

Patrones de Desplazamiento Laboral y Auto-selección Residencial en Trujillo Alto

*Alexandra T. Colón Belén
Maestría en Ciencia y Tecnología Geoespacial
Mentor: Prof. Raúl Matos Flores, Ph.D.
Universidad Politécnica de Puerto Rico
Graduate Project EXPO, Mayo 2025*

Resumen — *El municipio de Trujillo Alto enfrenta altos niveles de desplazamiento laboral hacia otros municipios, especialmente al área metropolitana. Este estudio analiza los patrones de conmutación y su relación con la Auto-selección Residencial. Usando datos del Censo 2022 y herramientas de Sistemas de Información Geográfica, se aplicó un modelo de regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios para identificar factores que influyen en la movilidad laboral. Se encontró que el acceso al transporte privado y un mayor ingreso per cápita están asociados con una mayor proporción de trabajadores que laboran fuera del municipio. Además, la proximidad a vías principales mostró una influencia marginal. Estos resultados sugieren que las decisiones residenciales podrían estar vinculadas a la necesidad de accesibilidad laboral. Las variables socioeconómicas identificadas pueden guiar futuras iniciativas de planificación urbana y transporte. Esta investigación se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 11 al aportar evidencia sobre accesibilidad y transporte sostenible.*

Términos claves — *Auto-selección Residencial, Factores socioeconómicos, Patrones de desplazamientos, Mínimos Cuadrados Ordinarios, Sistemas de Información Geográfica.*

INTRODUCCIÓN

El desplazamiento diario o “commuting” (en inglés), se refiere al movimiento que las personas realizan entre su lugar de residencia y su lugar de trabajo. Este fenómeno se ha intensificado durante las últimas décadas como resultado de la motorización y el crecimiento del uso del automóvil privado, otorgando a la población mayor libertad para residir en áreas suburbanas o rurales, alejadas de los centros de empleo [1]. Este estilo de vida ha

favorecido la movilidad laboral entre ciudades, aumentando los tiempos de viaje y la congestión vehicular, lo que genera transformaciones urbanas y demográficas. Estas transformaciones suelen incluir la expansión descontrolada de zonas urbanas, la pérdida de áreas verdes y un aumento de la impermeabilidad del suelo, contribuyendo a problemas ambientales como inundaciones y pérdida de biodiversidad.

A pesar de los esfuerzos para mejorar la infraestructura vial y promover el transporte público en Puerto Rico, el problema persiste debido a la dependencia del automóvil privado y la limitada oferta de transporte público eficaz. Esto ha impedido resolver la congestión vehicular y los largos tiempos de desplazamiento, especialmente en municipios suburbanos como Trujillo Alto.

Entre 2010 y 2020, la población de Puerto Rico disminuyó aproximadamente un 11.81%, pasando de 3,725,789 a 3,285,874 habitantes [2]. Este descenso poblacional no ha sido suficiente para aliviar la congestión vehicular, un reto en muchos municipios de la isla, incluyendo Trujillo Alto. Resolver esta problemática implica enfrentar múltiples desafíos: la disminución de la población, que reduce la base económica; la falta de oportunidades laborales dentro del municipio, que obliga a los residentes a trabajar en otras localidades; y la dependencia de vehículos privados, que aumenta la presión sobre las carreteras y la infraestructura existente.

Trujillo Alto, ubicado en el noreste de Puerto Rico, conecta con municipios como San Juan, Carolina, Gurabo y Caguas mediante expresos y carreteras principales y su proximidad le permite acceder a mercados laborales y recursos educativos. Se puede observar en la Figura 1. Según el censo de 2020, su población era de aproximadamente 67,740

personas, una notable reducción en comparación con los 74,842 habitantes registrados en 2010 [3]. Este descenso refleja cambios sociales y económicos, mientras el municipio experimenta un sostenido desarrollo.



Figura 1
Ubicación de Trujillo Alto

Los datos del Censo para el periodo 2016-2020, indican que la mayoría de los trabajadores de Trujillo Alto se desplazan hacia San Juan (13,069 trabajadores), seguido de Carolina (2,601), Guaynabo (1,740) y Bayamón (829), con otros municipios como Caguas, Canóvanas y Cataño también absorben una parte significativa del flujo laboral [4].

Comparado con el periodo 2011-2015, se observa una ligera variación en los destinos laborales. Durante ese intervalo, el principal destino laboral también fue San Juan (13,149 trabajadores), seguido de Carolina (3,068), Guaynabo (1,669), Caguas (788) y Bayamón (742). Igualmente, municipios como Canóvanas, Cataño, Río Grande y Toa Baja registraron una cantidad considerable de trabajadores provenientes de Trujillo Alto [5]. Este patrón reafirma la dependencia laboral fuera del municipio y su impacto en la congestión vehicular.

Este modelo de desplazamiento diario basado en el uso del automóvil no solo aumenta la congestión, sino también las emisiones de gases de efecto invernadero, el estrés de los conductores y el desgaste de la infraestructura vial. En contraste, el

transporte público ofrece una alternativa más sostenible, al reducir el impacto ambiental y disminuir los tiempos de viaje colectivos. Explorar los patrones de desplazamiento puede proporcionar información valiosa para entender las dinámicas laborales y urbanas.

En este contexto, surge el interés por examinar si los patrones de desplazamiento laboral pueden estar relacionados con un proceso conocido como Auto-selección Residencial o “Residential Self-Selection” (RSS) (en inglés). Este concepto se refiere a la tendencia de las personas a elegir su lugar de residencia en función de sus preferencias de viaje, necesidades de accesibilidad y características sociodemográficas [6]. Bajo esta perspectiva, individuos que necesitan desplazarse frecuentemente hacia otros municipios podrían seleccionar residencias en sectores que favorezcan su movilidad, configurando patrones residenciales influenciados por el desplazamiento diario. Estudios recientes sugieren que factores como las actitudes hacia ciertos modos de transporte o el tipo de empleo pueden funcionar como determinantes en estas decisiones residenciales [7], [8].

Por tanto, este análisis permite evaluar si el desplazamiento laboral hacia otros municipios influye significativamente en la ocurrencia de RSS en Trujillo Alto. Esta aproximación permite identificar tendencias que podrían guiar el desarrollo de soluciones más sostenibles y adaptadas a las necesidades locales, utilizando datos espaciales y herramientas de análisis geográfico.

OBJETIVOS

El presente estudio tiene como propósito analizar los patrones de desplazamiento laboral de los residentes de Trujillo Alto, enfocándose en la proporción de trabajadores que realizan sus traslados fuera del municipio desglosados por bloques censales en el año 2022.

Además, se propone evaluar si el desplazamiento laboral hacia otros municipios influye en las decisiones residenciales de los

habitantes, mediante la aplicación de un modelo de regresión Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Específicamente, se busca explorar si existe evidencia estadística que respalde la presencia del fenómeno de Auto-selección Residencial. También se pretende analizar cómo factores socioeconómicos como nivel de ingresos, nivel educativo, sexo, entre otros podrían relacionarse con la movilidad laboral y con la posible manifestación del RSS en Trujillo Alto.

Para alcanzar estos objetivos, se utilizarán datos del Censo y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo que permitirá visualizar patrones espaciales, modelar escenarios estadísticos y generar análisis precisos que sirvan de base para la toma de decisiones en la planificación urbana y del transporte.

REVISIÓN DE LITERATURA

El análisis de Wang [9] sobre los patrones de desplazamiento en Chicago enfatiza la importancia de la accesibilidad al empleo para comprender las variaciones intraurbanas. Mediante el uso de herramientas SIG y datos del Censo, identifica cómo el equilibrio entre empleo y vivienda influye en las distancias de desplazamiento, evidenciando que áreas con escasez o abundancia de empleo presentan diferencias significativas en los tiempos de viaje. De manera similar, Wang [10] explora estas dinámicas en Columbus, Ohio, resaltando que la proximidad a oportunidades laborales y las características socioeconómicas de los trabajadores determinan los patrones de desplazamiento. Estos estudios subrayan la necesidad de integrar factores espaciales y sociales en la planificación urbana, un aspecto crucial para Trujillo Alto, donde la limitada oferta de empleo local obliga a sus residentes a desplazarse diariamente a otros municipios, aumentando la congestión vehicular y la degradación ambiental.

La relación entre desplazamiento y nivel de ingresos ha sido analizada por French, Popovici y Timming [11] quienes concluyen que los desplazamientos más largos suelen estar asociados

con mayores ingresos, aunque influyen factores demográficos y socioeconómicos. En particular, los adultos jóvenes tienden a aceptar tiempos de viaje extensos en busca de oportunidades laborales, un patrón relevante para Trujillo Alto, donde muchos residentes trabajan en municipios cercanos.

En esta misma línea, Carra et al. [12] de desplazamiento en Dinamarca, el Reino Unido y Estados Unidos. Sus hallazgos sugieren que individuos con mayores ingresos tienden a recorrer distancias más largas, influenciados por preferencias de vivienda y disponibilidad de empleo. Sin embargo, también destacan que la movilidad laboral varía según el contexto económico y cultural, reflejando la heterogeneidad de los desplazamientos, un factor a considerar en el caso de Trujillo Alto.

Desde otra perspectiva, la hipótesis del Auto-selección Residencial (RSS) plantea que las personas tienden a elegir su lugar de residencia con base en sus preferencias de movilidad, lo que puede sesgar la relación entre el entorno construido y el comportamiento de viaje [7]. En este marco, el entorno puede actuar como mediador o moderador: mientras las actitudes personales influyen más en viajes no motorizados, las variables sociodemográficas tienen mayor peso en los viajes en automóvil. Este enfoque es pertinente para el caso de Trujillo Alto, donde se propone utilizar un modelo de regresión MCO para analizar si los desplazamientos laborales fuera del municipio están vinculados con decisiones residenciales autoinducidas.

Además, van Wee y Cao [6] establecen que el RSS puede distorsionar la relación entre el entorno urbano y la movilidad, por lo que recomiendan controlarlo en los análisis empíricos. Su influencia varía según el contexto urbano, siendo más pronunciada en entornos con múltiples opciones de transporte y vivienda. Los autores sugieren el uso de modelos longitudinales para capturar mejor estos efectos, así como la incorporación de métodos cualitativos.

En esta misma línea, Ettema y Nieuwenhuis [8] muestran que tanto las actitudes hacia los modos de

transporte como las razones explícitas para elegir una determinada ubicación residencial inciden de manera independiente en el comportamiento de viaje. En su estudio con hogares recientemente relocalizados en zonas orientadas al transporte en los Países Bajos, observaron que la coincidencia entre actitud y motivo de ubicación fue limitada. No obstante, quienes seleccionaron su residencia por razones de accesibilidad usaron con mayor frecuencia los modos de transporte disponibles. Este hallazgo sugiere que el RSS no solo se basa en preferencias personales, sino también en decisiones conscientes condicionadas por factores contextuales, lo cual debe ser considerado en los modelos que buscan explicar la movilidad diaria.

ÁREA DE ESTUDIO

Trujillo Alto, situado al noreste de la isla, se encuentra en las coordenadas 18°20'30.23"N y 66°0'23.40"W. Conformado por varios barrios, incluyendo Cuevas, Saint Just, Barrio Pueblo, Carraízo, Dos Bocas, La Gloria, Quebrada Negrito y Quebrada Grande. Abarca un área de aproximadamente 55 km² dividida en diecisiete (17) tractos censales, pequeñas subdivisiones estadísticas definidas por códigos numéricos únicos y cuarenta (40) grupos de bloques, divisiones de los tractos censales, suelen tener entre 600 y 3.000 habitantes diseñadas para facilitar el análisis demográfico y socioeconómico [13]. La Tabla 1 presenta la cantidad de grupos de bloques por tracto censal, mientras que la Figura 2 se puede observar la distribución espacial de los grupos de bloques por tracto censales.

El municipio se conecta con otros centros urbanos claves como San Juan, Carolina, Caguas y Gurabo mediante vías principales como la carretera PR-181. Sin embargo, la falta de una infraestructura de transporte público adecuada obliga a los residentes a depender mayormente de vehículos privados, lo que a su vez ha intensificado la congestión vehicular en estas rutas.

Tabla 1
Cantidad de bloques censales por tracto censales

Tracto Censales	Grupos de Bloques
601.02	2
601.03	2
601.04	3
602.12	4
602.13	2
602.22	3
602.23	3
602.24	2
602.25	2
602.26	1
603.01	2

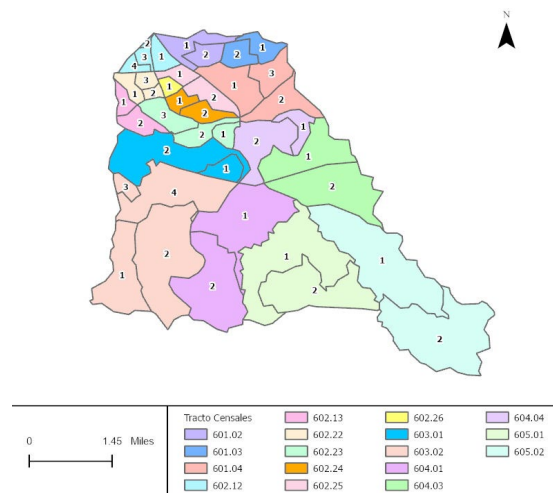


Figura 2
Tracto Censales y Bloque Censales de Trujillo Alto

METODOLOGÍA

Para este proyecto se utilizó la herramienta de Regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) disponible en el programa ArcGIS Pro. MCO es un método estadístico empleado para estimar los parámetros desconocidos (coeficientes) de un modelo de regresión lineal. En el contexto de ArcGIS Pro, esta herramienta permite analizar y modelar relaciones espaciales mediante regresión lineal, generando un modelo global que representa la relación entre una variable dependiente y una o más variables explicativas [14]. Su objetivo es identificar patrones espaciales, explicar por qué ciertos fenómenos ocurren en determinadas áreas, y realizar predicciones basadas en esas relaciones.

El proceso inicia proporcionando una capa geográfica, junto con la variable dependiente y una o más variables explicativas. Al ejecutarse, la herramienta genera una nueva capa con los residuos del modelo, así como un reporte estadístico con métricas de desempeño, que indican cuánta variabilidad en la variable dependiente se explica por el modelo.

Además, la herramienta evalúa la significancia de cada variable explicativa usando pruebas estadísticas como los valores p , e incluye diagnósticos que verifican la validez del modelo, tales como la estacionariedad espacial y la homocedasticidad. También se analizan posibles problemas como la multicolinealidad mediante el Factor de Inflación de la Varianza (VIF) y se evalúa la normalidad de los residuos con la prueba de Jarque-Bera [15].

Previamente a la ejecución del modelo MCO, se realizó un proceso de selección de variables necesarias para el estudio. Se hace una búsqueda en la base de datos del Censo de los Estados Unidos. Donde se selecciona variables correlacionales al objetivo de estudio que proviene de la Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense (en inglés: “American Community Survey” (ACS)). La Encuesta sobre la Comunidad Estadounidense es una fuente de datos clave recopilada cada año por la Oficina del Censo de EE. UU. Su propósito es proporcionar información detallada y actualizada sobre la población y sus características en los Estados Unidos y sus territorios. Específicamente, la ACS recopila datos sobre demografía, aspectos sociales, economía, vivienda y entre otros [16].

Las variables correspondientes a los grupos de bloques censales de Trujillo Alto fueron seleccionadas a partir de los resultados obtenidos mediante la herramienta de Regresión Exploratoria. Esta herramienta permite evaluar diversas relaciones espaciales entre variables geográficas, facilitando la identificación de aquellas que explican de manera más efectiva la variable dependiente y eliminando aquellas que resultan redundantes. En esta fase, se definió como variable dependiente el total de trabajadores que laboran

fuera del municipio. Como resultado del análisis, se identificaron las siguientes variables explicativas no redundantes (Modelo A):

- Total de hombres
- Total de mujeres
- Total de personas que usan carro, camión o van
- Ingreso per cápita
- Diploma de escuela superior
- Diploma de bachillerato
- Media ponderada de duración de tiempo
- Total de personas en profesiones de servicios
- Total de personas en profesiones de ventas y oficinas
- Total de personas en profesiones de recursos naturales, construcción y mantenimiento
- Distancia más cerca de una carretera principal (metros)

A partir de estos resultados, se ejecutó nuevamente el modelo MCO utilizando únicamente las variables que resultaron estadísticamente significativas (Modelo B):

- Total de mujeres
- Total de personas que usan carro, camión o van
- Ingreso per cápita

Finalmente, el análisis generó una serie de salidas estadísticas y espaciales que permitieron evaluar el ajuste general del modelo, la validez de los supuestos estadísticos y la influencia espacial de cada variable explicativa sobre la variable dependiente.

RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de dos modelos de regresión. Cada modelo ofrece una perspectiva distinta sobre los factores que influyen en la movilidad laboral de los residentes de Trujillo Alto.

Modelo A

El modelo de regresión MCO aplicado en este estudio presenta un excelente ajuste global, con un R-cuadrado de 0.938 y un R-cuadrado ajustado de 0.914, lo que indica que más del 90% de la

variabilidad en la proporción de trabajadores que se desplazan fuera de Trujillo Alto puede explicarse por las variables seleccionadas. Las pruebas de significancia conjunta del modelo (F y Wald) resultaron altamente significativas ($p < 0.001$), lo que confirma que, en conjunto, las variables explicativas contribuyen significativamente a explicar la variable dependiente. Además, los diagnósticos del modelo no reflejan problemas de heterocedasticidad (Koenker-BP no significativo) ni sesgo en la distribución de los residuos (Jarque-Bera no significativo), lo que refuerza la validez estadística del modelo.

En cuanto a las variables individuales, se identificaron como estadísticamente significativas aquellas relacionadas con el sexo femenino, el uso de transporte privado (carros, camiones o vans) y el ingreso per cápita. Estas variables mostraron una relación positiva con el desplazamiento laboral fuera del municipio, lo que sugiere que ciertos grupos poblacionales, especialmente mujeres y personas con mayor acceso a vehículos o mayores ingresos, tienden a movilizarse con mayor frecuencia a otras jurisdicciones para trabajar. Los coeficientes y valores estadístico de cada variable se presentan en la Tabla 2. Estas observaciones son consistentes con la literatura revisada y apoyan la hipótesis del estudio sobre la posible manifestación del fenómeno de Auto-selección Residencial, en el cual las decisiones de residencia se ven influenciadas por la necesidad de accesibilidad laboral.

Por otro lado, variables como el total de hombres, el nivel educativo (diploma de escuela superior y bachillerato), la duración promedio del tiempo de desplazamiento, el total de personas empleadas en ocupaciones de servicios y el total de ocupaciones en los sectores de ventas, recursos naturales y construcción no mostraron significancia estadística. Esto sugiere que, aunque forman parte del contexto socioeconómico del municipio, su efecto sobre la movilidad laboral no es determinante dentro del modelo planteado. Asimismo, algunas de estas variables presentan valores altos de colinealidad (VIF), lo que indica

posibles redundancias y la necesidad de evaluar su permanencia en modelos futuros.

La variable distancia a carretera principal presentó un coeficiente negativo (-0.089686) con un valor de $p = 0.0859$, lo que indica una relación marginalmente significativa. Este resultado sugiere que, a medida que aumenta la distancia entre la residencia y una vía principal, disminuye la proporción de trabajadores que se desplazan fuera del municipio. En otras palabras, las personas que viven más cerca de una carretera principal tienen mayor probabilidad de trabajar fuera del municipio. Aunque el efecto no es concluyente, señala una posible influencia de la accesibilidad vial sobre la movilidad laboral. Este hallazgo refuerza parcialmente la hipótesis del RSS, al indicar que la localización residencial puede estar influida por la proximidad a infraestructura vial que facilita el desplazamiento diario.

Tabla 2
Resultados Por Variable – Modelo A

Variable	Coefficientes	Valor de p	VIF
Hombre	-0.077532	0.377006	6.034651
Mujer	0.220321	0.034482	9.356163
Usan carro, camión o van	0.481494	0.000198	10.780741
Ingreso per cápita	0.010639	0.010151	5.309318
Escuela superior	-0.048409	0.686980	2.144217
Bachillerato	-0.045374	0.693250	6.385442
Media ponderada de duración de tiempo	0.668059	0.802227	1.981719
Profesiones de servicios	0.502658	0.050865	1.747704
Profesiones de ventas y oficinas	0.298947	0.061904	2.706751
Profesiones de recursos naturales, construcción y mantenimiento	0.110814	0.817943	1.659302
Distancia a carretera principal	-0.089686	0.085987	1.770655

Además, la herramienta genera una capa de información que contiene los residuos estandarizados, como se muestra en la Figura 3. Los resultados presentan que el desempeño predictivo fue preciso en la mayoría de los grupos

de bloques censales. En total, 19 de los 40 bloques presentaron residuos entre -0.5 y 0.5 desviaciones estándar, lo que indica una alta concordancia entre los valores observados. Solo dos bloques —el Grupo de Bloque 2 del Tracto Censal 604.01 y el Grupo de Bloque 2 del Tracto 605.02— se ubicaron por debajo de -1.5 desviaciones estándar, lo que indica una sobrestimación significativa por parte del modelo en esas áreas.

Ambos grupos presentan características demográficas y socioeconómicas distintivas dentro del municipio. El Grupo 604.01-2 registra una población de 1,982 personas, se caracteriza por una alta proporción de trabajadores en ocupaciones de construcción y recursos naturales, y reporta tiempos de viaje laborales prolongados. Su valor mediano de vivienda (\$128,300) es considerablemente inferior al promedio (\$157,211), lo que podría reflejar condiciones económicas más limitadas. Esta zona está atravesada por la carretera PR-941, que conecta con el municipio de Gurabo, colindante con el área. Se trata de un entorno predominantemente rural, con vegetación abundante y acceso limitado al transporte público, lo que genera una fuerte dependencia del vehículo privado.

Por su parte, el Grupo 605.02-2 tiene una población de 1,933 personas y una alta concentración de empleos en los sectores de producción y transporte. Reporta tiempos de viaje más equilibrados y un valor mediano de vivienda de \$152,200, cercano al promedio municipal. Esta zona colinda con los municipios de Carolina y Gurabo, y está conectada por las carreteras PR-852 (hacia Carolina) y PR-8852 (hacia Gurabo). Al igual que el Grupo 604.01-2, presenta una topografía boscosa, acceso limitado a transporte público y alta dependencia del automóvil privado.

Además, podría deberse a factores locales no incluidos en el modelo, como decisiones individuales de movilidad laboral no explicadas por las variables sociodemográficas o de infraestructura vial. No se observaron residuos mayores a 2.5 desviaciones estándar, lo que sugiere ausencia de subestimación extrema en el resto del municipio.

En términos prácticos, estos resultados respaldan la robustez general del modelo y refuerzan su utilidad como herramienta exploratoria para evaluar la relación entre ubicación residencial y movilidad laboral. La sobreestimación localizada en algunos bloques podría sugerir que, en ciertas zonas, las decisiones residenciales no responden únicamente a la accesibilidad vial, lo cual invita a considerar dimensiones adicionales del RSS, como preferencias personales o restricciones económicas, en estudios futuros.

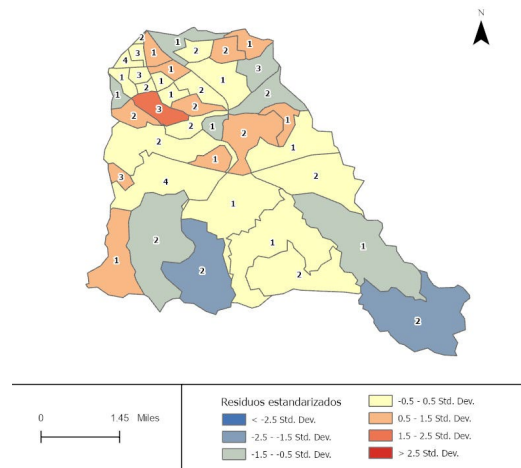


Figura 3
Residuos Estandarizados por Grupo de Bloques Modelo A
Modelo B

El Modelo B, ajustado con solo tres variables explicativas, demuestra un rendimiento estadístico sólido y robusto. El valor de R-cuadrado ajustado fue de 0.9106, lo que indica que más del 91% de la variabilidad en la proporción de trabajadores que se desplazan fuera del municipio de Trujillo Alto puede explicarse por las variables seleccionadas. El modelo es altamente significativo, como reflejan tanto el estadístico F conjunto ($p < 0.001$) como la prueba de Wald ($p < 0.001$), lo que confirma la validez del modelo. A diferencia del modelo más amplio, en este caso no se identificaron problemas de heterocedasticidad (Koenker-BP no significativo), aunque la prueba de Jarque-Bera resultó significativa ($p = 0.009$), lo que sugiere cierta desviación de la normalidad en los residuos

que debe ser considerada al interpretar los resultados.

En términos de variables individuales, el uso del transporte privado (carros, camiones o vans) se destaca como el predictor más significativo, con una relación positiva y altamente significativa con el desplazamiento laboral fuera del municipio ($p < 0.001$), respaldando la hipótesis del estudio sobre el impacto de la motorización en los patrones de movilidad. Asimismo, el ingreso per cápita muestra una influencia estadísticamente significativa ($p < 0.01$), lo que concuerda con hallazgos previos que asocian mayores ingresos con una mayor disposición a recorrer distancias más largas para acceder a mejores oportunidades laborales. Por otro lado, la variable correspondiente al total de mujeres no alcanzó significancia estadística ($p > 0.1$), aunque mostró una tendencia positiva, por lo que su inclusión sigue siendo relevante desde una perspectiva exploratoria. Estos resultados se resumen en la Tabla 3.

En conjunto, los resultados de este modelo simplificado permiten una interpretación más directa y estadísticamente más robusta al reducir el ruido generado por variables no significativas, manteniendo al mismo tiempo una alta capacidad explicativa. Esta versión del modelo refuerza la idea de que factores como el acceso a transporte privado y el nivel de ingresos son determinantes clave en la movilidad laboral fuera del municipio, lo que apoya la hipótesis de que existe un componente vinculado al desplazamiento diario en Trujillo Alto.

Tabla 3
Resultados Por Variable – Modelo B

Variable	Coefficientes	Valor de p	VIF
Mujer	0.093973	0.125537	4.305639
Usan carro, camión o van	0.666811	0.000000	4.701373
Ingreso per cápita	0.005339	0.003745	1.208257

Además, la capa de información generada que contiene los residuos estandarizados permitió identificar qué tan precisas fueron las predicciones del modelo en cada grupo de bloques censales,

como se observa en la Figura 4. La mayoría de los bloques (20 de 40) presentaron residuos cercanos a cero, lo que indica que el modelo predijo correctamente la proporción de personas que trabajan fuera del municipio. No obstante, se detectaron dos bloques con residuos menores a -2.5 , Grupo de bloque 2 del tracto censal 604.01 y Grupo de bloque 2 del tracto censal 605.02, los mismos grupos de bloques mencionados en el Modelo A. Esto puede sugerir que el modelo sobreestimó significativamente los valores observados en esas áreas. Esta diferencia puede deberse a factores que no se incluyeron en el modelo, como decisiones personales relacionadas con la movilidad laboral. Estos resultados destacan la importancia de seguir evaluando otras variables que puedan influir en el desplazamiento diario de los residentes.

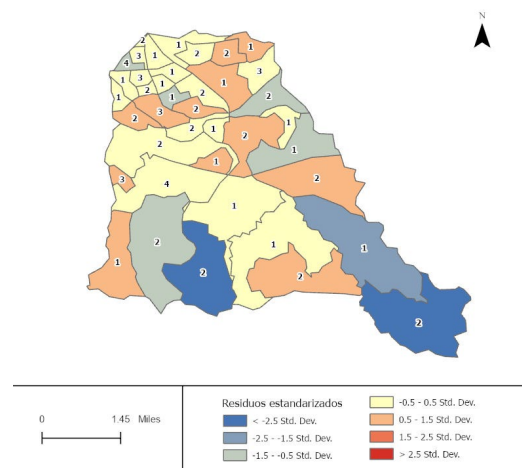


Figura 4
Residuos Estandarizados por Grupo de Bloques Modelo B

CONCLUSIÓN

El presente estudio logró identificar y modelar los factores que inciden en el desplazamiento laboral fuera del municipio de Trujillo Alto mediante la aplicación de la herramienta de regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios. Los resultados obtenidos muestran que variables como el uso de transporte privado, el ingreso per cápita y, en menor medida, el sexo femenino, están positivamente asociadas con una mayor proporción de personas que trabajan fuera del municipio. Estos hallazgos son consistentes con la literatura revisada,

que plantea que las condiciones socioeconómicas y la motorización influyen directamente en los patrones de movilidad laboral.

Además, el análisis reveló que la variable distancia a carretera principal presentó un coeficiente negativo y una significancia marginal, lo que indica una relación inversa con la variable dependiente. En este caso, a medida que disminuye la distancia entre la residencia y una carretera principal, aumenta la proporción de personas que se desplazan fuera del municipio para trabajar. Este hallazgo sugiere que la accesibilidad a vías principales podría ser un factor clave en la decisión de residencia, ya que residir más cerca de una vía principal facilita el desplazamiento diario hacia otras jurisdicciones. Por tanto, esta relación inversa refuerza con mayor claridad la hipótesis del Auto-selección Residencial, al evidenciar que los residentes podrían estar seleccionando su ubicación habitacional con base en la proximidad a infraestructura vial que mejora su conectividad laboral.

En este sentido, el modelo A aportó evidencia exploratoria clave al incluir variables adicionales como la distancia a carreteras, mostrando una distribución más equilibrada de los residuos estandarizados y sin presencia de residuos extremos, lo que sugiere un ajuste espacial sólido. Por otro lado, el modelo B, más simplificado y estadísticamente robusto, exhibió mayor precisión en términos globales, pero presentó dos bloques con sobrestimaciones severas, lo que podría indicar una menor capacidad para capturar variaciones locales relacionadas con la movilidad laboral.

La comparación entre ambos modelos muestra que, aunque el modelo B optimiza la robustez estadística, el modelo A ofrece una mayor sensibilidad territorial, permitiendo detectar cómo elementos del entorno construido como la cercanía a vías principales influyen en las decisiones residenciales. En conjunto, estos resultados permiten afirmar que la teoría del Auto-selección Residencial resulta aplicable al caso de Trujillo Alto. Aunque no se puede establecer una relación causal directa, los patrones observados de mayor

desplazamiento laboral en residentes con acceso a transporte privado, mayores ingresos y menor distancia a carreteras sugieren que las decisiones de residencia están influenciadas por la necesidad de facilitar la movilidad hacia otras jurisdicciones. Esto refuerza la idea de que tanto los factores sociodemográficos como la infraestructura vial desempeñan un papel determinante en la selección del lugar de vivienda.

REFERENCIAS

- [1] G. Lyons and K. Chatterjee, "A human perspective on the daily commute: costs, benefits and trade-offs," *Transport Reviews*, vol. 28, no. 2, pp. 181-198, 2008.
- [2] U.S. Census Bureau, "TOTAL POPULATION," *Decennial Census, DEC 118th Congressional District Summary File, Table P1*, 2020. [En línea]. Disponible: <https://data.census.gov/table/DECENNIALCD1182020.P1?g=040XX00US72>.
- [3] U.S. Census Bureau, "RACE," *Decennial Census, DEC Redistricting Data (PL 94-171), Table P1*, 2020. [En línea]. Disponible: <https://data.census.gov/table/DECENNIALPL2020.P1?g=050XX00US72139>.
- [4] U.S. Census Bureau, "2016-2020 5-Year ACS Commuting Flows," *Census.gov*, Jun. 14, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.census.gov/data/tables/2020/demo/metro-micro/commuting-flows-2020.html>.
- [5] U.S. Census Bureau, "2011-2015 5-Year ACS commuting flows," *Census.gov*, Jun. 14, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.census.gov/data/tables/2015/demo/metro-micro/commuting-flows-2015.html>.
- [6] B. van Wee and X. J. Cao, "Residential self-selection in the relationship between the built environment and travel behavior: A literature review and research agenda," *Advances in Transport Policy and Planning*, vol. 9, pp. 75-94, 2022.
- [7] T. H. T. Gim, "Residential self-selection or socio-ecological interaction? the effects of sociodemographic and attitudinal characteristics on the built environment-travel behavior relationship," *Transportation*, vol. 50, no. 4, pp. 1347-1398, 2023.
- [8] D. Ettema and R. Nieuwenhuis, "Residential self-selection and travel behaviour: what are the effects of attitudes, reasons for location choice and the built environment?," *Journal of Transport Geography*, vol. 59, pp. 146-155, 2017.
- [9] F. Wang, "Modeling commuting patterns in Chicago in a GIS environment: A job accessibility perspective," *The*

- Professional Geographer*, vol. 52, no. 1, pp. 120-133, 2000.
- [10] F. Wang, "Explaining intraurban variations of commuting by job proximity and workers' characteristics," *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 28, no. 2, pp. 169-182, 2001.
- [11] M. T. French, I. Popovici, and A. R. Timming, "Analysing the effect of commuting time on earnings among young adults," *Applied economics*, vol. 52, no. 48, pp. 5282-5297, 2020.
- [12] G. Carra, I. Mulalic, M. Fosgerau, and M. Marthelemy, "Modelling the relation between income and commuting distance," *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 13, no. 119, pp. 1-8, 2016.
- [13] U.S. Census Bureau, "Glossary," *Census.gov*. Apr. 11, 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.census.gov/programs-surveys/geography/about/glossary.html>.
- [14] G. Grekousis, *Spatial analysis methods and practice: describe–explore–explain through GIS*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2020.
- [15] ESRI, "Cómo funciona la regresión OLS". [En línea]. Disponible: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/3.3/tool-reference/spatial-statistics/how-ols-regression-works.htm>.
- [16] U.S. Census Bureau. "About the American Community Survey," *Census.gov*, Oct. 09, 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.census.gov/programs-surveys/acs/about.html>.