

La teledetección aplicada al estudio del pasado a una escala inter-regional

Fabián BOGNANNI

Becario CONICET – Programa de Arqueología Histórica y Estudios Pluridisciplinarios
Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Luján
fabianbogn@hotmail.com

Recibido: 22 de diciembre de 2008

Aceptado: 19 de marzo de 2009

RESUMEN

Uno de los grandes problemas que se presenta en la arqueología es la dificultad de analizar y presentar casos de estudio que excedan los límites regionales. En la actualidad, mediante la aplicación del recurso de la teledetección (particularmente con el uso de fotografías aéreas e imágenes satelitales –incluso material publicado como el disponible a través del Google Earth–), es posible abarcar grandes áreas con características ambientales disímiles. Presentamos una primera aproximación al uso de la técnica de la teledetección aplicada al conjunto de estructuras líticas de grandes dimensiones (vinculadas con el movimiento a pie de gran cantidad de ganado, principalmente bovino, desde Buenos Aires hacia Chile) que se hallan en la parte central de Argentina, abarcando parte de las provincias de Buenos Aires, La Pampa y Mendoza.

Palabras Claves: Arqueología, teledetección, Landsat

Remote Sensing Applied to the Study of the Past on an Inter-Regional Scale

ABSTRACT

One of the major problems in archaeology is the difficulty of analyzing and presenting case studies beyond regional limits. At present, using the appeal of remote sensing (particularly through the use of aerial photographs and satellite images, including published material like as the offered in Google Earth), it is possible to cover large areas with dissimilar environmental characteristics. We present a first approach to the use of the technique of remote sensing applied to a group of lithic structures (linked to the movement of livestock, mainly cattle, from Buenos Aires to Chile) located in the central portion of Argentina, covering part of the provinces of Buenos Aires, La Pampa and Mendoza.

Key words: Archaeology, remote sensing, Landsat

Sumario: 1. Introducción. 2. Objetivos. 3. Recurso empleado y método de aplicación. 4. Resultados. 5. Conclusiones. 6. Referencias bibliográficas.

1. Introducción

En la actualidad, los trabajos con información extra-regional son escasos o sólo se limitan a hacer referencia a algún artefacto de procedencia exótica. Sin embargo se hace primordial el uso de grandes escalas espaciales cuando se inicia una investigación sobre preguntas que se refieren a problemas que abarcan grupos humanos con alta movilidad o dinámicas socio-económicas que afectan a más de una región –y no sobre la base de la localización de grandes densidades de hallazgos arqueológicos que permitan la demarcación de unidades operativas de trabajo o sitios– (véase entre otros: Thomas 1975; Dannel 1992).

En este trabajo se toma como eje espacial la franja central que se extiende desde el Océano Pacífico de Chile hasta las costas atlánticas de la Argentina; esta zona ha sido

considerada como Frontera Sur del Imperio español (Bechis 1996, 1999; Casanova 1996; Pinto Rodríguez 1996; Gascón 2007): «Comprende la Araucanía propiamente dicha, la cordillera, la pampa seca y la pampa húmeda, limitadas por las líneas de frontera. Sería el área pan-araucana como unidad cultural y social con variadísimas zonas ecológicas» (Bechis 1996: 4). En una zona de la parte oriental, precisamente en las sierras de Tandilia, así como en algunos sectores de la pampa seca y de Cuyo, se encuentra una gran cantidad de estructuras líticas de grandes dimensiones y gran variedad de formas, construidas con bloques de piedra, generalmente sin trabajar. Estos emplazamientos de la provincia de Buenos Aires fueron estudiados, de manera más exhaustiva, a partir de la década de 1980 (véase entre otros: Araya y Ferrer 1988; Slavsky y Ceresole 1988; Mazzanti 1988, 1999, 2004; Madrid 1990 ms, 1991a, 1991b; Ceresole 1991 ms; Ramos 1992 ms, 1995, 1996, 1997a 1997b, 2000; Ramos *et al.* 2005, 2008; Cordero y Ramos 1998, 2003; Dentone del Corral 2001; Roa y Saghessi 2004; Ferrer y Pedrotta 2006; Bognanni 2007; Bognanni y Ramos 2007). Se estudiaron también estructuras de piedra de períodos posteriores a la conquista europea en otras provincias como La Pampa (Piana 1981; Berón y Migale 1991; Berón *et al.* 2004), Neuquén (Goñi 1983-85) y Mendoza (Canals Frau 1959, 1986; Gil y Neme 1993; Durán 1998). Algunos de estos sitios presentan características similares, ya sea en relación con sus dimensiones y/o formas de las plantas (por ejemplo: las estructuras de La Siempre Verde [entre otros: Ceresole 1991 ms, Ramos 1995, 1996; Ramos *et al.* 1996, 2008; Bognanni y Ramos 2007], Milla Curá [Viñas de Tejo *et al.* 1977; Ceresole 1991 ms; Ramos 1992 ms; Ferrer y Pedrotta 2006] y María Teresa, antes denominada Cura Malal [Ceresole 1991 ms; Ferrer y Pedrotta 2006; Ramos 2008 ms; Ramos *et al.* 2008]). Otros presentan características disímiles y no tendrían la función de corrales, sino que cumplirían otros usos, por ejemplo, represas como las del Cerro Los Viejos en La Pampa (Piana 1981); lugares habitacionales como las casas de piedra de los picapedreros europeos en la Sierra del Tigre, Tandil, las ubicadas en la Estancia La Nativa, en el mismo partido, o las próximas a la ciudad de Barker, en Benito Juárez (Ramos 2008 ms); también las denominadas Casa de Piedra 1 y 2 ubicadas en Tornquist, Buenos Aires (Roa y Saghessi 2004). Asimismo, los sitios satélites de los «campamentos de veranada» utilizados por pastores trashumantes como Los Enganches y El Ángulo en la cuenca del Río Atuel en el sur de Mendoza (Gil y Neme 1993). A este grupo heterogéneo y de diversas funciones se le pueden sumar extensos pircados que no representarían límites entre propiedades rurales linderas (como en el partido de Azul; véase Ferrer y Pedrotta 2006: 144); en cambio otras sí corresponderían a estas delimitaciones, como en el caso del Campo de Machiarena, en Tandil (Ramos 2008 ms).

Las estructuras líticas, que habrían tenido la función de corral, estarían relacionadas con el movimiento de ganado a pie (preferentemente vacas y caballos) para ser llevado con destino a Chile, el noroeste argentino u otras zonas (Ceresole 1991; Ramos 1996, 2000; Ramos *et al.* 2005 e.p.). Mazzanti, haciendo referencia a la localidad arqueológica Amalia en las sierras de Tandil, también plantea que: «posiblemente algunas estructuras pircadas de la zona formaron parte de las estrategias de ocupación del nuevo sistema de asentamiento dentro de un gran territorio de articulación social que unió esta región de la Pampa Oriental con comunidades vinculadas al sur de Chile y norte de Patagonia» (2004:208). A su vez, Madrid hace referencia a la posibilidad de que

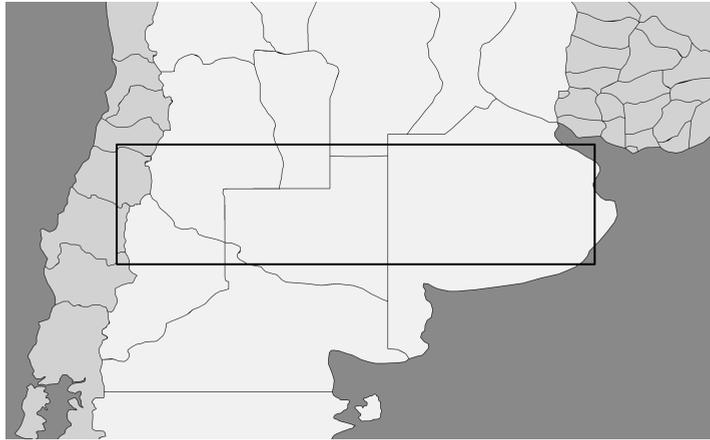


Figura 1: Zona de interés, abarcando, de este a oeste, las provincias de Buenos Aires, La Pampa y Mendoza

recintos más pequeños ubicados en las sierras de Ventania, formen parte de un «circuito de mantenimiento y traslado de ganado introducido, especialmente oveja» (1991b: 69). En la misma línea interpretativa de Madrid, pero más recientemente, Ferrer y Pedrotta plantean: «A su vez, considerando los requerimientos de los diferentes tipos de ganado y sumando más variables ambientales y arquitectónicas al análisis, especialmente las características del emplazamiento y la altura y la composición de las paredes, se podrían diferenciar los corrales que habrían servido para contener ganado mayor –equinos y vacunos– de aquellos aptos para el ganado menor –ovino y caprino–» (2006: 150). A pesar de algunas diferencias entre los distintos autores, podemos plantear que dichos emplazamientos líticos formaban parte de una red de «corrales» que formaban un circuito vinculado al traslado de animales introducidos por los europeos.

Para el estudio prospectivo de esta amplia zona inter-regional es necesaria la utilización de métodos que faciliten el reconocimiento de grandes extensiones de terreno. Si bien, el empleo de fotografías aéreas en arqueología se realiza desde principios del siglo XX (Renfrew y Bahn 1998), es en las últimas décadas de ese siglo cuando se comienzan a utilizar las imágenes satelitales, convencionales y de radar para la obtención de información arqueológica. Entre los muchos ejemplos relevantes que cabe citar, se encuentran el hallazgo, por medio del uso de imágenes del radar SIR-C, de un segmento antiguo de la «Gran Muralla China» (El-Baz 1997); el uso de imágenes Landsat para el reconocimiento de los grandes sistemas de riego utilizados antiguamente en la Mesopotamia (Palacios Jurado y Martín Bueno 2004) o la localización, por medio de fotografías aéreas e imágenes satelitales, de los caminos construidos por los mayas en la planicies yucatecas (Fournier 2006).

En este trabajo se plantea la posibilidad de utilizar nuevas herramientas como el Google Earth e imágenes del satélite Landsat 5 y/o 7, así como las fotografías aéreas para el estudio de una problemática arqueológica que abarca varias provincias de la República Argentina (Figura 1).

2. Objetivos

El principal objetivo del trabajo es el reconocimiento, por medio de la teledetección remota, de estructuras líticas de grandes dimensiones. Actualmente hay una gran disponibilidad de imágenes de diferentes sensores y satélites con características espectrales distintas. También existe la posibilidad de utilizar una muy interesante herramienta con imágenes publicadas y de acceso gratuito, como el Google Earth, que cuenta con escenas de alta resolución de parte de la Argentina. En estas páginas se tratará de puntualizar acerca de los alcances y limitaciones de la aplicación de estos recursos para abordar una problemática arqueológica a escala inter-regional. Por otro lado, se trata de integrar parte de esta información de características espaciales con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de manera que se puedan presentar los resultados:

«independientemente de los problemas que pueda traer consigo, la conexión de la teledetección espacial con un SIG es, a nuestro juicio, la conclusión más lógica del empleo de esta técnica. Brinda enormes posibilidades para la realización de estudios ambientales, evaluación de recursos, análisis de impactos, modelos de localización, etc. Con el apoyo de estos sistemas informáticos, el estudio del medio natural (o social) podrá preocuparse más del análisis que de la obtención de la información» (Chuvieco 1990: 413).

Se debe tener en cuenta que estos emplazamientos se encuentran en zonas ambientales de características disímiles: la Pampa húmeda, la Pampa seca y Cuyo (además existe una gran variabilidad ambiental en cada una de estas regiones).

3. Recursos empleados y método de aplicación

La teledetección es comúnmente definida «como el registro e interpretación de información sobre rasgos u objetos sin estar en contacto con ellos. El término teledetección («remote sensing») incluye el principio físico de la detección remota y está restringido a los métodos que emplean energía electromagnética en forma de luz, calor y ondas de radio, para detectar y medir características de los objetos» (Gebhard 2002 ms). Este recurso incluye sensores remotos que se clasifican en dos grupos: a) sensores activos: son aquellos que tienen su propia fuente de energía, como los radares; b) sensores pasivos: son aquellos que aprovechan la energía electromagnética proveniente del sol y que es reflejada por la cubierta terrestre, incluyendo también la energía emitida por los objetos en virtud de su propia temperatura. Las imágenes satelitales utilizadas en este trabajo forman parte de este segundo grupo.

La energía electromagnética sólo se detecta cuando interactúa con la materia y hace referencia a toda energía que se propaga a la velocidad de la luz y de forma armónica, es decir que las ondas son iguales y se repiten en un intervalo de tiempo. En el caso de los sensores pasivos, la energía incidente (λ_i) proviene del sol y en contacto con la superficie terrestre parte de esta energía es absorbida (λ_a), parte es transmitida (λ_t) y parte es reflejada (λ_r). Siendo la ecuación de balance energético:

$$\lambda_i = \lambda_a + \lambda_t + \lambda_r$$

También hay que tener en cuenta que todo objeto con temperatura mayor al cero absoluto (0° K, o lo que es lo mismo -273° C) emite energía. La energía reflejada es la utilizada para detección por sensores como el TM (Thematic Mapper) de Landsat (aunque también utiliza la energía emitida en las bandas termales).

Un concepto clave para comprender las posibilidades de aplicación de los sensores remotos es el de resolución. La resolución se puede definir de acuerdo a cuatro formas: radiométrica, espectral, temporal y espacial.

Resolución radiométrica: hace referencia a la sensibilidad del sensor, es decir, a su capacidad de detectar variaciones en la radiación espectral que recibe. Esta radiación se representa en cada uno de los «píxeles» de la imagen a través de su nivel digital (ND), que para el caso de las imágenes Landsat TM es de un rango de 256 tonos de grises posibles (es decir, 2^8 niveles de grises). Hay que tener en cuenta que: «Para un análisis visual no es muy importante tener muchos niveles de color ya que el ojo humano difícilmente puede percibir más de 64 tonos de gris, pero cuando se opta por el tratamiento informático, la mejora en la resolución puede ser importante» (Sobrino 2000:43).

Resolución espectral: indica el número y ancho de banda que puede discriminar un sensor y por ende, el rango de longitudes de onda que puede registrar un sensor en el espectro electromagnético (Maggi 2003). Una alta resolución espectral estará dada por un mayor número de bandas que tengan en cuenta un rango electromagnético más angosto. El sensor TM de Landsat tiene 7 bandas que van desde el espectro visible (azul, verde y rojo), infrarrojo cercano, medio y termal. El Landsat 7 tiene el sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) que, además de las 7 bandas, posee una octava banda pancromática de 15 m de resolución espacial.

Resolución temporal: se hace alusión a la posibilidad que tiene el sensor de obtener imágenes de la misma área en el menor tiempo posible. Está, principalmente, en relación con la órbita y el ángulo de observación y apertura que tiene cada sensor. Es muy importante para realizar seguimientos de catástrofes naturales. Por ejemplo, el satélite Landsat 7 puede tomar la imagen de la misma zona cada 16 días.

Resolución espacial: hace referencia a la menor medida de los objetos que se pueden reconocer con el sensor, es decir, al área del terreno representada por un píxel. Sin embargo pueden reconocerse rasgos, como caminos y ríos, que tienen un ancho menor que los detectados por el sensor; esto se puede lograr a partir de un gran contraste de reflectividad del rasgo con el medio que lo rodea. Así el TM de Landsat logra una resolución de 30 m o las imágenes del QuickBird (utilizadas por el Google Earth en sus escenas de alta resolución) con una resolución de 2,44 m en las imágenes multiespectrales y que llegan a tener un píxel de entre 0,61 y 0,72 m en su modo pancromático (QuickBird Imagery Products 2007). Obviamente la resolución espacial va a afectar al largo y ancho de la faja (es decir, el total de la escena del terreno tomada), siendo para Landsat de unos 183 x 170 km, mientras que la imágenes QuickBird de alta resolución espacial toman escenas de unos 16,5 x 16,5 km. A su vez, una fotografía aérea (23 x 23 cm) con escala 1:20.000¹ cubre un terreno de unos 4,5 x 4,5 km.

¹ Una vez digitalizada, se puede aumentar la escala hasta 1:6.000 aproximadamente (dependiendo, principalmente, de las posibilidades del escáner).

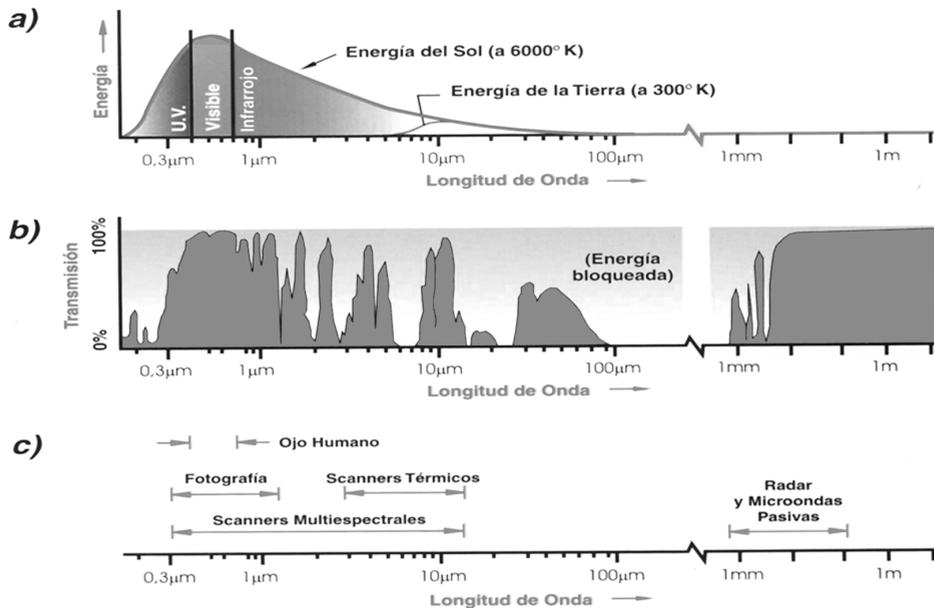


Figura 2: Características espectrales de: a) las fuentes de energía, b) efectos atmosféricos y c) sensores remotos (tomado de Rabolli y Gulich 2005)

Cuando hacemos referencia a una imagen satelital obtenida de sensores ópticos electrónicos, tenemos que tener en cuenta que está compuesta a la manera de «capas» (denominadas bandas) que registran diferentes longitudes de onda (ver Figura 2). Cada una de las bandas, visualizadas por separado, se manifiestan dentro de los tonos grises; sin embargo, al combinar tres bandas se obtiene una imagen en color (denominada imagen RGB –es decir que utilizan los canales visibles: rojo, verde y azul o *red*, *green* y *blue*–). Si la imagen en color lograda con esta combinación es similar a la observada por nuestros ojos en la naturaleza, se llama «color real simulado»; en cambio, si la imagen obtenida posee colores «irreales» se denomina «falso color compuesto».

En este trabajo se denomina «teledetección arqueológica» a la aplicación de cualquier método que utilice alguna forma de energía electromagnética y que permita la obtención de información con relevancia arqueológica. Se basa en el principio de detección remota aplicado a la identificación, análisis e interpretación de objetos, rasgos y/o contextos culturales o naturales que permitan obtener, de manera directa o indirecta, información resultante de actividades socio-culturales pasadas. Si analizamos etimológicamente la palabra teledetección reconocemos su significado como «detección a distancia», por lo que este concepto incluye el de sensoriamiento remoto que otorga un mayor énfasis al sensor utilizado en la detección y también abarcaría al concepto de arqueogeofísica (entre otros, Osella y Lanata 2006) que hace referencia, principalmente, a recursos aplicados desde la superficie terrestre. La teledetección (en vinculación con otras disciplinas como por ejemplo la arqueología) utiliza otros aspectos de análisis además de la geofísica, como los patrones de rasgos, las asociaciones entre objetos, las distorsiones atmosféricas, etc.

El método utilizado es el siguiente:

1. A través del Google Earth se realizó la búsqueda de estructuras líticas en las zonas de Tandilia y Azul, en Buenos Aires, basándonos en trabajos arqueológicos previos realizados por varios autores (entre otros, Slavsky y Ceresole 1988; Mazzanti 1988, 1999, 2004; Ceresole 1991 ms; Ramos 1992 ms, 1995, 1996, 1997a 1997b; Ramos *et al.* 2005, 2008; Ferrer y Pedrotta 2006; Bognanni 2007; Bognanni y Ramos 2007) y por conocimiento del terreno (sierras de Tandilia). También se tomó la zona de Malargüe, en Mendoza (teniendo en cuenta los trabajos de Canals Frau de 1959 y de 1986), como lugar para realizar la prospección por medio de dicho software. La elección de estas «zonas iniciales» estuvo condicionada por la posibilidad de observación de imágenes de alta resolución espacial a través del Google Earth.

2. A partir de estas zonas iniciales, con la localización de algunas de las estructuras ya publicadas, se comenzó una prospección sistemática de las zonas cercanas. Dadas las características ambientales relativamente áridas del sur de Mendoza (Malargüe y sus alrededores) se continuó la localización de emplazamientos líticos en la cuenca del río Malargüe o sus arroyos tributarios (arroyo Negro, arroyo Serrucho, arroyo de las Minas y arroyo Vegas Peladas, principalmente).

3. La extensión de la zona prospectada (tomando como punto inicial a Malargüe) se extendió al este hasta cerca del río Salado, en la provincia de La Pampa, y al oeste hasta el límite con Chile. Se han hallado estructuras líticas similares a las tenidas en cuenta en este trabajo incluso en territorio chileno.

4. Se identificaron estructuras de formas y dimensiones variables; sin embargo algunas son de características semejantes.

5. Se tomaron las coordenadas geodésicas (latitud, longitud y altitud) de cada una de las estructuras halladas. También se registró el largo y ancho máximo². Una vez que tenemos la ubicación exacta de las estructuras es posible realizar la comparación de diferentes tipos de imágenes (Google Earth, Landsat y fotografía aérea).

6. Por último, los datos espaciales se integraron en Sistemas de Información Geográfica para su representación en mapas que permitan una mayor comprensión de los aspectos distribucionales que afectaron a los supuestos «corrales» líticos. De esta manera los datos provenientes de imágenes con formatos *raster* pasan a ser representados en formatos vectoriales³.

4. Resultados

Hasta el momento se han identificado y localizado un total de 66 estructuras líticas, de las cuales 41 —el 62%— son simples y 25 —el 38%— compuestas por más de un recinto (ver Figura 3). Por lo general estos emplazamientos compuestos están confor-

² Hay que tener en cuenta que muchos de los emplazamientos líticos hallados están conformados por varias estructuras anexadas y que cada una de estas tiene formas disimiles, pudiendo ser algunas rectangulares, circulares, cuadrangulares, trapezoidales o completamente irregulares.

³ Los formatos raster representan digitalmente la información espacial en forma de píxeles o celdillas, donde cada píxel tiene un nivel digital (ND) de acuerdo al sensor utilizado. Por otro lado podemos decir, de manera simplificada, que los formatos vectoriales definen a los objetos a través de sus límites y fronteras.

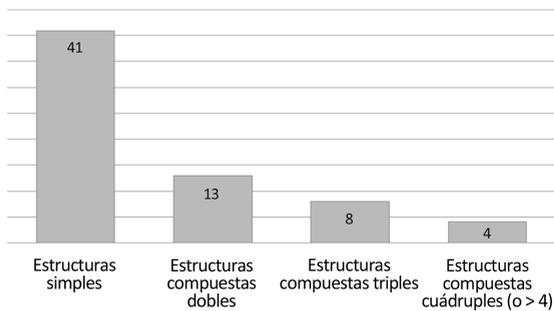


Figura 3: Tipos y cantidades de emplazamientos líticos hallados

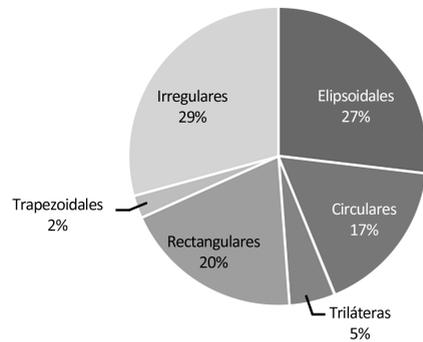


Figura 4: Formas básicas de las estructuras simples

mados por una estructura mayor con recintos de menor tamaño adosados. Las formas compuestas que se presentan con mayor frecuencia son las dobles de recintos rectangulares (4 casos) y las cuadradas/rectangulares (3 casos). A su vez, como se observa en la Figura 4, las estructuras simples identificadas mayoritariamente son las de formas elipsoidales e irregulares (56% sobre un N = 41), seguidas por las rectangulares. Sin embargo, si tomamos en consideración la posible función de corral de los emplazamientos en relación con el encierro y movimiento del ganado en el interior de la estructura, las formas circulares y elipsoidales serían las más adecuadas: «La forma circular de los corrales utilizados para el encierro de vacunos respondería al comportamiento fácilmente alterable de esos animales, ya que una estructura circular evitaría que los animales se lastimaran contra las paredes o se ‘esquinaran’ en los ángulos en caso de que se asusten y quieran escapar» (Bognanni 2007:10). Los recintos con este tipo de forma corresponden al 44% del total de la muestra de estructuras simples.

En la Figura 5 se pueden observar las características similares que tienen tres estructuras líticas halladas en diferentes zonas: San Rafael y Malargüe en Mendoza y en la Región de Maule en Chile. Las dimensiones de los emplazamientos son muy variables, siendo la denominada Malargüe 21 la de menor tamaño (26,80 x 11,70 m), seguida por San Rafael 1b con 53,30 x 26 m y por último, la de mayor tamaño, la localizada en la Región de Maule en Chile con 124 x 44,12 m. Sin embargo hay que tener en cuenta que la comparación es puramente formal ya que aún desconocemos las particularidades constructivas de las mismas.

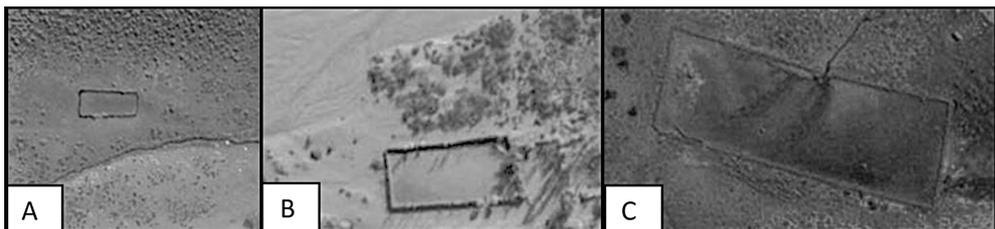


Figura 5: Estructuras líticas similares: A: Malargüe 21; B: San Rafael 1b; C: Chile 2

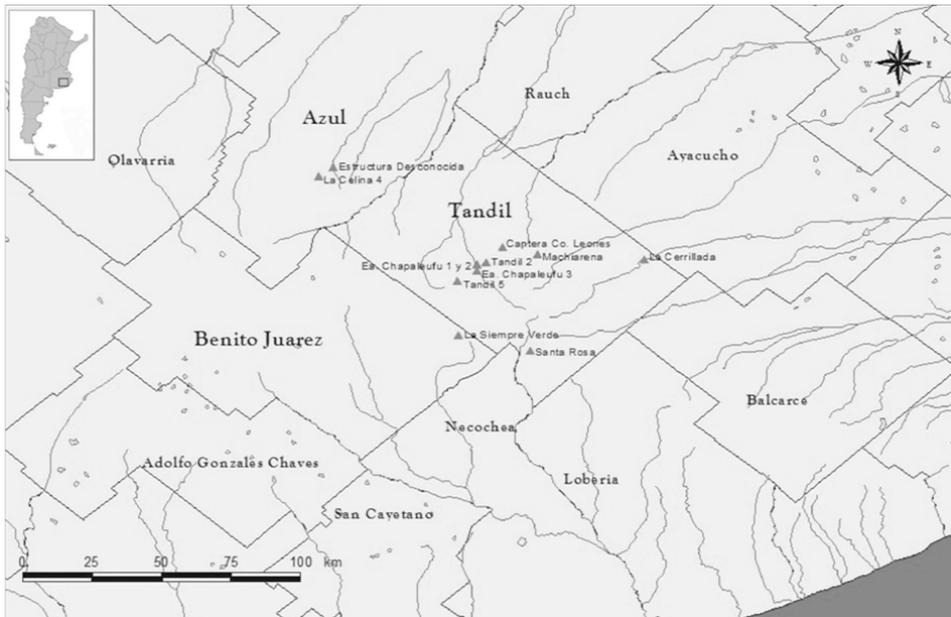


Figura 6: Estructuras líticas localizadas en el sur de la provincia de Buenos Aires

En la provincia de Buenos Aires se pudieron detectar dos estructuras en Azul, una de las cuales se encuentra publicada (La Celina IV; véase Ferrer y Pedrotta 2006), mientras que la otra fue identificada como Estructura desconocida. En Tandil se localizaron diez, y entre las ya conocidas hay cuatro estructuras que se encuentran en la Estancia Chapaleufú (Ferrer y Pedrotta 2006), cercanas al arroyo homónimo, Machiarrena, Santa Rosa (Slavsky y Ceresole 1988; Ceresole 1991 ms; Ramos 1992 ms, 1996, 1997b; Ramos *et al.* 2005, 2008; Bognanni 2007; Bognanni y Ramos 2007; etc.) y La Cerrillada (entre otros: Ceresole 1991 ms, Ramos 1992 ms, 1996, 1997b; Ramos *et al.* 2008), que si bien no se la pudo reconocer, ya que la baja resolución de la imagen no lo permitió, sí se conocen las coordenadas geográficas para su ubicación. Las tres restantes fueron identificadas provisoriamente como Cantera Cerro Leones, Tandil 2 y Tandil 5. También se logró la ubicación de la estructura de la Estancia La Siempre Verde en Benito Juárez (Ceresole 1991 ms; Ramos 1992 ms, 1996, 1997b; Bognanni y Ramos 2007; Ramos *et al.* 2008; etc.), pero no así su identificación (Figura 6).

En la provincia de La Pampa se localizaron un total de nueve estructuras⁴ todas ellas en el departamento de Puelén, al oeste de la provincia y en las cercanías del Salitral de la Perra. Las estructuras se denominaron circunstancialmente: Puelén 1a, Puelén 1b, Puelén 1c, Puelén 1d, Puelén 2a, Puelén 2b, Puelén 2c, Puelén 3a y Puelén 3b (Figura 7).

⁴ Hay que tener en cuenta que las estructuras que no compartían una pared o pircado eran consideradas como emplazamientos distintos aunque se encuentren muy próximas entre sí. Es decir que grupos o conjuntos de estructuras se tomaron como unidades distintas con fines operativos y de representación.

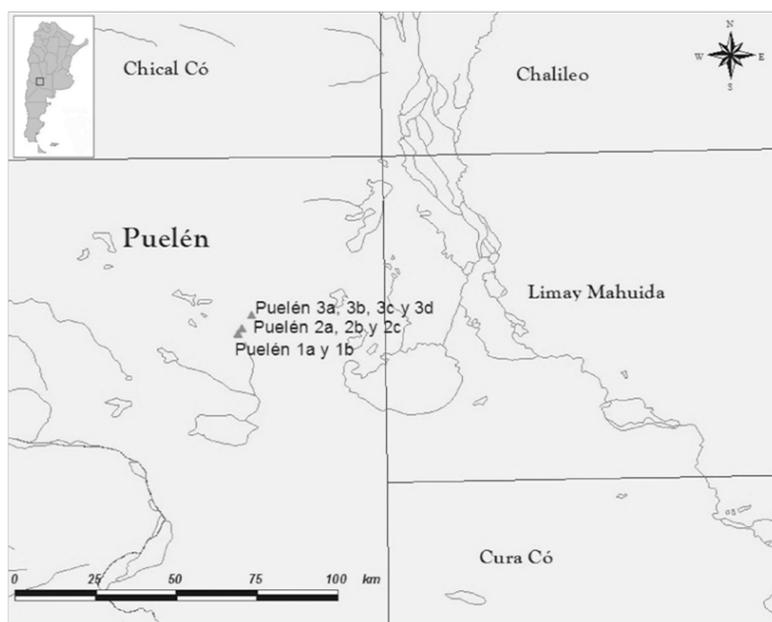


Figura 7: Estructuras líticas localizadas en el oeste de la provincia de La Pampa

En el sur de la provincia de Mendoza se teledetectaron la mayor cantidad de estructuras líticas, treinta y nueve, de las cuales sólo tres se encuentran en el departamento de San Rafael y las restantes en el departamento de Malargüe. Al igual que en los casos anteriores se desconoce cómo las llaman los lugareños, por lo que se tuvo que optar por una denominación provisional. Las estructuras líticas en San Rafael se encuentran en una zona bastante árida por donde cruzan algunos arroyos «secos» como Los Toldos, Los Potrillos y otros de caudal no permanente. Los emplazamientos se nombraron San Rafael 1a, San Rafael 1b y San Rafael 1c. Una de las características de las estructuras líticas de Malargüe es que se hallan muy próximas a algún curso de agua, principalmente de la cuenca del río Malargüe (río Malargüe, arroyo Negro, arroyo de las Minas, arroyo del Morro, arroyo Serrucho y arroyo Vegas Peladas) que desemboca en la laguna Llancañelo. Estos fueron denominados: Malargüe 1, Malargüe 2, Malargüe 3, Malargüe 4, Malargüe 5a y 5b, Malargüe 6, Malargüe 7a y 7b, Malargüe 8, Malargüe 9, Malargüe 10, Malargüe 11, Malargüe 12, Malargüe 13, Malargüe 14a, 14b, 14c y 14d, Malargüe 15a y 15b, Malargüe 16, Malargüe 17a, 17b y 17c, Malargüe 18a, 18b, 18c, Malargüe 19, Malargüe 20 y Malargüe 21. En tanto que Malargüe 22, Malargüe 23, Malargüe 24 y Malargüe 26 se encuentran cercanos a la frontera con Chile, al margen del arroyo permanente denominado del Cura y por último, Malargüe 25 que se encuentra muy cerca del paso cordillerano del Planchón, y aún más próximo del permanente arroyo Punilla (Figura 8).

En la Figura 9 se observa la disposición de las estructuras localizadas en la provincia de Buenos Aires, La Pampa y Mendoza, además de las halladas en Chile, cerca de la frontera. Cabe destacar la existencia del paso cordillerano denominado El Planchón

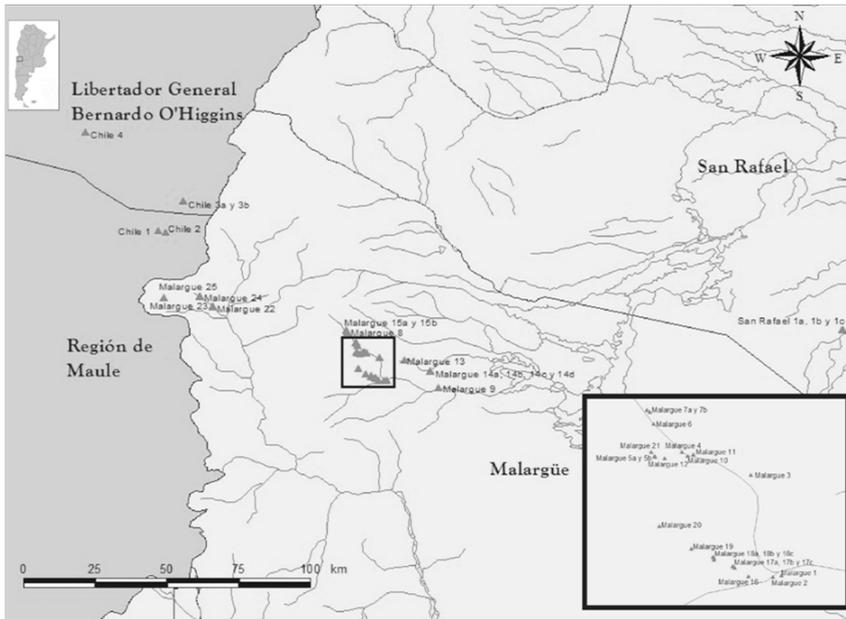


Figura 8: Estructuras líticas localizadas en el sudoeste de la provincia de Mendoza y Chile

en el límite entre Malargüe en Mendoza y la Región de Maule en Chile. Éste podría ser uno de los puntos más importantes en el tráfico de ganado desde las pampas argentinas y Chile. De esta forma queda en evidencia la magnitud de parte del circuito comercial de ganado introducido por los europeos en la Argentina, siendo la provincia

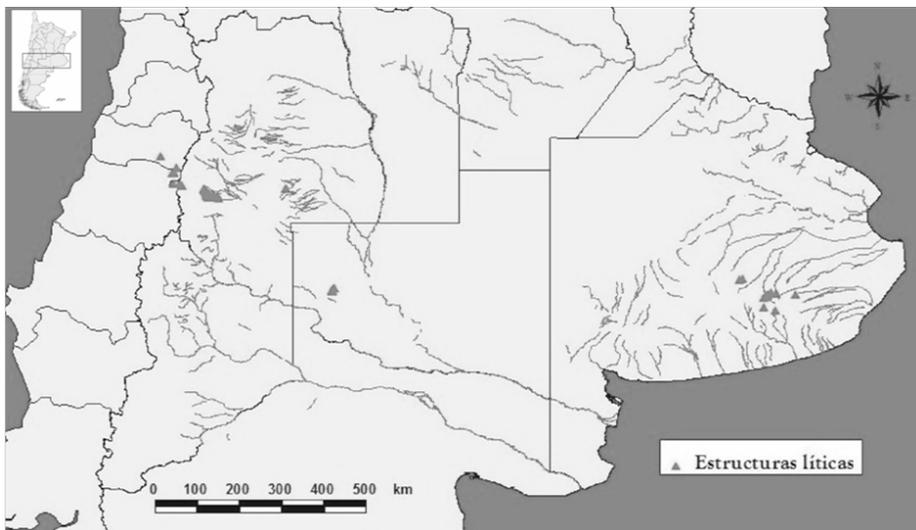


Figura 9: Mapa que muestra la localización de las estructuras líticas halladas

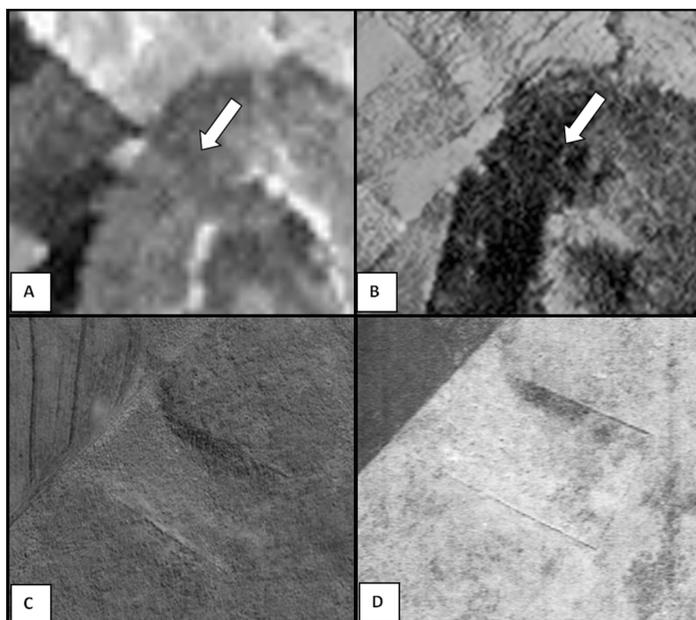


Figura 10: Estructura lítica de la estancia Santa Rosa. Las imágenes A y B son del satélite Landsat 7 ETM+ (la flecha señala la estructura); la imagen C fue obtenida de Google Earth y la imagen D es una fotografía aérea

de Buenos Aires el extremo este y la provincia de Mendoza (y posiblemente Neuquén) el extremo oeste del mismo, para luego continuar en Chile. Las Figuras 6, 7 y 8 muestran con mayor detalle la localización de las estructuras, así como los ríos más importantes y los partidos o departamentos en que se encuentran actualmente.

En la Figura 10 se observan de manera comparativa las posibilidades de distintos sensores. La imagen A se obtuvo del ETM+ de Landsat 7 y se realizó una combinación RGB 321 para obtener colores similares a los reales. La imagen B es la misma que la A pero se le agregó la banda pancromática, lo que posibilita obtener una resolución espacial de 15 m. La imagen C es un RGB 321 de alta resolución obtenida del Google Earth (satélite QuickBird), mientras que la imagen D es una fotografía aérea mejorada digitalmente. Las imágenes A y B tienen poca resolución espacial y al hacer un acercamiento comienzan a notarse los píxeles; por otro lado, nótese que las imágenes D y C tienen muy buena resolución, permitiendo claramente el reconocimiento de la estructura lítica y los rasgos circundantes⁵.

En el Cuadro 1 se muestran de manera comparativa las posibilidades de aplicación, en teledetección, de tres recursos con características distintas en relación con la forma de adquisición de la imagen, los distintos tipos de resolución (principalmente la espacial) y las posibilidades reales de obtenerlas. En definitiva, la elección del tipo de imagen a utilizar tiene que estar vinculada con los objetivos de la investigación y, especialmente, con la escala de análisis.

⁵ Hay que tener en cuenta que la fotografía está tomada en época invernal, mientras que la imagen del Google Earth, probablemente, se obtuvo durante una estación más cálida ya que la cubierta vegetal, no utilizada para la agricultura, se encuentra crecida.

	Imágenes de alta resolución de Google Earth (QuickBird)	Imágenes Landsat (sensores TM y ETM+)	Fotografía aérea
Ventajas	Poseen una resolución espacial cercana a los 2 m. Las imágenes están georreferenciadas o se puede añadir una superposición de imágenes –p.e.: fotografías aéreas– para conocer sus coordenadas (durante el uso del software). Se las puede adquirir de manera gratuita en Google Earth.	Son útiles para estudios regionales (cubren áreas cercanas a los 32.400 km ²). Se puede adquirir todas las bandas (7 bandas + una pancromática) de manera gratuita o a bajo costo (incluso las imágenes georreferenciadas en formato GeoTiff). Al ser imágenes multispectrales, brindan mayores posibilidades de identificación de rasgos y recursos.	Tienen bajo costo. El escaneo de la fotografía posibilita lograr una escala próxima a 1:6.000, con buena identificación de rasgos a escala de sitio.
Desventajas	En general, están únicamente en algunas regiones y cubren superficies no superiores a los 273 km ² . Son imágenes RGB formadas por tres bandas correspondientes al espectro visible (azul, verde y rojo), es decir que no posee bandas termales. Si se desea adquirir una imagen de una zona en particular, su costo es elevado.	En general, la resolución espacial (30 m para las bandas de 1, 2, 3, 4, 5 y 7 y 15 m para la banda pancromática) no es apropiada para estudios a nivel de sitio.	Cubre superficies pequeñas (unos 20 km ²), por lo que no son aptas para estudios regionales. Son imágenes en escalas de grises que no permiten combinación de bandas. Necesitan ser georreferenciadas.

5. Conclusiones

La utilización de sensores remotos para la identificación y análisis de estructuras líticas de grandes dimensiones –e incluso de emplazamientos de menor tamaño– es una opción muy interesante en la investigación arqueológica del siglo XXI.

Aquí solamente se han presentado algunas de las posibilidades que existen en la actualidad (Imágenes de alta resolución del Google Earth, Landsat TM y ETM+ y fotografía aérea). Sin embargo, hay que tener en cuenta que hay una cantidad de sensores y satélites con gran potencialidad de aplicación en arqueología, por ejemplo el satélite TERRA de origen japonés con el sensor ASTER de 14 bandas de resolución espectral e incluso otros satélites (como el EO-1 con el sensor Hyperion de 220 bandas desde el espectro visible al infrarrojo) denominados hiper-espectrales que, incluso, permiten diferenciar distintos tipos de minerales. Esto, combinado con las imágenes de alta resolución de satélites como el QuickBird o IKONOS, presenta un panorama muy prometedor para el desarrollo de la teledetección arqueológica. A pesar del gran avance de estas tecnologías no debemos olvidar que el trabajo de campo es un aspecto irremplazable en arqueología, se utilice o no este recurso.

También hay que tener en cuenta que el recurso que utilicemos deberá estar condicionado a los objetivos de nuestra investigación, así como a la escala de trabajo. La fotografía aérea e imágenes satelitales de alta resolución –de menor superficie de cobertura– son aptas para su utilización a escala de sitio; sin embargo para estudios regionales o inter-regionales se necesitan sensores que obtengan escenas que abarquen superficies de terreno mayores.

Por otro lado con este trabajo, principalmente metodológico, se intenta incentivar a los distintos grupos de trabajo de las diferentes regiones afectadas por una problemática común (en este caso, el tráfico de ganado de origen europeo desde las actuales zonas cercanas a la costa atlántica Argentina hasta los territorios transcordilleranos de Chile) para realizar investigaciones con formaciones teóricas disímiles haciendo más productivas las discusiones y posibilitando la interacción de investigadores de distintas regiones.

6. Referencias bibliográficas

ARAYA, José y Eduardo FERRER

1988 *El comercio indígena. Los caminos al Chapaleofú*. Tandil: UNCPBA.

BECHIS, Martha

1996 «Una acción de Juan Manuel de Rosas ante el gobierno de Martín Rodríguez por derecho de reivindicación de ganados». *Revista de Historia del Derecho R. Levene* 32: 237-267. Buenos Aires.

1999 «Los lideratos políticos en el área araucano-pampeana en el siglo XIX: ¿autoridad o poder?», en *Etnohistoria*, María de Hoyos, coord. Buenos Aires: NAYA. [CD-ROM]

BERÓN, Mónica y Laura MIGALE

1991 «Control de recursos y movilidad en el sur pampeano». *Boletín del Centro de Registro del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico* 2: 40-50. La Plata.

BERÓN, Mónica, Alberto CIMINO y Gisela CASSIODORO

2004 «Lihue Calel: arqueología de momentos históricos. El extraño caso del Puesto Pacheco», en *La Región Pampeana –su pasado arqueológico–*, Carlos Gradín y Fernando Oliva, eds., pp. 165-174. Buenos Aires: Laborde Editor.

BOGNANNI, Fabián

2007 «El sitio arqueológico Santa Rosa: ¿una estructura trampa?». *Revista TEFROS* 5 (1). Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba.

BOGNANNI, Fabián y Mariano RAMOS

2007 «Fotointerpretación aplicada a las estructuras líticas de Tandilia», en *Signos en el tiempo y rastros en la tierra (Actas de las V Jornadas de Arqueología e Historia de las Regiones Pampeana y Patagónica)*, pp. 261-270. Luján: Universidad Nacional de Luján.

CANALS FRAU, Salvador

1959 *Prehistoria de América*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.

1986 *Las poblaciones indígenas de la Argentina. Su origen, su pasado y su presente*. Buenos Aires: Hyspamérica.

- CASANOVA, Holdenis
1996 «La Alianza hispano-pehuenche y sus repercusiones en el macro-espacio fronterizo sur andino (1750-1800)», en *Araucanía y Pampas en un mundo fronterizo en América del Sur*, Jorge Pinto Rodríguez, ed., pp. 72-92. Temuco: Ediciones de la Universidad de la Frontera.
- CERESOLE, Gladys
1991 *Investigación arqueológica de los «corrales» de piedra del área serrana del Sistema de Tandilia, provincia de Buenos Aires*. MS.
- CHUVIECO, Emilio
1990 *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid: Rialp.
- CORDERO, Roberto y Mariano RAMOS
1998 «Primer fechado radiocarbónico para las estructuras líticas de Tandilia». *Arqueología* 8: 127-136. Universidad de Buenos Aires.
2003 «Cronología en Arqueología Histórica: la importancia de utilizar más de un recurso», en *Signos en el tiempo y rastros en la tierra (Actas de las V Jornadas de Arqueología e Historia de las Regiones Pampeana y Patagónica)*, pp. 13-20. Luján: Universidad Nacional de Luján.
- DENTONE DEL CORRAL, Ricardo
1997 «Análisis de los procesos de transformación de la estructura lítica ubicada en la estancia La Siempre Verde, Partido de Juárez», en *Actas del IX Congreso Nacional de Arqueología Uruguaya*. Colonia del Sacramento.
- DUNNEL, Robert
1992 «The notion site», en *Space, Time, and Archaeological Landscapes*, L. Wandsnider y J. Rossignol, eds., pp. 21-41. Nueva York: Plenum.
- DURÁN, Víctor
1998 «Los Pehuenches malarguinos. Una aproximación histórica y su contrastación arqueológica». *Revista de Estudios Regionales, CEIDER* 19: 119-161. Universidad Nacional de Cuyo.
- EL-BAZ, Farouk
1997 «Arqueología de la era espacial». *Investigación y Ciencia* 253: 54-59.
- FERRER, Eduardo y Victoria PEDROTTA
2006 *Los corrales de piedra. Comercio y asentamientos aborígenes en las sierras de Tandil, Azul y Olavarría*. Tandil: Ediciones Crecer.
- FOURNIER, Patricia
2006 «Arqueología de los caminos prehispánicos y coloniales». *Arqueología Mexicana* 14 (81): 26-31.
- GASCÓN, Margarita
2007 *Naturaleza e Imperio. Araucanía, Patagonia, Pampas (1589-1740)*. Buenos Aires: Editorial Dunken.
- GEBHARD, Jorge
2002 *Introducción al procesamiento digital de imágenes*. Cátedra de Aerofotointerpretación, FCN y M, UNLP. La Plata. MS
- GIL, Adolfo y Gustavo NEME
1993 «Aproximación arqueológica al estudio de estructuras de piedras tardías en el área

cordillerana del Río Atuel». *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael* 12 (2): 95-118.

GOÑI, Rafael

1983/85 «Sitios de ocupación indígena tardía en el Departamento Picunches». *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología* 10: 363-386. Buenos Aires.

MADRID, Patricia

1990 *Estructuras de piedra en las Sierras de Pillahuincó, pcia. de Buenos Aires*. MS.

1991a «Estudio arqueológico de los sitios con estructuras de piedra en las Sierras de Pillahuincó, provincia de Buenos Aires». *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael* 11 (3): 129-155.

1991b «Infraestructura indígena para el mantenimiento y traslado de ganado introducido: el caso del Sistema Serrano de Pillahuincó, provincia de Buenos Aires». *Boletín del Centro de Registro del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico* 3: 65-71. La Plata.

MAGGI, Alejandro

2003 «Características de los principales sensores utilizados para el estudio de los recursos naturales», en *Sensores remotos aplicados al estudio de los recursos naturales*, S. Navone, coord., pp. 19-39. Universidad de Buenos Aires.

MAZZANTI, Diana

1988 «Aspectos económicos de la sociedad indígena bonaerense», comunicación presentada en las *Primeras Jornadas Interdepartamentales de Historia*. La Plata.

1999 «Arqueología de un asentamiento araucanizado postconquista en las serranías orientales de Tandilia, Pcia. de Buenos Aires», en *Soplando en el viento... Actas de las Terceras Jornadas de Arqueología de la Patagonia*, pp. 451-460. Neuquén: Universidad Nacional del Cómale.

2004 «Interacción social postconquista en las Sierras de Tandilia. El caso de la localidad arqueológica Amalia», en *La Región Pampeana –su pasado arqueológico–*, Carlos Gradín y Fernando Oliva, eds., pp. 201-209. Buenos Aires: Laborde Editor.

OSELLA, Ana y José L. LANATA (compiladores)

2006 *Arqueogeofísica. Una metodología interdisciplinaria para explorar el pasado*. Buenos Aires: Editorial Don Bosco.

QuickBird Imagery Products

2007 Digital Globe, Inc., Product Guide, Revision 4.7.3, Longmont, Colorado.

PALACIOS JURADO, Helena y Manuel MARTÍN BUENO

2004 «La Teledetección en Arqueología: el instrumento SAR». *SALDVIE* 4: 331-361.

PIANA, Ernesto

1981 *Toponimia y Arqueología del siglo XIX en La Pampa*. Buenos Aires: Eudeba.

PINTO RODRÍGUEZ, Jorge

1996 «Integración y desintegración de un espacio fronterizo. La Araucanía y las Pampas, 1500-1900», en *Araucanía y Pampas en un mundo fronterizo en América del Sur*, Jorge Pinto Rodríguez, ed., pp. 10-46. Temuco: Ediciones de la Universidad de la Frontera.

RABOLLI, Mónica y Andrea GULICH (comps.)

2005 *Conocimientos básicos sobre Teleobservación. Satélites NOAA*, 2ª ed. Buenos Aires: Comisión Nacional de Actividades Espaciales.

RAMOS, Mariano

- 1992 *Las estructuras líticas de Tandilia y de las zonas cercanas*. Buenos Aires. MS.
- 1995 «¿Quiénes hicieron los ‘corrales’ de Tandilia?», en *Actas de las Primeras Jornadas Chivilcoyanas en Ciencias Humanas y Naturales*, pp. 201-207. Chivilcoy, Buenos Aires: Centro de Estudios en Ciencias Sociales y Naturales de Chivilcoy.
- 1996 «¿Corrales o estructuras?». *Historical Archaeology in Latin America* 15: 63-70.
- 1997a «Piedra sobre piedra: un registro particular», en *Actas de las Primeras Jornadas de Historia y Arqueología del siglo XIX*, pp. 124-131. Tapalqué: Universidad Nacional del Centro - Municipalidad de Tapalqué.
- 1997b «Arqueología de las estructuras líticas de Tandilia», en *Actas del IX Congreso Nacional de Arqueología Uruguaya*. Colonia del Sacramento.
- 2000 «Algo más que la arqueología de sitios históricos. Una opinión». *Anuario de la Universidad Internacional SEK* 5: 61-75. Santiago de Chile.
- 2008 *Investigación sobre las estructuras líticas de Tandilia*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Buenos Aires.

RAMOS, Mariano, Fabián BOGNANNI, Matilde LANZA, y Verónica HELFER

- 2005 «El sitio Santa Rosa, Tandil. Un documento escrito, fotointerpretación y registro arqueológico», en *VI Jornadas Chivilcoyanas*. Chivilcoy, Buenos Aires: Centro de Estudios en Ciencias Sociales y Naturales de Chivilcoy. En prensa.

RAMOS, Mariano, Fabián BOGNANNI, Matilde LANZA, Verónica HELFER, Patricia SALATINO, Claudio QUIROGA, Diego AGUIRRE, y David PAU

- 2008 «Corrales de indios (lithic structure) in Tandilia, Argentina: a global study». *International Journal for Historical Archaeology* 12 (3): 209-247.

RAMOS, Mariano, Eugenia NÉSPOLO y Alejandro POLIDORI

- 1996 «Tráfico de ganado, estructuras líticas –‘corrales’– y algunos relatos de cautivas». *Revista La Aljaba* 1 (1): 105-127. Luján.

RENFREW, Colin y Paul BAHN

- 1998 *Arqueología. Teorías, métodos y prácticas*. Madrid: Akal.

ROA, Marta y Miguel SAGHESSI

- 2004 «Estructuras de piedra en la cuenca del Arroyo San Diego, Partido de Tornquist», en *La Región Pampeana –su pasado arqueológico–*, Carlos Gradín y Fernando Oliva, eds., pp. 175-188. Buenos Aires: Laborde Editor.

SLAVSKY, Leonor y Gladys CERESOLE

- 1988 «Los corrales de piedra de Tandil». *Revista de Antropología* 4: 43-51. Buenos Aires.

SOBRINO, José (ed.)

- 2000 *Teledetección*. Valencia: Universidad de Valencia.

THOMAS, David H.

- 1973 «Nonsite Sampling in Archaeology: Up the Creek Without a Site?», en *Sampling in Archaeology*, J. Mueller, ed., pp. 61-82. Tucson: University of Arizona Press.

VIÑAS DE TEJO, María, Ana M. MAUCO y Ema GROS

- 1977 «Caballos, gualichos y corrales». *Todo Es Historia* 116: 46-63.