



88.

FOTOGRAMETRÍA AÉREA CON DRON EN SALINAS DE LOS NUEVE CERROS

Alexander E. Rivas, Brent K.S. Woodfill y William G.B. Odum

XXXIII SIMPOSIO DE INVESTIGACIONES
ARQUEOLÓGICAS EN GUATEMALA

MUSEO NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA Y ETNOLOGÍA
15 AL 19 DE JULIO DE 2019

EDITORES
BÁRBARA ARROYO
LUIS MÉNDEZ SALINAS
GLORIA AJÚ ÁLVAREZ

REFERENCIA:

Rivas, Alexander E.; Brent K.S. Woodfill y William G.B. Odum
2020 Fotogrametría aérea con dron en Salinas de los Nueve Cerros. En *XXXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2019* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 1069-1075. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

FOTOGRAMETRÍA AÉREA CON DRON EN SALINAS DE LOS NUEVE CERROS

Alexander E. Rivas
Brent K.S. Woodfill
William G.B. Odum

PALABRAS CLAVE
Fotogrametría, drones, desarrollo.

ABSTRACT

The use of drones as a tool for archaeological reconnaissance is becoming very popular, especially now in Guatemala. Drones surveys through photogrammetry have many advantages, mostly related to costs, use of efficient time, and high resolution of topographic images. There are clearly disadvantages, including the need for cleared landscapes, and knowledge of GIS (Geographic Information Systems) programs and proper drone flights. These are issues that archaeologists in all countries are taking into consideration. But what are the important details of doing these investigations in Maya archeology? In Guatemala? Maps made from drone imagery have consequences or important benefits when we are working in private land. Our position follows that community archeology is very important to gain the trust of the landowners and entrepreneurs, especially when new technologies may appear invasive to communities.

INTRODUCCIÓN

Los drones se están convirtiendo en una herramienta popular para los estudios arqueológicos aéreos en todo el mundo y también aquí en Guatemala. El mapeo a gran escala (sistemas UAV, LiDAR, imágenes satelitales) se está convirtiendo en la forma principal de mapeo para muchos sitios arqueológicos importantes. El año pasado se presentaron los resultados de la mayoría del reconocimiento de dron de Salinas de Los Nueve Cerros. El uso de drones para reconocimiento arqueológico en Nueve Cerros fue exitoso para mapear los montículos, plataformas y muchos rasgos arqueológicos. El reconocimiento es útil para la arqueología, especialmente en el desarrollo de la comunidad. En este ensayo, se mostrará cómo los reconocimientos con drones han ayudado a las interpretaciones arqueológicas y lo que es igual de importante, el desarrollo de la comunidad.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

El uso de drones en arqueología contiene clara ventajas y desventajas. El año pasado los autores de esta

plática, escribieron sobre este tema (Rivas *et al.* 2019). El costo de drones profesionales se está poniendo más económico cada año, por los usos de muchas profesiones que necesitan reconocimientos aéreos. Además de la compra del dron, las programas para volarlo son aplicaciones que se usan con un teléfono celular. Map Pilot de Drones, Made Easy y Pix4D son aplicaciones muy económicas para comprar y también son fáciles de usar. Estos programas específicamente se enfocan en hacer trabajos de fotogrametría, para obtener mapas a gran escala y alta resolución. Con este programa, se puede hacer ortomosaico, modelos de elevación digitales (DEM en inglés) y análisis espacial con otros programas como ArcGIS.

Aunque el uso de los drones es económico, fácil, y rápido, sí hay muchas desventajas que los conductores/directores/estudiantes necesitan saber antes de usar o comprar esta herramienta. Primero, la fotogrametría aérea con dron es útil solamente en áreas sin selva, o con poco bosque espeso. Para hacer modelos de topografía y elevación, las fotos tomadas por el dron necesitan enseñar la tierra sin obstáculos. Aquí es donde LiDAR tiene la ventaja sobre fotogrametría. La foto-

grametría para la arqueología tiene los mejores resultados en granjas y sobre milpa, donde se puede ver la topografía claramente.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El uso de drones puede ser una herramienta poderosa para captar datos geográficos de grandes regiones en poco tiempo. Sin embargo, como cualquier otra tecnología nueva, hay consideraciones éticas y de seguridad que hay que tomar en cuenta—para el piloto, para las comunidades locales y para el gremio profesional. Aquí se delimitan unas que se han enfrentado en la región Nueve Cerros y la Franja Transversal del Norte.

Como se ha delimitado en otras publicaciones (e.g., Solano 2012, Woodfill *et al.* 2016, Woodfill 2019), la Franja Transversal del Norte ha tenido una historia compleja y conflictiva por su ubicación geográfica y los recursos naturales que contiene. Además de las arterias naturales de intercambio que se encuentran allí, cuenta con petróleo, ríos con alta potencial para la hidroeléctrica y suelos volcánicos bastante fértiles. En general, sin embargo, las ganancias de esta riqueza son aprovechadas por foráneos—las ciudades del centro de Petén, los españoles, finqueros urbanos y corporaciones multinacionales. Las comunidades locales aguantaron altos niveles de violencia durante el conflicto armado de Guatemala en el Siglo XX y después de la firma de los acuerdos de paz, siguen las amenazas. Desde los inicios de Proyecto Salinas de los Nueve Cerros en 2010, muchos terrenos se han vendido o perdido a petroleros, finqueros, palmeros, narcotraficantes e invasores. Como resultado de esta larga historia de perdición, muchos parcelarios sospechan de las intenciones de científicos como los miembros del proyecto y temen su entrada, dejando muchas partes del sitio sin levantamiento topográfico ni excavación.

El dron puede remediar esta situación parcialmente. Legalmente, el espacio aéreo no pertenece al dueño del terreno, por lo cual los pilotos están en su derecho de volar el dron y tomar fotos si hay permiso de entrar una parcela o no. Sin embargo, eso puede ser peligroso, no solamente para el dron (que fácilmente puede terminar fusilado e inservible) sino para el piloto si enfrenta una comunidad que teme a las hidroeléctricas y mineros o un dueño involucrado en actividades ilícitas.

Manteniendo eso en mente, cada vez que los autores han volado el dron, se hace una reunión con los finqueros o autoridades—COCODE, alcalde auxiliar o comité pro-mejoramiento, dependiendo en la región—

antes de desempacar el equipo para pedir permiso. Y mientras que está volando el dron, se lleva un representante de las autoridades, típicamente pagándoles medio día de jornal para evitar cualquier confusión, mal entendimiento o conflicto durante el vuelo. A veces no se logra conseguir permiso y cuando pasa eso se dice gracias e se intenta regresar el otro año. Pero en general se logra conseguir dentro de las comunidades y así se logra captar datos geográficos incluso en parcelas donde se ha negado el permiso de entrar a pie.

Como se delimita en esta ponencia y en otras de esta mesa redonda, los modelos digitales de elevación, imágenes multiespectrales, etc. pueden decir mucho sobre el uso antiguo del espacio, desde sistemas de drenaje hasta el potencial agrícola de terrenos específicos. Pero estos datos tienen valor fuera de las investigaciones arqueológicas, para bien o mal. La documentación de restos arqueológicos puede abrir una región al saqueo, por lo cual la ética básica de la arqueología es controlar la información. Sin embargo, la gente local en general ya sabe dónde hay ruinas y los que no saben se dan cuenta por la presencia de arqueólogos, entonces no hay razón para intentar esconder estos datos de ellos. Más importante, los datos topográficos que usan los arqueólogos para entender el uso del paisaje en el pasado, pueden servir para la gente local hoy en día—donde es mejor sembrar arroz (por su alto potencial de inundación), donde es mejor para construir casa, donde buscar agua, etc. Compartiendo los datos con las comunidades hace que ellos también estén aprovechando la presencia de un proyecto arqueológico, lo que también resulta haciéndoles más abiertos a futuros estudios y puede inspirar a sus vecinos a abrir el acceso a sus terrenos. Al mismo tiempo, estos datos pueden ser aprovechados por empresas multinacionales, narcotraficantes y finqueros interesados en apropiarse de terrenos comunitarios.

FOTOGRAMETRÍA

EN SALINAS DE LOS NUEVE CERROS

Ubicado en Alta Verapaz, Nueve Cerros es un sitio arqueológico con evidencia del Preclásico Medio hasta el Posclásico Temprano. Después de diez años de investigaciones, se sabe que el sitio cubre por lo menos 6000 hectáreas. Trabajando con parcelarios, miembros de las comunidades locales y una ONG, el Proyecto Nueve Cerros pudo mapear la mayoría de los montículos del sitio. Lo que no se ha podido determinar es la relación de la topografía, elevación y generalmente el paisaje con el patrón de asentamiento. Como el sitio

está rodeado de milpa, durante la época de la cosecha se puede ver mucho de la topografía con muchos montículos. Estudios con drones en Nueve Cerros pueden revelar mucha información sobre la topografía que no se ha hecho en el pasado.

Desde 2018, el proyecto mapeó 1,092 hectáreas del sitio con fotogrametría aérea de dron. Se usó un DJI Inspire 2 dron con una cámara Zenmuse X5S. Después de los reconocimientos, las imágenes salieron a 0.26 m por cedula. Esta alta resolución es suficiente para hacer modelos de DEM, en lo cual se puede ver todos los rasgos arqueológicos como montículos, plazas, plataformas, aguadas/pozos, y zanjas (Figura 1). Igualmente, importante, se pueden identificar ríos, arroyos, llanuras, muelles y elevaciones naturales. Aunque se tiene más de mil hectáreas mapeadas, el sitio tiene áreas bajo el bosque/selva y muchas comunidades y familias viviendo encima de los rasgos arqueológicos. Entonces, es importante usar las ortofotos para confirmar los rasgos del DEM.

COMBINANDO LOS RECONOCIMIENTOS CON EXCAVACIONES

En uno de los grupos arquitectónicos antiguos, se detectaron al menos diez depresiones, un tanque de agua grande, un estanque, dos pantanos bajos y al menos 21 montículos o características arquitectónicas. Este grupo específico está situado a lo largo de un dique elevado y fosilizado con dos arroyos bastante grandes ubicados al sur (Figura 2). Las depresiones y los pozos pequeños se han estudiado en otras partes de las Tierras Bajas Mayas y se interpretan como ubicaciones para la extracción de agua potable para las comunidades antiguas (Weiss-Krejci y Sabbas 2002; Johnston 2004; Brewer 2018). Las excavaciones de algunas de estas depresiones mostraron evidencia estratigráfica de una capa freática alta que se llena de agua durante la temporada de lluvias. Después que estas depresiones fueron ubicadas y confirmadas a través de la verificación por pie, todavía es necesario excavarlas para comprender la relación de las depresiones con la arquitectura circundante. Se explica con tres ejemplos, la precisión de los detalles topográficos de la fotogrametría y que realmente ayuda a los arqueólogos a entender qué y dónde excavar, especialmente para las características no mapeadas.

La primera depresión examinada se ubica a lo largo de la orilla del arroyo y antes del cultivo intensivo de la milpa, se mantenía el agua de manera perenne. Ahora durante la temporada seca, esta depresión se seca, lo

que permitió realizar excavaciones. Originalmente, se investigó para determinar si existen características de reservorio que normalmente se ven en reservorios en otras partes de las Tierras Bajas Mayas (Scarborough *et al.* 2012). Esto incluye pisos de estuco, ubicaciones de esclusas o embalses y cualquier tipo de arquitectura necesaria para una depresión que contenga agua. Cuando se terminaron las excavaciones, quedó claro que esta depresión contenía una arquitectura mínima y simplemente parecía ser una depresión del pasado antiguo. La estratigrafía de esta depresión (y las otras depresiones) es lo que cuenta una historia más interesante. Visibles en el perfil son capas de suelos saturados (Figura 3, letra 'A'). Esto significa que los suelos se inundaron regularmente de las aguas subterráneas en la parte inferior y las precipitaciones en la parte superior. Esto crea suelos de 'gley' y crea oxidación-reducción (también conocida como redox) en el suelo. Los suelos de esta excavación están llenos de redox, lo que sugiere que están muy mal drenados. Nuevamente, esto no se debió a un sistema de reservorio como se ve en muchos sitios Mayas, sino más bien a procesos de agua subterránea.

La segunda depresión excavada el año pasado muestra un proceso muy similar. Ya no contiene agua, pero las excavaciones también muestran grandes concreciones de Fe / Mn y suelos redox (Figura 3, letra 'B'). Esta depresión es mucho más pequeña y definitivamente parece un pozo que fue desenterrado a propósito en el pasado. Esta depresión pudo haber sido desenterrada originalmente para su uso como pozo de cantera, pero también permitió el acceso a aguas subterráneas. Sobre la base de la estratigrafía, esta depresión permaneció abierta cuando se excavó originalmente en el pasado.

Por último, este ejemplo se refiere a una depresión cerca a los montículos más grandes de Tierra Blanca Salinas. Esta depresión es bastante pequeña y está ubicada directamente detrás de los montículos (Figura 3, letra 'C'). Se excavó esta depresión hasta suelo estéril, al igual que las otras depresiones investigadas. No hubo evidencia de redox, concreciones o suelos muy arcillosos. El suelo estéril, debajo de las capas de la ocupación Maya, son arcillas arenosas con lentes de arena visibles a lo largo de la excavación. Estos son depósitos de suelo de llanura aluvial natural del río Chixoy. Las excavaciones de este pozo también muestran la mayor cantidad de artefactos, especialmente lítico. La proximidad de este pozo, tan cerca de grandes montículos, sin evidencia de saturación de agua, sugiere que esta depresión no se usó para la retención de agua, ni como pozo de agua subterránea, se usó como foso para extraer la tierra para

construir los montículos cercanos. Sin embargo, esta depresión se observa claramente en terrenos más altos, por lo que es posible que las depresiones en elevaciones más bajas apuntaran específicamente a un nivel freático alto, mientras que las de los terrenos más altos se usaron para la extracción de suelos para construcción.

Aun así, es probable que la presencia de múltiples depresiones en la zona norte de Tierra Blanca, cerca de la arquitectura residencial, sugiera que los habitantes del sitio pueden haber utilizado principalmente pozos excavados para el uso de aguas subterráneas. Las sequías prolongadas fueron un factor en el colapso de Tierras Bajas de las principales comunidades Mayas, pero con un acceso alternativo al agua subterránea, el antiguo Nueve Cerros pudo prevalecer.

DESARROLLO COMUNITARIO

Actualmente, la mitad de las familias en la región carecen de acceso a un pozo o una fuente de agua confiable. Además, los pozos de muchas familias se secan durante la temporada seca, que dura aproximadamente dos meses. Los pozos que mantienen bajos niveles de agua, en su mayoría están llenos de agua de superficie que está contaminada por letrinas y otras fuentes de contaminación. Aquellos que no tienen acceso a estos pozos normalmente usan arroyos cercanos en el bosque, estanques de recolección estancados en campos de milpa o varias fuentes en las comunidades circundantes. Aunque hay muchos arroyos alrededor de Nueve Cerros, muchos de ellos están contaminados con basura, animales muertos y pesticidas. Las comunidades cercanas a dos de los principales ríos, el Chixoy y el Icbolay, adquieren agua de estas fuentes a pesar de que conocen el alto nivel de contaminación. Algunas familias usan esta agua para el consumo, generalmente la hierven, muchas la usan solo para aguas grises, como lavar ropa y platos y bañarse. Pero igual, esta agua causa efectos perjudiciales para la población, incluida la contaminación de los trastes y las erupciones de piel por ropa contaminada. En respuesta a estos problemas, Greg Odum, el antropólogo del Proyecto Salinas de los Nueve Cerros, ha trabajado con la ONG local (ADAWA) para aumentar el conocimiento de los filtros de agua. Las familias con acceso a agua de pozo son más saludables y les resulta más fácil llevar a cabo el trabajo doméstico, como cocinar y lavar la ropa y los trastes. En una demostración patrocinada por el proyecto, Odum llevó un filtro de agua del tamaño de una cubeta al sitio de la excavación para que los trabajadores

expandieran la conciencia sobre la filtración de agua. Después de filtrar y beber agua de los pozos construidos a partir de las depresiones antiguas, los residentes exploraron la posibilidad de expandir su innovación más allá del uso de las aguas grises. Esto marcó un entusiasmo y nivel de compromiso que es necesario para soluciones colaborativas y sostenibles a problemas como la contaminación del agua. El uso de estas antiguas depresiones para poner pozos ahora crea una situación única en Tierra Blanca. Por lo tanto, la ubicación de los rasgos de agua, antiguos o recién hechos, ayuda a los objetivos del desarrollo y a las preguntas de investigación arqueológica. El conocimiento de estas prácticas también ha sido exitoso en la iniciativa aplicada del proyecto para ayudar en la lucha de la región de ampliar el acceso al agua potable. La introducción de filtros de agua del tamaño de un balde para purificar las aguas grises en estas depresiones reabiertas (Figura 4) ofrece una solución que es resistente y eficaz y distinta debido a cómo está originado en la imaginación, creatividad y agencia de miembros de la comunidad.

CONCLUSIONES

Hay mucha promesa con el uso del dron para Salinas de los Nueve Cerros, incluyendo el sitio arqueológico, y las comunidades Q'eqchi' que viven sobre el sitio. Para el sitio arqueológico, ya se está entendiendo más sobre el sistema hidrológico de Tierra Blanca. Está claro que la mayoría de estas depresiones fueron usadas como pozos de agua subterránea o de fosos para construir los montículos. Aunque todavía no se tiene el mapa completo de Nueve Cerros (serían más de 6 mil hectáreas para un mapa completo), también se entiende más del patrón de asentamiento. Los montículos, plazas y plataformas están ubicados en las áreas más elevadas del sitio, con poco rasgo arqueológico en tierra baja. Suena muy aparente, pero este es el caso hasta en cuevas muy pequeñas.

Igual de importante es la información que el dron da para las comunidades viviendo en la región hoy en día. La reutilización de los pozos antiguos para pozos de agua subterránea es una de las cosas más importantes en el que el dron puede ser usado. El desarrollo comunitario es una de las cosas más importantes del Proyecto Salinas de los Nueve Cerros y los trabajos arqueológicos siempre deben de tomarlo en cuenta.

REFERENCIAS

BREWER, Jeffrey L.

2018 Householders as water managers: A comparison of domestic-scale water management practices from two central Maya lowland sites. *Ancient Mesoamerica* 29 (1):197-217.

JOHNSTON, Kevin J.

2004 Lowland Maya water management practices: The household exploitation of rural wells. *Geoarchaeology: An International Journal* 19 (3): 265-292.

RIVAS, Alexander; Brent K.S. Woodfill, Adam P. Spring, Megan E. Leight y Marc Wolf

2019 El uso de drones y LiDAR terrestre para Sistema de Información Geográfica (SIG) en la región Nueve Cerros. En *XXXII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2018* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp.627-36. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

SCARBOROUGH, Vernon L.; Nicholas P. Dunning, Kenneth B. Tankersley, Christopher Carr, Eric Weaver, Liwy Grazioso, Brian Lane, John G. Jones, Palma Buttlers, Fred Valdez y David L. Lentz

2012 Water and sustainable land use at the ancient tropical city of Tikal, Guatemala. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(31):12408-12413.

SOLANO, Luis

2012 *Contextualización Histórica de la Franja Transversal del Norte (FTN)*. Centro de Estudios y Documentación de la Frontera de Occidente de Guatemala, Guatemala.

WOODFILL, Brent KS.

2019 *War in the Land of True Peace: The Fight for Maya Sacred Places*. University of Oklahoma Press, Norman.

WOODFILL, Brent K.S.; Carlos Efraín ToxTiul y Ana Luisa Arévalo

2016 Desde la sal y cacao hasta petróleo y palma: 3,000 años de explotación económica de la Franja Transversal del Norte. En *XXIX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2015* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp.439-448. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

WEISS-KREJCI, Estella y Thomas Sabbas

2002 The potential role of small depressions as water storage features in the central Maya lowlands. *Latin American Antiquity* 13(3):343-357.

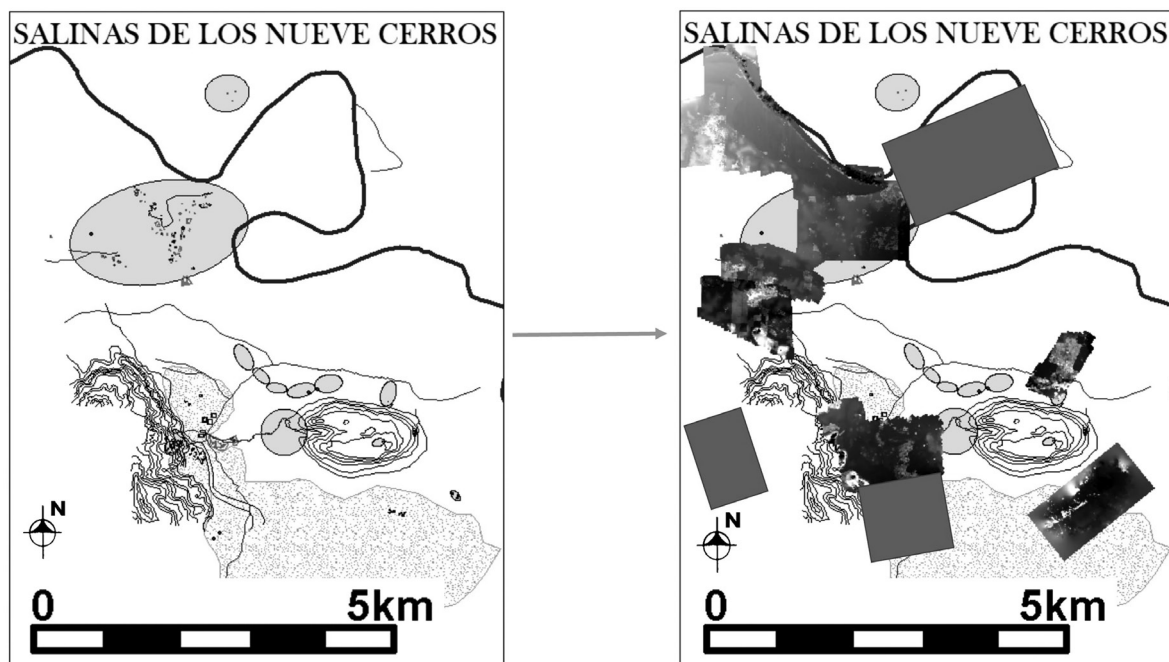


Figura 1. Mapa original de Nueve Cerros en la izquierda. A la derecha, el mapa original con las imágenes del dron superpuesto encima. Mapa original hecho por M. Wolf y modificado por A. Rivas.

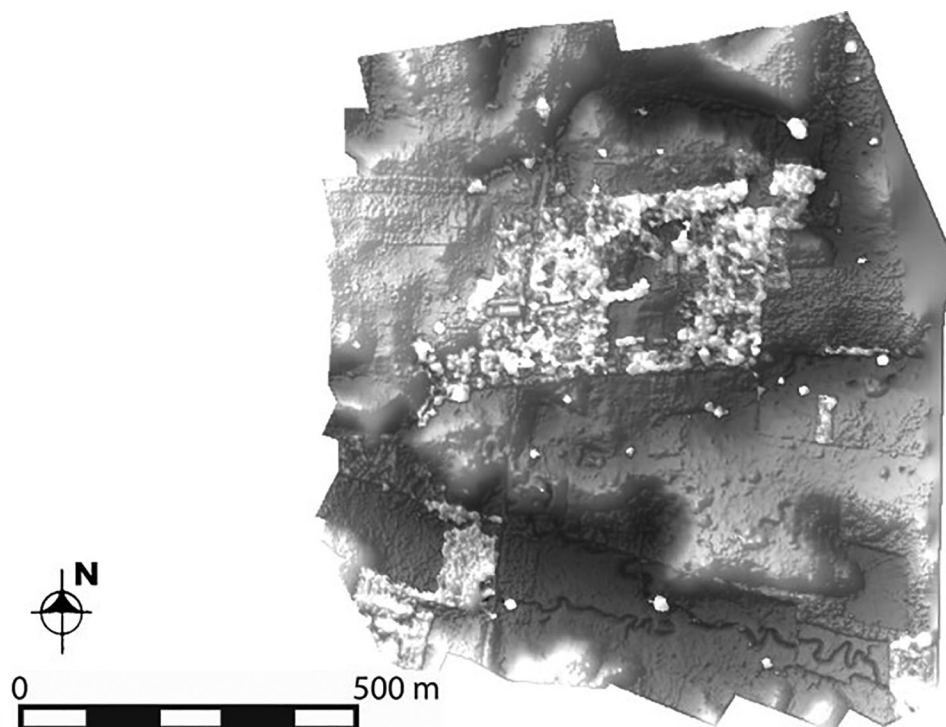


Figura 2. La imagen del dron de Tierra Blanca Salinas, donde se encontró un grupo arquitectónico con muchas depresiones. DEM hecho por A. Rivas.

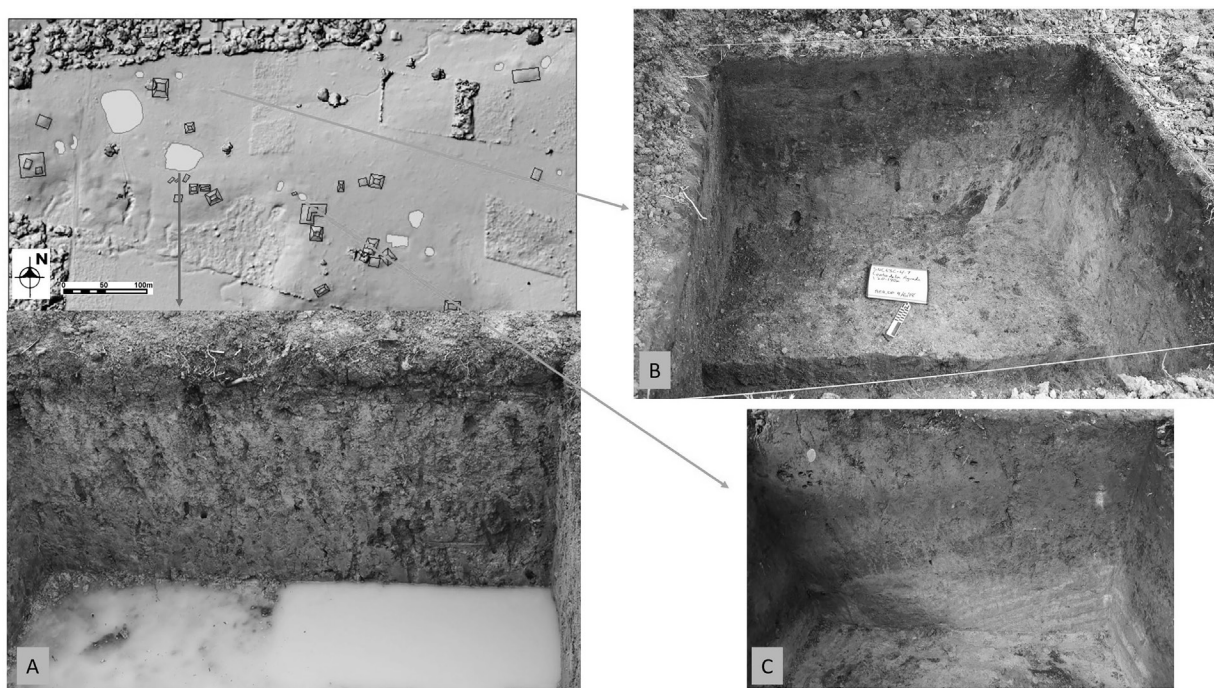


Figura 3. Tierra Blanca Salinas con imágenes de la estratigrafía de 3 depresiones excavados. DEM y mapa hechos y fotos tomados por A. Rivas.



Figura 4. Dos ejemplos de depresiones reutilizados por familias Q'eqchi' como pozos para agua subterránea. Fotos tomadas por A. Rivas.