



ISSN 2953-4380

04 

al 06

Noviembre
2020

DÉCIMO *Virtual* CONGRESO DE LA CIENCIA CARTOGRÁFICA

1er CONGRESO VIRTUAL INTERNACIONAL

El desafío de la Cartografía como instrumento
de gestión territorial

LIBRO de ACTAS

República Argentina
2022



Centro Argentino de Cartografía
Ciudad Autónoma de Buenos Aires



Facultad de Humanidades de la
Universidad Nacional del Nordeste
Resistencia, Provincia del Chaco

LIBRO DE ACTAS

DEL DÉCIMO

CONGRESO DE LA CIENCIA

CARTOGRÁFICA

1er CONGRESO VIRTUAL INTERNACIONAL

2

El desafío de la Cartografía como
instrumento de gestión territorial

República Argentina
2022

Libro de Actas del Décimo Congreso de la Ciencia Cartográfica y Primer Congreso Virtual Internacional.
Patricia Snaider (compiladora y editora).
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Centro Argentino de Cartografía, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo digital: descarga y online
ISSN 2953-4380

En esta obra se publican los Trabajos completos, Resúmenes extendidos y Posters presentados en el **Décimo Congreso de la Ciencia Cartográfica** llevado a cabo de manera virtual del 4 al 6 de noviembre de 2020.
Resistencia, Chaco, República Argentina.

3

Coordinación del Congreso:

RAMÍREZ, Liliana y MACHUCA, Jorge

Compilación, Edición y Diseño del Libro de Actas:

SNAIDER, Patricia

Colaboración con el control de estilo:

FERREYRA, Silvia

© Las opiniones expresadas aquí son responsabilidad de los autores de cada trabajo.

© Los mapas de las portadas de cada eje corresponden al **Atlas de Cartografía Histórica de la República Argentina** publicado por el Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina <https://www.ign.gob.ar/cartografia-historica/>



4.

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA POTENCIAL DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS EN LA CIUDAD DE CORRIENTES, ARGENTINA

ÁLVAREZ NAVERÁN, Nicolás

cateroll@hotmail.com

Instituto de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)

GÓMEZ, Érica

eukag16@gmail.com

Instituto de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)

Resistencia - Argentina.

RESUMEN:

Palabras claves:

Transporte público, demanda potencial, SIG, modelo, Corrientes.

Dentro del conjunto de fenómenos dinámicos que ocurren sobre la superficie terrestre, los sistemas de transporte y movilidad de las personas en espacios urbanos son uno de esos ámbitos de naturaleza compleja donde la Geografía puede realizar aportes como ciencia, especialmente conocimientos en materia de los patrones actuales y tendencias que a futuro pueden adoptar estos sistemas en el territorio. Por esta razón fundamental, este trabajo se enmarca dentro de los lineamientos de la Geografía Humana y la Geografía Aplicada y metodológicamente apela al uso del análisis espacial y los Sistemas de Información Geográfica (en adelante SIG).

El objetivo general del trabajo es analizar la demanda potencial del transporte público en un sector céntrico de la ciudad de Corrientes. Para ello se implementó un estudio de caso donde se aplicó el análisis de regresión múltiple (RLM) a partir de un conjunto de variables relevadas en campo y otras generadas en gabinete, "especializadas" por medio de herramientas propias de los SIG.

Otra meta es contribuir a una línea de trabajo que impulsa el uso de las Tecnologías de la Información Geográfica (en adelante TIG) para optimizar la generación de datos espaciales, fundamentalmente aquellos obtenidos en campo. En este sentido, los SIG se han posicionado como una herramienta indispensable en la investigación de carácter aplicado y orientado al análisis territorial.

ABSTRACT:

Keywords:

Public transport, potential demand, modelo, GIS, Corrientes.

Transportation systems and mobility in urban areas are part of themes with a complex nature. The geography may contribute as a science, in terms of current patterns and trends that transport systems may adopt in the future on the territory. Hereby, this work is framed within the lines of Human Geography and Applied Geography with the methodological support of spatial analysis with Geographic Information System (GIS).

The aim of the work is to analyse the potential demand of public transport in a central area of the city of Corrientes. A case study is implemented through a multiple regression analysis and a series of variables generated by GIS. This work also tries to promote the use of GIS tools to generate new spatial data. These are very useful tools to apply in analysis oriented to territory.

359

1. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

a. Modelos de Demanda de Transporte Público

Los modelos predictivos son modelos de relación entre el rendimiento específico de una unidad en una muestra y uno o más atributos o características conocidos de la unidad. El objeto del modelo es evaluar la probabilidad de que una unidad similar en una muestra diferente exhiba un comportamiento específico (Espino Timón, 2017). El análisis predictivo construye un tipo de modelo estadístico que utiliza los datos existentes para predecir datos de los cuales no se dispone.



Estos modelos son de mucha utilidad en disciplinas como el marketing, dado que pueden predecir, por ejemplo, el comportamiento de una clientela, la reducción de delitos, la estimación en falta de pagos, el comportamiento financiero de las acciones en la bolsa de comercio, la intención de votos electorales, etc. En Geomarketing, por ejemplo, se busca conocer el comportamiento de los usuarios (y usuarios potenciales) en el territorio asociado a alguna actividad comercial o de servicios.

Dentro de la Geografía, los modelos analítico-predictivos han ocupado un sitio de relevancia desde sus inicios porque marcan el pulso de los avances más recientes. Sin embargo, no fue hasta los años 60 del siglo pasado cuando los geógrafos estadounidenses Ullman, Garrison y Taaffe demostraron la aplicabilidad de los métodos utilizados por la Geografía Cuantitativa. En consecuencia, se produjo un auge de la Geografía del Transporte en los estudios referidos a los métodos de interacción espacial, redes y demanda, con algunas aplicaciones directas al campo de la planificación ([Johnston, 2000](#)).

Uno de los problemas más frecuentes que presentan los clásicos modelos de predicción de demanda en transporte público es la baja precisión que muestran para los análisis de acceso a nivel local -parada o estación-, producto de la fuerte agregación de los datos en zonas de transporte, ya que en los modelos regionales se asume que todos los viajes de una zona parten de su centroide¹; esto tampoco le permite tratar con detalle el gradiente de la distancia. Otras críticas a estos modelos provienen de su carácter secuencial, lo que facilita la propagación de errores producto de una mala calibración, además de su escasa sensibilidad frente a la dinámica de los usos del suelo ([Cardozo et al., 2015](#)).

Han surgido alternativas que podrían actuar como complemento en aspectos donde los modelos clásicos presentan cierta debilidad. Se trata de herramientas conocidas como *Quick Response Models* (QRM) basados generalmente en modelos de regresión múltiple, alimentados por un reducido número de variables y fáciles de obtener, lo que refuerza la idea de rápida aplicación ([Cervero y Kockelman, 1997](#); [Chu, 2004](#); [Zhao et al., 2003](#)), y las convierte en instrumentos de planificación idónea para ciudades con recursos financieros y humanos limitados.

Pese a su escasa difusión, estos modelos suponen importantes ventajas frente al enfoque tradicional en términos de simplicidad, obtención de resultados y bajo coste. Además de considerar en forma más detallada el entorno de las paradas, capturando mejor la heterogeneidad de las variables en su distribución sobre el territorio.

En este proceso los SIG juegan un rol fundamental para la generación de variables y el análisis espacial, ya que permiten, por un lado, definir racionalmente el área de captura de las paradas por medio de *buffer*² o *service area*³ y, por otra parte, segmentarla en franjas de distancia para superar la clásica agregación en polígonos propia de las zonas de transporte (ZT) o las unidades censales.

b. Modelización de la Demanda con SIG

Está claro que para cualquier tarea de planificación es necesario conocer la demanda, porque en base a ello será posible establecer el orden correcto de las actuaciones; en el caso de

¹ Es el centro geométrico de un objeto. Para líneas, polígonos u objetos tridimensionales, es el centro de masa (o centro de gravedad). [ESRI,\(s/f\)](#)

² Polígono sobre el mapa que encierra un punto, línea o polígono a una distancia especificada. Se mide en unidades de distancia o tiempo y es útil para los análisis de proximidad. [ESRI,\(s/f\)](#)

³ Análisis de red para la determinación del área que abarca todas las calles accesibles que se encuentran dentro de una impedancia o distancia especificada. [ESRI,\(s/f\)](#)



los transportes, este debe ser uno de los primeros pasos hacia una planificación eficiente e integral del sistema, acorde a los rasgos del territorio donde se implanta.

Como se mencionó anteriormente, en los últimos años cobraron mayor importancia los *Quick Response Models* (QRM) o Modelos de Respuesta Rápida. Cabe señalar que, entre las técnicas empleadas, existe una fuerte inclinación al análisis de Regresión Lineal Múltiple (RLM) bajo sus más diversas formas, como así también al empleo de herramientas SIG para la generación de variables que alimenten los modelos de regresión. En general, se incluyen también variables sociodemográficas y socioeconómicas que dan cuenta del perfil del usuario o del usuario potencial. En la medida en que esta información alimente los modelos, las predicciones pueden llegar a ser mucho más acertadas. (Cardozo y Da Silva, 2015).

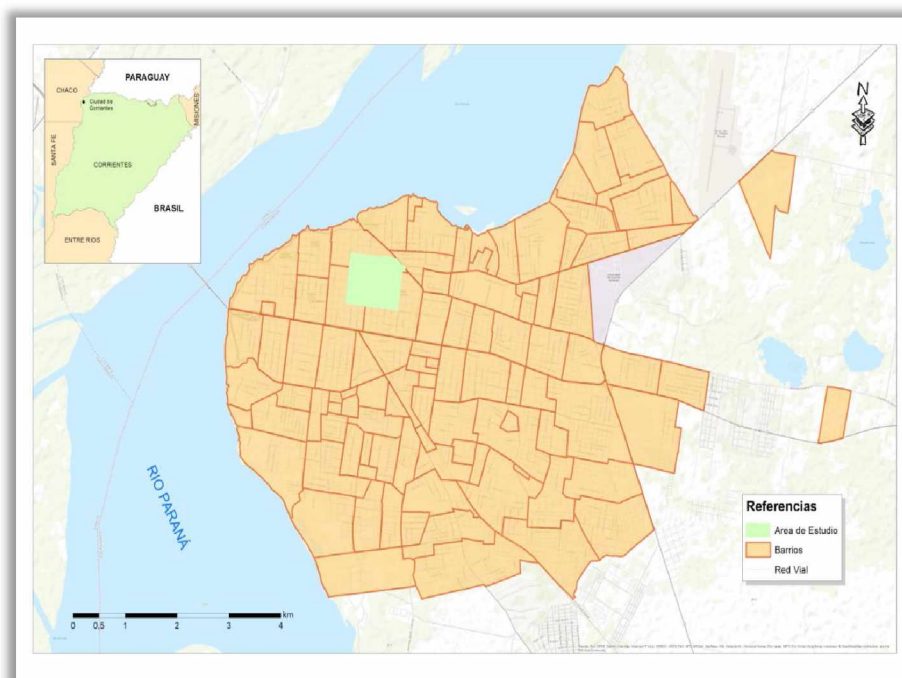
Este intento por unir la modelización matemático-estadística con los SIG, es reconocido por varios autores (Albrecht, 2007; Fischer y Getis, 2010; Goodchild, 2000) como una línea prioritaria en la Ciencia de la Información Geográfica. Conocer la demanda potencial superando los análisis de cobertura en base a herramientas SIG sencillas, conduce hacia formas más evolucionadas de modelamiento con métodos de respuesta directa que utilizan en forma conjunta análisis de regresión múltiple y SIG.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Corrientes es la capital de la Provincia homónima y se ubica al noroeste de la misma en la denominada región geográfica del “Triángulo de la Capital” (figura 1), dentro del departamento Capital. La ciudad, junto con algunas pequeñas localidades periféricas cuenta con una población estimada para 2019, de 406.728⁴ habitantes distribuidos en una superficie de 522 km², lo que le proporciona una elevada densidad (779 hab./km²).

361

Figura 1: Área piloto donde se realizó el conteo de pasajeros del transporte público.



Fuente: elaboración propia.

⁴ INDEC. Proyecciones elaboradas en base a resultados del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.

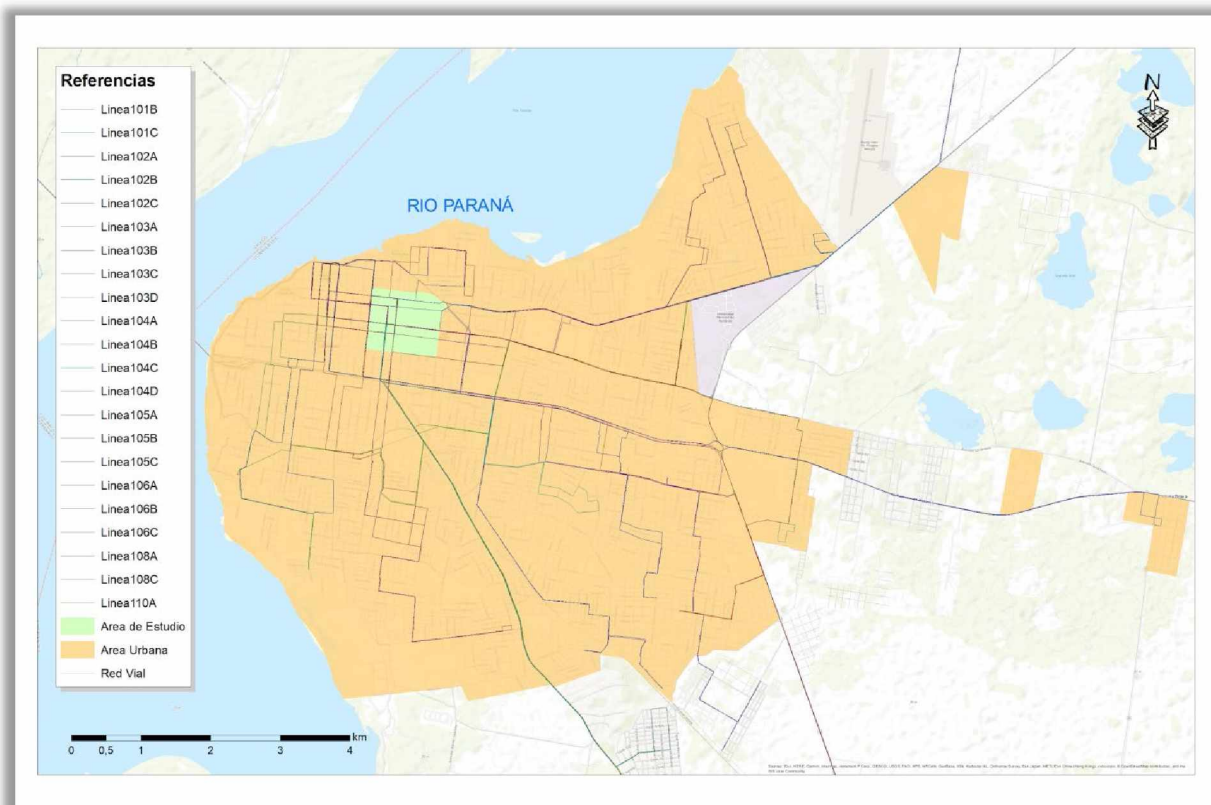
En este contexto, cabe señalar que la red vial de la Ciudad de Corrientes presenta una marcada jerarquización debido al crecimiento desordenado e irregular que ha absorbido las rutas de acceso a la ciudad (Ruta Nacional N° 12 y Ruta Provincial N° 5) dentro de su trazado, del cual se desprenden tres ejes principalmente en sentido Noreste, Este y Sureste. Los ejes de urbanización confluyen en el área central, rodeada por un anillo casi circular, conformando una estructura urbana radio-concéntrica, condicionada por el río Paraná que funciona como un factor físico limitante para el crecimiento de la misma.

a. Oferta de transporte público en la Ciudad

La oferta de transporte público de pasajeros en la ciudad de Corrientes está conformada por un total de 9 líneas, las cuales se subdividen en 23 ramales (figura 2). Son tres empresas las prestadoras del servicio y solo una de ellas concentra el 85% de la flota.

Como sucede en la mayoría de las ciudades del Nordeste, la calidad del servicio en términos de cobertura y accesibilidad disminuye desde el centro a la periferia, siendo el área central la que concentra y absorbe todas las líneas de transporte.

Figura 2: Distribución espacial de la oferta de Transporte Público en la ciudad de Corrientes.



Fuente: elaboración propia.

Aunque en los últimos años se ha realizado una redistribución de paradas y recorridos, la traza del servicio produce en muchos casos gran congestión, acentuada por los vehículos que en su mayoría son de gran porte y sus recorridos se dan por arterias que no fueron proyectadas en dimensiones para el desplazamiento de los mismos en el área central. Una de estas medidas fue la delimitación de corredores exclusivos para el servicio de transporte público en su ingreso al centro, por calle La Rioja y Av. Costanera General San Martín.

Por otra parte, el área céntrica al ser la mejor equipada en cuanto a infraestructura, posee multiplicidad de funciones y/o actividades que se desarrollan allí: comerciales, de servicios,



administrativas, educativas, sanitarias, religiosas, etc. La función comercial del área central se configura sobre dos ejes principales: la Peatonal Junín y la calle Hipólito Yrigoyen, hasta Avenida Artigas.

El sector comercial más importante se emplaza sobre el eje de la Peatonal Junín, actualmente en su tramo central desde calle La Rioja hasta San Lorenzo. De forma paralela, fue creciendo la actividad comercial sobre las calles 9 de Julio y en mayor medida sobre Hipólito Yrigoyen (paralela a Peatonal Junín). En especial esta última, ha tenido un crecimiento importante durante los últimos años destacándose por la variedad de ofertas comerciales tanto de primeras marcas, desde calle La Rioja hasta San Lorenzo, como de segundas marcas hasta la intersección con la Av. Artigas.

De este modo, el área se constituye en un punto de partida propicio para su análisis debido a la acelerada expansión y multiplicidad de usos comerciales y de servicios, los cuales se vinculan directamente con la demanda del transporte público.

3. DATOS Y METODOLOGÍA

a. Fuentes de Información

Los datos utilizados para el análisis de la demanda fueron generados *in situ* en un exhaustivo trabajo de campo durante un período de 20 semanas entre los meses de junio y noviembre del año 2014. En el área de la muestra se relevaron datos en las 13 paradas incluidas en el área de estudio, correspondientes a 9 líneas que transitan por allí, las cuales finalmente fueron agrupadas en 11 sitios dada la proximidad espacial de algunas.

En estos sitios (paradas) se llevó a cabo por observación directa el conteo de las unidades de transporte público (frecuencia) y de las personas que lo utilizaron: registro de horario, línea de colectivo, número de ascensos y descensos, además de un indicador de compra (IC). Este último indicador, se obtuvo por la observación de bolsas de compras (u otros) que las personas cargaban al momento de la espera del transporte público, el cual presupone el motivo de viaje, dado el carácter eminentemente comercial del área céntrica de la ciudad. Cabe señalar que en las paradas y en los horarios picos se contó con personal de apoyo, siendo necesarias la presencia de dos personas encargadas de constatar y recolectar los datos, dada la gran afluencia de colectivos como de personas.

Como instrumentos de relevamiento se utilizaron, por un lado, la planilla de relevamiento diseñada específicamente para el trabajo de campo y basada en experiencias anteriores en la ciudad de Resistencia ([Da Silva et al., 2017](#)). Por otro lado, fue indispensable el uso de cronómetros para el registro temporal, de la forma más precisa posible, del arribo de los vehículos a las paradas, así como del ascenso y descenso de los pasajeros.

Se utiliza como cartografía base el parcelario municipal, manzanero y red vial, además de los recorridos y paradas del transporte público suministrados por la Dirección de Catastro y Cartografía de la Municipalidad de Corrientes. Otro insumo importante de información geográfica son los datos a nivel de radio y fracción provenientes del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas ([Instituto Nacional de Estadística y Censos \[INDEC\], 2010](#)) para los cálculos de población en el entorno de la parada.

b. Selección y Definición de Variables

La definición de la muestra, como fuera desarrollada en el apartado anterior, permitió delimitar el área de relevamiento. La selección de variables estructuró la observación en campo



para luego sentar las bases del modelo por aplicar. Se realizó una clasificación de variables para facilitar su organización y definir posibles dependencias (tabla 1).

Tabla 1: Variables generadas para el análisis de Regresión Lineal Múltiple.

Tipo de Variables		
DEPENDIENTES		N° de Ascensos (Pasajeros)
		N° de Descensos (Pasajeros)
		Total de Pasajeros
INDEPENDIENTES	Internas	N° de Paradas
		N° de Líneas
		N° de Conexiones
	Espaciales	Distancia a la Peatonal
		Densidad Comercial
		Densidad de Servicios
	Sociodemográficas	Población
		Indicador de compra (IC)

Fuente: elaboración propia.

364

El modelo de regresión permite jerarquizar la influencia y definir el poder explicativo de cada una de las variables. En este caso en particular, interesa testear principalmente las variables espaciales, las cuales no siempre son incluidas en este tipo de estudios y de las que se espera un buen poder explicativo.

Las variables dependientes o de observación directa (N° de Ascensos, N° de Descensos, Total de Pasajeros) son afectadas en mayor o en menor grado por las variables independientes. Estas últimas son aquellas cuyo valor no depende de otra variable. Se las podría definir como aquellas que se suponen son la causa de algún efecto dado en las variables dependientes. En las ciencias sociales no se habla estrictamente de causa-efecto, pero sí, del peso que pueden ejercer unas variables sobre otras.

Dentro de las variables independientes se encuentran las denominadas “Internas” (N° de Paradas, N° de Líneas, N° de Conexiones) que están relacionadas con la oferta del servicio, y la calidad de la misma afecta directamente a la eficacia del transporte público. De ello se asume también, que estas variables afectarán significativamente a la variable dependiente (N° total de pasajeros). En este sentido, uno de los supuestos del modelo define que a mayor número de paradas y con un trazado de red más extensa (con mayor cantidad de Líneas) se podría incrementar fácilmente el volumen de pasajeros.

Dentro de las variables independientes de carácter “espacial” basadas en el cálculo de densidades y proximidad, se obtuvieron la Densidad Comercial, Densidad de Servicios, Distancia a la Peatonal y Población (por píxel).

La densidad, según [Cervero y Kockelman \(1997\)](#), es siempre una variable de interés por ser una unidad de área, la medida de análisis espacial básica en estudios geográficos dado su alto poder explicativo y de fácil comprensión. En este caso, son incluidas la densidad de Comercios



y la densidad de Servicios ya que actuarían como áreas de atracción para la población que se moviliza en transporte público.

La distancia es el segundo parámetro espacial más usado para determinar influencias sobre un territorio. En este caso, se podría asociar la variable Distancia a la Peatonal (Junín) que representa la mayor oferta comercial concentrada prácticamente en toda su extensión, con la demanda potencial en las paradas próximas a ella. En este sentido, se asume que, a mayor distancia de la peatonal, la demanda mostrará un comportamiento descendente.

Para [Cervero y Kockelman \(1997\)](#), la accesibilidad regional es simplemente la distancia al distrito central de negocios. En otros casos, se utiliza como medida el número de empleos u otros lugares de destino alcanzables dentro de un determinado tiempo de viaje. De esta forma, la accesibilidad tiende a ser más alta en lugares céntricos y más baja en las áreas periféricas.

Finalmente se incluyen las variables independientes de carácter “sociodemográfico” directamente relacionadas con las características de la población usuaria (real y potencial) del servicio.

La demanda general de la población con respecto al transporte de cualquier ciudad va a estar determinada, en gran parte, por el volumen de la población y su composición, la configuración de la ciudad, la localización de los lugares de trabajo, educación y ocio, valor del suelo, entre otros; y su distribución también va a depender del costo y del tiempo que implican los flujos de tráfico público y privado de cualquier ciudad o área metropolitana ([De Rus Mendoza, 1991](#)).

Las variables asociadas al uso de transporte público en función de la demanda comercial y de servicios, incluyen entre otros al Indicador de Compras (IC), el que fue definido a partir de la observación directa en el trabajo de campo. Es una variable introducida recientemente en estudios locales ([Cardozo et al., 2015](#)), la cual pretende reflejar de manera indirecta el uso del transporte público con fines de consumo. Cabe mencionar que la distribución de los comercios de venta minorista se agrupa, al igual que en la mayoría de las ciudades, sobre el eje peatonal (Junín) y sobre una arteria paralela (calle Hipólito Yrigoyen).

365

c. Relevamiento en Área Muestra

Para generar las variables dependientes se realizaron conteos en las paradas del área de estudio. Éstos se llevaron a cabo en diferentes días y horarios a fin de registrar los picos y valles propios de la oscilación temporal en el uso del transporte público.

Los días seleccionados para el relevamiento fueron: martes, jueves y sábados, en franjas horarias de 30 minutos cada una (11:30; 14:30; 17:00 y 20:00 hs.), evitando días atípicos con cortes programados por marchas y/o protestas, días de lluvia intensa, feriados, etc.

Cabe indicar que durante el trabajo de campo se relevaron en cada una de las paradas, datos correspondientes a la frecuencia del servicio, el ascenso y descenso de pasajeros de las unidades de transporte, así como el registro del indicador de compra.

d. Cálculo de Variables Explicativas con SIG

La metodología de trabajo comprendió diferentes actividades propias de la investigación en Geografía, junto con otras, específicas para el procesamiento y análisis de datos con herramientas SIG:

1. Determinación del área de influencia de las paradas por medio del cálculo de áreas de influencia (buffer) en base a umbrales de distancia; cabe señalar que se esbozaron distintos valores de alcance espacial: 100, 150 y 200 metros (figura 3).

2. Ajuste geométrico por medio de polígonos de Thiessen, para resolver el problema de la superposición del área de influencia en las paradas. La combinación de buffers y polígonos de Thiessen genera un área equidistante propia para cada parada (figura 4).
3. Aplicación de técnicas SIG para representar y transformar variables espaciales y demográficas que luego, por medio de geoprocursos, brindan la información para el cálculo de las variables a nivel de parada (figuras 5, 6, 7 y 8).
4. Desarrollo de modelos de regresión lineal múltiple (MRLM) que buscan explicar el peso de las variables seleccionadas sobre el uso potencial del transporte público en el área de estudio.

Figura 3: Franjas de distancia (*buffer*) en torno a las paradas del Transporte Público.



Fuente: elaboración propia.

En este marco, se aplican una serie de geoprocursos en un software SIG, en nuestro caso ArcGIS 10.x de la firma ([Environmental Systems Research Institute \[ESRI\], s/f](http://www.esri.com)), para el cálculo de las variables que de otra forma sería más difícil obtener: distancias a partir de punto y líneas, o resúmenes estadísticos de población y usos del suelo desde los polígonos.

Una de las variables generadas más significativas, corresponde a la población en el entorno de la parada. Para esta tarea es necesario el cálculo de la densidad de población en hectáreas a partir de la cartografía censal, luego su conversión a un formato ráster con celdas de 20 metros y finalmente su reducción a los efectos de obtener la cantidad de personas a nivel de pixel⁵ (figura 5). Cabe señalar que se trata de un enfoque superador frente a los clásicos análisis de unidades censales, donde la asignación es por inclusión del centroeide o proporción del área incluida.

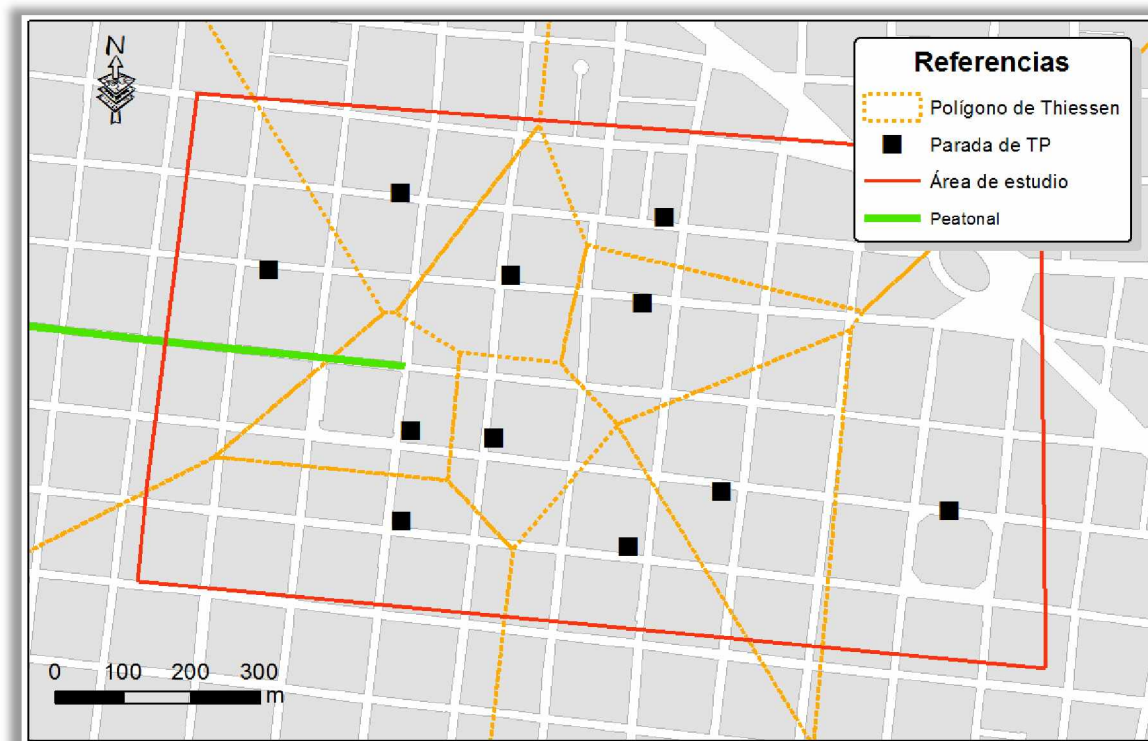
Otra tarea realizada con los SIG, comprendió la determinación del área de captura de las paradas. Esta operación se ejecuta con la herramienta de buffer múltiple para calcular franjas de distancia desde las paradas cada 150 metros. Un parámetro importante en estas operaciones es

⁵ La población total en el entorno de la parada se obtiene por la sumatoria de los valores de los píxeles en el área definida por el *buffer*.



definir el umbral máximo de distancia, lo cual normalmente es resuelto de forma arbitraria (Zhao et al., 2003; Chu, 2004). En este caso, se optó por un umbral de 200 metros, ya que una distancia mayor generaría una fuerte superposición del área de influencia en esta zona céntrica, donde la concentración de las paradas es mayor. Para reducir el efecto de este problema y antes de realizar el cálculo de las variables, se ajustan las áreas de influencia por medio de los polígonos de Thiessen⁶.

Figura 4: Polígonos de Thiessen a partir de las paradas del Transporte Público.



Fuente: elaboración propia.

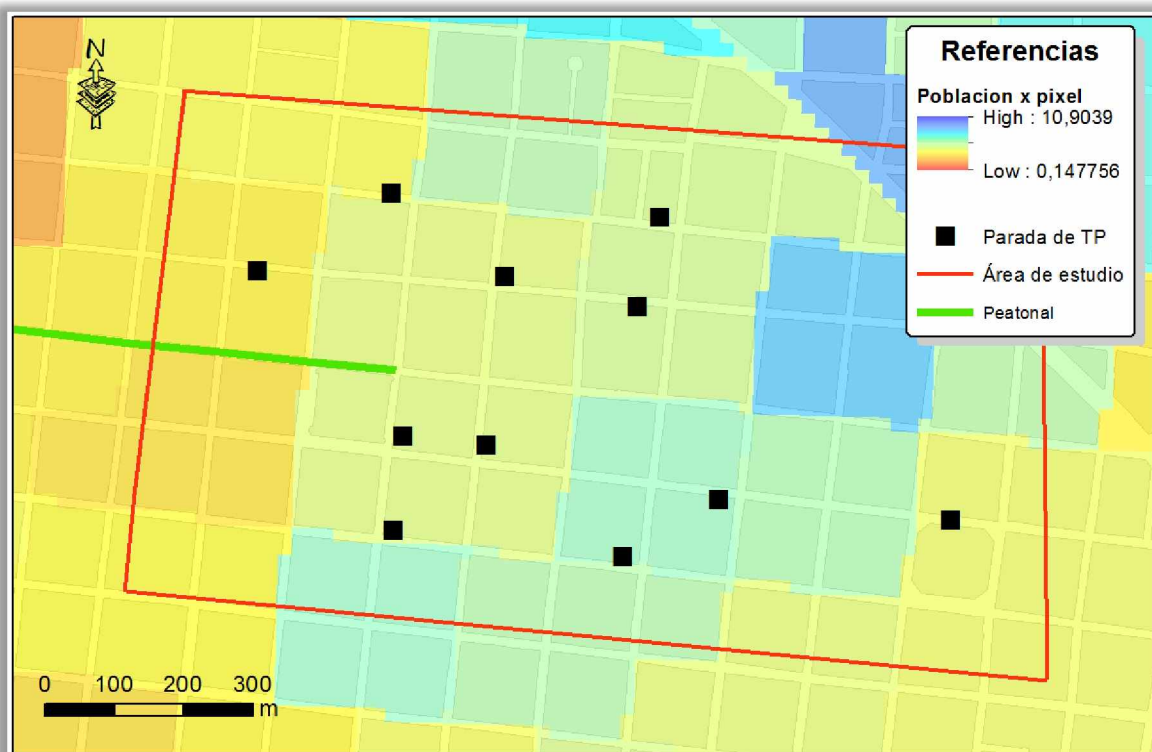
Cada parada de transporte público seleccionada para este trabajo cuenta con un identificador único llamado ID en la tabla de atributos del archivo. Esto permite obtener valores únicos de las variables en cada una de las paradas. Cabe señalar que todas las variables fueron transformadas a un formato ráster, luego estos datos medidos en el entorno de las paradas, alimentan una base de datos (tabla) para correr los modelos de regresión.

Además del cálculo de densidades, también se obtuvieron variables en función de la distancia: a la parada y al eje de calle comercial de mayor relevancia (peatonal Junín). Estas variables de geometría lineal fueron calculadas con las herramientas de análisis espacial (*ArcToolbox*). A partir del eje de calle comercial se generaron umbrales de distancia de 100 metros, se superpusieron los polígonos ya generados para cada parada y se procedió al cálculo de la distancia desde cada una de ellas al eje mencionado. Como resultado, se produjo una tabla de datos con las paradas ordenadas por la cercanía a esta arteria comercial de demanda masiva en la ciudad.

⁶ Son entidades poligonales generadas a partir de un conjunto de puntos muestrales. Cada polígono define un área de influencia alrededor de su punto de muestra, de modo que cualquier ubicación dentro del polígono está más cerca de ese punto que cualquiera de los otros puntos de muestra (ESRI).



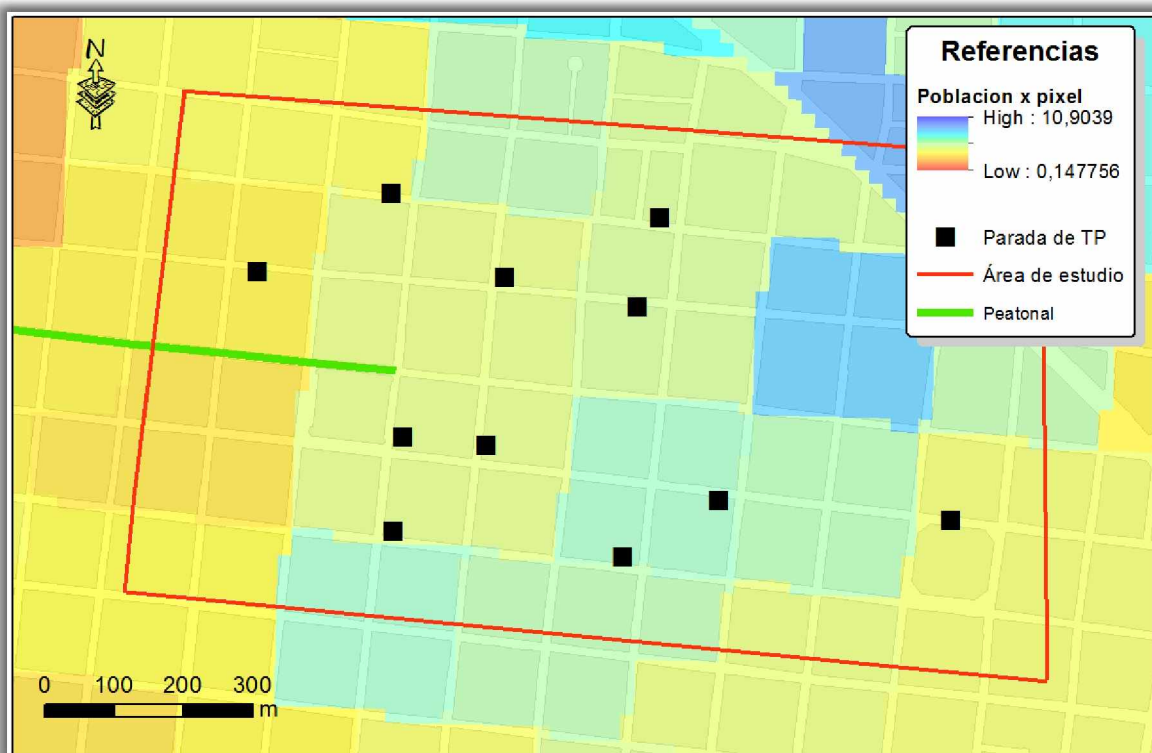
Figura 5: Población por pixel en torno a las paradas del Transporte Público.



Fuente: elaboración propia.

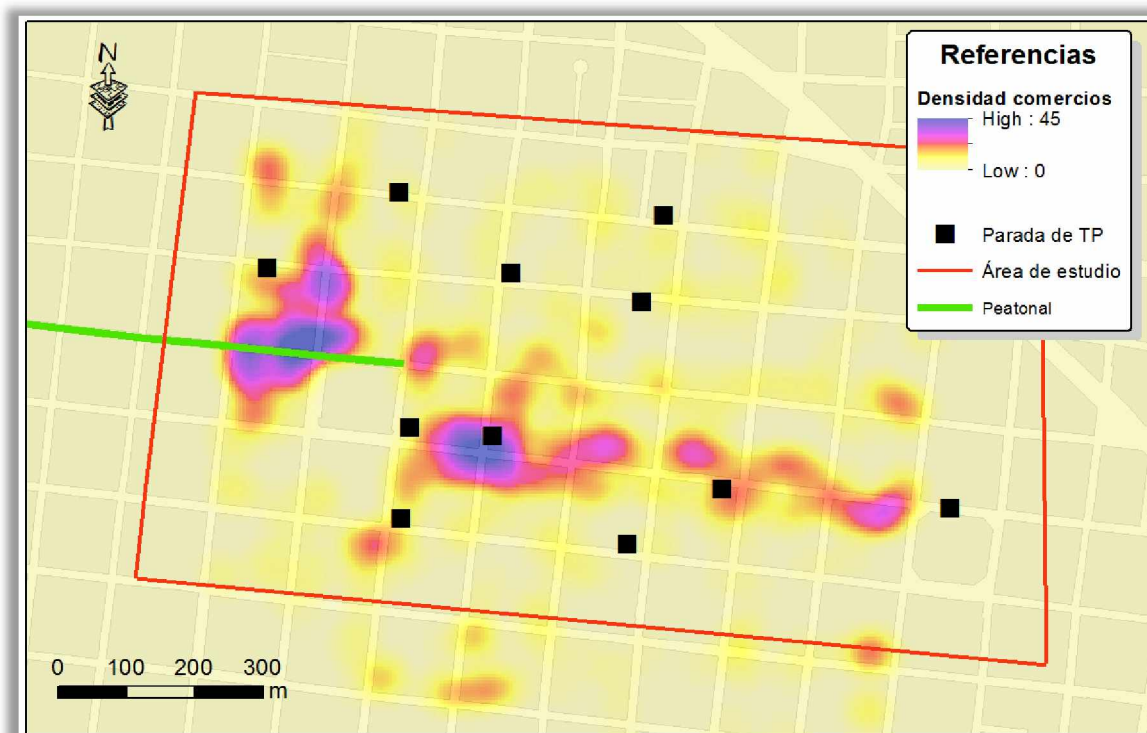
368

Figura 6: Distancia en metros a la Peatonal Junín.



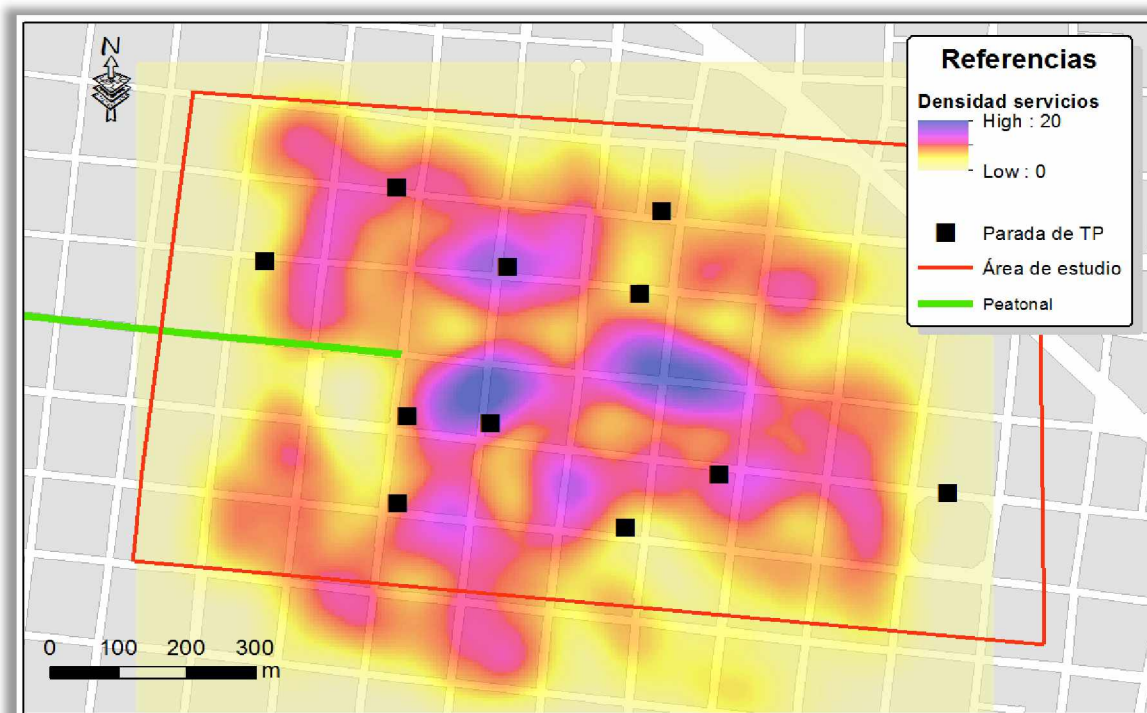
Fuente: elaboración propia.

Figura 7: Densidad de comercios en torno a las paradas del Transporte Público.



Fuente: elaboración propia.

Figura 8: Densidad de servicios en torno a las paradas del Transporte Público.



Fuente: elaboración propia.



e. Modelo de Regresión Lineal Múltiple (MRLM)

El modelo de regresión lineal (MRL) o ajuste lineal es un modelo matemático usado para aproximar la relación de dependencia entre una variable (dependiente/ Y) y un conjunto de variables explicativas (independiente/ X).

El modelo de regresión lineal simple (MRLS) analiza la influencia de una variable explicativa (X) en los valores que toma la variable dependiente (Y). En cambio, en la regresión lineal múltiple (MRLM) se utiliza más de una variable explicativa, lo que aporta mayor precisión en las estimaciones del modelo (figura 9); además, se agrega a la ecuación un término aleatorio correspondiente al error (e).

Figura 9: Ecuación de la Regresión Lineal Múltiple.

$$Y_i = a + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + b_3 X_{3i} + \dots + b_p X_{pi} + e_i$$

Fuente: [D'Ancona \(2004\)](#).

En la especificación de los modelos de este trabajo, se utilizaron las siguientes variables *dependientes e independientes*:

- *Variable dependiente* (y) = total de pasajeros (en base al conteo: N° de ascensos y N° de descensos del transporte público).
- *Variables independientes* (x) = variables obtenidas del relevamiento (n° de líneas, indicador de compra, etc.) y variables calculadas con SIG: densidad comercial; densidad de servicios y distancia euclidiana a la peatonal.

370

Los modelos fueron ejecutados a través de un software estadístico (SPSS⁷), pretendiendo explicar con los resultados, el comportamiento de la variable dependiente en función de las independientes.

4. RESULTADOS

a. Análisis de la Matriz de Correlación Bivariada

Como medida de asociación entre las variables, se utiliza el coeficiente de correlación de Pearson. Éste, es una medida de relación lineal entre dos variables, que puede tener valores que van desde -1 hasta 1, donde los valores cercanos a -1 indican una fuerte relación lineal negativa, los valores cercanos a 1 muestran también una fuerte relación lineal pero positiva, y los valores cercanos a 0 se interpretan como ausencia de relación lineal entre las variables ([Anderson et al., 2008](#)).

Observando los resultados presentados en la tabla 2, podemos encontrar valores del coeficiente próximos a 0, lo que está indicando escasa o nula relación entre las variables “Número de Líneas” y “Conexiones” con “Densidad de Servicios” (-0,084 y 0,0073 respectivamente); también es ínfima la relación entre esta última y “Población” (apenas 0,003). Con respecto a la variable dependiente (“Pasajeros Total”), las correlaciones más bajas se encuentran con “Densidad de Comercio”, “Conexiones” y “Densidad de Servicios” (0,222 0,31 y -0,012 respectivamente).

⁷ IBM SPSS Statistics Version 20.



Tabla 2: Matriz de correlación bivariada.

Correlaciones								
	Pasaj_Tot	IC	Num_lin	Conex	Den_com	Dis_peat	Den_serv	Pobl
Pasaj_Tot	1							
IC	0,948**	1						
Num_lin	0,836**	0,829**	1					
Conex	0,222	0,203	0,52	1				
Den_com	0,31	0,21	0,134	0,178	1			
Dis_peat	-0,553	-0,478	-0,518	-0,141	-0,475	1		
Den_serv	-0,212	-0,352	-0,084	0,073	0,361	-0,313	1	
Pobl	-0,547	-0,51	-0,686*	-0,428	-0,348	0,584	0,003	1

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, las correlaciones más fuertes observadas en la matriz se dan con la variable a explicar, lo cual es bueno porque seguramente serán las variables introducidas al modelo de regresión. El “Indicador de Compra” y “Número de Líneas” tienen coeficientes de 0,948 y 0,836 respecto a “Pasajeros Total”. Otra buena señal es que la mayoría de las variables explicativas presentan coeficientes de correlación de media a baja (entre 0,5 y 0,2), es decir que no están correlacionadas directamente entre ellas. La única excepción a este comportamiento es la alta correlación (0,829) entre “Número de Líneas” e “Indicador de Compra”. Por ende, para el modelo de regresión múltiple, se debería optar sólo por una ellas.

371

En definitiva, la utilidad principal de analizar el conjunto de correlaciones en una matriz, radica en obtener una primera aproximación de las variables a incluir en un modelo de regresión múltiple, así como también, aquellas variables que, por su escasa relación con la variable a explicar, podrían ser excluidas del modelo.

b. Análisis del Modelo de Regresión Lineal Múltiple

El MRLM permitió testear la influencia de las variables independientes sobre la dependiente, es decir, el *N° total de pasajeros* (Pasaj_Tot). La generación del modelo de regresión, al igual que el análisis estadístico descriptivo previo, se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS.

Las variables explicativas fueron introducidas en diferentes modelos decidiendo finalmente incluir sólo 4 variables por su significancia, siendo las que figuran en el modelo final (tabla 3). Cabe señalar que el número de observaciones (11 paradas) pudo suponer una limitante al poder predictivo del mismo, pero dada la naturaleza exploratoria de este estudio el procedimiento representa sin dudas una herramienta válida y adecuada.

El modelo resultante puede ser analizado a partir de sus características generales de ajuste, tal como se observa en el resumen (tabla 3). El R cuadrado (R^2), por ejemplo, es el porcentaje de variación en la respuesta que es explicada por el modelo⁸. Es decir, se utiliza para determinar qué tan bien se ajusta el modelo a los datos. El R^2 siempre presenta valores que varían entre 0 y 1, mientras mayor sea el valor de R^2 , mejor se ajustará el modelo a los datos. Como puede observarse, el modelo final posee un poder explicativo bueno (R^2 0,923). Es decir, las variables

⁸ El R cuadrado (R^2) se calcula como uno menos la relación de la suma de los cuadrados del error (variación que no es explicada por el modelo) a la suma total de los cuadrados (variación total en el modelo).



independientes introducidas podrían explicar en más de un 90% el comportamiento de la variable dependiente (Total de Pasajeros).

Tabla 3: Resumen del Modelo de Regresión Lineal Múltiple.

Resumen del Modelo				
R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
0,961 ^a	0,923	0,872	271,311	2,347
Variable dependiente: Pasaj_Tot				
Predictores: (Constante), Den_com, Num_lin, Den_serv, ic				

Fuente: elaboración propia.

En relación a los coeficientes de regresión obtenidos en el modelo (tabla 4), las cuatro variables independientes resultaron en coeficientes positivos. La variable con mayor poder explicativo sobre la dependiente es aquella interna al sistema de transporte: Número de Líneas ($\beta=51,634$), seguida por *Densidad de Comercios* ($\beta=18,673$), *Densidad de Servicios* ($\beta=-18,117$) y, por último, *Indicador de Compra* ($\beta=3,569$).

Tabla 4: Coeficientes del Modelo de Regresión Múltiple.

Coeficientes ^a					
Variables	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
(Constante)	-209,152	334,863		-0,625	0,555
ic	3,569	1,126	0,838	3,169	0,019
Num_lin	51,634	89,496	0,134	0,577	0,585
Den_serv	18,117	47,627	0,060	0,380	0,717
Den_com	18,673	27,514	0,094	0,679	0,523

^a. Variable dependiente: Pasaj_Tot

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a las elasticidades, cabe señalar que el aumento en 1 (uno) de la variable *Número de Líneas*, representaría una ganancia de casi 52 (51,634) pasajeros de Transporte Público. Las elasticidades de las densidades (comercios y servicios) tienen comportamientos muy similares: el aumento en una unidad de cada una, significan 18 pasajeros más, mientras que el menor aporte lo hace el Indicador de Compra con una ganancia de casi 4 pasajeros.

En cuanto a las significancias (t/Sig.), no se observan valores críticos (tabla 4). Esto implica que todas las variables independientes incluidas en el modelo resultan significativas para explicar el comportamiento de la variable dependiente, a excepción de la variable *Densidad de Servicios* (sig. = 0,717). Por lo tanto, en caso de ser necesario simplificar el modelo, esta sería la variable



independiente candidata a ser excluida del mismo, al no ser estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95,0% o mayor.

5. CONSIDERACIONES FINALES

Una de las primeras conclusiones a las que se llegó a través del trabajo de investigación realizado en el área de estudio muestra el alto valor explicativo del número de líneas sobre el número total de pasajeros que utilizan el servicio de transporte público. Es decir, que cualquier incremento en la cantidad de líneas ofrecidas representaría a su vez, un aumento en la cantidad de pasajeros de transporte público. Esta relación positiva no resulta sorpresiva, ya que dentro de los fundamentos teóricos que explican la demanda de transporte público, son el conjunto de las variables internas (número de líneas, número de conexiones, estado de paradas, etc.), las que siempre puntúan mejor dentro de los modelos y explican en gran parte las fluctuaciones que se dan en el número de pasajeros tanto real como potencial.

Por otro lado, las variables espaciales también mostraron una significativa vinculación con la demanda de transporte público en el área, tanto la densidad de servicios como la densidad comercial actúan como atractores de población en el entorno de la parada y, por ende, de usuarios potenciales del servicio. Éste constituye tal vez, el grupo de variables más valiosas e interesantes para ser estudiadas por la geografía, ya que dan cuenta de la dimensión espacial y la influencia que el entorno ejerce sobre la demanda de transporte. De hecho, la bibliografía en torno a esta temática durante los últimos años ha prestado mayor atención a la influencia que estas variables tienen sobre la decisión de uso del transporte público en detrimento de la medición de clásicas variables relacionadas con la oferta o parámetros económicos. Frente a esta información, cualquier intervención espacial en términos de regulación de usos de suelo, potenciando por ejemplo el ordenamiento y diferenciación de áreas que ofrezcan servicios profesionales y comerciales incrementaría notablemente la cantidad de usuarios potenciales de transporte público.

373

Es por ello, que cualquier contribución en esta línea de investigación siempre que aporte datos concretos, favorece un proceso eficiente de toma de decisiones urbanísticas y de planificación de servicios. Un abordaje metodológico relativamente sencillo como el que fue llevado a cabo a través de un MRLM, permite detectar rápidamente variables de peso que pueden ser intervenidas luego por los sectores de planificación para incrementar el uso de transporte público de pasajeros en detrimento de otros modos más contaminantes y responsables de congestión vehicular y del aumento de tiempo de viaje. Todos estos lineamientos, formarían parte de una política pública basada en los principios de la movilidad sustentable.

Cabe señalar también, la importancia que representó el trabajo de campo dentro del conjunto de tareas realizadas, vinculadas principalmente con el relevamiento de datos in situ, tales como el conteo de pasajeros, de líneas de transporte o la observación del indicador de compra. Desde el punto de vista instrumental, se destaca el empleo de herramientas SIG, tanto para el cálculo de variables y extracción de información aplicando geoprocursos, como para el análisis espacial de las variables y la representación cartográfica de las mismas. Esto ayudó a la comprensión de las relaciones que se dan entre la demanda y la oferta del transporte público en este sector de la ciudad de Corrientes.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrecht, J. (2007). *Key Concepts and Techniques in GIS*. SAGE.
- Anderson, R., Sweeney, J., & Williams, A. (2008). *Estadística para administración y economía*. CENGAGE.



https://www.academia.edu/50140457/Estad%C3%ADstica_para_negocios_y_econom%C3%ADa_Anderson_Sweeney_Williams

- Cardozo, O. y Da Silva, C. (2015). Funciones distance decay y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la estimación de demanda potencial en el Transporte Público de Resistencia. Chaco, Argentina. *Transporte y Territorio*, 13, 80-99. <http://hdl.handle.net/11336/36249>
- Cardozo, O., Da Silva, C., y Gómez, E. (2015). Modelos para la estimación de demanda en transporte público. En G. Buzai, G. Cacace, L. Humacata y S. Lanzelotti (Eds.), *Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa* (1ª ed.) (pp. 174-193). MCA Libros.
- Cervero, R. y Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: density, diversity and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2 (3), 199-219. http://web.mit.edu/11.s946/www/readings/Cervero_1997.pdf
- Chu, X. (2004). *Ridership models at the stop level* (Report N° NCTR-473-04, BC137-31). National Center of Transit Research, University of South Florida. <https://www.nctr.usf.edu/abstracts/abs473-04.htm>
- D'Ancona, M. A. C. (2004). *Análisis multivariable: teoría y práctica en la investigación social*. Síntesis.
- Da Silva, C. J., Cardozo, O. D., Odriozola, J. G., Bondar, C. E. (2017). Modelización de las relaciones entre el uso comercial del suelo y transporte público en el centro de Resistencia, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 9(1), 124-139. <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-del-nordeste/geografia/da-silva-cardozo-modelizacion-de-las-relaciones-entre-uso-comercial-del-suelo-y-tp-en-el-centro-de-resistencia-2017/26990006>
- De Rus Mendoza, G. (1991). Análisis del mercado de servicios de transporte público en España: costes, demanda, precios y nivel de calidad. *Investigaciones económicas (segunda época)*, 15 (2), 229-247. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=286668>
- Environmental Systems Research Institute. (s/f). *GIS Dictionary*. Recuperado el 18 de junio de 2015 de <http://support.esri.com/other-resources/gis-dictionary>
- Espino Timón, C. (2017). Análisis predictivo: Técnicas y modelos utilizados y aplicaciones del mismo-herramientas Open Source que permiten su uso. [Tesis de Grado en Ingeniería Informática, Universitat Oberta de Catalunya]. <http://hdl.handle.net/10609/59565>
- Fischer, M. y Getis, A. (2010). *Handbook of Applied Spatial Analysis. Software Tools, Methods and Applications*. Springer.
- Goodchild, M. (2000). GIS and Transportation: status and challenges. *GeoInformatica* (4), 127-139.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2010_tomo2.pdf
- Johnston, R. (2000). *Diccionario Akal de geografía humana*. Ediciones Akal.
- Zhao, F., Chow, L-F., Li, M-T., Ubaka, I. y Gan, A. (2003). Forecasting Transit Walk Accessibility: Regression Model Alternative to Buffer Method. *Transportation Research Record* 1835(1), 34-41. <https://doi.org/10.3141/1835-05>