

**GESIG** *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*. Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Programa de Docencia e Investigación en Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG). Universidad Nacional de Luján, Argentina. <http://www.gesig-proeg.com.ar> (ISSN 1852-8031)

Luján, Año 8, Número 8, 2016, Sección I: Artículos. pp. 51-73

---

## **MODELADO DE VÍAS DE MOVILIDAD ENTRE SITIOS DE CAZADORES-RECOLECTORES EN LA MARGEN NORTE DEL RÍO SANTA CRUZ (PATAGONIA, ARGENTINA) DURANTE EL HOLOCENO TARDÍO**

**Brenda L. Gilio<sup>1</sup> - Fabiana Skarbun<sup>2</sup> - Nora V. Franco<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires, e-mail: [brendagilio@yahoo.com.ar](mailto:brendagilio@yahoo.com.ar)

<sup>2</sup>CONICET – Universidad Nacional de La Plata, e-mail: [fskarbun@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:fskarbun@fcnym.unlp.edu.ar)

<sup>3</sup>CONICET – Universidad de Buenos Aires, e-mail: [nvfranco2008@gmail.com](mailto:nvfranco2008@gmail.com)

### **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo es discutir posibles vías de circulación de las sociedades cazadoras-recolectoras que habitaron la margen norte del río Santa Cruz (Provincia de Santa Cruz) durante el Holoceno Tardío. A estos efectos, generamos modelos de caminos de menor costo energético entre sitios arqueológicos, utilizando como herramienta un entorno SIG. Se superponen diversas capas de análisis: pendiente del terreno, mesetas y cañadones de basalto, cursos y cuerpos de agua y la localización espacial de sitios arqueológicos. Los modelos de rutas óptimas señalan que el curso del río Santa Cruz sería la ruta óptima para la circulación humana sólo en el sector occidental de este espacio, mientras que en los espacios más orientales estudiados, sería costoso alcanzar distintos cañadones siguiendo el curso de este río.

**Palabras clave:** Arqueología, Cazadores-Recolectores, Holoceno Tardío, Caminos Óptimos, Sistemas de Información Geográfica.

### **ABSTRACT**

The aim of this paper is to discuss possible ways of circulation of hunter-gatherer that inhabited the northern Santa Cruz river (Santa Cruz province) during the Late Holocene. For this purpose, we generate models of roads of lower energy cost between archaeological sites, using as a tool a GIS environment. Several layers of analysis were overlapped: slope of terrain, plateaus

and canyons of basalt, courses and water bodies and the spatial location of archaeological sites. Models of optimal routes indicate the course of the Santa Cruz river would be the optimum route for human circulation only in the western sector of this space, while in the east most areas studied, it would be expensive to circulate following this river course.

**Keywords:** Archaeology, Hunter-gatherers, Late Holocene, Least Cost Path, Geographic Information Systems.

## INTRODUCCIÓN

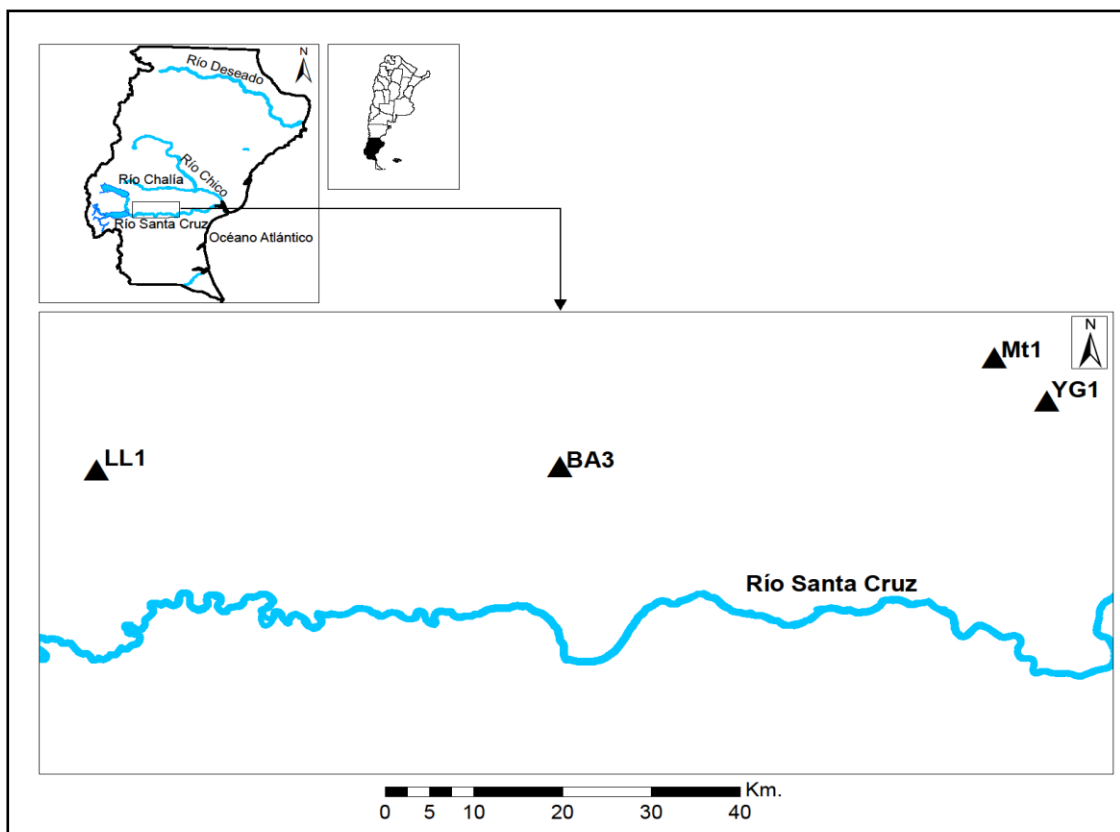
Las investigaciones arqueológicas llevadas a cabo en el curso medio y superior de la margen norte del río Santa Cruz, provincia de Santa Cruz, dan cuenta de evidencias de presencia humana desde *ca.* 7700 años AP hasta tiempos históricos inclusive (Burmeister, 1892; Gradin, 1976, 2000; Franco, 2008; Halvorsen, 2011; Franco, 2013; Cirigliano y Vommaro, 2014; Franco et al., 2014a). Sin embargo, este espacio habría sido ocupado con mayor intensidad entre *ca.* 1700 a 1100 años AP (Franco et al., 2014a). La existencia de materias primas procedentes de espacios localizados a más de 120 km al norte y las semejanzas en motivos y técnicas rupestres con espacios ubicados a 150 km al noroeste sustentarían la existencia de movilidad y/o de redes de interacción a escalas espaciales amplias (Franco et al., 2015).

En este trabajo nos centramos en discutir posibles vías de movilidad entre diferentes cañadones de la margen norte del río Santa Cruz. Nos interesa especialmente el área por haberse encontrado semejanzas a escala temporal amplia en la cronología de ocupación de los distintos cañadones y en la tecnología lítica utilizada. Estas similitudes se observan a pesar de las dificultades en la movilidad que genera que gran parte de la superficie se encuentre cubierta de mesetas de basalto que generan fricción al tránsito humano. La presencia de cañadones de basalto que corren en sentido norte-sur y desembocan en el río Santa Cruz, pudo haber facilitado la circulación humana (Franco, 2008; Franco et al., 2014a). El objetivo de este trabajo consiste en analizar si éste pudo haber sido efectivamente el caso, teniendo en cuenta que las herramientas que proporciona el SIG permiten evaluar los costos de las diferentes rutas de circulación posibles.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área estudiada abarca la margen norte del curso medio y superior del río Santa Cruz. Está comprendida entre el río Chaliá al norte, el río Santa Cruz al sur, el río La Leona al oeste y el cañadón Yaten Guajen al este. Ocupa una extensión aproximada de 6000 km<sup>2</sup> (Figura 1). Presenta cotas entre *ca.* 200 a 1100 m. La superficie del terreno se encuentra constituida por distintas geoformas, entre las que se encuentran las mesetas basálticas, que ocupan un 22% del área de estudio –también denominadas “escoriales” por los habitantes del entorno rural, término que hace referencia a su particular textura rugosa de superficie (Mazzoni y Rabassa 2010)–. Estas formaciones son el producto de diferentes ciclos efusivos de lavas máficas, que tuvieron lugar durante el Terciario y el Pleistoceno (Feruglio, 1949-1950; Cobos y Panza, 2001; Panza y Franchi, 2002; Ramos, 2002). Dichas mesetas volcánicas, por sus características litológicas, topográficas y geomorfológicas, actúan como reservorios de agua, constituyendo un aporte hídrico que favorece el desarrollo de pastizales húmedos, denominados regionalmente vegas o

mallines (Panza y Franchi, 2002; Mazzoni y Rabassa, 2010). Se trata de ecosistemas formados por juncos y hierbas muy verdes y densas (Movia, 1984), que constituyen un recurso natural de alto valor ecológico, pues aportan agua y alimento a la fauna silvestre y brindan hábitat para numerosas especies de avifauna (Mazzoni y Rabassa, 2010). Cabe destacar que en el sector oeste del área de estudio, predominan basaltos pertenecientes al Terciario, en cambio, en el sector este los derrames lávicos que dieron lugar a la formación de los basaltos, tuvieron lugar en su mayoría durante el período Pleistoceno (Mazzoni y Rabassa, 2010). En este sentido, los basaltos presentes en el área se corresponden con el basalto Cóndor Cliff (Mioceno Inferior y Medio) y el basalto La Siberia (Plioceno Inferior y Mioceno), ambos originados durante efusiones lávicas que tuvieron lugar durante el período Terciario, como así también por el basalto Laguna Barrosa, originado durante el Plioceno Superior y Pleistoceno Inferior (Cobos y Panza, 2001; Panza y Franchi, 2002; Cobos et al., 2009). De acuerdo con su edad, la morfología de los mantos lávicos ha sido modificada por diferentes procesos erosivos. Las coladas más antiguas han quedado sobreelevadas algunas decenas a centenas de metros por procesos de inversión del relieve formando mesetas, las cuales presentan pendientes abruptas y fenómenos de remoción en masa (Cobos *et al.*, 2009; Mazzoni y Rabassa, 2010). Cabe resaltar que en el sector central y este, las mesetas basálticas presentan pendientes más abruptas en la desembocadura de los cañadones. Tal como mencionamos anteriormente, otra geoforma característica del área son los cañadones con dirección norte-sur, que atraviesan las mesetas de basalto y son transversales al curso del río Santa Cruz (Panza y Franchi, 2002; Franco et al., 2007 a y b; Franco, 2008) y ocupan un 5,40 % del área de estudio. Se destacan asimismo lagunas y bajos lagunares, tanto permanentes como estacionales, que ocupan un 2,31 % del área de estudio.



**Figura 1:** Área de estudio y ubicación de los sitios arqueológicos. Ref.:LL1 (La Laurita 1); BA3 (Bi Aike 3); Mt1 (Mercerat 1); YG1 (Yaten Guajen 1).

### Los sitios arqueológicos

Los sitios arqueológicos seleccionados comparten cronologías asignables al Holoceno Tardío, comprendidas entre *ca.* 1700 y 1000 años AP. De oeste a este se denominan: La Laurita 1 (localizado en cañadón La Laurita), Bi Aike 3 (en el cañadón El Lechuza), Mercerá 1 (en el cañadón Mercerat) y Yaten Guajen 1 (localizado en el cañadón homónimo) (Figura 1). El sector estudiado en el primero corresponde a un espacio abierto, mientras que los restantes son cañadones basálticos. Estos últimos comparten, además de cronologías similares, la presencia de grabados rupestres con motivos naturalistas y geométricos, como así también la presencia de tecnología de hojas y obsidiana negra, procedente del norte o noroeste de este espacio (Franco et al., 2007 a y b y Franco et al., 2015).

Cabe destacar que en distintos sectores del área de estudio se han realizado prospecciones, sondeos y excavaciones. Las mismas se llevaron a cabo tanto en reparos rocosos y al aire libre, como en cotas altas, bajas y en sectores cercanos a lagunas. Los fechados realizados en estas prospecciones dan cuenta de que este paisaje ha sido ocupado cronológicamente en forma discontinua por parte de las sociedades cazadoras recolectoras pasadas (Franco et al., 2007a y b). A continuación se especifican las dataciones obtenidas hasta el momento (Tabla 1).

Sector del		Fechado	
------------	--	---------	--

espacio	Sitio	(años AP)	Referencia
La Laurita	La Laurita 1	1000 ± 40	Franco et al. 2007a).
El Lechuza	Bi Aike 3	1155 + 40	Franco et al. (2007a y b)
El Lechuza	Bi Aike 16	1496 + 38	AA-83483
El Lechuza	Bi Aike 1	1603 + 34	Franco (2008)
Yaten Guajen	Yaten Guajen 12	7717 + 77	Franco (2008)
Yaten Guajen	Yaten Guajen 12	1306 + 38	Franco (2012)
Yaten Guajen	Yaten Guajen 1	1323 + 38	AA83479
Yaten Guajen	Yaten Guajen Burbuja 1	2514 + 44	Franco et al. (2010)
Mercerá	Mercerat 1	1640 + 20	UGAMS# 12426

**Tabla 1.** Fechados obtenidos para La Laurita y los cañadones El Lechuza, Yaten Guajen y Mercerá.

La información procedente de los sitios arqueológicos seleccionados para este trabajo ha sido previamente publicada (Franco et al., 2007a y b; Cirigliano y Vommaro, 2014; Franco et al., 2014; Franco et al., 2015). En esta sección se desarrollan las características relevantes en función de la espacialidad y la movilidad, que permitan evaluar la circulación humana entre ellos.

En la Tabla 2 se describen las distancias geométricas entre los sitios, también conocidas como euclidianas o cartesianas, con el propósito de brindar una noción de la espacialidad, siendo la distancia más próxima entre dos sitios 8 km y la más lejana 107 km.

	LL1	BA3	Mt1	YG1
LL1	-	53	102	107
BA3	53	-	51	55
Mt1	102	51	-	8
YG1	107	55	8	-

**Tabla 2:** Distancia medida en kilómetros (Km) en línea recta entre los sitios arqueológicos. Ref.: Km. (Kilómetros); LL1 (La Laurita 1); BA3 (Bi Aike 3); Mt1 (Mercerat 1); YG1 (Yaten Guajen 1)

En el sitio arqueológico La Laurita 1 se efectuaron sondeos al pie de un bloque de origen volcánico, ubicado a una altura de 530 msnm y a una distancia de *ca.* 30 km del río Santa Cruz (Franco et al., 2007 a y b). El único sondeo datado hasta el momento presenta un fechado de 1000 ± 40 años AP (Franco et al., 2007a). Entre los hallazgos líticos efectuados se evidencian lascas de

dacita, calcedonia, sílice y obsidiana (Franco et al., 2007a, Franco et al., 2015). Cabe señalar que, al sudoeste de la desembocadura del cañadón La Laurita se registró un afloramiento de arenisca a una altura de *ca.* 380 msnm, con motivos grabados naturalistas y geométricos (Franco et al., 2007a).

El sitio Bi Aike 3 corresponde a una pequeña cueva ubicada en un cañadón de basalto denominado El Lechuza (Figuras 2 y 3), ubicada a una altura de 850 msnm. Se realizó un sondeo, datado en  $1155 \pm 40$  años AP en el cual se recuperaron principalmente desechos de talla y en menor medida instrumentos, litos modificados por uso, ecofactos y pigmentos (Franco et al., 2007 a y b; Franco et al., 2015). Cabe destacar la presencia de un cuchillo sobre lasca angular de dacita de módulo laminar (Franco et al., 2007b; Franco et al., 2014a). La extracción de módulos laminares y las hojas es un elemento común presente en estos cañadones. Las materias primas más abundantes son las dacitas, siguiéndole en orden de importancia la calcedonia, sílice, cristal de roca, jaspe, basalto, ópalo, obsidiana y materias primas indiferenciadas (Franco et al., 2007b; Franco et al., 2014a; Franco et al., 2015). Las dacitas son abundantes en la inmediata vecindad, no habiéndose encontrado en el área aún la fuente de aprovisionamiento del tipo de calcedonias recuperadas en el sitio (Franco et al., 2007 a y b; Franco et al., 2015). En cuanto al arte rupestre, se registraron grabados y pinturas. Los grabados presentan motivos de pisadas de ñandú (tridígitos), circunferencias, línea recta, línea sinuosa y piqueteado suelto y entre las pinturas se destacan dígitos negativos, mancha de pintura, mano negativa izquierda y mano positiva indeterminada; los colores utilizados son rojo, amarillo y anaranjado (Franco et al., 2007 a y b; Fiore y Ocampo, 2009; Franco et al., 2014a).



**Figura 2:** Cañadón Bi Aike (Basalto La Siberia)



**Figura 3:** Sitio arqueológico Bi Aike 3. Al fondo se observan los grabados rupestres

El sitio Mercerat 1, con un fechado de  $1640 \pm 20$  años AP, se localiza en cercanías del curso inferior del cañadón Mercerá (Figuras 4 y 5) –afluente del cañadón Yaten Guajen– (Franco et al., 2014a). Se trata de un sitio al aire libre junto a un afloramiento rocoso de origen volcánico que ofrece reparo del viento. Se encuentra a una altura de aproximadamente 480 msnm y desde ese sector existe buena visibilidad del entorno circundante (Cirigliano y Vommaro, 2014). Los trabajos arqueológicos indican evidencias de ocupación humana hace *ca.* 1600 años AP y en tiempos históricos (Cirigliano y Vommaro 2014). No obstante, en este trabajo nos centramos en las ocupaciones fechadas en *ca.* 1600 años AP (Cirigliano y Vommaro, 2014; Franco et al., 2014a). Se realizaron dos sondeos, en los cuales se recuperaron lascas, instrumentos y pigmentos (Cirigliano y Vommaro, 2014). Tanto en superficie como en estratigrafía se registró la presencia de hojas y de artefactos de obsidiana (Cirigliano y Vommaro, 2014). En cuanto al arte rupestre, existen motivos grabados de pisadas de felino, guanaco, ñandú (tridígitos), manos, antropomorfos, puntos, meandros, líneas rectas, geométricos simples, marcas de ganado (realizadas por pobladores no indígenas) y algunos restos de pintura de color rojo (Fiore y Ocampo, 2009; Ocampo, 2012; Cirigliano y Vommaro, 2014; Franco et al., 2014a).



**Figura 4:** Vista del Cañadón Mercerá desde su margen derecha (Basalto Laguna Barrosa) y sitio Mercerat 1 (indicado con flecha), (Foto Natalia Cirigliano 2012)



**Figura 5:** Sitio arqueológico Mercerat 1 (Foto Natalia Cirigliano 2012)

Por último, el sitio Yaten Guajen 1 (Figura 6) se encuentra ubicado en la margen derecha del curso superior del cañadón Yaten Guajen (Figura 7), a una altura de 370 msnm. Presenta un fechado de  $1323 \pm 38$  años AP (Franco et al., 2014a). Se hallaron principalmente desechos de talla y en menor medida instrumentos y pigmentos (Franco et al., 2007a; Franco et al., 2014a). Los artefactos líticos están confeccionados predominantemente sobre dacita localmente disponible y le siguen en orden de importancia la calcedonia, basalto, ópalo, sílice, obsidiana y materias primas indiferenciadas (Franco et al., 2014a; Franco et al., 2015). Cabe destacar la presencia de hojas elaboradas sobre dacita (Franco et al., 2014a). La fuente de aprovisionamiento de calcedonias tampoco ha podido ser identificada en este sector del espacio (Franco et al., 2014a). Se evidencian motivos grabados y pintados. Los primeros presentan circunferencias simples y líneas rectas; entre los segundos se destacan los positivos y negativos de manos, como así también las manos indeterminadas (negativa y positiva), realizados en color rojo, amarillo blanco y rojo violáceo (Fiore y Ocampo, 2009; Franco et al., 2014a). Cabe destacar que a una



distancia de *ca.* 200 m se encuentra el sitio Yaten Guajen 12 (Figura 8) con un fechado temprano de *ca.* 7700 años AP (Franco, 2008) y un fechado de *ca.* 1300 años AP (Franco, 2013).



**Figura 6:** Sitio arqueológico Yaten Guajen I



**Figura 7:** Vista del Cañadón Yaten Guajen desde su margen izquierda (Basalto Laguna Barrosa)



**Figura 8:** Sitio arqueológico Yaten Guajen 12 (YG 12)

Los análisis de procedencia de obsidias realizadas en Patagonia en general (entre otros, Stern, 2000), así como aquéllos realizados sobre muestras arqueológicas de superficie de estos cañadones (Franco et al., 2015) indicarían que la registrada en estos cañadones provendría de la fuente primaria de Pampa del Asador, ubicada al noroeste del área de estudio a una distancia aproximada entre *ca.* 235 y 250 km, o de sus fuentes secundarias, todas ubicadas al norte del río Chico (Franco et al., 2014b; Franco et al., 2015). En este último caso, la distancia mínima a las mismas es de *ca.* 100 km. Se ignora aún su forma de aprovisionamiento.

## **METODOLOGÍA**

Con el propósito de analizar las posibles vías de circulación entre los cañadones La Laurita, El Lechuza, Mercerá y Yaten Guajen, se modelaron mediante SIG caminos óptimos —*least cost path*—, los cuales hacen referencia a sectores del terreno que requieren menor esfuerzo en términos de energía invertida (costo) al ser recorridos por un individuo (Llobera, 2000; Lock, 2000; van Leusen, 2000; Fairén Gimenez, 2004; Conolly y Lake 2006; Murrieta Flores, 2012). En este sentido, se implementó la metodología utilizada por López Romero (2005), la cual consiste en simular potenciales corredores de comunicación que cubren el trayecto entre dos o más puntos determinados con anterioridad en función del coste mínimo de recorrido de una capa previamente confeccionada. Los módulos de cálculos de rutas óptimas de los SIG basan su análisis en el cálculo de valores acumulativos de las diferentes celdas o píxeles de una determinada capa raster (Fairén Gimenez, 2004; López Romero, 2005; Murrieta Flores, 2012). Esta capa representará la dificultad o costo de desplazamiento de un determinado territorio, de modo que el programa podrá seleccionar la ruta para unir dos puntos determinados (uno de inicio y otro de destino), donde la suma de valores de todas las celdillas atravesadas sea la más baja y por lo tanto, la que equivaldrá a un menor esfuerzo en el desplazamiento (López Romero, 2005). Cabe destacar que el costo de accesibilidad del terreno es la suma de los costos de fricción asignados a cada categoría de las variables ambientales (pendiente del terreno, mesetas y cañadones de basalto y cursos y cuerpos de agua), sumados al costo de distancia desde cada sitio

arqueológico hacia otro (López Romero, 2005). Para ello se considera la relación entre la ubicación espacial de los sitios y diferentes variables ambientales y geográficas.

### **Variables Ambientales**

De acuerdo con Mateucci y Scheinsohn (2004) y Mateucci y colaboradores (2011) se considera que las pendientes abruptas dificultan la circulación y que los humanos que se mueven a pie, se trasladan preferentemente por tierras planas o de pendientes suaves (inferiores a 40 grados), como así también por orillas de ríos y lagunas. De esta manera, para este análisis se establecieron costos altos de fricción para pendientes superiores a 40 grados. Así, los valores de las pendientes fueron reclasificados en función de los valores de fricción establecidos (Tabla 3).

<b>Pendiente (grados)</b>	<b>Fricción (Fp)</b>
0 a 10	1
10 a 20	10
20 a 30	20
30 a 40	50
Mayor de 40	100

**Tabla 3:** Valores de fricción asignados a los grados de pendiente (Fp)

Tal como mencionamos anteriormente, las mesetas de basalto son espacios del paisaje que dificultan la circulación por encima de ellas, debido a que presentan pendientes escarpadas, fenómenos de remoción en masa y una textura rugosa de superficie (Cobos et al., 2009; Mazzoni y Rabassa 2010). Estas características debieron afectar la manera en que se circuló sobre ellas. Por el contrario, los cañadones de basalto pudieron funcionar como posibles corredores que habrían favorecido la circulación. Esto se debe a que brindan condiciones de reparo, agua y diversa fauna como así también bajo costo energético de circulación, conectando espacios distantes. Es por ello que consideramos la presencia de estos cañadones como atractivos para el tránsito y asentamiento humano (Tabla 4). Cabe aclarar que, de acuerdo con lo previamente mencionado, la morfología de los mantos lávicos ha sido modificada por diferentes procesos erosivos según su edad. Las coladas más antiguas han quedado sobreelevadas formando mesetas de pendientes escarpadas (Cobos et al., 2009; Mazzoni y Rabassa, 2010). Estas diferencias en cuanto a la pendiente de los mantos lávicos quedan contenidas en el modelo digital de elevación (MDE).

Mesetas y cañadones de basalto	Fricción (Fmb)-(Fcb)
Mesetas de basalto	70
Cañadones de basalto	10

**Tabla 4:** Valores de Fricción asignados a Mesetas (Fmb) y cañadones de basalto (Fcb)

Por último, asignamos diversos grados de fricción a los cursos y cuerpos de agua, considerando las diferencias hipotéticas en cruzar cada uno. Para ello, asignamos el máximo valor de fricción a lagunas y el menor grado de fricción a aguadas o manantiales. Si bien consideramos que las márgenes de ríos, lagos y arroyos debido a sus suaves pendientes y los recursos disponibles en sus márgenes pudieron atraer el movimiento humano, aquí se considera su valor de fricción en cuanto al cruce de los mismos (Tabla 5).

Cursos y cuerpos de agua	Fricción (Fca)
Río	40
Arroyo	10
Acequia o zanja	5
Laguna	100
Bañado	30
Aguada o manantial	1

Tabla 5: Valores de fricción asignados a los cursos y cuerpos de agua (Fca)

## Materiales

Para confeccionar los mapas de fricción se utilizaron:

- Mapas vectoriales de cursos y cuerpos de agua en formato *shape*, provenientes del SIG250<sup>1</sup> del IGN (Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina) de escala 1:250.000, disponibles en la página web del IGN: <http://www.ign.gob.ar/sig/>.

- Mapa vectorial en formato *shape* de mesetas y cañadones de basalto, digitalizados utilizando como base hojas geológicas de escala 1:250000 desarrolladas por el SEGEMAR (Servicio Geológico Minero Argentino).

---

<sup>1</sup>El SIG250 del IGN es un set de datos geospaciales topográficos que tuvo origen en el año 1998 como resultado de la labor del Instituto realizada en el marco del Proyecto de Apoyo al Sector Minero Argentino (PASMA). En aquel entonces, el Instituto emprendió la tarea de convertir a formato SIG (shapefiles) su cartografía digital (en Formato CAD, DGN), su origen fue la carta topográfica.

- *Shape* en formato vectorial de cada sitio arqueológico con su ubicación geográfica, obtenida con GPS en el marco de trabajos de campo.

- Hojas geológicas en formato *raster* elaboradas y georreferenciadas en formato TIFF por el SEGEMAR de escala 1:250000 denominadas Tres Lagos 4972-IV, Paso Río Bote 5172-II y Laguna Grande 4969-III

- Hoja geológica en formato PDF denominada Puerto Coig-Puerto Santa Cruz 5169- I-II de escala 1:250000 desarrolladas por el SEGEMAR. Se georreferenció a partir del programa Global Mapper 14.

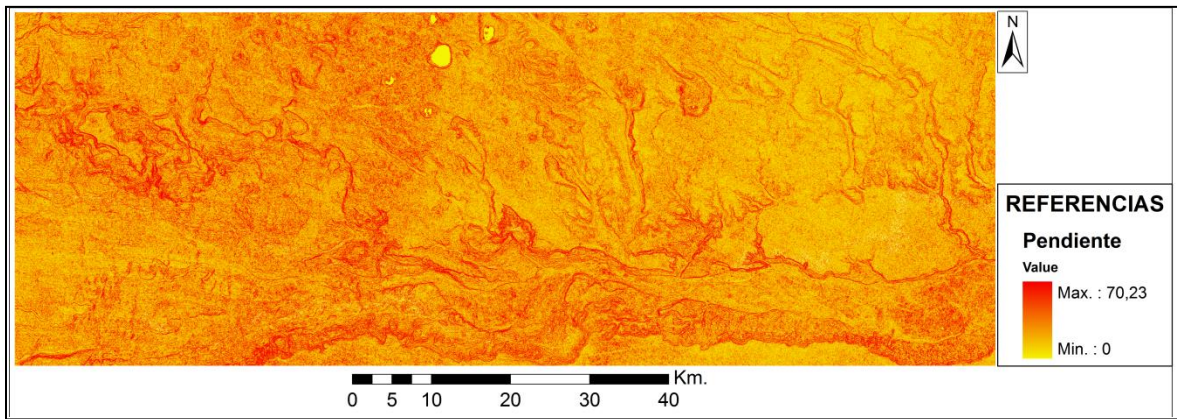
- Cuatro Modelos Digitales de Elevación (MDE o DEM) ASTER GDEM provenientes de *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) producidos por METI y NASA, denominados S50W71, S50W72, S51W71,S51W72 de 3601 por 3601 pixeles (1 grado por 1 grado) de resolución y en formato GeoTIFF con coordenadas geográficas y una grilla de 1 arco/segundo (aproximadamente 30 m.). Disponibles en la página web: <http://earthexplorer.usgs.gov/>

- Software utilizados ArcGIS de ESRI y Global Mapper 14.

### **Pasos técnicos y resultados**

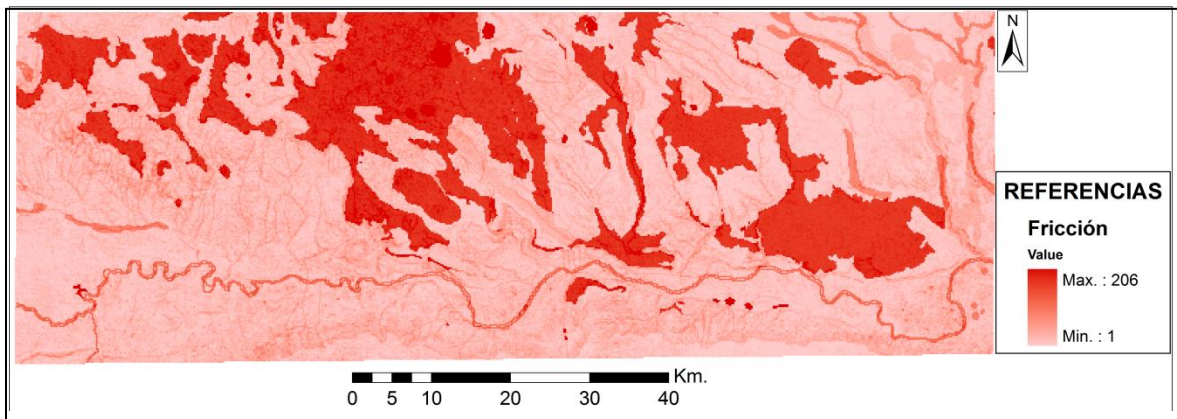
Se reproyectaron los *shapes* de cursos y cuerpos de agua del SIG250 del IGN, los cuales se encontraban en coordenadas geográficas con datum WGS84 y debieron ser transformados a coordenadas planas National Grids - Posgar 1998 Faja1. La precisión de los *shapes* del SIG 250 ha sido analizada en un trabajo de carácter metodológico en el cual se evaluó la confiabilidad de variables tales como cursos y cuerpos de agua (temporaria y permanente), mesetas y cañadones de basalto en un sector de la margen norte del río Santa Cruz. Para ello, se contrastaron las variables en formato *shape* del SIG 250, con las mismas variables digitalizadas manualmente a partir de las hojas geológicas elaboradas por el SEGEMAR correspondientes al área de estudio. A partir de los resultados obtenidos, se observó que los cursos y cuerpos de agua del SIG 250 presentan un alto grado de precisión; en cambio las mesetas y cañadones de basalto presentan una baja resolución (Gilio et al., 2013). Es por ello que para el presente trabajo se digitalizaron manualmente las mesetas y cañadones de basalto. Una vez obtenida la información en formato *shape*, estos fueron convertidos a formato *raster*, utilizando los costos de dificultad para cada variable ambiental asignados en las tablas de la sección variables ambientales (Tablas 3 a 5).

Para construir la capa de los sitios arqueológicos, se localizaron los puntos de los mismos con GPS en el terreno y se generó un *shape* para cada sitio arqueológico. El mapa de fricción según la pendiente fue generado usando el módulo *Spatial Analyst Tools*. En primer lugar, el MDE fue convertido a pendientes (Figura 9) mediante la herramienta *Slope* y luego el mapa de pendientes se reclasificó mediante la herramienta *Reclassify* según los valores de costo de fricción asignados (Tabla 2).



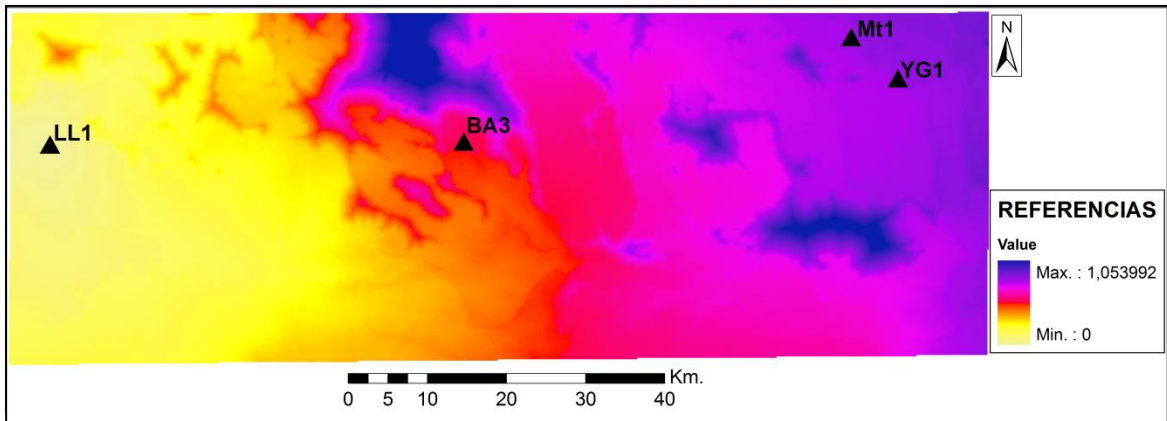
**Figura 9:** Mapa de Pendientes

A continuación para generar el mapa de fricción de variables ambientales (Figura 10), se realizó la sumatoria mediante la herramienta *Raster Calculator* del módulo *Spatial Analyst Tools* de las capas raster de pendiente, mesetas, cañadones de basalto y cursos y cuerpos de agua.

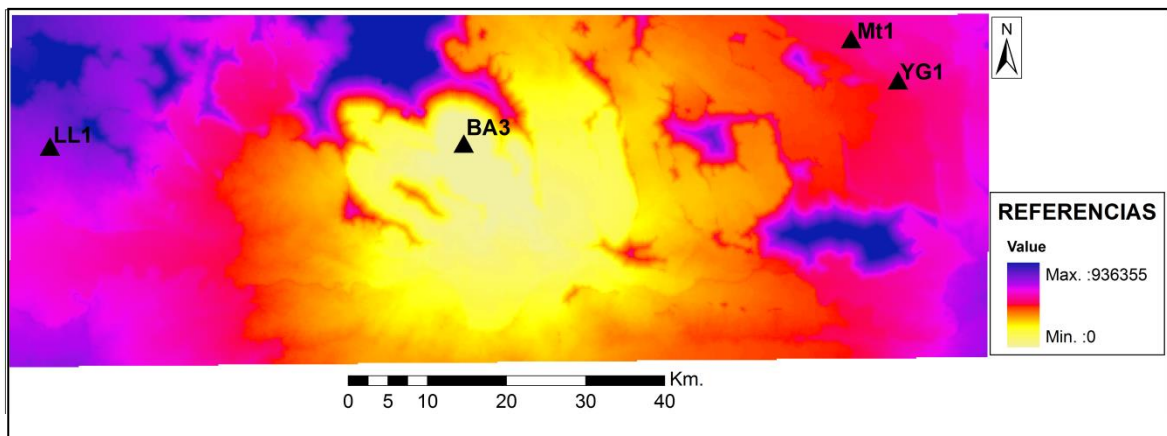


**Figura 10:** Mapa de Fricción obtenido tras la suma de las variables ambientales

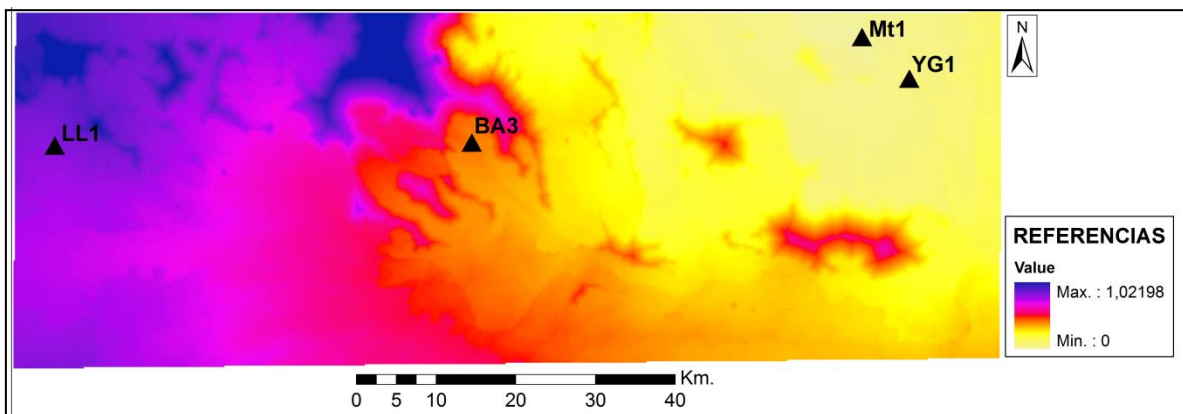
El mapa de fricción sólo tiene contenido los costos del área para el caso de las variables ambientales, por ello fue necesario generar un nuevo mapa con los costos de circulación en función de los de fricción sumados a los de distancia; de esta manera, se obtuvo un mapa de costo de accesibilidad del terreno. El programa requiere calcular la dificultad en la accesibilidad desde cada punto del área hacia un determinado sitio arqueológico. Es por ello que se generaron cuatro mapas de accesibilidad, uno para cada sitio arqueológico, mediante la herramienta *Cost Weighted* del módulo *Spatial Analyst Tools/Distance* (Figuras 11 a 14).



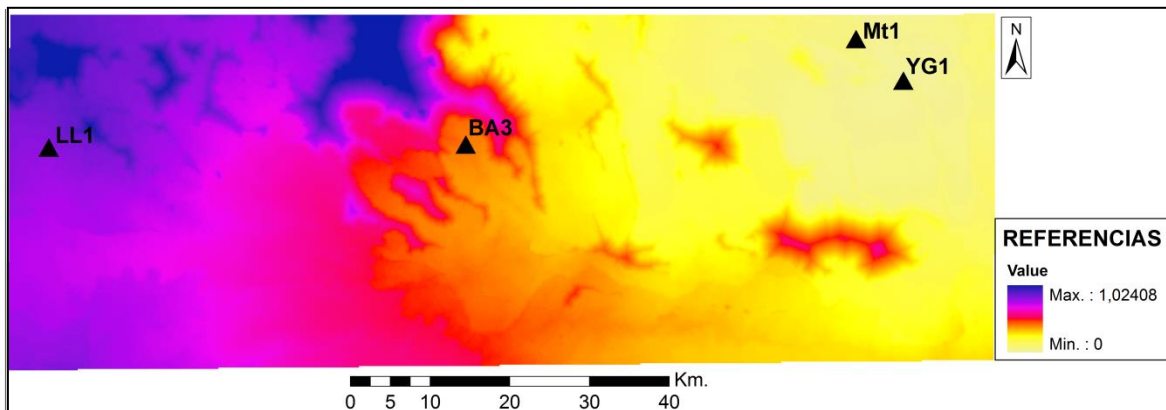
**Figura 11:** Mapa de costo de accesibilidad hacia LL1



**Figura 12:** Mapa de costo de accesibilidad hacia BA3

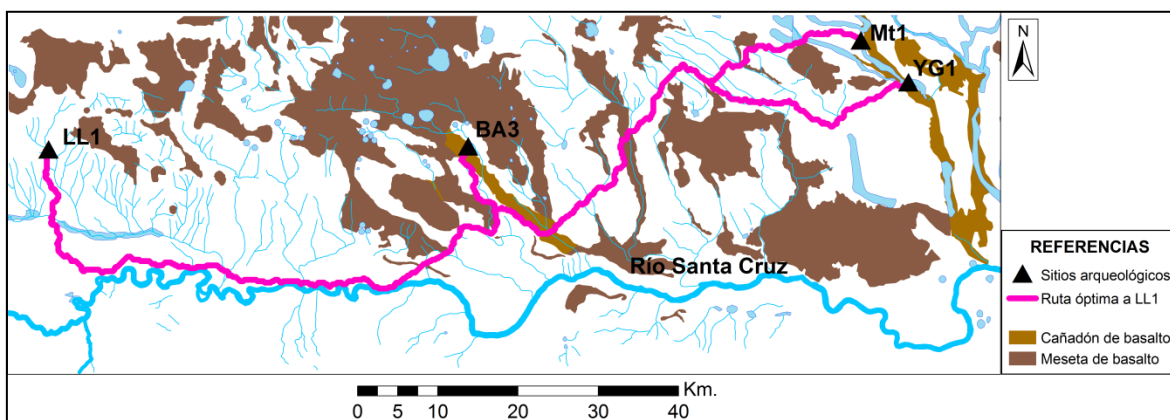


**Figura 13:** Mapa de costo de accesibilidad hacia Mt1



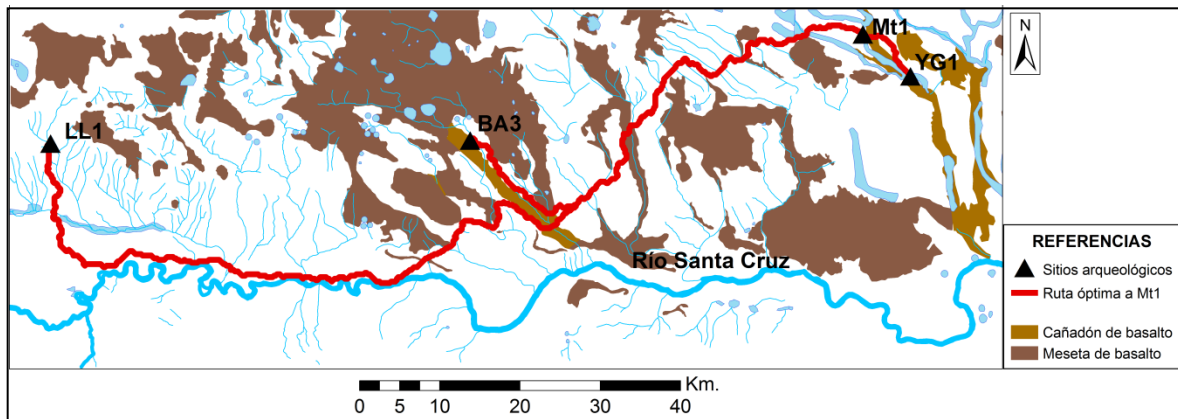
**Figura 14:** Mapa de costo de accesibilidad hacia YG1

Una vez obtenidos los cuatro mapas de costo total, se generaron los caminos óptimos desde cada sitio arqueológico hacia un sitio arqueológico determinado. Para ello se utilizó la herramienta *Shortest Path* del módulo *Spatial Analyst Tools*. Se obtuvieron en total, considerando todas las alternativas de caminos óptimos posibles, cuatro modelos, de los cuales sólo dos presentaban diferencias: uno considera el camino óptimo desde BA3, Mt1 y YG1 de forma individual (puntos de origen) hacia el sitio LL1 (punto de destino) (Figura 15) y, del mismo modo, el otro modelo representa la ruta óptimas desde LL1, BA3 y YG1 hacia el sitio hacia Mt1 (Figura 16).



**Figura 15:** Mapa de ruta óptima desde cada sitio arqueológico hacia LL1





**Figura 16:** Mapa de ruta óptima desde cada sitio arqueológico hacia Mt1

En las figuras 15 y 16 puede observarse que, si bien la ruta óptima que une BA3 con LL1, sigue el curso del río Santa Cruz, en el caso de la ruta que comunica MT y YG1 con LL1 y BA3, ésta no sigue el curso del río.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La aplicación de SIG nos ha permitido obtener un modelo de circulación entre sitios arqueológicos asignables al Holoceno Tardío para un sector de la margen norte del río Santa Cruz. Se generaron cuatro modelos de caminos óptimos, de los cuales sólo dos mostraban diferencias. El primero representa la ruta de más fácil acceso desde cada sitio hacia LL1 y el otro desde cada sitio hacia Mt1. La principal diferencia entre ambos se observa en la ruta que une LL1 y YG1 y en la unión con BA3 desde diferentes puntos geográficos.

Nuestra hipótesis inicial consideraba que las mesetas de basalto habrían dificultado la circulación y que, en cambio, los cañadones la habrían favorecido. No obstante, se han observado diferencias. La ruta que une el sitio LL1 con BA3, si bien se continúa por los cañadones donde se ubican estos sitios, sigue el curso del río Santa Cruz; en cambio, la ruta que comunica MT y YG1 con LL1 y BA3 no sigue el valle de dicho río, ya que resultaría menos costoso según estos modelos, bordear los basaltos sin descender por los cañadones hasta el curso de dicho río. Lo observado en los modelos de rutas óptimas puede relacionarse con las abruptas pendientes que presentan las mesetas de basalto donde desembocan los cañadones, tanto en el sector central como en el este del área de estudio. Esto resulta interesante si se tiene en cuenta que existen abundantes materiales arqueológicos en la desembocadura del cañadón Yaten Guajen (Franco y Ambrústolo, 2011). Los resultados obtenidos sugieren que la desembocadura del río no habría sido utilizada para los desplazamientos de los grupos humanos hacia los espacios más occidentales. La presencia de los mismos en este espacio pudo ser el resultado de la circulación norte-sur en el cañadón, o de la utilización de la desembocadura del cañadón Yaten Guajen por grupos humanos desde sectores localizados más hacia el este. La ampliación de la escala espacial de trabajo hacia el este y la realización de trabajos arqueológicos en esta zona permitirán evaluar si éste fue efectivamente el caso.

Cabe destacar también que estos modelos pueden variar en función de los costos de fricción asignados a cada variable. Por ello la importancia de ajustar en futuras investigaciones los valores asignados y considerar la inclusión de otras variables naturales como la vegetación y la estacionalidad, por ejemplo, además de ampliar la muestra de sitios arqueológicos, la escala espacial y contrastar con otras metodologías para el modelado de rutas óptimas.

Si bien los programas SIG se destacan por permitir articular datos de diverso tipo (ambientales, geográficos, arqueológicos) y generar variados análisis a escala espacial a través de complejos cálculos matemáticos, cabe resaltar la necesidad de ser críticos sobre los resultados obtenidos por este tipo de análisis, considerando además, la dificultad de reconstruir los datos paleoambientales de forma exhaustiva (Fernández Cacho, 2010). Es por ello que consideramos el uso de estos modelos como elementos orientativos de nuestras investigaciones, en el marco de análisis e interpretaciones empíricas de sus resultados en el terreno y en relación con otras líneas de evidencia. Entendemos esta información, sumada a la integración de diferentes líneas de evidencia, será de suma utilidad para la comprensión de la movilidad de estos cazadores recolectores y, a su vez, permitirá orientar futuras prospecciones.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo se desarrolló en el marco de los Proyectos UBACyT 01/W404 (“Los cazadores-recolectores y la organización del espacio. El caso de la cuenca del río Santa Cruz. Segunda parte”, 2011-2014) y UBACyT 20020130100664BA (“Comportamiento y circulación de cazadores-recolectores en la Cuenca del río Santa Cruz”, 2014-2017) dirigidos por la Dra. Nora Franco. Queremos agradecer especialmente al SEGEMAR por brindarnos las hojas geológicas. A la Dra. Cecilia Pallo por sus aportes en el diseño metodológico. A Oscar Fernández (estancia La Laurita), Rubén Hudson y Familia (estancia Yaten Guajen), a Gerardo y Mónica Reinsch (estancia Marta), al Dr. Federico Pichl (estancias La Barrancosa y Bi Aike), a Otto e Hilde Helmich (estancia El Tranquilo) y al personal de estas estancias. A todos los que participaron en los trabajos de campo.

## BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, A.; FIORE, D.; FRANCO, N. V.; Y OCAMPO, M. 2013. Arte y espacio. Estructuración de los repertorios de arte rupestre en los cañadones Yaten Guajen y El Lechuza (margen norte del río Santa Cruz, Patagonia, Argentina). En prensa en *Mundo de Antes*. Revista del Instituto de Arqueología y Museo de la Universidad Nacional de Tucumán (Argentina).

BURMEISTER, C. V. 1892. Nuevos datos sobre el Territorio Patagónico de Santa Cruz. Revista del Museo de La Plata IV, 221-256.

CIRIGLIANO, N. Y VOMMARO, M. 2014. Un asentamiento histórico en cercanías del cañadón Mercerá (Provincia de Santa Cruz, Argentina), en *Entre pasados y presentes IV: estudios contemporáneos en Ciencias Antropológicas*. Analía Castro Esnal [et.al.], 1a ed., pp. 280-296, Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Amigos del Instituto Nacional de Antropología. ISBN 978-987-25575-3-9.

COBOS J.; ANSELMÍ, G.; PANZA, J. L.; GIACOSA, R. Y ESCOSTEGUY, L. D. 2009. Hoja Geológica 4972-IV, Tres Lagos (Escala 1:250000). Provincia de Santa Cruz. IGRM -Instituto de Geología y Recursos Minerales-, SEGEMAR -Servicio Geológico Minero Argentino-. Boletín 340, 94p. Buenos Aires. ISSN 0328-2333.

COBOS J.; RODRIGUEZ M.F. y PANZA J. 2014. Hoja Geológica 5172-II Paso Río Bote (Escala 1:250000). Provincia de Santa Cruz. IGRM -Instituto de Geología y Recursos Minerales-, SEGEMAR -Servicio Geológico Minero Argentino-.

CONOLLY, J. y LAKE M. 2006. *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.

DIÉZ MARTÍN, F. 2007. La Arqueología del Paisaje en la investigación Paleolítica. En: <http://www.Arqueoweb.com> 9 (1).

FAIRÉN JIMÉNEZ, S. 2004. ¿Se hace camino al andar? Influencia de las variables medioambientales y culturales en el cálculo de caminos óptimos mediante SIG. *Trabajos de Prehistoria* 61 (2), 25-40.

FERNÁNDEZ CACHO, S. 2010. Bases conceptuales y metodológicas de los modelos predictivos en Arqueología. En E-PH Cuadernos XXVII. En: [http://www.juntadeandalucia.es/cultura/iaph/html/portal/com/bin/portal/Contenidos/Cuadernos/ePH\\_Cuaderno1/1254997904589](http://www.juntadeandalucia.es/cultura/iaph/html/portal/com/bin/portal/Contenidos/Cuadernos/ePH_Cuaderno1/1254997904589)

FERUGLIO, E. 1949-1950. Descripción Geológica de la Patagonia, 3 Tomos. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Buenos Aires.

FIGLIORE, D. Y OCAMPO, M. 2009. Arte rupestre de la región Margen Norte del Río Santa Cruz: una perspectiva distribucional. En M. Salemme, F. Santiago, M. Álvarez, E. Piana, M. Vázquez y M. Mansur (comps.) *Arqueología de la Patagonia. Una Mirada desde el último Confín*. Tomo I, pp. 299-513. Ushuaia, Utopía.

FRANCO, N. V. 2008. La estructura tecnológica regional y la comprensión de la movilidad humana: tendencias para la cuenca del río Santa Cruz. En L. A. Borrero y N. V. Franco. *Arqueología del extremo sur del continente americano. Resultados de nuevos proyectos*. pp. 119-154. Instituto Multidisciplinario de Historia y Ciencias Humanas (CONICET). Buenos Aires.

FRANCO, N. V. 2013. ¿Es posible diferenciar la existencia de grupos humanos con áreas de circulación distintas en el extremo sur de Patagonia durante el Holoceno tardío? En: Zangrando, A.F., Barberena, R., Gil, A., Neme, G., Giardina, M., Luna, L., Otaola, C. Paulides, S., Salgán, L., Tívoli, A. (eds.), *Tendencias teórico-metodológicas y casos de estudio en la Arqueología de la Patagonia*. Museo de Historia Natural de San Rafael. Altuna Impresores. Buenos Aires, pp. 363-370.

FRANCO, N. V.; OTAOLA, C. Y CARDILLO, M. 2007a. Resultados de los trabajos exploratorios realizados en la margen norte del río Santa Cruz (provincia de Santa Cruz, Argentina). En *Arqueología de Fuego-Patagonia. Levantando piedras, desenterrando huesos... y develando arcanos*, pp. 541-553. Ed. F. Morello, M. Martinic, A. Prieto y G. Bahamonde. Ediciones CEQUA. Punta Arenas, Chile.

FRANCO, N. V.; CARDILLO, M.; OTAOLA, C.; ARREGUI, N. Y GAAL, E. 2007b. Tendencias preliminares en el registro arqueológico del curso medio y superior del arroyo El Lechuzá, Pcia. Santa Cruz, Argentina. *Intersecciones en Antropología* 8: 271-285.

FRANCO, N. Y CIRIGLIANO, N. 2009. Materia primas y movilidad humana entre las cuencas de los ríos Santa Cruz y Chico (Provincia de Santa Cruz, Argentina). Primeros resultados. En: Salemme, F. Santiago, M. Álvarez, E. Piana, M. Vázquez y M. Mansur (comps.) *Arqueología de la Patagonia. Una Mirada desde el último Confín*, pp. 361-368. Ushuaia, Utopía.

FRANCO, N. V. Y AMBRÚSTOLO, P. 2011. Informe de tareas realizadas en el marco de los proyectos UBACyT F119 y PIP 0356, febrero a septiembre del 2011. Informe presentado a la Dirección de Patrimonio Cultural de Santa Cruz.

FRANCO, N.V.; CIRIGLIANO, N.; FIGLIORE, D.; OCAMPO, M. Y ACEVEDO, A. 2014a. Las ocupaciones del Holoceno tardío en los cañadones basálticos del norte del río Santa Cruz (Patagonia, Argentina). *Intersecciones en Antropología*, 15: 377-389.

- FRANCO, N. V.; BROOK, G.; STERN, C.; CIRIGLIANO, N. Y VETRISANO, L.2014b. Disponibilidad de obsidiana en el centro de la estepa patagónica: un caso de estudio entre el sur del Macizo del Deseado y la cuenca del río Chico. En *Libro de Resúmenes de las IX Jornadas de Arqueología de la Patagonia*, p. 105. Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia, Coyhaique, Chile.
- FRANCO, N. V.; CIRIGLIANO,N.; VETRISANO, L. Y AMBRÚSTOLO, P. 2015. Raw material circulation at broad scales in Southern Patagonia: the cases of the Chico and Santa Cruz River basins. *Quaternary International*, 375: 72-83.
- FRÁBEGA ÁLVAREZ, P.2006: “Moving without destination. A theoretical GIS– based determination of movement from a giving origin”. *Archaeological Computing Newsletter*, 64: 7-11.
- GARCÍA SANJUÁN, L. 2005. Introducción al Reconocimiento y Análisis del Territorio. Barcelona: Ariel.
- GILIO, B; SKARBUN, F. Y FRANCO, N. 2013. Prospecciones arqueológicas en la margen norte del río Santa Cruz (Patagonia, Argentina): El uso de los SIG para la integración de datos. Póster presentado en el *II Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica y II Jornadas de Sistemas de Información Geográfica*. Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (LabSIG)- Instituto del Conurbano de la Universidad Nacional General Sarmiento. Los Polvorines. Publicado en CD-ROM. ISSN 2346-9390. Año 1- Volumen 1.
- GRADIN, C.J. 1976. Parapetos de piedra y grabados rupestres de la meseta del lago Buenos Aires. In *Actas y Memorias del IV Congreso Nacional de Arqueología Argentina (Primera parte)*. Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael II, 1/4, 315-337.
- GRADIN, C.2000. Más allá y más acá del río Santa Cruz. Nuevo Offset, Buenos Aires.
- HALVORSEN, P. 2011. Identidades Enmascaradas en la Patagonia. Uniones entre nativos y foráneos. Patagonia Sur, Buenos Aires.
- LLOBERA, M.2000. Understanding movement: a pilot movement towards the sociology of movement. En: G. Lock (ed.): *Beyond the map: archaeology and spatial technologies*: 64-84. Amsterdam, IOS Press.
- LOCK, G. 2000. *Beyond the map: archaeology and spatial technologies*, 321 edition. *NATO Science Series A: Life Sciences*. Amsterdam: IOS Press.
- LÓPEZ ROMERO, R. 2005. Cálculo de rutas óptimas mediante SIG en el territorio de la ciudad Celtibérica de Segeda. Propuesta metodológica. *Saldvie* (5) 95-111.

- PANZA, L. Y FRANCHI, M. 2002. Magnetismo basáltico cenozoico extraandino. En M.J. Haller (Ed.). *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz. Relatorio del XV Congreso Geológico Argentino*. El Calafate, 1-14, pp. 201-236. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires.
- MATTEUCCI, S. D. Y SCHEINSOHN, V. 2004 Procesamiento de imágenes, SIG y modelos ecológicos aplicados a la arqueología”. *GeoFocus* n° 4, p. 93-109. ISSN: 1578-5157.
- MATEUCCI S.; SCHEINSOHN, V.; RIZZO, F. Y LEONARDT, S. 2011. Rutas de comunicación trasandina de los cazadores recolectores en el centro oeste de Chubut. *GEOSIG* (3) 3: 183-200.
- MOVIA, C.1984. Tipología de mallines. En Rabassa, J., Brandani, A, Capua, A y Ottonello, E. (eds.) *Curso de campo en sistemas ecogeomorfológicos: Guía de excursiones*. Departamento de Postgrado. Universidad Nacional del Comahue, 149 p., Neuquén.
- MURRIETA FLORES, P. 2012. Understanding human movement through spatial technologies. The role of natural areas of transit in the late Prehistory of South-western Iberia. *Trabajos de Prehistoria* 69, (1), 103-122.
- OCAMPO, M. 2012. Estados de conservación diferencial y cronologías relativas en grabados del cañadón Mercerat, área margen norte del río Santa Cruz, Patagonia Argentina. En *Libro de Resúmenes de las IX Jornadas de Jóvenes Investigadores en Ciencias Antropológicas*. Buenos Aires, Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano.
- PANZA, J. L.; SACOMANI, L. E. Y COBOS, J. C. 2005. Hoja Geológica 4969-III, Laguna Grande (Escala 1:250000). Provincia de Santa Cruz. IGRM -Instituto de Geología y Recursos Minerales-, SEGEMAR -Servicio Geológico Minero Argentino-. Boletín 362, 87 p. Buenos Aires. ISSN 0328–2333.
- RAMOS, V. A. 2002. El magmatismo neógeno de la Cordillera Patagónica. En Haller, M. (ed.) *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz, 15° Congreso Geológico Argentino Relatorio* 1(13):187-199, Buenos Aires.
- SACOMANI, L. Y PANZA, J. 2010. Hoja Geológica 5169-I y II Puerto Coig-Puerto Santa Cruz (Escala 1:250000). Provincia de Santa Cruz. IGRM -Instituto de Geología y Recursos Minerales-, SEGEMAR -Servicio Geológico Minero Argentino-.
- STERN, C. R. 1999 Sources of obsidian artifacts from the Pali Aike, Fell’s Cave and Cañadón La Leona archaeological sites in southernmost Patagonia. En *Desde el país de los gigantes. Perspectivas arqueológicas en Patagonia*, editado por J. Belardi, F. Carballo Marina y S. Espinosa, pp. 43-55. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Río Gallegos.

VAN LEUSEN, M. 2002. *Line-of-sight and Cost-surface analysis using GIS Pattern to process. Methodological investigation and interpretation of spatial patterns in archaeological landscapes.* Tesis doctoral, Rijksuniversiteit Groningen.

© Brenda L. Gilio, Fabiana Skarbun y Nora V. Franco

Gilio, B.L.; Skarbun, F.; Franco, N.V. 2016. Modelado de vías de movilidad entre sitios de cazadores-recolectores en la margen norte del río Santa Cruz (Patagonia, Argentina) durante el holoceno tardío. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. 8(8)Sección I:51-73.

On-line: [www.gesig-proeg.com.ar](http://www.gesig-proeg.com.ar)

Recibido: 8 de agosto de 2015

Aprobado: 12 de setiembre de 2015