Aquí, los procesos de complejización sociopolítica y económica, la concentración poblacional y el desarrollo artesanal que se consolidan durante el PDR ya estaban avanzados hacia el siglo IX. Indudablemente los pucarás tuvieron una «vida social» y una memoria social extendida y probablemente pueden ser considerados como hitos territoriales con historias previas asociados a una forma de habitar el espacio que entrelazaba múltiples prácticas (simbólicas o rituales, productivas, de interacción) y que actuaban como referentes de la memoria colectiva (Williams *et al.*, 2020).

El Pucará de Tacuil y su problemática arqueológica

Considerando el contexto anteriormente desarrollado, nuestro propósito general es profundizar en el conocimiento sobre la organización socioespacial del denominado Pucará de Tacuil. Este sitio se encuentra emplazado, desde un punto de vista geográfico, en la cabecera sudoccidental de la quebrada del río homónimo, 35 km hacia el oeste del actual pueblo de Molinos, en la provincia de Salta.

Como sitio arqueológico, el Pucará de Tacuil fue dado a conocer inicialmente en la década de 1970 bajo el nombre de «Fuerte Tacuil» (Cigliano y Raffino, 1975). En aquella oportunidad se indicó la existencia de un número importante de recintos sobre el sector sur de un conjunto de dos mesetas altas, y abundante material cerámico en superficie, tanto en la base como en la cima de esa meseta. Investigaciones recientes han señalado que «Tacuil» incluye, en realidad, tres sectores bien identificados (Williams *et al.*, 2020, 2023; Orsini *et al.*, 2022): el pucará propiamente dicho (denominado «Tacuil 1» o «Peña 1»); otro conjunto de estructuras localizado sobre el farallón ubicado inmediatamente al noroeste del primero y cuyo acceso presenta mayor dificultad (denominado «Tacuil 2» o «Peña 2»); y en la base de ambos afloramientos, un conjunto semiconglomerado arquitectónico formado por recintos, patios, y estructuras mortuorias (denominados «Tacuil Recintos Bajos») (Figura 2).

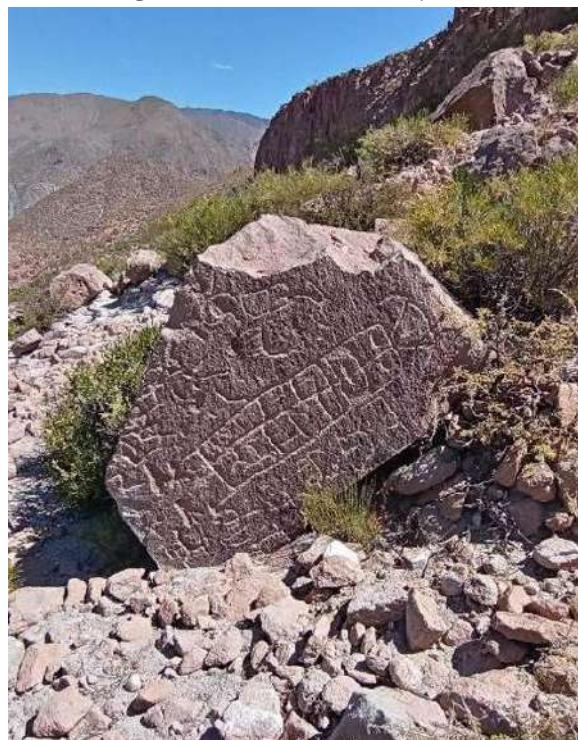
También se destacan una gran cantidad de bloques con arte: grabados figurativos y abstractos, y maquetas (Paya y Villegas, 2023) (Figura 3). Desde su cima posee un amplio dominio visual sobre la confluencia de los ríos Blanco y La Horada, asociados a las abras de los cerros Gordo y Blanco, pasos naturales hacia el piso de puna y Chile (Williams *et al.*, 2020).

Figura 2. Sectores que componen el sitio Tacuil



Fuente: elaboración personal sobre la base de fotografía aérea oblicua, vista orientada de sur a norte, tomada con un drone DJI Planthom 4 Pro Plus

Figura 3. Roca con arte rupestre



Nota: arte rupestre grabado localizado al pie del farallón sur del sitio Tacuil 1, cuya iconografía se asocia el Período Medio o de Integración Regional

Fuente: archivo propio

El acceso al Pucará es sumamente complejo por dos motivos. En primer lugar, porque se encuentra fuera de los circuitos carreteros actuales: a la base del sitio sólo se puede acceder a pie, caminando por sendas de herradura por al menos 1,5 km en horizontal, y 200 m en vertical, luego de haber llegado en vehículo hasta la última vivienda colindante al camino vecinal. En segundo lugar, porque la meseta que conforma el sitio se eleva otros 100 m sobre su base y presenta frentes muy escarpados, con pendientes de más de 80 grados, que requieren manos libres para subir, imposibilitando hasta llevar equipamiento en la espalda para no perder el equilibrio (Figura 4).

Figura 4. Fotografía panorámica del sector Tacuil 2, tomada desde la cima norte del sector Tacuil 1



Fuente: gentileza María Paula Villegas

A pesar de estas dificultades de acceso, a partir del año 2009 se pudieron realizar diversos trabajos de campo (prospecciones y excavaciones arqueológicas), tanto en las estructuras de la cima como en los recintos bajos que permitieron conocer la planificación del sitio en general y los conjuntos habitacionales del sector bajo en particular (Villegas, 2014; Williams *et al.*, 2020). Se practicaron cinco excavaciones sobre la cima, se realizaron mediciones para reorientar el plano original publicado por Cigliano y Raffino en 1975 y se hallaron morteros y cochas en la Peña 1. A partir de 2015, en el sector Tacuil Recintos Bajos se realizaron relevamientos planialtimétricos y sondeos exploratorios, los cuales arrojaron un registro material con cerámica diagnóstica asociada principalmente al período tardío, cerámica refractaria, fragmentos de metal (de base cobre) y material lítico, algunos de los cuales se asocian a actividades metalúrgicas (Castellanos *et al.*, 2020).

Sin embargo, la dificultad para el ascenso y descenso a la cima de los sitios planteó serios desafíos para obtener planos y registros detallados del poblado y de las estructuras y rasgos arqueológicos de las peñas, así como de su topografía. Con la tecnología que ofrecen los drones nos planteamos utilizarlos como herramientas para la prospección y reconocimiento del sitio mediante percepción remota. Se

realizó una primera prueba registrando el sector de los recintos bajos y se avanzó con vuelos de las peñas 1 y 2 (Orsini *et al.*, 2022). Aquellos vuelos fueron parciales, no cubriendo la totalidad de las geoformas y de los sectores con arquitectura. En consecuencia, los diferentes vuelos no pudieron ser bien solapados y no se pudo obtener un relevamiento completo de la arquitectura de las cimas de las peñas.

En una nueva instancia, nos propusimos relevar la totalidad del sitio a fin de obtener un registro completo y perdurable de la arquitectura y de la geoforma en la que se emplaza (Williams *et al.*, 2023). La metodología y los resultados se presentan en los apartados siguientes, junto a una primera descripción socioespacial del sitio.

Metodología

Para la elaboración de la cartografía necesaria, se utilizaron dos VANTs: un DJI Phantom 4 Pro Plus con cámara RGB incorporada, facilitado por el Instituto de Investigaciones Geográficas de la Universidad Nacional de Luján (UNLu), y un DJI Inspire 2 con una cámara RGB Sanmuse 4S, propiedad del Instituto de las Culturas (Universidad de Buenos Aires-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas [UBA-CONICET]). Ambos vehículos realizan un despegue y aterrizaje vertical, poseen una autonomía de vuelo del orden de 15-20 minutos por batería/s, y están dotados de un sistema GPS convencional que les permite georreferenciar las imágenes capturadas. El Modelo Phantom 4 Pro Plus no admite la planificación y ejecución de vuelos programados, por lo que el relevamiento se realizó en forma manual (VBLOS), tomando fotografías a intervalos regulares con solapamientos del orden del 70-90% entre fotografías. De igual forma se procedió utilizando el Inspire 2, habida cuenta de la falta de conectividad a internet que permitiera planificar adecuadamente los vuelos en el campo, sin riesgo de colisión durante la operación.

El trabajo de campo se efectuó durante tres días en el mes de abril de 2022. En esos días, las condiciones de vuelo eran idóneas entre las 8:00 y las 15:00 horas. Fuera de dicho rango horario las ráfagas de viento dificultaban los vuelos. Se realizaron tres conjuntos de vuelos, uno por cada sector del sitio, estableciendo *a priori* el registro de espacios comunes entre ellos a fin de habilitar la elaboración de un mosaico que integrara los tres sectores. Los sectores Tacuil 1 y Tacuil Recintos Bajos se relevaron utilizando el Phantom 4, en tanto que Tacuil 2 se relevó con el Inspire 2. Con esta configuración se obtuvieron 1028 imágenes que se utilizaron para generar un MDE y ortomosaico a partir del proceso de restitución fotogramétrica.

El programa de restitución utilizado fue Agisoft Metashape Professional versión 1.6.4. El modelo de flujo utilizado para la restitución se tomó del Manual de Usuario de Agisoft y Zafra Granados (2018).

Para la integración de los tres sectores se determinaron Puntos de Apoyo Fotogramétricos (PAF) visibles en las áreas de solapamiento entre los sectores Tacuil 1 y Tacuil 2, y entre Tacuil 2 y los Cerros Bajos. La altitud de estos PAF se

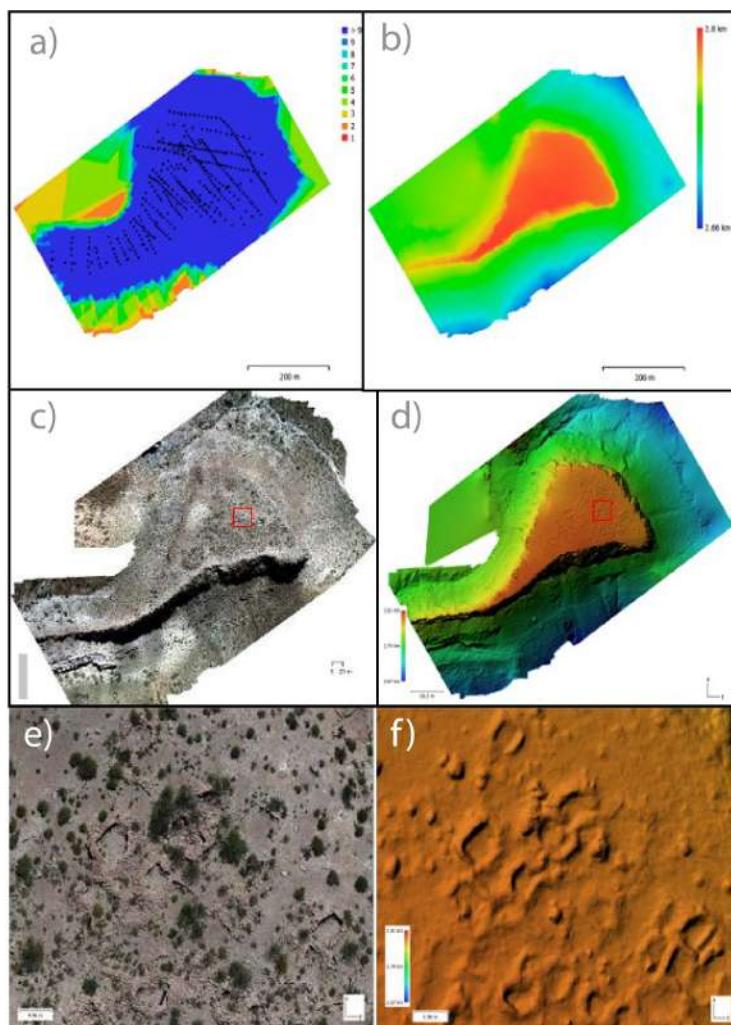
definió a partir del MDE oficial de la República Argentina elaborado por el Instituto Geográfico Nacional, disponible en el fotograma 2566-27, y descargado de la página oficial del organismo. Los PAF permitieron uniformar las altitudes de los tres vuelos, que adolecían de la homogeneidad propia de los datos brindados por el sistema GPS convencional de los equipos utilizados.

Resultados

Tacuil 1

Se realizaron dos vuelos que fueron procesados en conjunto. El total de fotos adquiridas fue de 475. Este relevamiento se efectuó con una altura de vuelo promedio de 77,1 metros. El procesado de dichas imágenes logró un solapamiento y alineación de 474, relevándose una superficie de 250.000 m² con una resolución espacial de 1,87 cm/pixel (Figura 5).

Figura 5. Vuelo del sector Tacuil 1



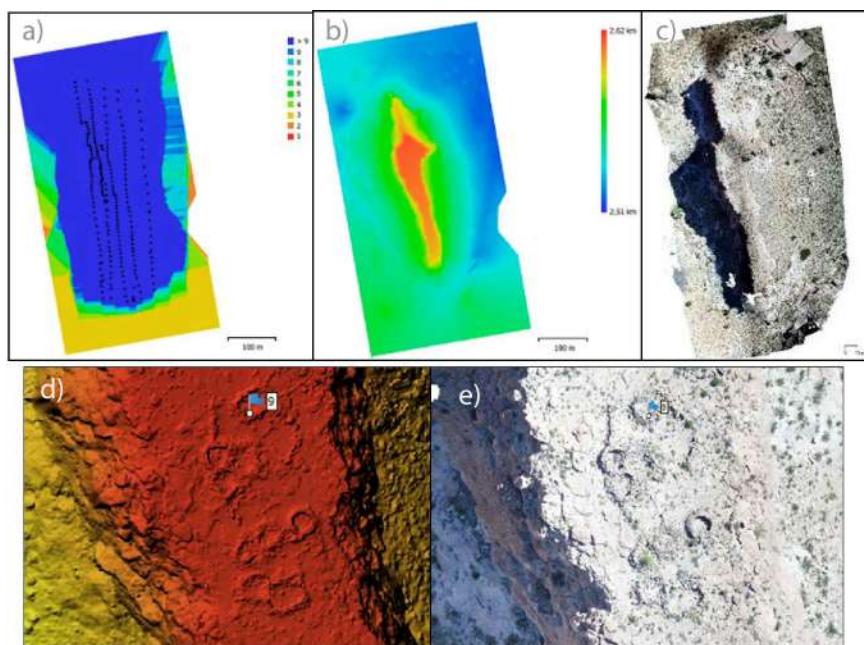
Referencias: a) solapamiento de imágenes; b) MDE; c) ortomosaico; d) MDE. MDE con sombreado; e) detalle de estructuras en la ortofoto; f) detalle de las mismas estructuras en la ortofoto

Fuente: archivo propio

Tacuil 2

Este sector se registró mediante un único vuelo en el que se tomaron 267 imágenes, con una altura promedio de 68,8 metros. El solapamiento y alineamiento de las fotos fue de 265. Al igual que el caso anterior, se pudo obtener del procedimiento fotogramétrico un MDE y su ortofoto, relevándose un área de 207.000 m² con una resolución espacial de 1,73 cm/pixel (Figura 6).

Figura 6. Vuelo del sector Tacuil 2



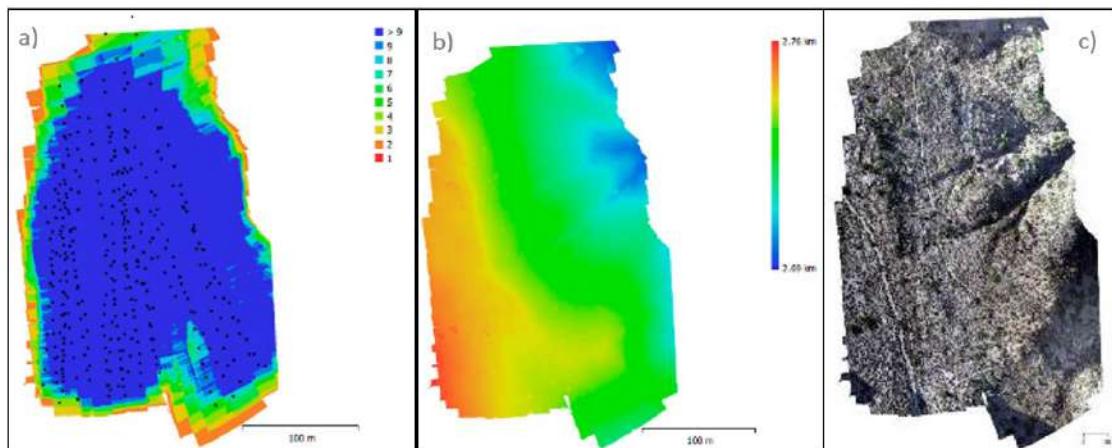
Referencias: a) solapamiento de imágenes; b) MDE; c) Ortomosaico; d) MDE con detalle de la arquitectura documentada para la Peña 2; e) detalle de la arquitectura en la ortofoto

Fuente: elaboración personal

Tacuil Recintos Bajos

Para este vuelo se obtuvieron un total de 371 imágenes, las cuales se alinearon en su totalidad en el proceso fotogramétrico. Siguiendo los vuelos anteriores se efectuó un MDE y su ortofoto, relevándose un área de 63.700 m² con una resolución espacial de 1,25 cm/pixel. La altitud promedio de toma de fotos es de 46 metros. De esta manera se logró un excelente solapamiento de las fotos al realizarse el proceso (Figura 7).

Figura 7. Vuelo de Tacuil Cerros Bajos



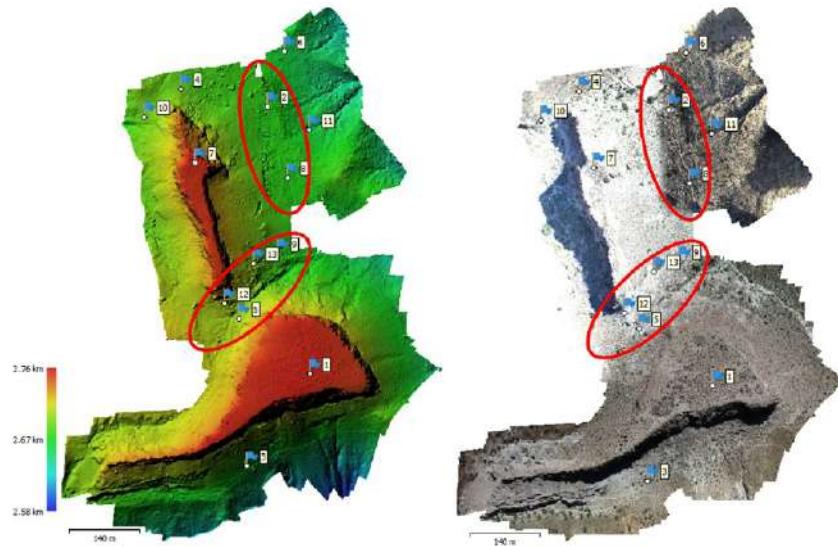
Referencias: a) solapamiento; b) MDE; c) ortomosaico

Fuente: elaboración personal

Integración de sectores

Para lograr la integración de los tres sectores se procedió, en primer lugar, a seleccionar un conjunto de 13 puntos homólogos en los lugares de solapamiento de los tres relevamientos (Figura 8). Este paso tuvo que realizarse necesariamente, puesto que la información de base procedía de tres vuelos independientes, con el almacenamiento de datos de navegador GPS con errores propios de esta tecnología (o sea, de 3 a 10 metros en x y e), como así también el registro de altitud diferente (altura sobre el elipsoide, y altura sobre el nivel del mar) que imposibilitó el ensamblaje automático. Para corregir estos problemas se establecieron un total de 13 Puntos de Apoyo Fotogramétrico *ad hoc*, con base en el Modelo de Elevación Digital del Instituto Geográfico Nacional. Se aplicó la herramienta de "reducir redundancia de solape" para optimizar procesamiento. El Modelo Digital de Elevación y ortomosaico que integra los tres sectores del sitio Tacuil, se conformó con un total de 503 fotogramas, alcanzando una resolución de 3.52 cm/pixel y 1.7 cm/pixel respectivamente (Figura 8). La superficie total relevada fue de 50 hectáreas. El error medio de estos modelos, tomando en consideración los 13 puntos de apoyo fotogramétricos, alcanzó valores de 7,10 cm en el eje X, 7,27 cm en el eje Y, y 19 cm en el eje Z, lo cual representa un resultado muy bueno.

Figura 8. Modelo Digital de Elevación y ortofoto del sitio



Nota: se indican los Puntos de Apoyo Fotogramétricos para el anclaje altimétrico, y las áreas de costura entre mosaicos

Fuente: elaboración personal

Discusión y conclusiones

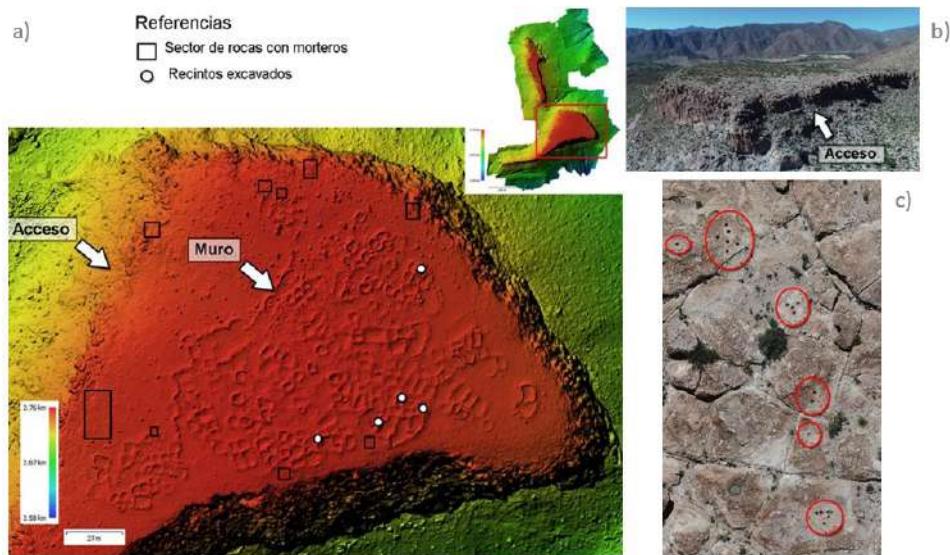
La elaboración del MDE y la ortofoto de los tres sectores que conforman el Pucará el Tacuil se constituyó en el primer registro fotogramétrico integral del sitio en su contexto geomorfológico. A partir de los productos cartográficos obtenidos fue posible detectar, caracterizar, registrar y medir las estructuras arqueológicas de los tres sectores del sitio, como así también realizar una evaluación del emplazamiento en las distintas geoformas.

Así, en el sector correspondiente a la Peña 1 -Tacuil 1- se registró un número mínimo de 215 recintos, distribuidos en conjuntos arquitectónicos separados por al menos tres espacios abiertos (o plazas) organizados en una serie de conjuntos arquitectónicos formados, en su mayoría, por estructuras subrectangulares cuyos accesos externos presentan muros de deflexión que, entendemos minimizarían el ingreso de los fuertes vientos que azotan la cima (Figura 9). La reconstrucción tridimensional permite confirmar que existe una única vía de acceso al sitio, ubicado en el sector noreste de esta peña. Es en este sector donde investigaciones previas habían registrado la presencia de grandes rocas grabadas, interpretadas como maquetas, similares a las halladas al pie del mismo (Villegas, 2014; Williams *et al.*, 2020).

Un rasgo arquitectónico interesante es la identificación de otros dos grandes espacios despejados: uno en el ingreso a la cumbre y otro en el extremo sur del farrallón de la Peña 1. Sumamos a ello un nuevo dato para reevaluar la dinámica interna del pucará, que es la existencia de un gran espacio despejado en el borde oriental de la cima que coincide con uno de los pocos accesos al pucará

delimitado hacia el este con los conjuntos arquitectónicos por una especie de muro interno que separa la parte construida de la no construida. ¿Pudo ser esta muralla interna una resolución arquitectónica de protección de las poblaciones que estaban habitando la Peña 1?

Figura 9. Hallazgos en Tacuil 1



Referencia: a) modelo Digital de Elevación de la Peña 1 del Pucará de Tacuil, en cuyo sombreado se destaca la forma y distribución de la arquitectura del sitio; b) imagen oblicua tomada con el dron con la localización del único punto lugar de acceso al sitio; c) detalle de rocas con morteros detectadas a partir de la ortofoto

Fuente: elaboración personal

El relevamiento aéreo también permitió registrar que en la cima del pucará se encuentran morteros comunales excavados en la roca madre, algunos hasta con 23 horadaciones. Esto permite sugerir que los alimentos y, posiblemente pigmentos, pudieron haber sido procesados (initialmente molidos) en el sitio. La disposición de estos morteros, ubicados principalmente en los bordes de la meseta, habría permitido la realización de tareas simultáneas, como controlar las vías de acceso al sitio y el terreno circundante, mientras se procesaban los granos (Villegas, 2014).

En Tacuil 2 se detectaron y registraron en superficie estructuras subrectangulares por medio de las ortofotos, con un número mínimo de 24 recintos (Figura 10). La arquitectura se concentra claramente en el sector norte de esta peña, en tanto que el sector sur (donde se ubica –aunque actualmente erosionado– el único acceso posible) se encuentra un gran espacio despejado. En esta peña también son muy frecuentes las rocas con morteros, destacándose un único caso donde los mismos se encuentran al interior de un recinto. Por su emplazamiento, a estas estructuras sólo es posible registrarlas y caracterizarlas en forma remota, dado que el acceso a este sector del sitio está actualmente vedado por la erosión de las antiguas vías de acceso a la cima de esta meseta.

Figura 10. Hallazgos en Tacuil 2



Referencias: a) Modelo Digital de Elevación de la Peña 2 del Pucará de Tacuil, en cuyo sombreado se destaca la forma y distribución de la arquitectura sitio, con indicación de la localización del único punto lugar de acceso al sitio; b) imagen oblicua tomada con el dron en el sector norte de esta peña, donde se concentra la arquitectura prehispánica; c) detalle en vista vertical de dos recintos adosados, uno de los cuales incluye una roca con morteros

Fuente: elaboración personal

Finalmente, señalamos que el registro que aquí ha resultado, constituye además, una línea de base que a largo plazo permitirá monitorear la evolución de los procesos de erosión y acumulación que afecten al sitio.

Otro aporte que resultó de nuestro trabajo es de índole metodológico, y lo constituye la experiencia que demuestra que es posible ensamblar vuelos realizados con distintos drones, con distintas cámaras y diferentes configuraciones de sensores y reglajes, obteniendo un resultado de muy buena calidad. El trabajo aquí realizado permite afirmar que la utilización de Puntos de Apoyo Fotogramétricos estratégicamente emplazados en lugares con un adecuado solapamiento de imágenes, facilitan la elaboración de mosaicos que abarcan superficies mayores que las soportadas por un único vuelo. Resulta clave la identificación de esos puntos, y la homogeneización de las altitudes, tomando como control de base, los datos el MDE oficial.

Consideraciones finales

En relación con la historia social de este pucará, el relevamiento arquitectónico y material relevado a partir de esta investigación, junto a los trabajos y fechados radiocarbónicos obtenidos con anterioridad, permiten sugerir una ocupación humana que se retrotraería al menos a partir del período Formativo, ocuparía todo el PDR y se extendería hasta mediados del siglo XVII.

Como señalamos en los antecedentes, a partir del primer milenio de nuestra

Era, en el NOA, la existencia de conflictos sociales se materializaría con el surgimiento de asentamientos defensivos o pucarás, sumado a diversa parafernalia de guerra como armas, e iconografía de guerreros y evidencia de traumas en restos humanos. Se ha postulado que las nuevas pautas de convivencia y las alianzas entre grupos de parentesco y comunidades promovidas por la inseguridad resultaron en procesos de " fusión segmentaria" (Platt, 1987) que resolvieron pacíficamente las disputas locales, redirigiendo la violencia hacia grupos ajenos a cada región (Nielsen, 2015).

Precisamente en el sector medio del valle Calchaquí se registra una concentración de pucarás en las quebradas altas, aunque no podríamos aún asegurar si los mismos responden a una situación de conflicto local o interregional previa a la conquista inca. Sin embargo, consideramos que estos pucarás, no sólo pueden ser considerados como espacios de refugio y resistencia de las poblaciones nativas durante el PDR y comienzos de la época colonial (donde se desarrollaron las Guerras Calchaquíes contra los españoles –1560 y 1667–), sino que también pudieron funcionar como hitos en el terreno durante la conquista inca, materializando el poder a través de su valorización como geosímbolos (o huacas²). Se ha planteado que la lógica de instalación en las quebradas altas estaría vinculada a una práctica de subsistencia y reproducción social asociada con el manejo estacional y altitudinal de estos espacios (Quiroga, 2010).

Se observa con este trabajo, que el Pucará de Tacuil cumple con la definición amplia de pucará, por tratarse de un asentamiento con estructuras de tipo habitacional, que se encuentra emplazado en terrenos elevados, naturalmente defendible y con una amplia visibilidad de su entorno, aunque sin responder exclusivamente a un momento histórico particular ni a una función exclusiva, lo cual aporta concretamente a caracterizar con mayor detalle la variabilidad esperable para los modelos de organización socioespacial prehispánicos.

Agradecimientos

El Dr. Gustavo Buzai propició el intercambio académico entre la Universidad Nacional de Luján de Argentina y el Instituto Geográfico Militar del Ecuador, en el marco del proyecto PICT 2020-03406 para el procesamiento de los datos. Agradecemos la colaboración de Cecilia Castellanos, Erico Gaál y Marcelo Lamamí durante los trabajos de campo, y las charlas con el Dr. Luis Coll sobre fotogrametría. Este trabajo contó con el apoyo de los proyectos PICT 2018-02005 y el "H. and T. King Grant for Archaeology of the Ancient Americas 2021" radicados en el Instituto de las Culturas (IDECU).

Referencias

Acuto, F. (2007). Fragmentación versus integración comunal: repensando el Período Tardío del Noroeste Argentino. *Estudios Atacameños*, (34), 71-95. <http://>

² Para una discusión sobre el término "huaca", ver Itier (2021).

- dx.doi.org/10.4067/S0718-10432007000200005
- Anschuetz, K., Wilshusen, R., & Schieck, C. (2001). An Archaeology of Landscape: Perspectives and Directions. *Journal of Archaeological Research*, 9(2), 152-197.
- Baldini, L. (2003). Proyecto arqueología del Valle Calchaquí central (Salta, Argentina). *Síntesis y perspectivas. Anales Nueva Época*, (6), 219-239.
- Buzai, G. D. (1999). *Geografía Global*. Lugar Editorial.
- Buzai, G. D. (2001). Paradigma Geotecnológico, Geografía Global y CiberGeografía, la gran explosión de un universo digital en expansión. *GeoFocus*, (1), 24-48. <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/313>
- Castellanos, M. C. (2016) El valle Calchaquí medio (Salta, Argentina) durante los siglos XV-XVII: aportes desde el registro arqueológico y las fuentes documentales. *Diálogo Andino*, (49), 273-286. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-26812016000100026>
- Castellanos, M. C., Becerra, M. F. y Williams, V. I. (2020). Aproximación a la tecnología cerámica y metalúrgica en las quebradas altas del Noroeste Argentino: el caso de Tacuil, valle Calchaquí medio, Salta, Argentina. *Estudios Atacameños*, (66), 129-153. <http://dx.doi.org/10.22199/issn.0718-1043-2020-0040>
- Cigliano, E. M. y Raffino, R. A. (1975). Arqueología en la vertiente occidental del Valle Calchaquí medio. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 9, 47-56.
- Criado Boado, F. (1999). Del terreno al espacio: planteamientos y perspectivas para la Arqueología del Paisaje. *Criterios y Convenciones en Arqueología del Paisaje (CAPA)*, 6, 1-58.
- Domínguez Pérez, C. y Martínez González, J. (2019). El uso de drones en la investigación arqueológica: fotogrametría y productos derivados. *Cuadernos del Sur*, 24(4), 72-89.
- Itier, C. (2021). "Huaca", un concepto andino mal entendido. *Chungará*, 53(3), 480-490. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73562021005001902>
- Knapp, A. B., & Ashmore, W. (1999). Archaeological landscapes: Constructed, conceptualized, ideational. En W. Ashmore y A. Knapp (Eds.). *Archaeologies of Landscape: Contemporary Perspectives* (pp. 1-30). Blackwell Publishers.
- Lanzelotti, S.L. (2015). La evaluación multicriterio en el espacio regional y dimensión histórico-arqueológica. En G. Buzai, L. Humacata, G. Cacace y S. Lanzelotti (Comps), *Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa. Libro 1: Por una Geografía de lo real* (pp. 93-114). MCA Libros.
- Nielsen, A. E. (2006). Pobres jefes: aspectos corporativos en las formaciones sociales pre-inkaicas de los Andes Circumpuneños. En C. Gnecco y C. Lnagebaek (Eds.), *Contra la Tiranía Tipológica en Arqueología* (pp. 121-150). Ediciones Uniandes.
- Nielsen, A. E. (2015) El estudio de la guerra en la arqueología sur-andina. *Corpus*, 5(1). <http://journals.openedition.org/corpusarchivos/1393>
- Orsini, C., Benozzi, E., Williams, V., Rossi, O., & Mancini, F. (2022). UAV Photogram-

- metry and GIS Interpretations of Extended Archaeological Contexts: The Case of Tacuil in the Calchaquí Area (Argentina). *Drones*, 6(2), 31.
- Paya, T. y Villegas, M. P. (2023, del 10 al 14 de julio). Bloques con maquetas en las quebradas altas del valle Calchaquí medio (Salta) durante los períodos Tardío e Inca: primeros lineamientos metodológicos [ponencia]. *XXI Congreso Nacional de Arqueología Argentina*. Corrientes, Argentina.
- Platt, T. (1987). Entre ch'axwa y muxsa: para una historia del pensamiento político aymara. En T. Bouysse-Cassagne, O. Harris, T. Platt y V. Cereceda (Eds.), *Tres reflexiones sobre el pensamiento andino* (pp. 61-132). Editorial Hisbol.
- Quiroga, L. (2010). En sus huaycos y quebradas: Formas materiales de la resistencia en las tierras de Malfín. *Memoria Americana*, 18(2), 185-209.
- Resolución 880 de 2019 (2019, 6 de diciembre). *Reglamento de vehículos aéreos no tripulados y de sistemas de vehículos aéreos no tripulados*. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-880-2019-333259>
- Resolución 885 de 2019 (2019, 9 de diciembre). *Rectificase el artículo 1 de la Resolución 880*. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-885-2019-333196>
- Ruiz, M. y Albeck, M. E. (1997). El fenómeno pucará visto desde la puna jujeña. *Estudios Atacameños*, (12), 83-95.
- Tarragó, M. (2000). Chacras y pucará. Desarrollos sociales tardíos. En M. Tarragó (Dir.), *Nueva Historia Argentina* (tomo I, pp. 257-300). Sudamericana.
- Villegas, M. P. (2014). *Del valle a la puna: Articulación social y económica entre los poblados prehispánicos tardíos y los asentamientos inkas en la Quebrada de Angastaco (valle Calchaquí medio, Salta)* [Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires]. Argentina. <http://repositorio.filos.uba.ar/handle/filodigital/2961>
- Williams, V. I. (2010). El uso del espacio a nivel estatal. En M. E. Albeck, M. C. Scattolin y M. A. Korstanje (Eds.), *El hábitat prehispánico. Arqueología de la arquitectura y de la construcción del espacio organizado* (pp. 77-114). EdiUNJU.
- Williams, V. I. (2019). Nuevos datos sobre las Quebradas altas del Calchaquí medio, Salta, Noroeste de Argentina (NOA). Reproducción local entre los siglos XI a XV. *Revista del Museo de La Plata*, 4(1), 183-208. <https://doi.org/10.24215/25456377e074>
- Williams, V. I. y Castellanos, M. C. (2014). Paisajes, materialidad y memoria social en el Valle Calchaquí Medio. *Revista de la Escuela de Historia de la UNSa*, 13(2), 1-27.
- Williams, V. I. y Villegas, M. P. (2013). Colonización estatal en las cuencas de Angastaco-Molinos. En V. Williams y M. B. Cremonte (Comps.), *Al borde del imperio. Paisajes sociales, materialidades y memoria en áreas periféricas del noroeste argentino* (pp. 221-251). Sociedad Argentina de Antropología.
- Williams, V. I., Lanzelotti; S. L., Coll, L. V. J., Villegas, M. P., Castellanos, M. C. y Lamamí, M. (2023). Historia y arqueología del pucará de Tacuil en el Valle Calchaquí Medio, Salta, Argentina. En C. Chiasso, P. Gamundi y P. Ventura (Comps.), *Actas del IV Congreso Internacional de Geografía Urbana* (pp. 376-382). Serie

Publicaciones del PROEG (Programa de Estudios Geográficos) de la Universidad Nacional de Luján.

Williams, V. I., Villegas, M. P. y Castellanos, M. C. (2020). Pucará en el Valle Calchaquí medio (Salta, Argentina). Algunas respuestas a viejas preguntas. *Anales de Arqueología y Etnología*, 75(1), 79-114.

Zafra Granados, Y. (2018). *Manual para el postproceso de imágenes obtenidas a partir de una aeronave tripulada remotamente (drone) en los software Agisoft Photoscan y Pix4d*. Universidad Distrital Francisco José De Caldas.

Sonia Lanzelotti es Doctora de la Universidad de Buenos Aires, área Arqueología, y Licenciada en Ciencias Antropológicas con orientación arqueológica por la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA. Además es Piloto Certificada de Vehículos Aéreo No Tripulados (VANT/drones) avalada por la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC). Se desempeña como Investigadora Adjunta del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) en el Instituto de Culturas y como docente de grado y posgrado en el Departamento de Ciencias Antropológicas de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA y en el Departamento de Ciencias Sociales de la UNLu, donde además dirige el Grupo de Estudios sobre SIG en Arqueología, Paleontología e Historia. Sus temas de investigación se refieren al uso del espacio prehispánico y la construcción de paisajes arqueológicos en el Noroeste Argentino y la región Pampeana. Instituto de las Culturas Universidad de Buenos Aires Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IDECU, UBA-CONICET). Bartolomé Mitre 1970, 5to "A", Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina y Departamento de Ciencias Sociales e Instituto de Investigaciones Geográficas Universidad Nacional de Luján (INIGEO-UNLu). Ruta Nacional 5 y Avenida Constitución, Luján, Buenos Aires, Argentina, sonia.lanzelotti@conicet.gov.ar, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3617-9466>

Rafael Peña Reinoso es Asistente Especializado en Cartografía I en el área de Proceso de Planificación y Captura UAV de la Dirección Cartográfica del Instituto Geográfico Militar del Ecuador. Es Instructor para el manejo de drones y capacitador del personal técnico de dicha Institución. Dirección Cartográfica, Proceso de Planificación y Captura UAV. Instituto Geográfico Militar del Ecuador. Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. Sector El Dorado, Quito, Ecuador, rafael.pena@geograficomilitar.gob.ec, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0836-5306>

Verónica Williams es Investigadora Principal del CONICET en el Instituto de las Culturas (IDECU, Universidad de Buenos Aires-CONICET), donde también se desempeña como directora desde 2016. Reviste la Categoría I del Programa de Incentivos a Docentes-Investigadores de Universidades Nacionales del Ministerio de Educación de la Nación Argentina. Es egresada de la Universidad Nacional de La Plata de la carrera de Antropología, como Licenciada y como Doctora en Ciencias Naturales. También es Profesora Titular del Departamento de Ciencias Antropológicas de la Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Fue Profesora de la Licenciatura en Arqueología de las Universidades Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires. Actualmente se desempeña además como Profesora del Doctorado en Arqueología de la Universidad Nacional de Tucumán y del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Instituto de las Culturas Universidad de Buenos Aires Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IDECU, UBA-CONICET). Bartolomé Mitre 1970, 5to "A", Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, veronicawilliams@conicet.gov.ar, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4194-5214>