

## CONFIGURACIÓN DE LA RED VIAL EN EL ÁREA DE LOS ESTEROS DEL IBERÁ

Arias Federico Carlos

[fedearias.-@hotmail.com](mailto:fedearias.-@hotmail.com)

Prof. Parras Miguel Alejandro

Universidad Nacional del Nordeste-Facultad de Humanidades.

Eje Temático N° 1: Conflictos ambientales y configuraciones territoriales del NEA: Casos de análisis.

### RESUMEN

El presente trabajo es un avance hacia el conocimiento del grado de accesibilidad a la red vial en el área de los Esteros del Iberá, el mismo se inserta en el marco del Programa Iberá+10, bajo el proyecto denominado “*La población y su territorio. La acción antrópica en la configuración territorial del Iberá (Corrientes, Argentina)*”, financiado por la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la UNNE (PI 12 IH 01).

Existe escasa información de organismos oficiales sobre la infraestructura del espacio estudiado, particularmente del transporte, es por ello que se considera esencial realizar un análisis de la red vial en el área.

En cuanto a la metodología empleada se basó en: a) recopilación de información cartográfica-estadística-bibliográfica y documental, consultas a fuentes claves de la temática como ser el IGN, Dirección Provincial de Vialidad - Corrientes b) relevamiento e inventario de la red de transporte empleando un software SIG.

En función de lo antes dicho los objetivos propuestos son: analizar el comportamiento de la red en el área e identificar los posibles elementos que puedan dificultar su trazado.

Como resultado parcial se puede destacar la escasa cohesión territorial producto de la baja densidad vial y la configuración espacial que presenta la red de transporte, ambas situaciones influenciadas por el medio natural.

**PALABRAS CLAVES:** Iberá-Red Vial-SIG-Medio Natural.

### INTRODUCCIÓN

Considerando que la Geografía es la ciencia de la relación sociedad-territorio establecida a través de sus actividades y apoyada mediante el uso de la tecnología, y dado que el Transporte se define básicamente como un desplazamiento de elementos materiales, mediante un sistema móvil soportado por una infraestructura desde un origen hacia un destino (Seguí Pons y Petrus Bey, 1991); Seguí Pons y Martínez

Reynés (2004) definen a la Geografía del Transporte como el estudio de los movimientos y sus modelos espaciales, de la estructura de las redes y de las dinámicas espaciales que estas generan.

En este sentido, el Transporte constituye un elemento clave para explicar la realidad del territorio, dado que tal como lo expresan Potrykowski y Taylor (1984) la red es uno de los elementos del Sistema de Transporte que incluye todas las instalaciones técnicas, cuestiones económicas, y la organización en su relación recíproca que sirven para organizar y realizar todo el proceso de transporte. Al respecto, Seguí Pons (1995) sostiene que en el análisis espacial las redes de transporte constituyen el sistema arterial de la organización regional y posibilitan la circulación de los flujos, permitiendo articular porciones del territorio.

De este modo, vale considerar que la Geografía ha mostrado desde siempre un importante interés en analizar el transporte ya que establece su estrecha relación con las condiciones físicas (topografía) y socio-económicas de un espacio geográfico determinado. Así, desde sus intentos de consolidación e institucionalización como ciencia, la Geografía aborda al transporte desde diferentes perspectivas.

La circulación como objeto de estudio, fue tratada con mayor atención durante la Escuela Regional (basada en métodos descriptivos), por su importancia en la promoción del intercambio y del progreso de las sociedades. Para Seguí Pons y Martínez Reynés (2004) hasta la primera mitad del siglo XX el análisis era histórico y tecnológico, tanto de las infraestructuras existentes, como de los problemas del territorio que se le imponían a la implantación adecuada de las mismas.

En la década del 50, y tal como se mencionara en apartados anteriores, la Geografía incorpora técnicas cuantitativas a la tarea de encontrar diferencias espaciales, es por ello que el transporte toma relevancia en el marco de las relaciones espaciales. La región va a ser ahora explicada considerando temas de interés, tales como la red de transporte (localización, estructura y transformaciones, enlaces e interconexiones); flujos en las redes (intensidad, continuidad, intermitencia, modelos predictivos de demanda); las redes y el desarrollo económico de las regiones (Seguí Pons y Martínez Reynés, 2004).

En la década de los 60 el interés reside en el estudio de la estructura espacial de la red (no solo del transporte) aplicando los métodos gráficos basados en las propiedades topológicas de los grafos. Al respecto, la Teoría de Grafos permite asociar a redes de transporte o de circulación una estructura sencilla pero abstracta de nodos y arcos conectados, porque sus elementos pueden asociarse fácilmente a objetos geográficos de la vida real. Entre la suma de medidas que postula el grafo, se destacan aquellas referidas a las de Conectividad y Accesibilidad. En este sentido, los grafos representan el escenario por el cual abordar el análisis de redes, se trata de una de las más variadas aplicaciones de los SIG en sus diversas formas (eléctricas, ferroviarias, telefónicas, agua potable, etc.). Así, Moldes Teo (1995) reconoce un amplio espectro de aplicaciones de los SIG en el campo de los transportes y su organización, afirmando que se

constituye en el eje tecnológico principal para la mejora y empleo eficiente de los sistemas de transporte a partir de su planificación, optimización y gestión.

Durante los años 70, la escala de análisis se modifica, se promueve la interpretación subjetiva de los grupos sociales. La perspectiva humanista pondrá de relieve métodos cualitativos para analizar la realidad socio-espacial, como la entrevista y la observación directa. Seguí Pons y Petrus Bey (1991), agregan: el espacio abstracto propio de los trabajos de Geografía de Transporte de carácter cuantitativo, se substituye por un espacio referencial, lo que significa una apertura a las aportaciones de disciplinas como la estética, la filosofía, la lingüística, o la antropología, que permiten comprender los factores culturales, simbólicos, semióticos y otros que caracterizan el espacio y que establecen las respuestas del hombre respecto del mismo. En este sentido, la atención se presta a estudios de movilidad urbana, dado que el transporte constituye uno de los elementos básicos para el funcionamiento de los espacios urbanos (Escalona Orcao, 1989).

Por todo lo expuesto, la importancia del funcionamiento de las redes ha generado un extenso cuerpo teórico-metodológico, a partir del cual se desprenden numerosas técnicas y procedimientos para su estudio. En este punto, se considera oportuno insertar como un campo transversal, el uso de los Sistemas de Información Geográfica, que constituyen una poderosa herramienta para la generación de nuevas variables (tasas, índices, etc.), así como para el análisis y elaboración de cartografía.

Producto de la escasa información existente sobre las características humanas del área de los Esteros del Iberá, es también exiguo el conocimiento del conjunto de infraestructuras existentes como así las de transporte. Una revisión de la documentación existente permite advertir que dicho área muestra claros desequilibrios en la configuración y distribución espacial de las redes de infraestructuras y transporte.

Por ello, se advierte la necesidad -en una primera etapa- de identificar e inventariar la estructura territorial y topológica, con la utilización de la tecnología SIG, para luego analizar sus interacciones y relaciones causales con otras variables relevantes (por ejemplo los condicionantes físicos).

## **OBJETIVO Y ÁREA DE ESTUDIO**

Este artículo pretende contribuir con el análisis de la configuración de la red interna de la Reserva del Iberá y la identificación de los posibles elementos que puedan dificultar su trazado. Se trata de los primeros resultados<sup>1</sup> a los que hemos podido alcanzar a partir del análisis espacial de la información cartográfica disponible. De este objetivo general se desprenden los específicos:

- Calcular la longitud (en Km) de la red vial que participa hacia el interior de la reserva.
- Identificar el porcentaje de dichas longitudes según la categoría de análisis “Clases”.

---

<sup>1</sup> Resultados correspondientes a una Beca de Investigación, categoría Pre grado, otorgada por la Secretaría de Ciencia y Técnica. Inicio Marzo 2014. Director: Dr. Osvaldo Cardozo. Co-Director: Mgter. Alejandro Parras.

- Calcular los índices *Gamma* y *Alfa* (Teoría de Grafos).
- Caracterizar el área de estudio según variables reales y topológicas de la red.
- Afianzar el empleo de los SIG en el tratamiento y análisis de la información georreferenciada.

Respecto al área de estudio, tal como lo expresáramos con anterioridad, corresponde a los Esteros de Iberá. Se trata de un humedal de agua dulce ubicado en el centro-norte de la Provincia de Corrientes (ver Fig. 1), que con una extensión cercana al 1.300.000 ha constituye una de las áreas naturales más importantes de Sudamérica.

En términos generales, el Iberá es una cuenca hidrológica alimentada básicamente por aportes pluviales (alrededor de 1200 mm anuales) que se mantiene anegadas en gran parte debido al lento escurrimiento de las aguas por la escasa pendiente del terreno, mientras que en los márgenes de la cuenca aparecen tierras altas o lomadas con pastizales, sabanas y montes.

Desde el punto de vista demográfico se trata de un espacio escasamente poblado. A pesar de que incluye a siete departamentos y unos 27 municipios, la población en ellos no supera los 200.000 habitantes de acuerdo al Censo 2010, lo que representa apenas el 20 % del total provincial.



Figura 1: Área de estudio

## METODOLOGÍA

A continuación se enuncian las etapas metodológicas para el análisis de la configuración de la red de la Reserva del Iberá, en un entorno SIG.

- Obtención de datos gráficos y alfanuméricos e Integración de la información en un Sistema de Información Geográfica: información descargada desde la página <http://www.ign.gob.ar/sig> correspondiente al Instituto Geográfico Nacional, tales como Límite Provincial, Límite Departamental, y Red Vial. Además se consideró el Límite de la Reserva Natural (Fuente: Dirección General de Catastro y Cartografía).

- Tratamiento de la Información Geográfica: para alcanzar los objetivos propuestos, resultado necesario preparar la información en un entorno SIG, por ello se consideraron Geoprocesos tales como: *Select by attributes, Clip, Split, Dissolve, Spatial Join, Calculate Geometry, entre otros*.
- Análisis Espacial en un Entorno SIG, por un lado se consideraron variables que dan cuenta las dimensiones reales de la red vial: *longitud en Km por Departamento; longitud en Km según su participación hacia el interior de la reserva; longitud en Km según su participación hacia el interior de la reserva y en función de su clase: pavimento, consolidado, de tierra*. Por otra parte, desde una perspectiva de análisis que supone la abstracción de la red, y tomando como referencia los trabajos locales de Cardozo et. al. 2009 e Insaurrealde y Cardozo 2010, revisamos las propiedades topológicas de la red vial a partir de los índices de conexión denominados *Alfa* y *Gamma*.
  - ✓ Índice Alfa: es la razón del número real de ciclos de una red, en relación con el número máximo posible. Se puede considerar que una red con un alfa alto se considera más sólida que una con valores bajos.
  - ✓ Índice Gamma: es el cociente entre el número de arcos presentes en una red respecto al número máximo posible. Su utilidad es que facilita la comparación de distintas redes, porque se limita a un abanico de valores entre 0 para una red totalmente desconectada y 1 para una red totalmente conectada.
- Presentación de los resultados: se exponen las interpretaciones cartográficas y de las tablas resúmenes que resultan del análisis de la información.

## RESULTADOS

Siete son los Departamentos que contribuyen a la configuración de la red vial de la Reserva del Ibera (mapa a). De este modo, en sentido amplio, Concepción, Ituzaingó, Mercedes, San Martín, San Miguel, San Roque, y Santo Tomé expresan en su totalidad una longitud de 10.037,3 Km de red, destacándose Mercedes con un poco más de 2.500 km y en menor valor San Roque con casi 600 Km de extensión (ver cuadro siguiente en (a)).

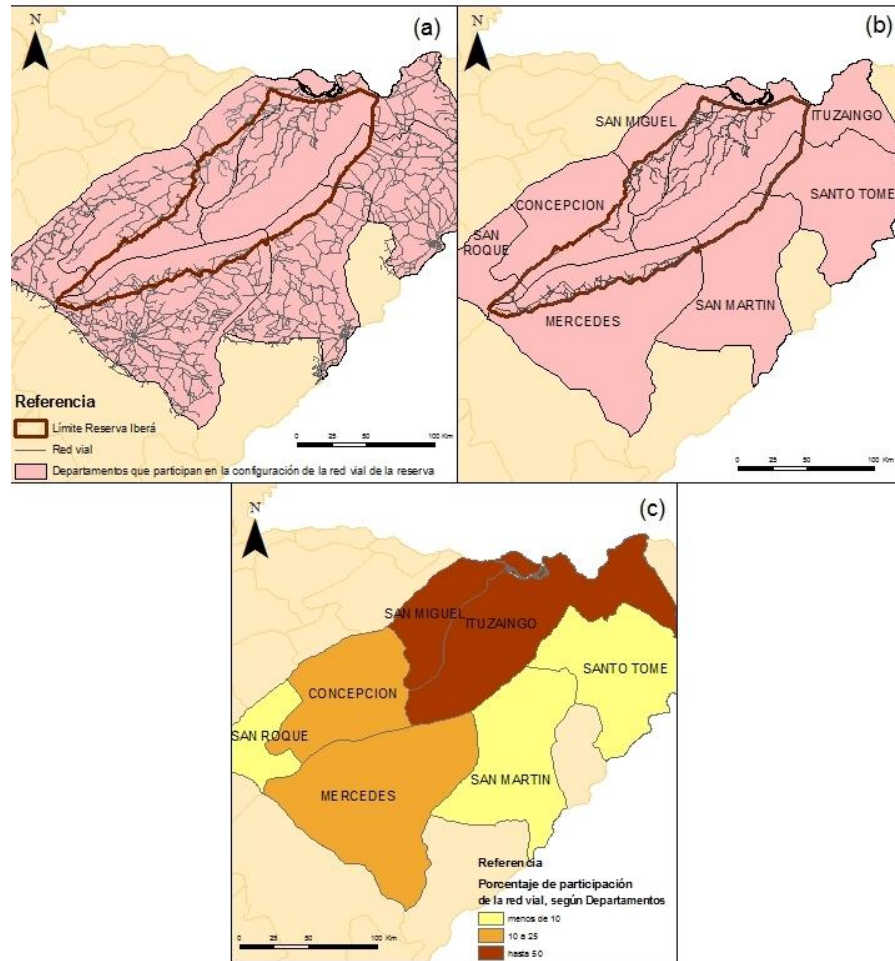


Figura 2: Mapa (a): Red vial de los Departamentos que participan en la configuración de la red vial interna de la reserva. Mapa (b): Red vial interna de la reserva. Mapa (c): Porcentaje de participación en la red vial interna de la reserva, según Departamentos.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Dirección General de Catastro y Cartografía. Elaboración propia.

Específicamente, al considerar el límite de la reserva del Iberá (mapa b), es posible señalar la participación de la red de dichos Departamentos, por lo que del total general (10.037,3 Km) solo un %18 participa hacia el interior (ver en (c)). En este sentido, Ituzaingó y San Miguel (tal como figura en (b)), extienden su red con mayor longitud alcanzando los 752,2 Km y 346,5 Km respectivamente, en relación a los demás, significando esto, que alrededor del 50% de la red total de cada uno de ellos se incluye en la reserva (ver mapa c).

Departamentos	(a) RED TOTAL (Km)	(b) RED INTERIOR DE LA RESERVA (Km)	(c) Participación de la red en interior de la Reserva, en %.
CONCEPCION	782,5	117,7	15,0
ITUZAINGO	1493,1	752,2	<b>50,4</b>
MERCEDES	<b>2869,1</b>	450,8	15,7
SAN MARTIN	1731,1	64,1	3,7
SAN MIGUEL	722,9	346,5	<b>47,9</b>
SAN ROQUE	<b>597,5</b>	39,2	6,6
SANTO TOME	1841,4	78,8	4,3
Total	<b>10037,3</b>	1849,4	<b>18,4</b>

Tabla 1: Longitud total de la red vial, según Departamentos que participan en la configuración de la red interna de la reserva. Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, se considera como categoría de análisis la *Clase de la Red*, definida por *Camino Pavimentado, Consolidado y de Tierra*. Al respecto, San Miguel e Ituzaingó son los únicos Departamentos que presentan en algún tramo de su red (dentro de la reserva) la clase “pavimentado”, se trata de valores bajos del orden del 20% y 8% respectivamente (ver cuadro siguiente en (b)). Siguiendo con la clase “consolidado” San Martín es el que registra el mayor porcentaje (35,1%) respecto al total, y le siguen Mercedes y San Miguel con 11,4 y 2,9 % respectivamente. Pero la situación más crítica en términos de accesibilidad y movilidad la tienen los Departamentos de Concepción, San Roque y Santo Tomé, dado que la red que participa hacia el interior de la reserva presenta el 100% con clase “de tierra”.

	RED INTERIOR DE LA RESERVA (Km)	(a) Longitud en Km de la Red según Clases			(b) Porcentaje de Clase de la Red		
		Pavimentado	Consolidado	De tierra	Pavimentado	Consolidado	De tierra
CONCEPCION	117,7	0,0	0,0	117,7	0,0	0,0	<b>100,0</b>
ITUZAINGO	752,2	61,3	0,0	690,9	<b>8,2</b>	0,0	91,8
MERCEDES	450,8	0,0	51,4	399,4	0,0	11,4	88,6
SAN MARTIN	64,1	0,0	22,5	41,6	0,0	<b>35,1</b>	64,9
SAN MIGUEL	346,5	69,9	10,1	266,5	<b>20,2</b>	2,9	76,9
SAN ROQUE	39,2	0,0	0,0	39,2	0,0	0,0	<b>100,0</b>
SANTO TOME	78,8	0,0	0,0	78,8	0,0	0,0	<b>100,0</b>
Total	1849,4	131,3	84,1	1634,1	7,1	4,5	88,4

Tabla 2: Longitud de la red vial interna de la reserva, según Departamentos. Fuente: Elaboración Propia

La figura 3 representa para cada uno de los Departamentos, el porcentaje de camino de tierra en la red vial interna de la reserva, tal como se mencionó con anterioridad el mayor porcentaje se localiza en los Departamentos del Oeste y Este del área de estudio.



Figura3. Porcentaje de camino de tierra de la red vial interna de la reserva, según Departamento. Fuente: Elaboración propia.

Hasta el momento se presentó la descripción de variables reales (longitud y clase) de la red vial del área de estudio, tanto en la totalidad correspondiente a cada uno de los siete Departamentos (ya mencionados) como así también a las longitudes incluidas hacia el interior de la reserva.

Por otra parte, la red vial se simplificara e interpretara como un grafo (nodos-arcos), su análisis estará dado por dos medidas topológicas que expresan la conectividad de la red, y con ello nos aproximaremos al conocimiento del grado de comunicación entre los distintos nodos de la red.

Se presenta entonces, la descripción topológica de la red vial a nivel departamental y la que se corresponde con el interior del área de estudio. Para ello, se proponen dos índices de conectividad para evaluar la multiplicidad de relaciones de la red y señalar las conexiones directas y alternativas entre los diferentes puntos que la constituyen. De este modo los Índices Alfa y Gamma, conforman el conjunto de los Índices de conexión (según Teoría de Grafos) juntos con otros tales como Beta, Número Ciclomático, Eta. Ambos fueron elegidos dado que pueden ser calculados de manera remota con la extensión Network Analysis de Arc View<sup>2</sup>.

- El Índice Alfa, mide las posibilidades de **relaciones alternativas** que ofrece la red, a partir del número de circuitos observados en el grafo ( $\mu$ ) y los circuitos que existirán en caso de tratarse de un grafo completo. Su valor resultante varía entre 0 para un grafo sin ningún circuito y 1 para un grafo completo (Bosque Sendra, 1992). Su fórmula es la siguiente:

$$\alpha = \frac{\mu}{(2 * n - 5)}$$

<sup>2</sup> Ver mas en Statistical Analysis of Geography Information. David Wong and Jay Lee. pp 312



- El Índice Gamma mide las posibilidades de **relaciones directas** que ofrece la red a partir del número de arcos existentes y el número máximo que puede existir en la red, considerando la cantidad de nodos que presenta. Su cálculo se obtiene con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\gamma = \frac{a}{\frac{n * (n - 1)}{2}}$$

Donde (a) es el número de arcos y (n) el número de nodos de una red. El valor resultante de este índice varía entre 0 para un grafo sin conexiones y 1 para un grafo completamente conectado. (Bosque Sendra, 1992).

En este sentido, considerando el grafo completo de la red vial por Departamento (ver cuadro siguiente), topológicamente resulta que San Miguel registra los valores más altos de Alfa y Gamma, se trata, por lo tanto, de una red con mejores condiciones de conectividad, respecto a las otras, más allá que 0,20 (Alfa) sea un valor bajo. Por otra parte Gamma es 0,46 lo que significa que solo el 46% de la red está conectada. San Roque, por su parte, presenta una red con la condición más desfavorable según Alfa (0,02) y Gamma (0,35). En términos generales se advierte que las redes de los departamentos registran un valor bajo de circuitos y la conectividad entre los arcos del grafo no superan al 50% de la red.

Departamento	Nº Vértices	Nº Arcos	Alfa	Gamma
Santo Tomé	317	429	0.17965	0.453968
San Roque	143	150	0.0284698	0.35461
San Miguel	227	316	<b>0.200445</b>	<b>0.468148</b>
San Martin	363	490	0.177531	0.452447
Mercedes	508	694	0.184965	0.457181
Ituzaingó	269	317	0.0919325	0.395755
Concepción	112	134	0.105023	0.406061

Cuadro 3: Resumen de medidas topológicas de los grafos de la red vial total, según Departamentos.

Fuente: Elaboración Propia

En lo particular, y revisando ahora la red interna de la reserva (ver cuadro siguiente), se infiere a partir de los valores de Alfa y Gamma que se configura una red desconectada (ver mapa siguiente). Al respecto, los valores más bajos del Índice Alfa (0) lo presentan Santo Tomé, San Martin y Concepción, mientras que para los otros no alcanza el 0,1. Respecto a los valores de Gamma, estos oscilan entre el 20% y 40% de conectividad; la mejor situación la presenta San Roque y San Miguel en el orden del 40%.

Departamento	Nº Vértices	Nº Arcos	Alfa	Gamma
Santo Tomé	13	12	0	0.363636
San Roque	10	10	0.0666667	0.416667
San Miguel	<b>119</b>	<b>138</b>	0.0858369	0.393162
San Martin	15	12	0	0.307692
Mercedes	<b>111</b>	<b>123</b>	0.0599078	0.376147
Ituzaingó	<b>112</b>	<b>122</b>	0.0502283	0.369697

Concepción	35	23	0	0.232323
------------	----	----	---	----------

Tabla 4: Resumen de medidas topológicas de los grafos de la red vial interna de la reserva, según Departamentos.  
Fuente: Elaboración Propia

La figura siguiente, representa los índices topológicos ya analizados. Se destaca San Miguel con los valores más altos de Alfa y Gamma y Concepción con los valores más bajos.

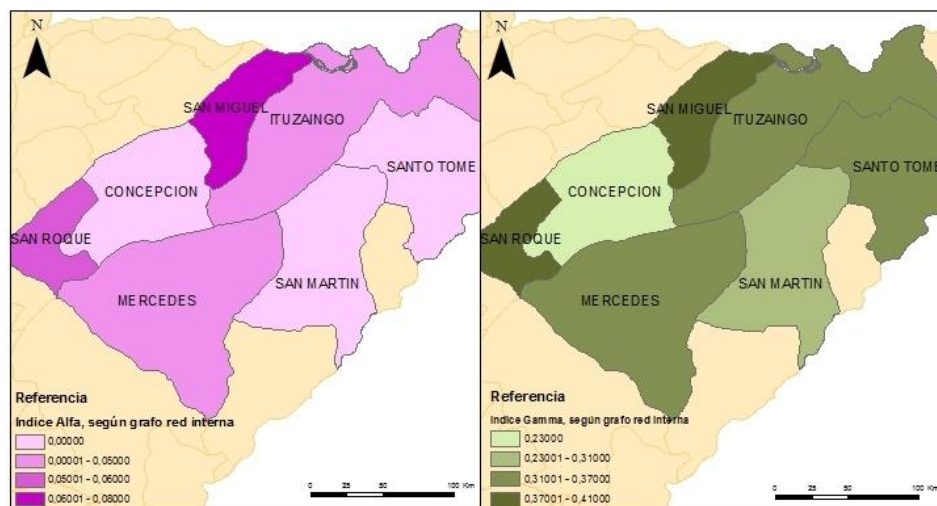


Figura 4. Representación cartográfica del Índice Alfa (izq.) y del Índice Gamma (der.), por Departamento, según grafos correspondientes a la red vial interna. Fuente: Elaboración propia.

## CONSIDERACIONES FINALES

Esta contribución, refleja claramente que en el área de los Esteros del Iberá existe una escasa cohesión territorial producto de la baja densidad vial y la configuración espacial que presenta la red vial. La lectura de material bibliográfico referido a las condiciones naturales del área de estudio como así también la interpretación visual de imágenes satelitales en dicho área, nos animan a señalar que esta situación responde a la influencia del medio natural.

Por ello es que resulta importante complementar este análisis real y topológico de la red vial con variables físicas y socioeconómicas que permitan conseguir explicaciones más sustanciales de su configuración. Por lo que se considera necesario revisar la localización espacial de los asentamientos humanos con sus actividades económicas y a partir de ello establecer trazos de conexión que faciliten la accesibilidad y movilidad cotidiana a partir de una red vial eficiente en estos términos.

A este respecto y con la intencionalidad de remarcar la diferenciación territorial de la red vial interna del área de estudio, señalamos que la red del Departamento San Miguel participa con una importante proporción en dicha configuración (47,9%), y de esto el 76,9 % de su longitud presenta camino de tierra y el resto lo completa con pavimento y/o consolidado. Además, por tratarse de una red que incorpora al interior de la reserva la trama urbana, el grafo presenta mayor número de arcos y nodos, lo que se traduce en la mayor cantidad de circuitos (según Alfa), y una conectividad del 40% (según Gamma).

Así mismo, la tecnológica SIG ha sido utilizada para consulta sobre la red; cálculo de las propiedades reales de la red (longitud); cálculos de indicadores de conexión según grafos; análisis espacial de la información y representaciones cartográficas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cardozo, Osvaldo y otros. (2009). “Teoría de Grafos y Sistemas de Información Geográfica aplicados al Transporte Público de Pasajeros en Resistencia (Argentina)”. *Revista de Transporte y territorio N° 1*, Universidad de Buenos Aires. ISSN: 1852-7175. pp. 89-111.
- Escalona Orcao, Ana Isabel. (1989). “Tendencias actuales de la Geografía del transporte. El análisis de la movilidad”. *Geographicalia* N° 26. p. 83-90.
- Insaurrealde, Ariel y Cardozo, Osvaldo. (2010). “Análisis de la Red Vial de la Provincia de Corrientes con Teoría de Grafos y Sistemas de Información Geográfica”. En *Geográfica Digital*; Lugar: Resistencia. pp. 1 – 15.
- Moldes Teo, F.J. (1995). *Tecnología de los sistemas de información*. Madrid, RA-MA Editorial.
- Potrykowski, Marek y Taylor, Zbigniew. 1984. *Geografía del Transporte*. Vilá Valentí (dir). Elena Panteleeva (trad.). Editorial ARIEL S.A. Barcelona.
- Seguí Pons, Joana y Petrus Bey, Joana. M. (1991). “Geografía de Redes y Sistemas de Transporte”. *Colecc. Espacios y Sociedades. Serie General N° 16*. Puyol Antolín-Vinuesa Angulo (dir.). Madrid. Editorial Síntesis.
- Seguí Pons, Joana María y Martínez Reynés, Maria Rosa. (2004). *Geografía de los Transportes*. Palma de Mallorca: Universitat de les Illes Balears.
- Seguí Pons, Joana María. (1995). *Análisis y estructuración de las redes en el espacio*. En: Gamir O. et. al. *Prácticas de Análisis Espacial*. Barcelona, Oikos-Tau Ediciones.
- Wong David W.S. and Lee Jay. (2005). *Statistical Analysis of Geographic Information*. New Jersey. Editions: John Wiley - Sons, Inc.