



PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA EN LA ANTIGUA CIUDAD DE IBATÍN (TUCUMÁN, ARGENTINA)

GEOELECTRICAL SURVEY IN THE ANCIENT CITY OF IBATÍN (TUCUMÁN, ARGENTINA)

PROSPECÇÃO GEOELÉTRICA NA ANCESTRAL CIDADE DE IBATÍN (TUCUMÁN, ARGENTINA)

Florencia Borsella ¹, Jorge García ², Germán Herrera Rodríguez ³

¹ Instituto de Geociencias y Medio Ambiente (INGEMA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (UNT).

E-mail: florenciaborsella@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3302-889X>

² Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO), Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (UNT). E-mail: jogaba@csnat.unt.edu.ar

 <https://orcid.org/0000-0001-9529-5195>

³ Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán (UNT). E-mail: ghr.acual@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3911-9696>

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO: Borsella, F., García J. y Herrera Rodríguez, G. (2023). Prospección geoelectrica en la antigua ciudad de Ibatín (Tucumán, Argentina). *Revista de Arqueología Histórica Argentina y Latinoamericana*, 17(1), 93-118.

Recibido: 27 de febrero de 2023

Aceptado: 7 de septiembre 2023

RESUMEN

Este artículo aborda la utilización de técnicas de la geofísica aplicadas por primera vez en un sitio colonial de la provincia de Tucumán. Estos tipos de técnicas permiten localizar rasgos arqueológicos en el subsuelo, de modo indirecto y de manera no destructiva facilitando la planificación y realización de excavaciones. Siguiendo esta metodología, se realizaron prospecciones geoelectricas en el sector oriente del Cabildo de la antigua ciudad de Ibatín (Siglo XVI-XVII) y sus datos fueron interpretados mediante el Software IPI2Win con el fin de detectar anomalías de resistividad que pudieran indicar la presencia de estructuras habitacionales enterradas en la ciudad, tomando como caso de estudio la búsqueda de la casa del encomendero Rodríguez



Beltrán, con el objeto de testear la información suministrada por las fuentes escritas. Se obtuvieron resultados favorables para la identificación de anomalías subsuperficiales que luego fueron interpretadas en gabinete y georreferenciadas en el campo para ayudar a la posterior intervención arqueológica. Al tratarse de un sitio cubierto por la selva, esta experiencia nos permitió sugerir algunas estrategias posibles que consideramos idóneas para aplicar este tipo de técnicas en futuras prospecciones en el sitio de estudio.

Palabras clave: Geofísica; Calicata eléctrica; Resistividad; Ciudad colonial; Viviendas.

ABSTRACT

This article addresses the use of geophysical techniques applied for the first time in a colonial site in the province of Tucumán. These techniques allow the locating archaeological features in the subsoil, indirectly and in a non-destructive way, facilitating the planning and execution of excavations. Following this methodology, geoelectric surveys were carried out in the eastern sector of the Cabildo of the old city of Ibatín (16th-17th century) and their data were interpreted using the IPI2Win Software to detect resistivity anomalies, which could indicate the presence of buried housing structures in the city, considering as a case study the search for the house of the encomendero Rodríguez Beltrán, in order to test the information provided by the written sources. Favorable results were obtained to identify subsurface anomalies that were later interpreted in the office and georeferenced in the field to help the subsequent archaeological intervention. As the site is covered by the jungle, this experience allowed us to suggest some possible strategies that we consider suitable to apply this type of technique in future surveys at the study site.

Keywords: Geophysics; Electric pit; Resistivity; Colonial city; Housing.

RESUMO

Este artigo aborda o uso de técnicas geofísicas aplicadas pela primeira vez em um sítio colonial na província de Tucumán. Estes tipos de técnicas permitem localizar vestígios arqueológicos no subsolo, de forma indireta e não destrutiva, facilitando o planejamento e a execução de escavações. Seguindo esta metodologia, foram realizados levantamentos geoeletricos no setor leste do Cabildo da antiga cidade de Ibatín (Século XVI-XVII) e seus dados foram interpretados usando o Software IPI2Win para detectar anomalias de resistividade, que poderiam indicar a presença de estruturas habitacionais enterradas na cidade, tomando como estudo de caso a busca pela casa do encomendero Rodríguez Beltrán, a fim de testar as informações fornecidas pelas fontes escritas. Obtiveram-se resultados favoráveis para a identificação de anomalias de subsuperfície que posteriormente foram interpretadas em gabinete e georreferenciadas no terreno para auxiliar a posterior intervenção arqueológica. Por se tratar de um local coberto pela selva, esta experiência permitiu-nos sugerir algumas possíveis estratégias que consideramos adequadas para aplicar esse tipo de técnica em futuras prospeções no local de estudo.

Palavras-chave: Geofísica; Calicata eléctrica; Resistividade; Cidade colonial; Vivenda.

INTRODUCCIÓN

En la arqueología existen distintas técnicas prospectivas para la búsqueda de yacimientos y estructuras. Las más destacadas para abordar diferentes objetivos de estudio en la arqueología histórica son las prospecciones geofísicas, de superficie y el uso de cartografías antiguas, entre otras.

En los últimos tiempos¹, el empleo de métodos geofísicos se convirtió en una práctica muy frecuente. Según Santiago (2009) “las técnicas geofísicas son utilizadas para examinar edificios históricos y estructuras arquitectónicas, así como las propiedades de sus alrededores. De esta manera los arqueólogos pueden asegurar la integridad de las estructuras y, cuando es necesario, dirigir las acciones sin emplear métodos de excavación tradicional” (Santiago, 2009, p.171). Entre los distintos métodos geofísicos se encuentran, técnicas sísmicas, magnéticas, georadar (GPR) y electrónicas. Esta última, muy implementada en la arqueología como el método de prospección geoelectrónica, mide el contraste que se produce entre las conductividades/resistividades de los materiales y su entorno, permitiendo analizar una gran variedad de situaciones, siempre que se tengan datos paramétricos o de ajuste con otros métodos o pruebas testigo.

En Argentina, entre 1996-1997, los métodos geofísicos fueron aplicados por primera vez en la ciudad de Santa Fe La Vieja (1576-1660), permitiéndoles a los investigadores delimitar las ruinas de la ciudad y la ubicación de los muros de diferentes edificaciones (Fantón et al., 1997). Luego, Castellano y Togo en 2001 utilizaron prospecciones geoelectrónicas en el sitio prehispánico “San Félix” en la provincia de Santiago del Estero, para explorar y detectar artefactos y estructuras, lo que facilitó las posteriores excavaciones (Osella y Lanata, 2006). Al año siguiente, Buscaglia et al. (2004) generaron información del comportamiento subsuperficial de la ciudad Floridablanca, en la Bahía de San Julián, provincia de Santa Cruz, con el objeto de compararlo con información histórica y arqueológica. A su vez, este tipo de prospecciones no solo les permitió encontrar estructuras de adobe, sino replantear este método como otro medio para generar datos en el trabajo arqueológico. Posteriormente, un equipo de geólogos de la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, aplicaron por primera vez calicatas eléctricas en un sitio arqueológico de la provincia de Tucumán en el año 2002, hoy conocido como el actual sitio de memoria “Pozo de Vargas” (Tineo et al., 2002). Tres años después, Bonomo et al. (2006) realizaron prospecciones arqueogeofísicas para la detección de concheros en la costa patagónica combinando prospecciones geoelectrónicas con georadar. Luego, integrantes del Proyecto Arqueológico Chaschuil - Abaucán aplicaron técnicas geofísicas que les permitieron generar un mapa virtual de estructuras arqueológicas del Bolsón de Fiambalá, localidad arqueológica de Palo Blanco, provincia de Catamarca, aportando información sobre la interacción entre

¹ Se puede destacar como precursor de la aplicación de estos métodos geofísicos en arqueología, al francés R. du Mesnil du Buisson, el cual realizó varias predicciones y experimentos en el año 1947 (Hesse, 2000)

la arquitectura residencial, la organización espacial y los contextos socio-históricos (Ratto, 2007). Hace 10 años, en el sur de la provincia de Buenos Aires se aplicaron dos métodos de prospección geofísica a una escala de análisis reducida en asentamientos rurales criollos del siglo XIX, rancho en el cantón de San Cayetano, permitiendo a los investigadores delimitar posibles estructuras negativas como fosos y túneles (Bagaloni et al., 2011).

En particular, la mayoría de los sitios arqueológicos mencionados anteriormente continuaron con intervenciones geofísicas a lo largo de los años. Si bien ninguno posee las mismas características (climáticas y vegetales) del entorno del sitio arqueológico de Ibatín, estas experiencias abren el camino a las diversas posibilidades de uso de técnicas geofísicas y contextos en el trabajo arqueológico de nuestro país, desde sitios prehispánicos hasta sitios arqueológicos en tiempos históricos, sentando un gran antecedente para la provincia de Tucumán.

En 2018 comenzamos formalmente un proyecto de investigación en el sitio arqueológico de Ibatín (Siglo XVI - XVII), ubicado a 7 km de la Comuna de León Rougés, Departamento de Monteros, provincia de Tucumán (Figura 1). Estas investigaciones consistieron en analizar la estructuración urbana de la ciudad y los espacios de interacción entre los diferentes actores sociales. Debido a las dimensiones del sitio de estudio (100 ha.) y que en su mayor parte se encuentra cubierto por la selva tucumana, algunos rasgos estructurales no se encuentran visibles a simple vista. Por otra parte, al ser una ciudad abandonada que ha sufrido en el tiempo, innumerables saqueos, los materiales usados para su construcción en su mayoría fueron trasladados, con las paredes de adobe de diversos edificios derrumbados, que se confunden con algunas elevaciones en el terreno, propio a su vez, de la remoción de tierra realizada en 1965 por retroexcavadoras para definir los caminos de la ciudad. Ante los diversos procesos de alteración, tanto antrópicos como bióticos, del registro arqueológico subsuperficial y superficial, los que condicionan la investigación en la ciudad, se optó por realizar relevamientos planialtimétricos, prospección geofísica y excavaciones exploratorias en el área.

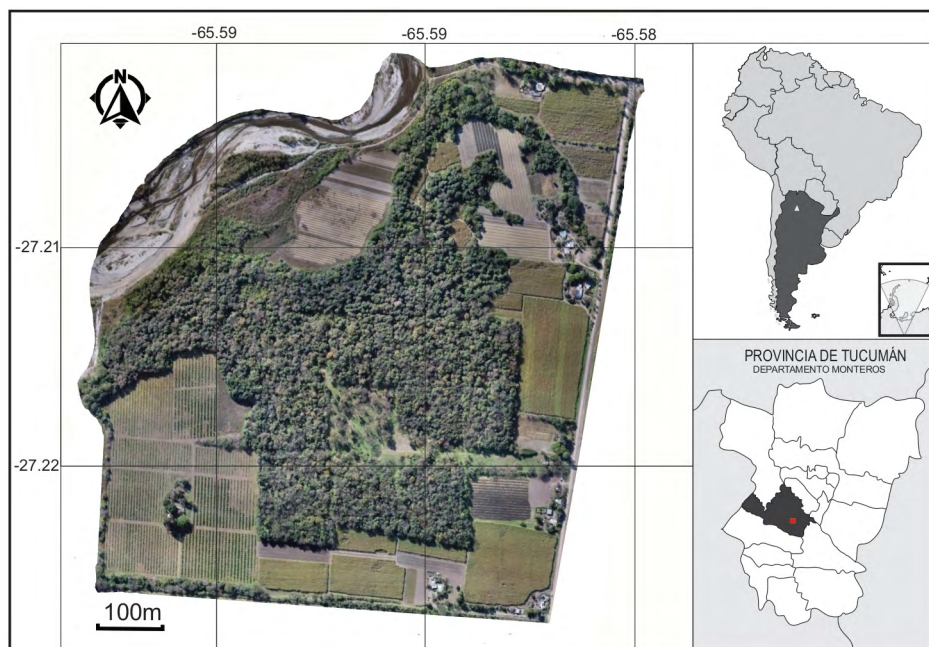


Figura 1. Ubicación Geográfica geográfica de la ciudad colonial de Ibatín. Proyección Cartográfica: EPSG 4326. Elaboración: Florencia Borsella.

Figure 1. Geographical location of the colonial city of Ibatín Map Projection: EPSG 4326. Elaboration: Florencia Borsella.

Por lo tanto, este artículo tiene por objetivo presentar la utilización de la investigación geofísica para la búsqueda de la vivienda del encomendero Nuño Rodríguez de Beltrán, español que participó de la fundación en 1565 de la Ciudad de San Miguel de Tucumán y Nueva Tierra de Promisión junto con Diego de Villarreal y luego se convirtió en un vecino feudatario. La investigación se centra en la búsqueda de esta vivienda ya que se posee un rico corpus documental sobre la vida de este personaje y se busca cotejar la evidencia documental con el registro material.

Para ello, se utilizó la prospección geoelectrica y se optó por explorar distintas técnicas que nos permitan ajustar e interpretar el registro de materiales subsuperficiales en un sitio cubierto por la selva pedemontana, con la implementación de calicatas paramétricas que permitan obtener resultados comparables.

MARCO GEOGRÁFICO

La antigua ciudad de Ibatín² fue fundada en 1565, en territorio de la antigua gobernación del Tucumán, hoy actual provincia de Tucumán, República Argentina. Se encuentra emplazada en la ecoregión de Yungas (Cabrera y Willink, 1980) y presenta distintos pisos de vegetación: monte, pastizal alto andino y de neblina, bosque nublado, selva nublada y selva pedemontana. Por otro lado, se encuentra cubierta por una frondosa vegetación propia de la selva pedemontana, en donde encontramos como principales especies arbóreas: tipa (*Tipuana tipu*), pacará (*Enterolobium contortisiliquum*), palo San Antonio (*Rapanea laetevirens*), cebil (*Anadenanthera colubrina*) palo borracho (*Ceiba insignis*) tabaquillo (*Croton piluliferum*) y son particularmente característicos los grandes ejemplares de laurel (*Cinnamomun porphyrium*), nogal (*Juglans australis*) y horco molle (*Blepharocalyx salicifolium*). También, un sotobosque dominado por el helecho (*Pteris deflexa*) con la presencia de bromelias, piperáceas epífitas y musgos (Lomáscolo et al., 2014).

Desde un punto de vista geomorfológico, la ciudad se construyó en un ambiente pedemontano, con geoformas de abanicos aluviales, terrazas y valles fluviales. El principal proceso actuante es la acción agradacional fluvial. Por lo tanto, se incluyen cursos fluviales permanentes y transitorios, y abanicos aluviales que corresponderían a un nivel de agradación actualmente inactivo, desarrollado durante el Holoceno inferior a medio, constituyendo una zona de transición entre el piedemonte y la llanura (Sayago et al., 1984).

Por último, la zona de estudio litológicamente está constituida por arenas finas a medianas, con presencia de cantos rodados pequeños y algunos dispersos, que se hacen más abundantes en profundidad y se conforman bancos gravosos que se intercalan en las arenas (Dal Molin et al., 2003; Sayago et al., 1984;). Por lo tanto, "... los suelos se caracterizan por la alternancia de capas aluviales conformando numerosas discontinuidades dentro de los perfiles que reflejan pulsos de deposición de diferente energía originadas durante las tormentas estivales" (Puchulu y Fernández, 2014, p. 7). El sitio de estudio al encontrarse en las cercanías del río Pueblo Viejo, ha sufrido diversas inundaciones a lo largo de los años, debido a que es una región con precipitaciones significativas en los períodos más cálidos entre enero y marzo. A su vez, las condiciones típicas de un río de piedemonte y las actividades antrópicas³ como la extracción de arena y cantos rodados, que hasta estos días se realizan en los márgenes del río, aceleraron el proceso de migración y modificación del mismo.

² Si bien el Acta Fundacional la denominan como "Ciudad de San Miguel de Tucumán y Nueva Tierra de Promisión", emplazada en el paraje Ibatín, a lo largo de los años, se ha adoptado por parte de lugareños y algunos investigadores el término "Ciudad de Ibatín".

³ Véase al respecto sobre la dinámica del río en "La influencia de los ríos en la historia de las ciudades coloniales del noroeste argentino: el caso de Ibatín (1565-1685)" de Monti et al., (2015).

La antigua ciudad de Ibatín (Siglo XVI-XVII)

La ciudad de Ibatín, funcionó como un sitio de paso y aprovisionamiento para los viajeros que se dirigían a otras ciudades de la región desde 1565 hasta 1685. En sus comienzos, fue fundada por los españoles para controlar la región montañosa que comunicaba Tucumán con Chile y Perú y, principalmente, como defensa de la ciudad de Santiago del Estero ante las posibles incursiones de los pueblos Diaguita - Calchaquíes (Noli, 2016). Se trataba de una ciudad de aproximadamente 100 hectáreas con 49 manzanas, no todas habitadas. Estaba conformada por una plaza principal, a sus alrededores un Cabildo, la iglesia matriz, casas de encomenderos (como Nuño Rodríguez Beltrán, Alonso Sánchez Garzón, Francisco Urueña, Pedro González de Tapia y Luis Velázquez de Ovando, entre otros), el Colegio de la Compañía de Jesús, la Iglesia de Nuestra Señora de la Merced, la ranchería de San Francisco y una ermita. Estuvo habitada por españoles, portugueses, un genovés, esclavos africanos y población indígena de la región de las tierras bajas chaco- santiagueñas y de los valles del Perú, Paraguay y Chile.

Durante la primera mitad del siglo XVII, la ciudad tuvo un fuerte desarrollo económico, con importantes industrias como la fabricación de carretas, la cría de ganado vacuno, la manufactura de ladrillos y la presencia de hornos de cal, molinos y batanes. Entre 1656 y 1659, la ciudad sufrió las consecuencias del gran alzamiento indígena, la gran inundación de 1678 y el cambio del camino que unía el comercio de Perú con la ciudad de la Plata. Por lo que, como otras ciudades coloniales, fue trasladada al sitio la Toma, actual San Miguel de Tucumán, quedando sus ruinas progresivamente cubiertas por las yungas.

En 1965 Amalia Gramajo junto a su equipo realizaron las primeras intervenciones arqueológicas, asesorados por el doctor Lizondo Borda para descubrir los cimientos de los edificios públicos de la ciudad: el Cabildo, el Colegio de la Compañía de Jesús, la Iglesia de Nuestra Señora de la Merced, la ranchería de San Francisco y la iglesia matriz (Gramajo, 1976). Posteriormente, Rivet (2008) para realizar su tesina de grado excavó una unidad doméstica de privilegio frente de la plaza principal. Luego de 13 años⁴, se retomaron excavaciones en unidades domésticas en la periferia y en el suroeste de la plaza de la ciudad para evaluar las dimensiones de sus manzanas, calles y viviendas (Borsella, 2022).

A su vez, las prospecciones superficiales intensivas y radiales efectuadas estos dos últimos años permitieron determinar que la ciudad presenta hacia el oeste suelos bien erosionados propios de la actividad agropecuaria y las inundaciones, que permitieron identificar a simple vista los cimientos de diferentes viviendas. Mientras que, en el sector este, los restos arqueológicos se encuentran cubiertos por diferentes procesos

⁴ En el año 2021, se realizaron diferentes excavaciones enmarcadas en el proyecto "Usos del espacio colonial en el sitio arqueológico Ibatín y sus alrededores (Tucumán, Argentina)" de la tesis doctoral de la primera autora..

depositacionales (deposición de sedimentos, biogénicos y antropogénicos). Por lo tanto, se registraron alrededor de 27 estructuras mediante relevamientos de superficie y dos en excavaciones (Figura 2). Asimismo, la revisión de fuentes documentales aportó la ubicación espacial de 34 casas y sus propietarios, además la de 15 cuadras, 23 solares y 12 medio solares, que permitieron tener un mayor conocimiento de la organización espacial y funcionalidad de la ciudad (Borsella y Monti, 2022). Por esto, la importancia de implementar métodos geofísicos para hallar otras viviendas que aún no se conocen y que se encuentran plasmadas en los documentos.

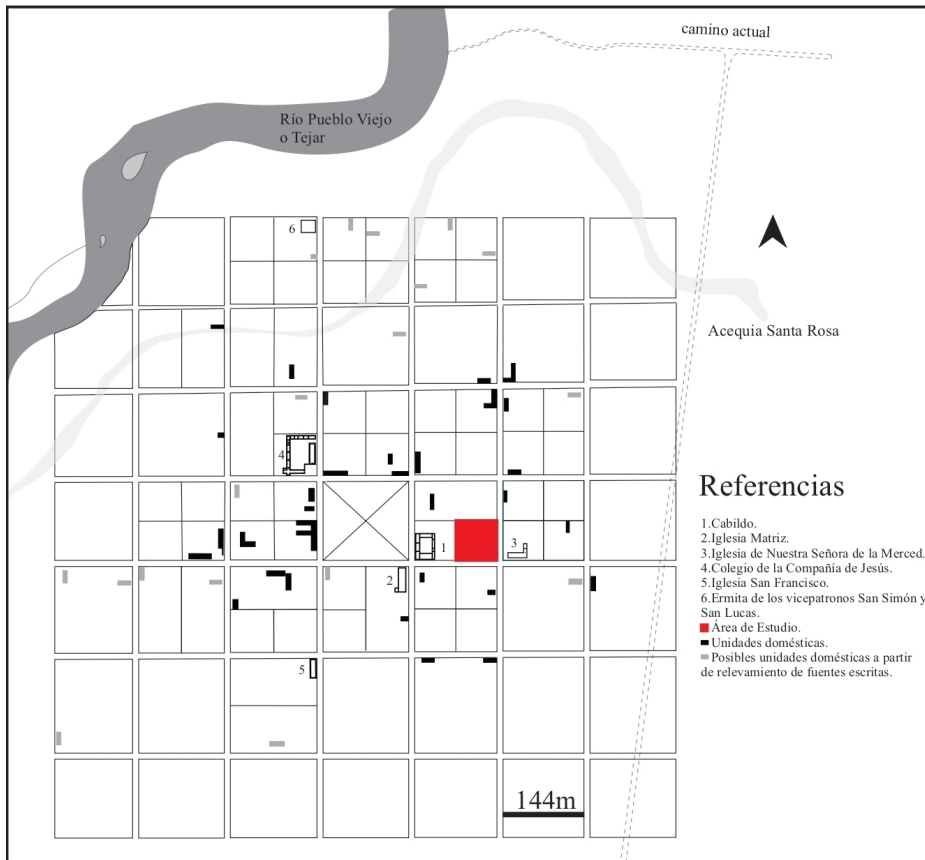


Figura 2. Plano general de la ciudad de Ibatín, donde se detallan los nuevos descubrimientos de las unidades domésticas y el área de estudio actual. Modificado de Borsella (2022).

Figure 2. General plan of the city of Ibatín, where the new discoveries of the domestic units and the current study area are detailed. Modified from Borsella (2022).

Solar de Nuño Rodríguez Beltrán

Según las fuentes escritas presentes en el Archivo Histórico de Tucumán, Nuño Rodríguez de Beltrán, fue un personaje muy destacado en la colonia y nombrado en los documentos, formó parte de la fundación de la ciudad de Ibatín. Fue hijo de Diego Núñez y Constanza Rodríguez, naturales de la ciudad de Badajoz del reino de España (Monti, 2010). Se casó con Isabel de Saldaña y tuvo como hijos a: Juan Núñez Rodríguez casado con Bárbola Galván la hija (bastarda) de Domingo Galván, Diego de Saldaña, Juan de Saldaña, Isabel de Saldaña casada con Luis Velázquez de Ovanda, Constanza de Saldaña y Villalobos casada con Pedro Fernández de Andrada, María de Villalobos y Ana Saldaña.

En 1573, Rodríguez de Beltrán fue encomendero de los pueblos de Pomagasta, Cucuma y Belicha, propietario de una pequeña carpintería en este último y poseía un esclavo llamado Pedro (Noli, 2001; Roldán, 2017). Falleció alrededor del año 1610 en la ciudad de San Miguel de Tucumán, solicitando ser enterrado en la Iglesia Mayor. Estimamos que su primer hijo varón fue el heredero de su vivienda, ya que puede observarse posteriormente en los documentos siendo nombrado en cartas de compra y venta.

Según su testamento, el encomendero construyó su casa en un solar⁵ otorgado al casarse al lado del Cabildo y calle de por medio con la Iglesia de Nuestra Señora de la Merced, ocupando un solar de aproximadamente 2500 m². Certifica esta información una Carta de Aprobación de Juan de Espinosa, tutor legal de los hijos menores de Ceballos Morales, donde hace remate de las casas que estos poseían. Se presentan tres citas que suministran información sobre la ubicación de la vivienda de Rodríguez de Beltrán:

Digo que entre otros bienes que los dichos menores tienen y poseen como herederos del dicho Diego de Ceballos, su padre legítimo, tienen unas casas en esta dicha ciudad en la traza della, linderos el capitán Diego Costilla de Rojas y Nuño Rodríguez Beltrán y la plaza pública desta dicha ciudad y porque cómodamente no se podían partir ni dividirla. *Carta de Aprobación* (1607).

En el mismo año, se realiza la venta de unas casas en la ciudad de San Miguel de Tucumán que hacen Luis de Medina, García de Medina y Juan Bautista Muñoz al Cabildo:

Unas casas que están y caen en la plaza principal que tiene de sitio un solar que alinda con casas del capitán Diego Costilla de Rojas y casas de Nuño Rodríguez Beltrán... las cuales dichas casas hubimos y compramos del capitán Juan de Espinosa que nos las vendió en nombre de los menores de Diego Ceballos Morales..." *Carta de compra y venta* (1607).

Otro ejemplo que nos parece oportuno mencionar es el testamento de Juan de

⁵Testamento Nuño Rodríguez de Beltrán (1610). La interpretación y ubicación de este solar fue realizada por el Arql. Luis Monti.

Espinosa, encomendero en 1612, donde detalla la ubicación de unas viviendas que él poseía:

"Ytem declaro por mis bienes unas casas en la plaza desta ciudad, linde de las casas del cabildo y de casas de Diego Costilla y Nuño Rodríguez que las compre habrá tres años poco más o menos". *Testamento de Juan de Espinosa* (1612).

Por otro lado, el registro escrito no detalla las características arquitectónicas de la posible vivienda ni sus dimensiones. Sin embargo, se estima que por el rol que desempeñaba este personaje en la sociedad colonial y la ubicación del solar, su vivienda podría haber tenido una cubierta de teja y sus muros de mampostería de adobe y/o ladrillo. Así mismo, la dimensión de la casa podría variar entre 8 m a 6 m de ancho.

Con el propósito de poder cotejar la información obtenida en las fuentes escritas, correspondientes a una problemática de investigación sobre la estructuración urbana de la ciudad, y las condiciones propicias de la disposición del solar actualmente, como la poca presencia de vegetación, se pudo aplicar el método geoelectrico.

Principios básicos de la prospección geoelectrica: caso de estudio

La prospección geoelectrica es un método geofísico que permite estudiar desde superficie la distribución en profundidad de alguna magnitud electromagnética, es decir el comportamiento de la magnitud de distribución en el suelo de la resistividad eléctrica (Rodríguez et al., 2006). La resistividad, es la resistencia que opone un material geológico al paso de la corriente eléctrica y a ésta a su vez depende de las características petrofísicas del material. Este método es utilizado para la búsqueda de aguas subterráneas, analizar las propiedades del suelo, geotecnia y también en estudios arqueológicos para la localización de sitios o rasgos arqueológicos.

La resistividad medida sobre el terreno es aparente porque depende de varios factores geológicos y ambientales como son la composición mineral de los materiales, el grado de dureza o cementación, o si son sedimentos sueltos, depende del tamaño de los granos, de la porosidad o grado de compactación y grado de saturación de agua de los poros (García, 2021). Estos dos últimos factores son los que más influyen al hacer variar espacial y temporalmente los valores de resistividad de los materiales superficiales del suelo y subsuelo, ya que están influenciados por los cambios meteorológicos del lugar y por la cobertura vegetal. Si el clima es árido, los materiales estarán secos y serán más resistivos, en cambio si el clima es tropical y lluvioso, los materiales estarán húmedos y serán menos resistivos o conductivos (García, 2021).

Todos los factores mencionados anteriormente, generan grandes variabilidades en los materiales naturales, por ello, en el campo encontramos los siguientes valores para: rocas ígneas y metamórficas inalteradas: $> 1000 \Omega \text{ m}$; rocas ígneas y metamórficas

alteradas, o fuertemente diaclasadas: 100 a 1000 Ω m; calizas y areniscas: 100 a más de 1000 Ω m; arcillas: 1 a 10 Ω m; limos: 10 a 100 Ω m; arenas: 100 a 1000 Ω m; y gravas: 200 a más de 1000 Ω m (Sánchez, 1985).

Para el sitio de estudio, se tuvo en cuenta que el sedimento que contiene a las estructuras y materiales arqueológicos es de textura franco arcillo – arenosa, posee una estructura granular, una consistencia blanda y una porosidad de regular a escasa. Por ello, se estimaba encontrar valores de resistividad intermedia o semi-resistiva que varíen entre 200 Ω m y 500 Ω m.

Por otra parte, teniendo en cuenta la experiencia de métodos geoelectrónicos en el departamento de Burruyacú sobre la búsqueda de aguas subterráneas (Figura 3), en un ambiente selvático similar al del sitio de estudio, García (2019) propone que para reducir los efectos de la cobertura vegetal (que además puede dificultar el acceso a la zona de interés, limitar el contacto de los electrodos con el suelo y aumentar la resistividad del entorno), se hace una limpieza (abrir picadas) de arbustos y ramas de la línea de medición o de perfil. Si se trabaja en ambiente selvático, el mantillo vegetal que cubre el suelo también dificulta la tarea por lo que hay que trabajar con jabalinas o electrodos más largos de 25 cm a 50 cm y humedecer el punto de medición para evitar la resistencia de contacto.



Figura 3. Equipo de SEV desplegado en el cauce del Arroyo Tranquitas Departamento de Burruyacú, Tucumán (García, 2019).

Figure 3. SEV team deployed in the bed of the Arroyo Tranquitas Departments of Burruyacú, Tucumán (García, 2019).

METODOLOGÍA

Todas las prospecciones fueron realizadas el mismo día, correspondiente a un periodo con clima seco. En el trabajo de campo se empleó un resistímetro digital de alta precisión, marca M.P. Electronics, modelo MPX-400 del 2018. Se utilizó el método de prospección geoelectrica por corriente continua, según el dispositivo tetraelectrónico de Wenner⁶ en un número de 30 calicatas eléctricas. Las calicatas eléctricas (CE) son dispositivos de apertura fijas de 4 electrodos (2 de corriente y 2 de diferencia de potencial), que se desplazan sobre el terreno para estudiar las variaciones laterales de resistividad del terreno, a profundidades regulares que son definidas por el investigador (García, 2021) según los objetivos de búsqueda. Por otra parte, los sondeos eléctricos verticales (SEV) son dispositivos de aperturas móviles de 4 electrodos, donde se desplazan sólo 2 electrodos de corriente desde el punto central del terreno. Se utilizan para estudiar las variaciones verticales de la resistividad de los materiales y, en general, a mayores profundidades que las calicatas (García, 2021).

Debido a que se tenía un conocimiento previo del terreno y que el objetivo era obtener anomalías que indicaran la presencia de cimientos enterrados, encontrados en excavaciones del 2021 a 30 cm de profundidad, se optó por las calicatas eléctricas con aperturas electrónicas de 3 a 6 m para explorar a una profundidad entre 1 m y 2 m.

El método con las CE consistió en introducir una corriente eléctrica de intensidad constante (8 ó 36,4 mA) a través de dos electrodos de inyección (A y B) conectados por una línea de alimentación a una fuente del resistímetro, que genera un campo eléctrico artificial en el terreno. Este campo origina una diferencia de potencial que se registra entre dos electrodos de potencial (M y N) a partir de una línea de recepción. El valor registrado de diferencia de potencial depende de parámetros conocidos como la intensidad de corriente (I), las separaciones inter-electrónicas AMNB y, principalmente, de las propiedades físicas de los materiales geológicos por los que circula la corriente eléctrica (García, 2021) (Figura 4).

⁶ Se utilizó este dispositivo ya que era el más apropiado por las condiciones del terreno y los objetivos planteados.

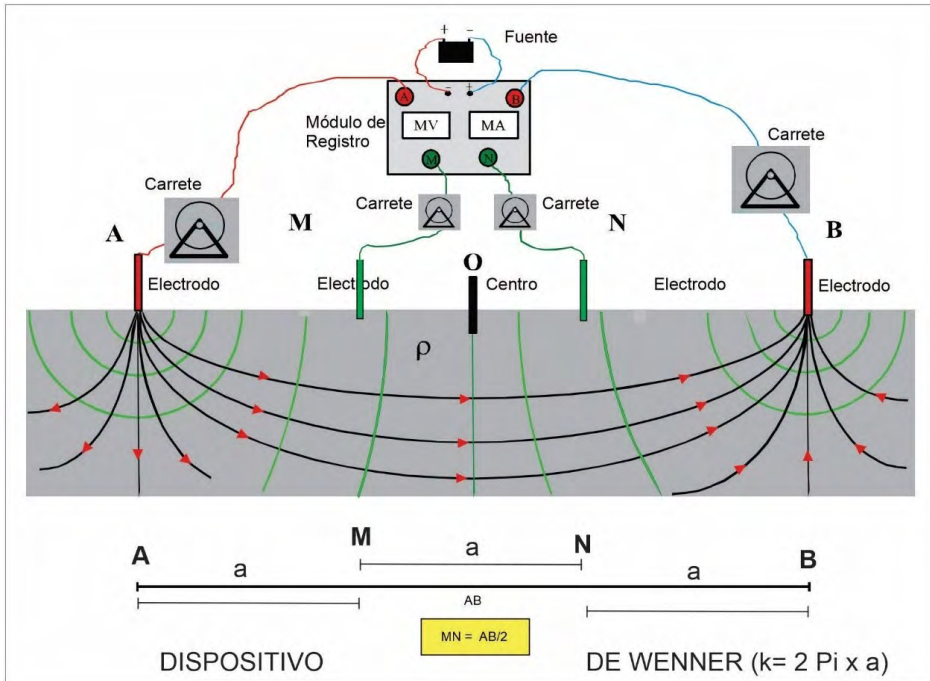


Figura 4. Configuración de un dispositivo de cuatro electrodos (García, 2021).

Figure 4. Configuration of a four-electrode device (García, 2021).

Siguiendo a Zuñiga (2001), la resistividad eléctrica aparente (ρ_a) se calcula relacionando los parámetros anteriores y aplicando la Ley de Ohm, mediante la siguiente ecuación:

$$\rho_a = K \cdot \frac{\otimes V}{I}$$

Siendo K: la constante geométrica que depende de la disposición de los electrodos A, M, N y B. En este dispositivo (configuración Wenner) es igual a $2 \cdot \pi \cdot a$

$\otimes V$: la diferencia de potencial medida por el instrumento en mV.

I: la corriente eléctrica introducida en el terreno en mA.

Se emplearon las siguientes aperturas de la línea de alimentación AB de las calicatas eléctricas (CE) a 3 y 6 m. Para la línea de toma de diferencias de potencial (MN) se trabajó con la separación de 1 y 3 m para investigar hasta una profundidad estimada de 1 y 2 m respectivamente.

Por otra parte, se tomaron medidas testigos (calicatas paramétricas) en la vivienda

excavada en el año 2021 (correspondiente a la estructura n° 30 de la manzana 35) (Figura 5), ubicada en la periferia de la ciudad al lado del actual módulo turístico, la cual quedó descubierta y posee sectores donde se aprecian espacios con cimientos de rocas enterrados y otros que no. Se debe agregar que en este sector existe una vegetación muy escasa, los cimientos de la vivienda se encuentran a una profundidad de 30 cm hasta 80 cm (con tamaños que varían entre 15 cm a 21 cm), y las dimensiones de la casa son de aproximadamente 6 m de ancho y 20 m de largo. Hay presencia de diferentes materiales como ladrillos, tejas, carbón, cerámica indígena y española (Borsella, 2022).



*Figura 5. A: Toma de medidas paramétricas en la periferia de la ciudad. B: Calicata Eléctrica en la zona de estudio.
Autoría: Florencia Borsella.*

*Figure 5. A: Taking parametric measurements on the outskirts of the city. B: Electric test pit in the study area.
Author: Florencia Borsella.*

La toma de muestras realizadas en la estructura n°30 permitió tener una primera aproximación a los valores estándar en zonas donde se encontró evidencia arqueológica.

Al mismo tiempo, como complemento se tomaron medidas en el Cabildo ya que correspondía a la misma manzana del sitio analizado.

En el área a explorar ubicada en la esquina este del Cabildo y al frente de la Iglesia de la Merced ubicada al oeste, se optó por realizar un primer perfil norte - sur de 30 m de largo con mediciones a cada 5 m, que abarca la esquina sur - este de la manzana y las dos calles que la delimitan. Por su parte, se despejaron algunos sectores para poder incorporar los electrodos en el suelo y se calcularon transectas que no interfirieran con árboles más al interior del solar (Figura 6).

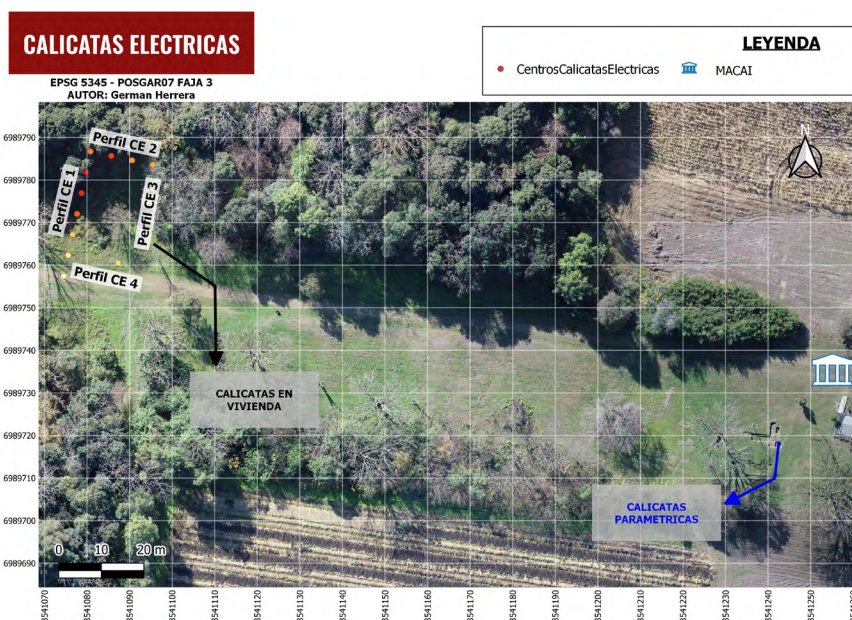


Figura 6. Ubicación de las calicatas paramétricas al sureste y del sitio de prospección al noroeste. Elaboración: Germán Herrera Rodríguez.

Figure 6. Location of the parametric test pits to the southeast and survey site to the northwest. Elaboration: Germán Herrera Rodríguez.

Por consiguiente, para ubicar las CE en los planos se midieron las coordenadas de los centros de cada calicata con un par de receptores GPS TRIMBLE R3 en modalidad PPK (*Post Processed Kinematic*) con un receptor base en la entrada del Sitio Arqueológico Ibatín.

Por último, para el procesamiento de los datos y para su evaluación sobre el terreno, se creó una capa de puntos de extensión *geopackage* en el software QGIS a partir del

archivo *csv* de los puntos relevados con GPS.

A continuación, se creó una tabla de atributos para asociarla a la capa anteriormente mencionada donde se introdujeron los campos: Resistividad aparente para una apertura electródica $AB=6m$ y Resistividad aparente para una apertura electródica $AB=3m$, a partir de esta capa se realizó un procedimiento de interpolación (*Interpolation IDW*) con el software *Surfer 1.7.0* para luego importarlo a QGIS, primero con los valores de resistividad aparente registrados para una apertura electródica de $AB=6m$ y luego con los de resistividad aparente registrados para una apertura electródica de $AB=3m$.

Vale aclarar que la *Interpolation IDW* se trata de una Interpolación mediante Distancia Inversa Ponderada (IDW). Este tipo de interpolación determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de datos de puntos de muestra. Esto significa que los puntos de muestreo se ponderan de tal manera que la influencia de un punto frente a otro disminuye con la distancia (GeoInnova, 2023).

Este proceso da como resultado un archivo ráster de formato *TIFF*, donde en cada píxel se registra un valor de resistividad aparente. De esta forma, presenta un comportamiento muy similar a un archivo DEM (modelo digital de elevación), solo que en lugar de guardar elevaciones guarda resistividad aparente. Por lo tanto, a continuación, en la pestaña de QGIS raster/extracción/CurvasDeNivel se procedió a editar las isolíneas de resistividad. Luego, usando la simbología tanto del archivo ráster como de las curvas, se visualizaron de forma clasificada en función del campo "resistividad", para facilitar la interpretación, obteniendo así las isolíneas de resistividad.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la prospección geoelectrica realizada en julio-agosto del año 2022. Los valores obtenidos rondan entre los $300 \Omega m$ hasta valores que superan los $400 \Omega m$.

En el sondeo paramétrico o piloto realizado en la vivienda excavada en el año 2021, se obtuvo un valor de $357 \Omega m$ en el sector donde no se encuentran los cimientos de la vivienda a una profundidad de $1m$, y un valor de $467 \Omega m$ en el sector donde sabemos que sí están. En cambio, para una profundidad de $2m$ los valores de resistividad son más bajos, siendo de $321 \Omega m$ en el sector sin estructuras enterradas, y de $372 \Omega m$ para el sector con cimientos (Tabla 1). Por otra parte, en el Cabildo, los valores obtenidos a la profundidad de $2 m$, sólo arrojaron resistividades bajas con respecto a los valores paramétricos de la primera vivienda.

A partir de las pruebas paramétricas, se decidió prospectar el área de interés sólo a un metro de profundidad, ya que a mayor profundidad las resistividades decrecen

significativamente indicando la ausencia de cimientos o estructuras enterradas. En dicho sector se observaron anomalías de resistividad orientadas de norte – sur, alineadas a una recta de coordenada origen 27° 13' 16,21" Lat. Sur, 65° 35' 6,79" Long. Oeste y acimut 191° 46' 22,96 "; y una segunda anomalía de resistividad orientada de este - oeste alineada a una recta de coordenada con origen en 27 13' 16,03" Lat. Sur, 65° 35' 7,5" Long. Oeste y acimut 105°37' 56.15". Los valores con mayores resistividades corresponden a CE con 488 Ω m (Perfil (P) 4), 459 Ω m (P 3), 458 Ω m (P 2) y 452 Ω m (P 2), y CE con valores más bajos con 269 Ω m (P 1), 310 Ω m (P 3) y 359 Ω m (P 1) (Tabla 2).

Prueba piloto								
Perfil (P)	A	M	N	B	V[mV]	I[mA]	K	RESIS[Ω .m]
Sin estructura	1	2	3	4	398	7	6.28	357
Paramétrico	2	3	4	5	520	7	6.28	467
Sin estructura	1	3	5	7	178	7	12.57	320
Paramétrico	2	5	7	9	207	7	12.57	372
Cabildo								
Perfil (P)	A	M	N	B	V[mV]	I[mA]	K	RESIS[Ω .m]
1	5	7	9	11	154	7	12.57	277
	7	9	11	13	130	7	12.57	233
	9	11	13	15	153	7	12.57	275
	11	13	15	17	180	7	12.57	323
	13	15	17	19	197	7	12.57	354
	15	17	19	21	200	7	12.57	359
	17	19	21	23	217	7	12.57	390
	19	21	23	25	193	7	12.57	347
2	27	29	31	33	172	7	12.57	309
3	21	23	25	27	200	7	12.57	359
	23	25	27	29	192	7	12.57	345
	25	27	29	31	191	7	12.57	343

Tabla 1. Resultados de resistividad mediante una prueba piloto/calicata paramétrica en la vivienda excavada en el 2021 y en el sector del Cabildo. Las columnas A, M, N, B corresponden a la distancia progresiva [m] de la posición del electrodo de mismo nombre. La columna V corresponde a la diferencia de potencial medida en el instrumento. La columna I corresponde a la intensidad de corriente medida en el instrumento. La columna K corresponde a la constante del dispositivo.

Table 1. Resistivity results by means of a pilot test/parametric test in the house excavated in 2021 and in the Cabildo sector. Columns A, M, N, B correspond to the progressive distance [m] from the position of the electrode of the same name. Column V corresponds to the potential difference measured on the instrument. Column I corresponds to the current intensity measured on the instrument. Column K corresponds to the device constant.

Búsqueda de vivienda en la Manzana 26								
Perfil (P)	A	M	N	B	V[mV]	I[mA]	K	RESIS[Ω.m]
1	4	5	6	7	300	7	6.28	269
	5	6	7	8	413	7	6.28	371
	6	7	8	9	494	7	6.28	443
	7	8	9	10	400	7	6.28	359
	8	9	10	11	472	7	6.28	423
	9	10	11	12	432	7	6.28	388
	10	11	12	13	483	7	6.28	433
2	14	15	16	17	511	7	6.28	458
	15	16	17	18	484	7	6.28	434
	16	17	18	19	504	7	6.28	452
	17	18	19	20	503	7	6.28	451
	18	19	20	21	483	7	6.28	433
3	11	12	13	14	454	7	6.28	407
	12	13	14	15	512	7	6.28	459
	13	14	15	16	345	7	6.28	310
4	19	20	21	22	544	7	6.28	488

Tabla 2. Resultados de resistividad del sector a explorar.

Table 2. Resistivity results of the sector to be explored.

Todos estos valores fueron mapeados en QGis para facilitar una interpretación integrada sobre el terreno, dando como resultado dos salidas gráficas: una de la imagen satelital con curvas de iso-resistividades aparentes (Figura 7 A) y otra de un mapa de calor que visualiza las variaciones espaciales de las iso-resistividades aparentes (Figura 7 B).

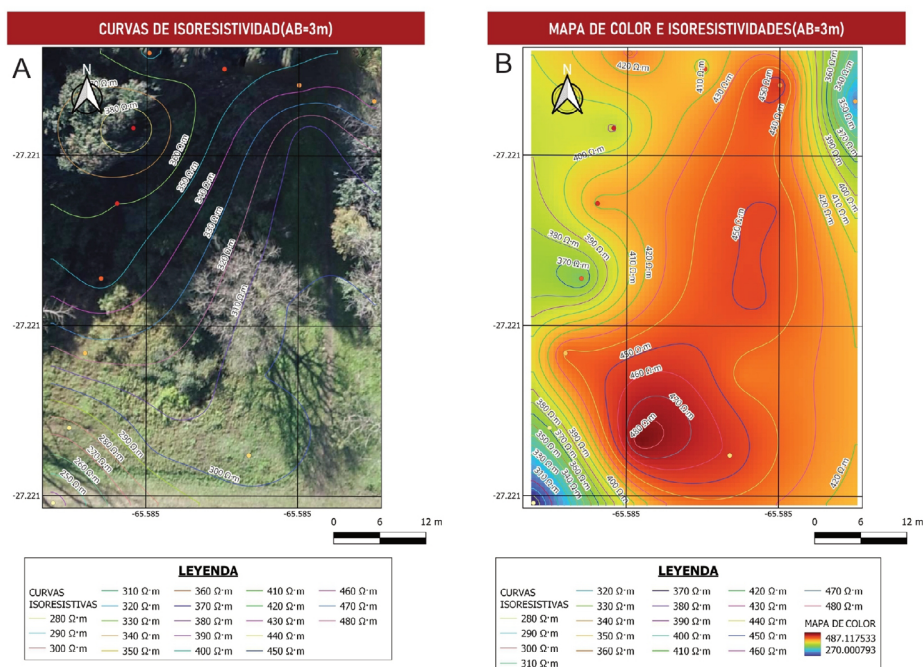


Figura 7. A: Imagen satelital con curvas de isoresistividad; B: Visibilización de las isoresistividades en un mapa de calor. Elaboración: Germán Herrera Rodríguez.

Figure 7. A: Satellite image of isosteristivity curve; B: Visibility of the isoresistivities in a heat map. Elaboration: Germán Herrera Rodríguez.

En particular, como se puede observar en el mapa de calor, los valores de resistividad más elevados se ven representados con el color rojo. Estos marcan una recta al lado de la calle real indicando la posibilidad de encontrar indicios de cimientos de la casa, por la simetría de los valores.

La realización de la prospección geoelectrica mostró la existencia de tres áreas potenciales en el solar:

- Una estructura situada a 25 m hacia el norte de la esquina del solar y una profundidad de 40 cm, correspondiente a un posible cimiento con material arqueológico constructivo cocido (teja portuguesa).
- Una estructura situada en la esquina del solar al frente de la Iglesia Nuestra Señora de la Merced a 30 cm de profundidad, correspondiente a un cimiento de 1 m de ancho realizado con rocas metamórficas, algunas canteadas y otras sólo colocadas en el suelo.

- Un evento de relleno con rocas de diferentes tamaños, resultado de retroexcavadoras para abrir los caminos de ciudad (realizadas en 1965).

Exploración arqueológica de campo

Para constatar el origen de las anomalías, se excavaron los puntos con mayores resistividades, tomando en cuenta los valores que superaban los 400 Ω m. Se realizaron tres sondeos denominados TUC-SAI-2022-E20⁷ C1, C2 y C3 en la manzana 26.

Comenzando con el valor 459 Ω m, se realizó un sondeo de 1 m x 1 m (correspondiente a la cuadrícula n°1), a una profundidad de 30 cm, coincidiendo con la altura de la calle. Se hallaron rocas metamórficas dispersas que permitieron pensar en posibles cimientos, así como una teja portuguesa prácticamente completa (Figura 8, B).



Figura 8. A: Excavación realizada en el punto con un valor de 458 Ω m; B: Descubrimiento de los cimientos de la casa, correspondiente al valor 459 Ω m; C: Extensión de las excavaciones; D: Plano de la vivienda encontrada. Elaboración: Florencia Borsella.

Figure 8. A: Excavation carried out at point with a value of 458 Ω m; B: Discovery of the foundations of the house, corresponding to the value 459 Ω m; C: Extension of the excavations; D: Plan of the house found. Elaboration: Florencia Borsella.

⁷ TUC-SAI-2022-E20, C1 (Provincia de Tucumán, Sitio Arqueológico Ibatín - Año de excavación-Estructura n° 20, Cuadrícula n° 1) según recomendaciones del Registro Nacional de Yacimientos, Colecciones y Objetos Arqueológicos (RENYCOA).

En una segunda instancia, se optó por excavar el punto de valor 458 Ω m, encontrando, a la altura de la calle real, la esquina de la vivienda con sus cimientos bien definidos (Figura 8, A y C). En este sector se encontraron materiales constructivos, cerámica indígena y española.

Luego se extendió la excavación 4 m al norte y 8 m al oeste para tener un panorama más amplio de la morfología de la vivienda, permitiendo obtener sus dimensiones reales: 10 m de ancho por 24 m de largo aproximados y con una división interna alrededor de los 10 m (Figura 8, D). En el trabajo de campo no se identificó ninguna pared perimetral, pero se determinaron cimientos de un metro de ancho y estaban constituidos con rocas metamórficas, algunas canteadas. Además, se observaron algunos adobes y ladrillos que podrían haber conformado una pared. A causa de que la ciudad realizó un traslado programado, la evidencia material se encuentra muy fragmentada y lo más característico son los cimientos de rocas y algunos restos de adobes, ladrillos y tejas que permiten pensar en paredes de adobes y ladrillos sin descartar estos en combinación con un sistema constructivo de tapial.

El promedio de las viviendas excavadas y prospectadas en las cuarenta y nueve manzanas demuestran la presencia de unidades domésticas de un ancho entre 6 m a 8 m y largos variables entre 10 m, 15 m y 20 m, medida estándar que consideramos para las viviendas coloniales de la ciudad. Sin embargo, esta estructura presenta un ancho superior a todas ellas, marcado quizás por el estatus del habitante.

Por otro lado, se recuperaron materiales constructivos (baldosas de barro cocido, tejas y ladrillos), cerámica indígena (tosca y estilo averías), mayólicas (de manufactura española y panameña), vidrios, restos faunísticos, carbones y algunos artefactos de metal.

Por último, se realizó un sondeo de 1 m x 1 m dentro de la vivienda en el punto de valor 433 Ω m, encontrando solamente un elemento de metal a 50 cm de profundidad.

INTERPRETACIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados de las prospecciones piloto revelaron que, en espacios sin cimientos, los datos arrojados corresponden a los valores mínimos de resistividad ($\leq 350 \Omega$ m), y los espacios con cimientos corresponden a los valores más altos de resistividad ($\geq 400 \Omega$ m). Por lo tanto, favoreció a la investigación otorgándonos valores estándar para comparar con otros sectores del sitio y, además, contrastar los datos obtenidos con excavaciones arqueológicas, posibilitando la interpretación de las estructuras encontradas, generando una profunda comprensión del lugar (Figura 9).

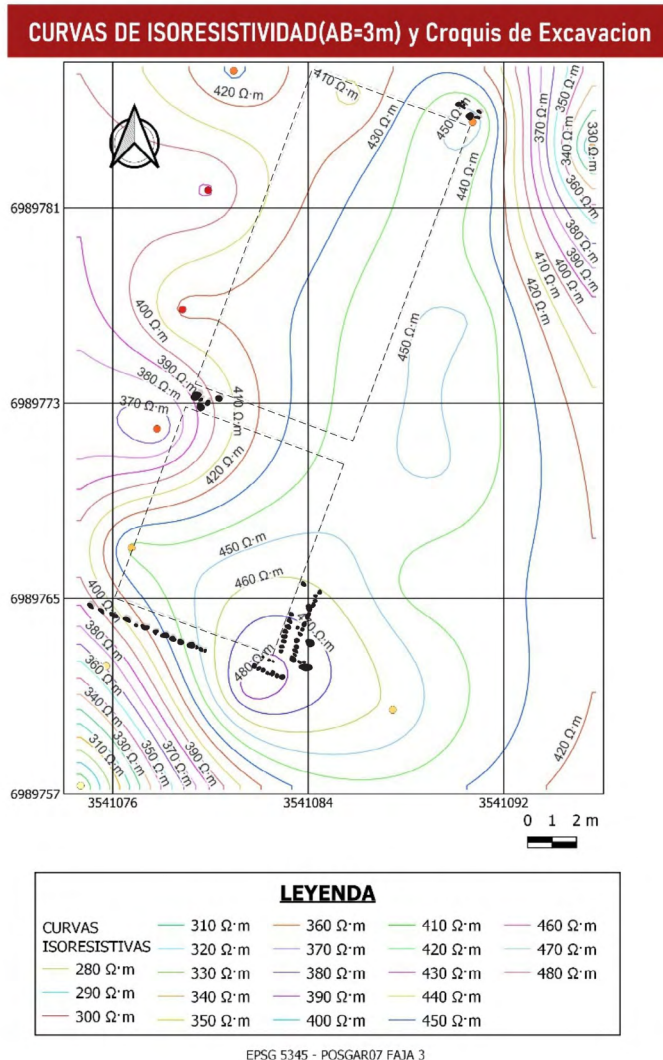


Figura 8. A: Excavación realizada en el punto con un valor de 458 Ω m; B: Descubrimiento de los cimientos de la casa, correspondiente al valor 459 Ω m; C: Extensión de las excavaciones; D: Plano de la vivienda encontrada. Elaboración: Florencia Borsella.

Figure 8. A: Excavation carried out at point with a value of 458 Ω m; B: Discovery of the foundations of the house, corresponding to the value 459 Ω m; C: Extension of the excavations; D: Plan of the house found. Elaboration: Florencia Borsella.

En particular, los resultados obtenidos permiten concluir que el método geoelectrico es adecuado para identificar cimientos subsuperficiales construidos con rocas en el sitio. Además, proporciona información estimada de su profundidad. En efecto, la

prospección geofísica fue útil para delimitar el contexto arqueológico y la interpretación de las calicatas geoelectricas contribuyó a la demarcación de las superficies a excavar y proporcionaron datos sobre la distribución y extensión de las estructuras. Hay que mencionar además, que la utilización de este método generó un nuevo corpus de evidencia arqueológica que permite replantearse otros objetivos y metodologías; y responder mediante técnicas de las geociencias problemáticas arqueológicas. Creemos que este método geofísico redujo significativamente la investigación arqueológica en cuanto a tiempo de ejecución y su costo de operación guiándonos para un pronto hallazgo de la vivienda de Nuño Rodríguez de Beltrán.

Para finalizar, nos parece de suma importancia poder dejar en claro, para futuras intervenciones en el sitio, diferentes puntos a tener en cuenta:

1. Antes de realizar prospecciones geoelectricas se debe tener conocimiento de las características del terreno, su climatología, la naturaleza de los materiales del subsuelo, así como el tipo de material que se quiere localizar. Como en este caso conocemos la composición del suelo, de textura franco arcillo-arenosa, los contrastes con rocas u objetos son notorios y se ven representados con valores que superan los 400 Ω m.

2. La mayoría de las calicatas realizadas a una profundidad de 2 m, arrojaron valores de resistividad bajos, por lo tanto, a partir de estas condiciones consideramos que solo se trabaje a futuro con profundidades de 1 m.

3. El sitio arqueológico se encuentra con un alto porcentaje de antropización, por lo tanto, se debe tener presente esta condición para las primeras lecturas del subsuelo.

4. La constatación en el campo nos parece imprescindible. Cabe aclarar, que debido a las irregularidades de la superficie del terreno y la frondosa vegetación, lo más propicio fue realizar una excavación arqueológica, ya que las características del sector estudiado no permiten la utilización de otros métodos como georadar. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de realizar a futuro comparaciones con estudios magnéticos como se trabajaron en el Sitio de Loma Alta en Michoacán, México (Hesse et al., 1997).

5. Debido a que el sitio se encuentra en la selva, se recomienda el uso de jabalinas o electrodos más largo de 25 cm a 50 cm para poder introducirlo con facilidad en el terreno.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer en primer lugar a la Dra. Lorena Salvatelli, coordinadora del simposio "Documentos y cartografías" por la invitación a participar en este dossier. También a los evaluadores de este escrito, ya que sus comentarios mejoraron la versión original. Por otro lado, no queremos dejar de agradecer a los alumnos que participaron en la campaña de prospección y excavación que se realizó en el marco de los permisos Res. N° 1826 otorgados por el Ente de Cultura de Tucumán. Igualmente, merece nuestro afecto Diego Moreno quien no solo nos brindó su cariñosa hospitalidad, sino también hizo posible la realización de una pequeña campaña de excavación en el predio.

FUENTES DOCUMENTALES

- » Espinosa, L. Año (1607, Mayo 18). Carta de Aprobación. Fondo Protocolo. Serie A, Protocolo 1. Folio 169-172. Archivo Histórico de Tucumán. San Miguel de Tucumán. Argentina. (AHT).
- » Medina, L., Medina, G. y Muñoz J. B. Año (1607, Octubre 29). Carta de compra y venta. Fondo Protocolo. Serie A. Protocolo 1. Folio 184v-186v. Archivo Histórico de Tucumán. San Miguel de Tucumán. Argentina. (AHT).
- » Sección Judicial. Año (1610). Testamento Nuño Rodríguez Beltrán. Serie A. Expediente 5. Caja 1. Folio 19-24. Archivo Histórico de Tucumán. San Miguel de Tucumán. Argentina. (AHT).
- » Sección Judicial. Año (1612). Testamento Juan de Espinosa. Expediente 34. Caja 287. Folio 2-5v. Archivo Histórico de Tucumán. San Miguel de Tucumán. Argentina. (AHT).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- » Bagaloni, V. N., Perdomo, S., y Ainchil, J. (2011). Geoelectric and magnetic surveys at La Libertad archaeological site (San Cayetano County, Buenos Aires Province, Argentina): A transdisciplinary approach. *Quaternary international*, 245(1), 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.01.026>
- » Bonomo, N., De la Vega, M., Bongiovanni, V., Lanata J. L. y Arrigoni, G. (2006). Estudios de factibilidad en la detección de concheros mediante métodos geofísicos. En A. Osella y J. Lanata (Comps.): *Arqueo-geofísica: Una metodología interdisciplinaria para explorar el pasado* (pp. 129 - 144). Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- » Borsella, F. (2022). Trabajos preliminares sobre materiales constructivos coloniales en el Parque Provincial Ibatín. *Mundo De Antes*, 16(2), 243-270. <https://doi.org/10.59516/mda.v16.257>
- » Borsella, F. y Monti, M. L. (2022) La ocupación del espacio en la ciudad colonial de Ibatín: nuevos aportes desde la arqueología histórica. En A. Igaray F. Chechi, Florencia (Comps). *Libro de resúmenes VIII Congreso Nacional de Arqueología Histórica* (pp. 286-290). Universidad Nacional de la Plata. <https://doi.org/10.35537/10915/141581>
- » Buscaglia, S., J. L. Lanata, M. X. Senatore, A. Osella, M. E. Lascano y M. De la Vega (2004). Prospecciones geofísicas en Florida Blanca, San Julián, Provincia De Santa Cruz. En M. T. Civalero, M. P. Fernández y A. G. Guráieb (Comps.). *Contra Viento y Marea. Arqueología de Patagonia* (pp. 521-536). Sociedad Argentina de Antropología, Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano.
- » Cabrera, A. L. y Willink, W. (1980). *Biogeografía de América Latina. (2a ed. corregida)*. Colección de Monografías Científicas de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- » Dal Molin, C., Fernández, D., Escosteguy, L., Villegas, D., Gonzales, O. y Martínez, L. (2003). *Hoja Geológica 2766- IV, Concepción: provincia de Tucumán, Catamarca y Santiago del Estero*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico y Minero Argentino, Boletín no. 342. <http://repositorio.segemar.gob.ar/handle/308849217/109>

- » Fanton, G., Ponti, N., y Imhof, A. (1997). Aplicaciones Prácticas del Método de Resistividad en Arqueología-Santa Fe-República Argentina. En *5th International Congress of the Brazilian Geophysical Society* (pp. cp-299). European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609-pdb.299.415>
- » García, J. W. (2019). *Estudio Geoeléctrico en Arroyo Tranquitas. (Informe técnico)* Departamento Burreyacu, Provincia de Tucumán, República Argentina. Consultora GEOH20.
- » García, J. W. (2021). *Guía del Curso “Métodos Eléctricos Aplicados al Estudio del Subsuelo”*. [Tesis de doctorado no publicada] Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán.
- » GeoInnova. (1 de septiembre de 2023). *Interpolación mediante distancia inversa (IDW) en QGIS*. GeoInnova. Recuperado el día 18 de septiembre de 2022 de <https://geoinnova.org/blog-territorio/interpolacion-mediante-distancia-invera-idw-en-qgis/>
- » Gramajo de Martínez Moreno, A. (1976). La primitiva ciudad de San Miguel del Tucumán en Ibatín. Estudio histórico- arqueológico. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 10, 141-165.
- » Hesse, A. (2000). Count Robert du Mensil du Buisson (1895-1986), a french precursor in geophysical survey for archaeology. *Archeological Prospection*, 7(1), 43-49. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0763\(200001/03\)7:1<43::AID-ARP127>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0763(200001/03)7:1<43::AID-ARP127>3.0.CO;2-G)
- » Hesse A., Barba L., Link K., y Ortiz A. (1997). A Magnetic and Electrical Study of Archaeological Structures at Loma Alta, Michoacán, México. *Archaeological Prospection*, 4(2), 53-67. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0763\(199706\)4:2<53::AID-ARP60>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0763(199706)4:2<53::AID-ARP60>3.0.CO;2-T)
- » Lomáscolo, T., Grau, A. y Brown, A. (2014). *Guía visual de las áreas protegidas de Tucumán*. Ediciones del Subtrópico.
- » Monti, L. M. (2010). Los espacios de la muerte como elementos de materialización de las desigualdades sociales en la ciudad de Ibatín (1565 – 1685). En H. Chiavazza y C. Ceruti (Eds.), *Arqueología de Ciudades Americanas del Siglo XVI* (pp. 203-242). Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo.
- » Monti, L. M., Caria, M. A. y Moyano, S. (2015). La influencia de los ríos en la historia de las ciudades coloniales del noroeste argentino: el caso de Ibatín (1565-1685). *Arqueoweb: Revista sobre Arqueología en Internet*, 16(1) ,223-238. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/12333>
- » Noli, E.S. (2001). Indios ladinos del Tucumán colonial: los carpinteros de Marapa. *Andes*, 12, 1-31. <https://www.redalyc.org/pdf/127/12701207.pdf>
- » Noli, E. (Ed.). (2016). *Revisitando Ibatín: investigaciones históricas y arqueológicas*. Instituto de Arqueología y Museo, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán.
- » Osella, A., y Lanata, J. L. (2006). *Arqueogeofísica. Una Metodología Interdisciplinaria para Explorar el Pasado*. Fundación de Historia Natural-Universidad Maimónides.
- » Puchulu, M. E., y Fernández, D.S. (2014). Características y distribución espacial de los suelos de la provincia de Tucumán. En S. Moyano, M. Puchulu, D. Fernández, G. Aceñolaza, M. Vides y S. Nieva (Eds.) *Geología de Tucumán* (pp. 240-246). Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán.

- » Ratto, N. (2007). Paisajes arqueológicos en el tiempo: la interrelación de ciencias sociales, físico-químicas y paleoambientales (dpto. Tinogasta, Catamarca, Argentina). En Nielsen, M. Rivolta, V. Seldes, M. Vázquez y P. Mercolli (Comps.), *Producción y circulación prehispánicas de bienes en el sur andino*. (pp. 35-54). Editorial Brujas.
- » Rivet, C. (2008). *Pasado y presente de una ciudad colonial: el caso de Ibatín (1565-1685)*. *Arqueología histórica en un espacio doméstico* [Tesina de grado no publicada] Universidad Nacional de Tucumán.
- » Rodríguez, C. A., Zúñiga Escobar, O. y Agudelo, A. M. (2006). *Arqueología de precisión: aplicación de técnicas geoelectricas y electrotérmicas en investigaciones arqueológicas del Valle del Cauca, Colombia*. Programa Editorial UNIVALLE.
- » Roldán Vázquez, S. (2017). *Procesos de Interacción social en la ciudad de San Miguel de Tucumán y Nueva Tierra de Promisión (Ibatín) entre 1565-1685 a partir del análisis cerámico y fuentes documentales*. [Tesina de grado no publicada] Universidad Nacional de Tucumán.
- » Sánchez San Román, F. J. (1985). *Prospección hidrogeológica en rocas metamórficas mediante geofísica eléctrica*. *Studia Geol. Salamanca*. XX: 127-136
- » Santiago, F. (2009). Dos sitios del norte de Tierra del Fuego" sondeados" con GPR: Río Chico 1 y La Arcillosa 2. En T. Bourlot, D. Bozzuto, C. Crespo, A. Hecht, N. Kuperszmit (Eds.) *Entre Pasados y Presentes II Estudios Contemporáneos en Ciencias Antropológicas* (pp.171-183) Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- » Sayago, J., Ratto, L. y Collantes, M. (1984). Geomorfología. En *Geología de Tucumán. Publ. Espec. Col. Grad. Ccias. Geol. Tucumán* (pp. 143-155) San Miguel de Tucumán.
- » Tíneo, A., Ponti, N., García, J. W., Falcon, C., Durso, C. y Rodríguez, G. (2002). *Estudio Geológico -Geofísico: Finca de Vargas*. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo.
- » Zúñiga, O. (2001). *Nuevas técnicas no destructivas en el manejo de suelos y plantas como herramientas para una agricultura de conservación*. VII Congreso Nacional de Ingeniería agrícola. Universidad Surcolombiana. Neiva.