

### Capítulo 3:

#### Prospección Geofísica en Khonkho Wankane

*A. Chris Dayton, Universidad de Boston*

De los métodos geofísicos múltiples empleados en el sitio de los periodos Formativo Tardío y Tiwanaku de Khonkho Wankane, Bolivia, el estudio de resistencia del suelo ha demostrado ser el más rentable y útil. Los datos de resistencia han ayudado a la identificación de rasgos arquitectónicos previamente desconocidos, confirmada después por las excavaciones.

Los métodos geofísicos de prospección son ahora parte integral en muchos proyectos arqueológicos. Dadas las condiciones medioambientales ideales y las preguntas de investigación adecuadas a los datos, la prospección geofísica tiene potencial para reemplazar en el futuro la práctica inherentemente destructiva de excavación, conservando los restos del subsuelo para los investigadores futuros (Kvamme, 2001). En la práctica, sin embargo, la mayor parte de las preguntas de investigación arqueológica exigen detalles que no son asequibles por los medios geofísicos: dispersión lítica sutil, diferencias leves en las tierras y sedimentos, tipos de cerámicas en cada estrato, morfologías de fragmentos del hueso, y así sucesivamente. Desgraciadamente, todavía no tenemos una manera de verdaderamente "ver bajo la tierra" (Clark, 1990). No obstante, por lo menos, la prospección geofísica puede proporcionar una información de ubicación precisa sobre rasgos de interés, minimizando así el costo y la magnitud espacial de las excavaciones, y puede complementar las excavaciones ofreciendo una perspectiva más amplia del subsuelo: disposición general de edificios enterrados, sendas, espacios abiertos, y otros elementos principales de sitios arqueológicos.

La reciente investigación en el sitio boliviano de Khonkho Wankane ejemplifica este enfoque. Desde el 2001, la prospección geofísica ha guiado y complementado excavaciones de arquitectura ritual y residencial en el centro monumental de dos hectáreas del sitio. Nuestros datos no pueden compararse a las imágenes estupendamente claras de villas romanas y otras estructuras que a menudo agracian estas páginas; no obstante, hemos obtenido imágenes útiles de nuestra prospección geofísica en Khonkho Wankane, particularmente las medidas de resistencia. Debajo describimos brevemente el trasfondo cultural de la investigación, la utilidad relativa de los varios métodos de prospección utilizados en el sitio, y la continua confirmación en tierra de los resultados.

#### *El Fondo de la Investigación*

Khonkho Wankane se localiza en el altiplano boliviano - la inmensa, llana extensión entre las dos principales cordilleras montañosas de los Andes - a una elevación de casi 4,000 m y a aproximadamente 30 km del Lago Titicaca. La parte principal del sitio consiste en dos montículos bajos sobre los que se construyeron varias estructuras de piedra arenisca local en el Período Formativo Tardío (100 A.C. - 500 DC). En general, el

complejo de espacios rituales, residencias de la élite, y distinguibles monolitos esculpidos en el montículo principal cubre un área de aproximadamente 2 ha. Otros arqueólogos habían trabajado brevemente en el sitio (por ejemplo, Portugal 1955; Kolata, 1993,; Rydén, 1947), pero las primeras excavaciones extensas fueron realizadas por el Proyecto Jach'a Machaca. Los hallazgos incluían un patio hundido trapezoidal que contenía evidencia ósea y cerámica de festejos - probablemente en un contexto ritual o político - como también una residencia asociada a un alto-estatus (Janusek et al., 2003). Los datos de las excavaciones pintan un cuadro de un centro ceremonial importante posiblemente comparable en importancia a las fases tempranas de Tiwanaku, el sitio monumental cercano que más tarde emergería para dominar la región. Aunque los observadores tempranos desestimaron el ambiente del altiplano aparentemente triste como demasiado alto y frío para sostener una población significativa (Bennett, 1934,; Squier, 1877), nosotros sabemos ahora que en el primer milenio D.C. Tiwanaku era el centro creciente y en expansión de una de las grandes civilizaciones prehistóricas del mundo (vea, por ejemplo, Kolata, 1993, 2003), con un tejido de conexiones económicas y políticas a lo largo de los Andes sur-centrales (Stanish, 2003). Khonkho Wankane, entonces, es un sitio significativo para ser entendido no sólo por derecho propio sino también debido a su temprana relación de paralelismo con Tiwanaku.

#### *Previa Prospección Geofísica en Khonkho Wankane*

En el 2001 un equipo de prospección geofísica del Instituto Nacional boliviano de Arqueología (DINAAR), encabezado por Pablo Rendón, recolectó datos de radar que penetra en el suelo (GPR) con un controlador digital de Sistemas de Prospección Geofísica SIR-2000 y una antena de 400 MHz (Figura 1). Quince rejillas de transectos alternados con un metro de separación se dispusieron basándose en los restos arquitectónicos visibles del centro monumental. Los parámetros de recolección incluían lo siguiente: un rango de 40 ns de tiempo de viaje bi-direccional, una tasa de pulso de 32 barridas por segundo o aproximadamente 1 barrida cada 3 centímetros, ganancias automáticas dispuestas por experimentación, y filtros de paso bajo y alto dispuestos respectivamente a 1110 y 70 MHz. Se introdujeron manualmente marcas de distancia cada metro a lo largo de cada transecto. Todos los datos GPR fueron examinados y procesados usando Radan NT, proporcionado por los Sistemas de Prospección Geofísica. Inicialmente, los datos se analizaron como perfiles individuales, el formato tradicional para la interpretación de radar. Después de la identificación provisional de paredes y otros rasgos a lo largo de cada transecto, los perfiles se ensamblaron digitalmente en bloques tridimensionales de datos interpolados. Los bloques se rebanaron a diferentes profundidades para producir vistas del mapa de anomalías que se extienden a través de los múltiples transectos. Después de considerable ensayo y error con las múltiples rejillas -filtrado, rebanado a profundidades diferentes, examen repetido y comparación, re-filtrado, re-rebanado, etc. - escogimos concentrarnos en una profundidad de rebanando que parecía la más informativa: de 9 a 21 ns, o aproximadamente 25-57 centímetro bajo la superficie basada en un permisividad dieléctrica relativa estimada de 30. Aunque esto es bastante grueso para una rodaja de tiempo, estábamos principalmente interesados en la magnitud del área de la arquitectura principal en lugar de resolver rasgos a profundidades diferentes; en otros términos, estábamos cómodos con la perspectiva de promediar

algunos elementos del palimpsesto arquitectónico en conjunto. Se exportaron rodajas que representan un rango de profundidad de 9-21 ns en todas las rejillas al ilustrador Adobe y se colocaron en un mapa compuesto de reflexiones del radar a través del núcleo del sitio (Figura 3). Esta imagen en la que numerosos patios, plazas, y pequeños encerramientos son visibles, ha servido como un mapa geofísico de base sobre el que se han trazado datos de estudios subsecuentes para comparación.



Figura 1: Ejecutando prospección de suelo con el metro GPR prestado por el DINAAR

Datos magnéticos también han sido recolectados en Khonkho Wankane (Figura 2). Esta avenida de prospección fue fomentada por los resultados exitosos de un sector residencial en Tiwanaku donde Williams documentó lecturas magnéticas sumamente altas que pueden indicar un monolito de andesita enterrado (Williams et al. 2001, 2004). De acuerdo con ello en 2002 y 2003 Ryan Williams, Ben Vining, y colegas usaron un gradiómetro Overhauser de Sistemas GEM GSM-19 para medir variaciones de campo magnético encima de un área de Khonkho Wankane, mucho más grande que el representado por el mapa de base de radar. Desgraciadamente, no se identificó ninguna clara anomalía magnética de interés o patrones importantes. Podría ser que simplemente hubiera demasiado ruido en la superficie, aunque el área fue repetidamente inspeccionada a pie para limpiar la basura magnética. Cada año, miles de tapas de botella son descartados en el sitio durante una celebración del solsticio invernal; a pesar de nuestros mejores esfuerzos, es probable que no pudiéramos recoger todos ellos.



Figura 2: Ben Vining Haciendo prospección de Magnetometria en 2002

*Prospección de Resistencia de Tierra y Excavaciones del 2004*

En el 2004 un estudio de resistencia de tierra se dirigió en Khonkho Wankane con ayuda de Ben Vining de la Universidad de Boston y Scott Smith de la Universidad de Riverside-California (Ver capítulo 2, Figura 4). Como con la magnetometría, el estudio de resistencia fue inspirada por los intrigantes resultados de un estudio modelo en Tiwanaku (Williams et al., 2004). Afortunadamente, uno de los obstáculos encontrado en el estudio modelo no se encontró en Khonkho. Mientras la dura corteza de la superficie, rica en arcilla en Tiwanaku exigía arar una leve profundidad para permitir la penetración suficiente de las sondas de resistencia, las tierras más arenosas de Khonkho Wankane no presentaron este problema

Nosotros usamos un medidor de resistencia TR Sistemas en la configuración de las sondas gemelas, con dos sondas móviles dentro de la rejilla de prospección y dos sondas estacionarias a cierta distancia de la rejilla de recolección de datos (Figura 3). Otras configuraciones de sonda - para el caso, las series de Wenner normalmente usadas en Europa - son más sensibles a los contrastes sutiles y pueden convertirse a verdadera

resistividad más fácilmente, pero tienen otras desventajas, tales como las representaciones no-intuitivas de anomalías (Gater y Gaffney, 2003). Nosotros consideramos la serie de sondas gemelas suficiente para nuestros propósitos, ya que no pensábamos crear secciones tomográficas o convertir medidas de resistencia a resistividad. En cambio, nos enfocamos en el área de cobertura de depósitos cercanos a la superficie y al despliegue inmediato, intuitivo de los resultados.



Figura 3: Ch'alla en preparación de hacer prospección con el metro de resistividad en Tiwanaku, 2004

Las medidas de resistencia fueron recolectadas en 21 rejillas, la mayoría midiendo 20 x 20 m, con varias que se extendían a 20 x 30 m para incluir restos arquitectónicos señalados en la superficie del suelo durante la recolección de datos. Se prospectó aproximadamente una hectárea, o aproximadamente la mitad del centro monumental. Las lecturas fueron recolectadas cada metro en transectos espaciados a un metro. Las sondas móviles fueron fijadas con una separación de 0.5 m, mientras la distancia entre las sondas estacionarias variaba de 0.2 m a 2 m, dependiendo de lo que fuera necesario para calibrar el medidor de una rejilla a la próxima. Cada punto de datos era tomado a mano, después de que el medidor indicaba penetración suficiente de la tierra y la lectura se había estabilizado.

Mientras el estudio de resistencia tomó considerablemente más tiempo que el radar que penetra el suelo o la prospección magnética, sus ventajas se hicieron claras poco después. Probamos complejos filtros y técnicas de procesamiento, pero en este caso las estrategias más simples rindieron los mejores resultados. Primero, compilamos todas las medidas en una sola tabla de datos y calculamos la desviación media y estándar para todo el juego de

datos. Luego, siguiendo a Jones (2001), retiramos manualmente las medidas que caían más de dos desviaciones estándar de la media para quitar los valores extremos y resaltar las variaciones sutiles en los valores desplegados (aunque Jones usaba un corte de tres desviaciones estándar). Este paso dejaba un rango de datos que era de 20-80 ohms de resistencia. Finalmente, usamos el programa de ploteo Surfer de Software Dorado para interpolar suavemente los valores restantes y desplegar todas las rejillas de estudio como simples parcelas a escalas de grises, con baja resistencia en negro y alta resistencia en blanco.

Los resultados de resistencia se comparan bien con los datos GPR, con algunos nuevos rasgos visibles. Pueden discernirse paredes internas y externas en el complejo del doble patio en el lado oriental de la parcela. El formulario rectilíneo de la plaza grande está ahora más claro, su esquina nordeste particularmente nítida. En forma interesante, pueden verse pequeños modelos celulares a lo largo del borde occidental del complejo. El rasgo descubierto más interesante es una estructura redonda en el sudoeste, definida por una línea curva de resistencia ligeramente más alta rodeada por una curva de resistencia ligeramente más baja, probablemente resultado de un desagüe preferencial. Esta estructura no tiene ninguna expresión en la superficie, a diferencia de la plaza principal y otros elementos arquitectónicos importantes del sitio.

Las excavaciones arqueológicas se empezaron en las áreas seleccionadas durante las fases finales de la prospección de resistencia. Un área importante era el Sector 9 que reveló un complejo rectangular que encerraba una estructura redonda grande y un patio asociado y áreas de montículo destinadas para preparar comida y bebida para el Templo Hundido adyacente y Complejo del Doble Patio (ver los capítulos de Zovar y Smith, en este volumen). Otra área importante era sector 7, que finalmente determinamos que era un extenso complejo residencial y ritual cuadrado de exactamente 84 x 84 m (ver Marsh, en este volumen).

### ***Conclusiones***

Aunque la recolección de datos de resistencia de tierra tiende a requerir más tiempo que GPR o la prospección magnética, los beneficios son considerables, dadas las condiciones medioambientales y preguntas de investigación apropiadas. Los proyectos arqueológicos casi nunca tienen fondos suficiente, por lo que el costo es un problema importante; un metro de resistencia puede comprarse con una fracción del precio de una unidad GPR o magnetómetro de pendiente. Además, los datos que recolectamos en Khonkho Wankane necesitaron un proceso muy pequeño para ser útiles; simplemente cortamos los valores extremos, normalizamos los resultados a través de las rejillas, examinamos las parcelas resultantes, y comenzamos las excavaciones.