



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

“La deserción escolar como predictor de robos en la ciudad de Guayaquil
desde un enfoque estadístico espacial”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO ESTADÍSTICO

Presentado por:

Josué Enrique Alvear Macías

Christian Javier Salas Márquez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2023

DEDICATORIA

A Dios, quien es el proveedor de la sabiduría.

A mi familia, quienes siempre confiaron en mí y me brindaron todo su apoyo. A Mishell, por estar siempre a mi lado y no dejarme caer.

Josué Alvear M.

DEDICATORIA

A Dios, a mi familia, a mis profesores, y a mis amistades.

Christian Salas M.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por siempre guiar mis pasos, por darme la fortaleza y la sabiduría para poder cumplir todas mis metas.

A mis padres José Alvear y Marisol Macias por siempre confiar en mí, gracias a sus valiosos consejos que son de mucha inspiración y me ayudan a cumplir todos mis objetivos. A mis dos hermanas Jazmin y Sarita por acompañarme y apoyarme en toda esta etapa.

A Mishell Macias, por estar a mi lado y brindarme todo su apoyo, ayuda, consejos, y sobre todo por el amor que me brinda para no dejarme caer.

A los docentes de la Espol que ayudaron a mi formación profesional, al Ph.D. Francisco Vera por ser nuestro tutor y Christian Salas por el esfuerzo dedicado en la realización de este proyecto.

Josué Alvear M.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de estudiar y guiar mi camino para cumplir mis objetivos.

A mis padres quienes siempre me apoyaron y motivaron a seguir adelante en mis estudios universitarios.

A todos los profesores que nos apoyaron en el desarrollo de este proyecto, en especial a nuestro tutor el Ph.D. Francisco Vera.

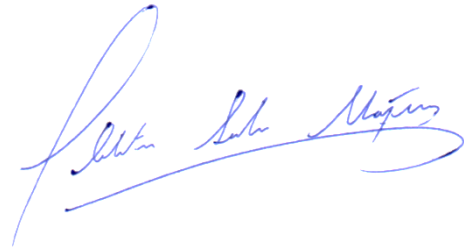
A mi compañero Josué Alvear por todo el esfuerzo y trabajo en equipo que hemos realizado.

Christian Salas M.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Nosotros, Josué Enrique Alvear Macías y Christian Javier Salas Márquez, damos nuestro consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Josué Enrique Alvear Macías



Christian Javier Salas Márquez

EVALUADORES

Ph.D. Sandra Lorena García Bustos

PROFESOR DE LA MATERIA

Ph.D. Francisco Xavier Vera Alcívar

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En la actualidad, el Ecuador está pasando por una grave ola de violencia y crimen organizado, siendo Guayaquil una de las ciudades más afectadas. Además, se presentan simultáneamente otras problemáticas como la deserción escolar, la cual provoca que niños y jóvenes queden vulnerables ante bandas criminales que buscan reclutar a menores de edad para cometer delitos. Por lo tanto, surge la interrogante de cómo se relacionan las tasas de deserción escolar con el incremento en el número de robos en los barrios de la ciudad de Guayaquil.

Para abordar esta pregunta, se implementó un modelo lineal generalizado mixto de Poisson-Lognormal que permitió determinar el grado de asociación entre las tasas de deserción escolar y el conteo de robos en la ciudad de Guayaquil. Para lograrlo, se construyó un conjunto de datos de panel utilizando registros de alertas por robo proporcionados por el Servicio de Seguridad Integrado ECU 911 y datos abiertos del Ministerio de Educación, tomando como periodo de estudio los años entre 2018 y 2021.

Entre los principales resultados se obtuvo que la variable que mejor se ajusta al conteo de robos es la tasa de deserción escolar de los niveles desde 8vo de Educación General Básica hasta 3ro de Bachillerato en unidades educativas con sostenimiento fiscal y fiscomisional. Además, se planteó el escenario de que, si las tasas de deserción en los barrios de Guayaquil se reducen a 1%, esto se asociaría con una reducción de al menos 1000 robos entre todos los barrios analizados, lo que representa una reducción del 5% de robos en la ciudad.

Palabras claves: Tasa de deserción escolar, Conteo de robos, Datos de panel, Modelo lineal generalizado mixto de Poisson-Lognormal.

ABSTRACT

Currently, Ecuador is going through a serious wave of violence and organized crime, with Guayaquil being one of the most affected cities. In addition, other problems arise simultaneously, such as school dropouts, which leave children and young people vulnerable to criminal gangs that seek to recruit minors to commit crimes. Therefore, the question arises as to how school dropout rates are related to the increase in the number of robberies in the neighborhoods of the city of Guayaquil.

To address this question, a generalized linear mixed Poisson-Lognormal model was implemented to determine the degree of association between school dropout rates and theft count in the city of Guayaquil. To achieve this, a panel data set was built using theft alert records provided by the ECU 911 Integrated Security Service and open data from the Ministry of Education, taking the years between 2018 and 2021 as the study period.

Among the main results, it was obtained that the variable that best fits the count of thefts is the school dropout rate for levels from 8th grade of Basic General Education to 3rd grade of Baccalaureate in public schools. Additionally, the scenario was raised that, if dropout rates in Guayaquil neighborhoods were reduced to 1%, this would be associated with a reduction of at least 1000 robberies among all neighborhoods analyzed, which represents a 5% reduction of robberies in the city.

Key words: School dropout rate, Theft count, Panel data, Poisson-Lognormal generalized linear mixed model.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ABREVIATURAS	v
SIMBOLOGÍA.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	1
INTRODUCCIÓN	2
Descripción del problema.....	2
Justificación del problema	3
Objetivos.....	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos.....	4
Marco Teórico.....	5
Deserción Escolar	5
Tasa de Deserción Escolar.....	5
Definición de Robo.....	5
Definición de Barrio.....	6
Servicio Integrado de Seguridad ECU 911	6
Datos de panel	6
Modelos lineales generalizados mixtos	6
Efectos aleatorios a nivel de observación (OLRE).....	7
Criterio de información de Akaike (AIC)	7
Revisión Bibliográfica.....	8
METODOLOGÍA	10

Obtención de los datos.....	10
Tasas de deserción escolar.....	10
Número de robos en los barrios de Guayaquil.....	10
Unidad de análisis	11
Construcción del conjunto de datos de panel.....	11
Implementación en R.	12
Selección del modelo y evaluación del modelo.....	12
Modelo ajustado	13
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	14
Análisis Exploratorio.....	14
Análisis Espacial.....	17
Número de robos en los barrios de Guayaquil.....	17
Tasas de deserción en instituciones fiscales y fiscomisionales de Guayaquil de alumnos de 8vo EGB media hasta 3ro de bachillerato.....	22
Selección y Evaluación del modelo	27
Formulación del modelo GLMM Poisson-Lognormal	28
Resultados del ajuste del modelo	28
Bondad de ajuste.....	30
Predicción de robos.....	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
Conclusiones	33
Recomendaciones.....	34
BIBLIOGRAFÍA.....	35
APÉNDICES	39

ABREVIATURAS

AIC	Criterio de Información de Akaike
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
EGB	Educación General Básica
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
GLMM	Generalized Linear Mixed Model
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
OMS	Organización Mundial de la Salud
OLRE	Observation-Level Random Effects
SIS	Servicio Integrado de Seguridad

SIMBOLOGÍA

Y_i	Vector n_i -dimensional de respuestas Y_{ij} para cada i
X_i	Matriz $(n_i \times p)$ -dimensional de predictores con efectos fijos β
Z_i	Matriz $(n_i \times q)$ -dimensional de predictores con efectos aleatorios \mathbf{b}_i
$h^{-1}(\cdot)$	Función de enlace de valor vectorial
ϕ	Parámetro de dispersión
η_{ij}	Predictor lineal
μ_{ij}	Valores esperados condicionales
$V(\mu_{ij})$	Función de varianza

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Conteo de robos en la ciudad de Guayaquil por año</i>	14
Figura 2 <i>Conteo de robos en la ciudad de Guayaquil por hora y año</i>	15
Figura 3 <i>Tasa de abandono escolar media en la ciudad de Guayaquil por año</i>	16
Figura 4 <i>Correlaciones robustas entre en las variables de conteo de robos y tasa de deserción (EGB Media y Bachillerato)</i>	17
Figura 5 <i>Mapa del conteo de robos de los barrios de Guayaquil en 2018</i>	18
Figura 6 <i>Mapa del conteo de robos de los barrios de Guayaquil en 2019</i>	19
Figura 7 <i>Mapa del conteo de robos de los barrios de Guayaquil en 2020</i>	20
Figura 8 <i>Mapa del conteo de robos de los barrios de Guayaquil en 2021</i>	21
Figura 9 <i>Mapa de las tasas de deserción escolar de los barrios de Guayaquil para el periodo lectivo 2018-2019</i>	23
Figura 10 <i>Mapa de las tasas de deserción escolar de los barrios de Guayaquil para el periodo lectivo 2019-2020</i>	24
Figura 11 <i>Mapa de las tasas de deserción escolar de los barrios de Guayaquil para el periodo lectivo 2020-2021</i>	25
Figura 12 <i>Mapa de las tasas de deserción escolar de los barrios de Guayaquil para el periodo lectivo 2021-2022</i>	26
Figura 13 <i>Mapa de la predicción de robos utilizando un escenario de tasa de deserción del 1%</i>	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Indicador AIC de los modelos GLMM</i>	27
Tabla 2 <i>Efectos aleatorios del modelo GLMM Poisson-Lognormal</i>	28
Tabla 3 <i>Efectos fijos del modelo GLMM Poisson-Lognormal</i>	29
Tabla 4 <i>Efectos aleatorios y fijos para cada año del modelo GLMM Poisson-Lognormal</i>	29
Tabla 5 <i>Predicción de conteo de robos en el escenario de 1% de tasa de deserción</i>	32

INTRODUCCIÓN

El Ecuador está atravesando una de las peores crisis de criminalidad de toda su historia, esto ha llevado a la ciudad de Guayaquil a ocupar el puesto 24 del ranking de las 50 ciudades más violentas del mundo (El Universo, 2023a). Además, las autoridades gubernamentales se han puesto en alerta debido a la creciente participación de menores en delitos como asesinatos, secuestros, y robos; la cual estaría vinculada con el reclutamiento de menores que es perpetrado por los grupos de crimen organizado (Primicias, 2023b). Por ello, es vital analizar los registros de llamadas por robo del Servicio Integrado de Seguridad ECU 911, el ente encargado de atender las emergencias de seguridad pública del Ecuador; y los registros de datos abiertos de la deserción escolar proporcionados por el Ministerio de Educación en su página web.

En particular, mediante el desarrollo de un modelo estadístico predictivo que relacione las tasas de abandono escolar y los datos históricos de llamadas por robo del ECU 911 en los barrios de la ciudad de Guayaquil, se puede obtener información que proporcione a las autoridades y responsables de la toma de decisiones, conocimientos valiosos para implementar políticas públicas y medidas preventivas de manera oportuna y focalizada. Los resultados de la modelización estadística aportarían en el desarrollo medidas preventivas y de intervención temprana con el objetivo de disminuir las tasas de deserción escolar y a su vez establecer estrategias de seguridad más eficaces y aumentar la presencia policial en zonas de alto riesgo.

Descripción del problema

La deserción escolar y los robos en la ciudad de Guayaquil son problemas que deben ser investigados debido a su impacto negativo en la sociedad y en la calidad de vida de los guayaquileños. De acuerdo con Moreno (2013), la deserción escolar trae como consecuencia la marginación de niños y jóvenes, prolongando el círculo de pobreza en las sociedades. Además, cuando los estudiantes abandonan sus estudios, se encuentran vulnerables a ser víctimas del

trabajo infantil y otros crímenes. Esto significa que la deserción escolar tiene consecuencias negativas a nivel socioeconómico, ya que afecta el desarrollo de las comunidades.

Por otro lado, los robos representan una amenaza directa para la seguridad y el bienestar de las personas. Los altos índices de robos en la ciudad de Guayaquil generan preocupación, inseguridad y un ambiente de incertidumbre. La salud mental de los guayaquileños se ve afectada, ya que viven con el miedo constante a ser víctimas de la delincuencia (El Universo, 2023b). Además, los robos y la violencia tienen consecuencias negativas en el desarrollo de las sociedades, dado que pueden desalentar la inversión extranjera, y empeorar la carga socioeconómica para las futuras generaciones (Buvinic et al., 2005)

Estos problemas están relacionados, ya que la deserción escolar puede ser un factor de riesgo que influye en el aumento de robos y de la delincuencia común debido a que los jóvenes que abandonan la escuela pueden ser más propensos a involucrarse en actividades delictivas. Así mismo, el abandono escolar estaría asociado con el desempleo, y la falta de acceso a nuevas oportunidades (Torres et al., 2015)

Justificación del problema

La inseguridad en el Ecuador ha alcanzado niveles preocupantes. El ministro del Interior Juan Zapata explicó que el Ecuador se encuentra en su crisis de violencia más grave (El Comercio, 2023). La ciudad de Guayaquil, formando parte del ranking de las 50 ciudades más violentas del mundo, no es ajena a estos problemas de criminalidad. Los ciudadanos sienten ansiedad y se rehúsan a salir de sus casas por miedo a ser víctimas colaterales de la delincuencia (El Universo, 2023b). En respuesta a esto, el gobierno ha implementado medidas dentro de sus ejes gubernamentales para contrarrestar el aumento de la criminalidad.

En el ámbito social, por ejemplo, el Ministerio de Educación ha implementado el programa *Todos al Aula*, el cual tiene como objetivo identificar a los 70861 niños y jóvenes en todo el país que no están asistiendo a ningún centro educativo, con el propósito de reducir la

tasa de deserción escolar (Paucar, 2023). El hecho de que abandonen sus estudios los hace vulnerables ante bandas delictivas que intentan reclutar menores de edad para cometer actos delictivos, aprovechándose de su condición de inimputabilidad (Primicias, 2023b).

De ahí la necesidad urgente de desarrollar un modelo estadístico predictivo que analice cómo se relacionan las tasas de deserción escolar con el aumento de alertas por robos, y que permita obtener las predicciones del conteo de robos en los barrios de la ciudad a partir de diferentes escenarios de tasas de deserción escolar. Esto brindará a las autoridades información valiosa para implementar políticas públicas y medidas de mitigación.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un modelo estadístico predictivo que utilice las tasas de deserción escolar para la predicción del número de robos en los barrios de la ciudad de Guayaquil mediante modelos lineales generalizados mixtos de Poisson.

Objetivos Específicos

- Construir un conjunto de datos de panel que cruce el conteo de robos de cada barrio de Guayaquil con los datos de deserción escolar de las escuelas de la ciudad utilizando los registros de denuncias por robo del ECU 911 y datos abiertos del Ministerio de Educación, desde el 2018 al 2021.
- Implementar un modelo lineal generalizado mixto de Poisson Log-normal que permita utilizar las tasas de deserción escolar anuales para la predicción del conteo de robos en la ciudad de Guayaquil.
- Elaborar mapas de las predicciones de robos con base en las tasas de deserción escolar de los barrios de Guayaquil para la identificación de áreas de riesgo más críticas aplicando los resultados de la modelización estadística.

Marco Teórico

Deserción Escolar

La deserción escolar puede definirse como el acto de abandonar los estudios sin antes haberlos finalizado. Esta definición se puede aplicar a cualquier nivel educativo (Ruiz-Ramírez et al., 2014).

Tasa de Deserción Escolar

La tasa de abandono escolar se define como la cantidad de alumnos contabilizados al finalizar un período lectivo que desertan un determinado curso de estudios, expresado como porcentaje del total de alumnos matriculados al final del mismo curso de estudios y periodo lectivo (Ministerio de Educación, 2022).

$$TAB = \frac{Ab_g^t}{M_g^t} \times 100$$

En donde:

- TAB : Tasa de abandono escolar
- g : Grado de estudio (aplicable para cualquier grado de educación general básica y bachillerato)
- t : Periodo escolar.
- Ab_g^t : Estudiantes que abandonan el grado g en el periodo lectivo t .
- M_g^t : Total de alumnos matriculados en el grado g en el periodo lectivo t .

Definición de Robo

Un robo se define como el acto en el que una persona se apropia de un objeto que le pertenece a otra mediante el uso de intimidación o amenazas. En Ecuador, un robo se penaliza con 5 a 7 años de encarcelamiento (Código Orgánico Integral Penal COIP, 2021)

Definición de Barrio

De acuerdo con la Real Academia Española, un barrio se define como cada una de las secciones en las que una ciudad es dividida (Real Academia Española, s.f., definición 1).

Servicio Integrado de Seguridad ECU 911

El Servicio Integrado de Seguridad ECU 911 es una iniciativa que coordina la atención de diferentes entidades públicas encargadas de la respuesta ante emergencias de salud, seguridad, o riesgos naturales, de tal forma que permita una respuesta eficiente a las solicitudes de los ciudadanos (Servicio Integrado de Seguridad ECU 911, 2019).

Datos de Panel

Un conjunto de datos de panel es aquel que tiene observaciones repetidas de una muestra de individuos a lo largo del tiempo (Hsiao, 2014).

Modelos Lineales Generalizados Mixtos

Rabe-Hesketh y Skrondal definen en Fitzmaurice et al. (2008) a los modelos lineales generalizados mixtos de la siguiente forma:

- Sea Y_i un vector n_i -dimensional de respuestas Y_{ij} para cada i
- Sea X_i una matriz $(n_i \times p)$ -dimensional de predictores con efectos fijos β
- Sea Z_i una matriz $(n_i \times q)$ -dimensional de predictores con efectos aleatorios \mathbf{b}_i
- Sea $h^{-1}(\cdot)$ una función de enlace de valor vectorial.

El modelo lineal generalizado mixto se escribe como

$$h^{-1}\{E[Y_i|\mathbf{b}_i, X_i, Z_i]\} = X_i\beta + Z_i\mathbf{b}_i$$

Se supone que los efectos aleatorios siguen una distribución normal multivariante $\mathbf{b}_i \sim N(0, G)$

Las respuestas tienen distribuciones condicionales de la familia exponencial de funciones

$$f(y_{ij}|\mathbf{b}_i, x_{ij}, z_{ij}) = \exp[\phi^{-1}\{y_{ij}\theta_{ij} - \psi(\theta_{ij})\} + c(y_{ij}, \phi)]$$

En este contexto, ϕ es un parámetro de dispersión, θ_{ij} es el parámetro que es función del predictor lineal $\eta_{ij} = x'_{ij}\beta + z'_{ij}\mathbf{b}_i$ y $\psi(\cdot)$ junto con $c(\cdot)$ son funciones conocidas. Entonces, los valores esperados condicionales están dados por

$$\mu_{ij} = h(\eta_{ij}) = \psi'(\theta_{ij}) \equiv \frac{\partial \psi(\theta_{ij})}{\partial \theta_{ij}}$$

Sea $V(\mu_{ij})$ la función de varianza. Entonces, la varianza condicional se define como

$$Var[Y_{ij}|\eta_{ij}] = \phi\psi''(\theta_{ij}) = \phi V(\mu_{ij})$$

Por lo tanto, en el caso de modelos mixtos de Poisson para conteos se tiene

$$\log(\mu_{ij}) = \eta_{ij}$$

$$Y_{ij}|\mu_{ij} \sim \text{Poisson}(\mu_{ij})$$

Efectos Aleatorios a Nivel de Observación (OLRE)

Los efectos aleatorios a nivel de observación son utilizados comúnmente para lidiar con la sobredispersión en los datos de recuento. En los OLRE, cada observación recibe un nivel único de efecto aleatorio que modela la variación extra-Poisson presente en los datos. El uso de OLRE proporciona un método simple y robusto para tratar la sobredispersión en los datos de conteo. Los modelos de Poisson que contienen OLRE también se conocen como modelos Poisson Log-normal. (Harrison, 2014).

Criterio de Información de Akaike (AIC)

El criterio de información de Akaike se define como

$$AIC = -2 \log(L) + 2K$$

En donde $\log(L)$ representa el logaritmo de la verosimilitud, y K es el número total de parámetros estimados del modelo. El AIC permite comparar un conjunto de modelos estadísticos y seleccionar al que mejor se ajuste a los datos, el cual será el que tenga el menor AIC. (Martínez et al., 2009).

Revisión Bibliográfica

América del Sur ha sido percibida tradicionalmente como una región violenta. Esto se verifica dado que las cifras de muerte por violencia son mucho mayores en América del sur que en cualquier otra región. Además, la delincuencia ocasiona gastos sustanciales en las economías, y provoca daños en la psicología de las personas y comunidades. De acuerdo con el Banco Mundial, la delincuencia empeora los índices de pobreza en los países. (Carrera et al., 2019).

Entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, se tiene el Objetivo 16 'Paz, Justicia e Instituciones Sólidas', el cual se justifica dado que los conflictos son una fuerte amenaza para el desarrollo de las naciones. Entre los datos destacables, se tiene que alrededor de 28.5 millones de infantes en edad escolar primaria que no van a la escuela viven en zonas conflictivas. (CEPAL, 2018).

En particular, la ONU indica que la delincuencia provoca más muertes que las que causan los conflictos armados o guerras. Por lo tanto, mediante el objetivo 16 se busca reducir significativamente las tasas de mortalidad y todas las formas de violencia en todos los países. (ONU, 2019).

En el contexto nacional, Guayaquil se percibe como una de las ciudades más conflictivas e inseguras del país, dada las altas cifras de actos delictivos que ocurren a diario. Esto se verifica empíricamente dado que existe un aumento de las tasas de delincuencia en Guayaquil. (Orellana y Alfonso, 2022).

Por otro lado, se tiene la problemática social de la deserción escolar. Estas cifras de deserción escolar para nuestro país se pueden conocer a partir de las bases de datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). De acuerdo con datos del INEC del 2022, en Ecuador 195188 menores de entre 5 y 17 años han abandonado sus estudios. Es decir, en 2022 el 4.1% de niños y jóvenes del país dejaron sus estudios. (Castillo, 2023).

Con el objetivo de combatir la deserción escolar, el Ministerio de Educación creó el programa 'Todos al aula', en el cual se realizan brigadas que recorren las provincias con mayor incidencia de abandono escolar. De esta forma, se intenta buscar jóvenes en edad escolar mediante megáfonos para ayudarlos a que vuelvan al sistema educativo. Las brigadas tienen como meta encontrar a 20 estudiantes por semana. (Paucar, 2023).

De acuerdo con Rud, et al. (2018), la participación en actos delictivos se asocia con una probabilidad de 11 puntos porcentuales mayor de abandono escolar. Además, la asociación entre la participación en actos delictivos y la deserción escolar es más fuerte si los menores están involucrados en actividades delictivas graves.

De igual forma, Anderson (2014) en un artículo que examina la relación entre la edad mínima para abandonar la escuela secundaria y las tasas de arresto juvenil, expone que la evidencia empírica sugiere que los requisitos de edad mínima para abandonar los estudios tienen un efecto significativo y negativo en las tasas de arresto por delitos violentos y contra la propiedad para individuos de 16 a 18 años.

Finalmente, Bäckman (2017) indica que su análisis de pareamiento por puntaje de propensión revela un efecto de la deserción en las condenas para los hombres, mientras que no se encuentra evidencia de tal efecto para las mujeres. Regresar a la escuela después de la deserción reduce significativamente el efecto inductor del crimen de la deserción entre los hombres. Encontrar una ocupación después de la deserción también reduce el riesgo de condena penal, pero de forma independiente al efecto de la deserción.

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se presentan los procesos utilizados para la construcción del modelo predictivo del número de robos basado en las tasas de deserción escolar en los diferentes barrios de la ciudad de Guayaquil. En primer lugar, se llevaron a cabo agrupaciones geográficas a nivel de barrio de las tasas de deserción escolar y del número de robos. Posteriormente, se ejecutó un análisis descriptivo en donde se analizaron las correlaciones con el propósito de identificar posibles relaciones entre ambas variables según el nivel de educación, tipo de sostenimiento, área geográfica, modalidad educativa y jornada. Finalmente, se implementaron modelos lineales generalizados mixtos, entre los cuales mediante criterios estadísticos como el AIC se escogió al modelo más adecuado.

Obtención de los Datos

Tasas de Deserción Escolar

Para calcular las tasas de deserción escolar en los barrios de la ciudad de Guayaquil, se emplearon los datos suministrados por el Ministerio de Educación. Estos datos fueron obtenidos de la sección de datos abiertos de su página web. Se emplearon los datos correspondientes a los años lectivos comprendidos entre 2018-2019 y 2021-2022. Para la georreferenciación, se emplearon las coordenadas proporcionadas por el Geoportal del GAD Municipal de Guayaquil en la sección de Equipamientos Educativos. En casos donde las instituciones educativas no estaban disponibles en el Geoportal debido a su cese de actividades, se recurrió a *OpenStreetMap* para obtener la información geográfica correspondiente.

Número de Robos en los Barrios de Guayaquil

Para recopilar la información sobre la cantidad de robos en los distintos barrios de Guayaquil, se utilizó la base de datos proporcionada por el ECU 911 (Sistema Integrado de

Seguridad ECU 911). Dicho conjunto de datos engloba registros de llamadas vinculadas a distintas modalidades de robos y abarca el lapso temporal desde el año 2018 hasta el 2022.

Unidad de Análisis

Para analizar la problemática social de los robos y la deserción escolar, se tomaron en consideración las tasas de abandono escolar que existen en los colegios de la ciudad de Guayaquil, con base en las estadísticas de la Policía Nacional. En el primer semestre del 2023, 1326 menores con edades entre los 12 y 17 años fueron detenidos por delitos como, robo a personas, sicariato, y otros relacionados al crimen organizado (Primicias, 2023a). Por este motivo, para efectos de este estudio se tomaron en consideración solamente las tasas de deserción de los colegios de la ciudad de Guayaquil. Estos colegios fueron divididos en dos grupos distintos para el análisis. El primer grupo está comprendido por los colegios de sostenimiento fiscal y fiscomisional. Por otro lado, el segundo grupo se incluyeron todos los tipos de sostenimiento posibles, como fiscal, fiscomisional, particular y municipal.

Construcción del Conjunto de Datos de Panel

Se utilizó el lenguaje de programación R para ejecutar la construcción del conjunto de datos que cruce los datos del número de robos y tasas de deserción, así como la agrupación de las mediciones a nivel de barrios de la ciudad de Guayaquil del shapefile.

Primero, las 1308 instituciones educativas del conjunto de datos fueron georreferenciadas. Posteriormente, se procedió a combinar esta información con la capa base de formas (shapefile) que contiene los límites de los barrios en la ciudad de Guayaquil. Durante este proceso, se observó que 23 de estas instituciones no estaban ubicadas dentro de ningún barrio del shapefile, por lo que se determinó excluir estas instituciones educativas del análisis.

Para nuestro estudio también se decidió excluir los siguientes barrios debido a su ubicación geográfica industrial: Lotización Industrial Pascuales y Lotización Expogramos. En estos barrios, la incidencia de robos es prácticamente insignificante debido a su ubicación, donde predominan las bodegas, maquinarias y plantas industriales. Sin embargo, se observa

una tasa elevada de deserción escolar debido a la ubicación de algunas instituciones educativas en estas zonas, llegando al punto de una tasa de abandono de casi el 60%. Por lo tanto, con el fin de mantener el enfoque de este estudio, se tomó la decisión de excluir estos dos barrios.

Implementación en R.

Se utilizó la función *glmer()* de la librería *lme4*. La función ajusta un modelo lineal generalizado mixto, que incorpora parámetros de efectos fijos y aleatorios en un predictor lineal, por medio de la estimación de máxima verosimilitud. El predictor lineal está relacionado con la media condicional de la respuesta a través de la función de enlace inversa definida en la familia GLM. (Bates et al., 2023)

Selección y Evaluación del Modelo

Con el propósito de predecir la cantidad de robos en cada barrio de la ciudad de Guayaquil, se emplearon modelos lineales generalizados mixtos con distribución Poisson utilizando las tasas de abandono escolar como variables predictoras, teniendo en cuenta la condición de equidispersión. Según Payne et al. (2018), para estimar la sobredispersión se puede utilizar el parámetro de dispersión ϕ . Dicho parámetro utiliza el estadístico Chi-cuadrado de Pearson y los grados de libertad correspondientes.

$$\hat{\phi} = \frac{X^2}{n - p} = \frac{\sum_i (y_i - \hat{\mu}_i)^2 / \hat{\mu}_i}{n - p}$$

Donde, X^2 es el estadístico Chi-cuadrado de Pearson y $(n - p)$ son los grados de libertad. En caso de que el parámetro de dispersión $\phi > 1$, entonces existirá evidencia estadística de sobredispersión.

Sin embargo, se introdujeron otros enfoques de modelos de regresión para enfrentar el desafío de la sobredispersión. Estas alternativas incluyen la utilización de la distribución Binomial Negativa y Poisson Log-normal (utilizando un ajuste con Observation Level Random

Effects OLRE). Por último, Para la selección del modelo, también se utilizó el Criterio de Información de Akaike (AIC).

Modelo Ajustado

El modelo implementado se puede escribir como:

$$h^{-1}\{E[\mathbf{Y}_i|\mathbf{b}_i, X_i, Z_i]\} = X_i\beta + Z_i\mathbf{b}_i$$

En donde:

- \mathbf{Y}_i es un vector n_i -dimensional de respuestas Y_{ij} , que representa el conteo de los robos por cada barrio, por cada i .
- X_i es una matriz $(n_i \times 1)$ -dimensional de predictores con efectos fijos β que corresponde a la tasa de deserción escolar de los niveles de Educación General Básica (EGB) Media a Bachillerato.
- Z_i una matriz $(n_i \times 2)$ -dimensional de predictores con efectos aleatorios \mathbf{b}_i que corresponden al año y al efecto aleatorio a nivel de observaciones.
- La función de enlace es logarítmica.
- Los efectos aleatorios siguen una distribución normal multivariante $\mathbf{b}_i \sim N(0, G)$
- Finalmente:

$$\log(\mu_{ij}) = \eta_{ij}$$

$$Y_{ij}|\mu_{ij} \sim \text{Poisson}(\mu_{ij})$$

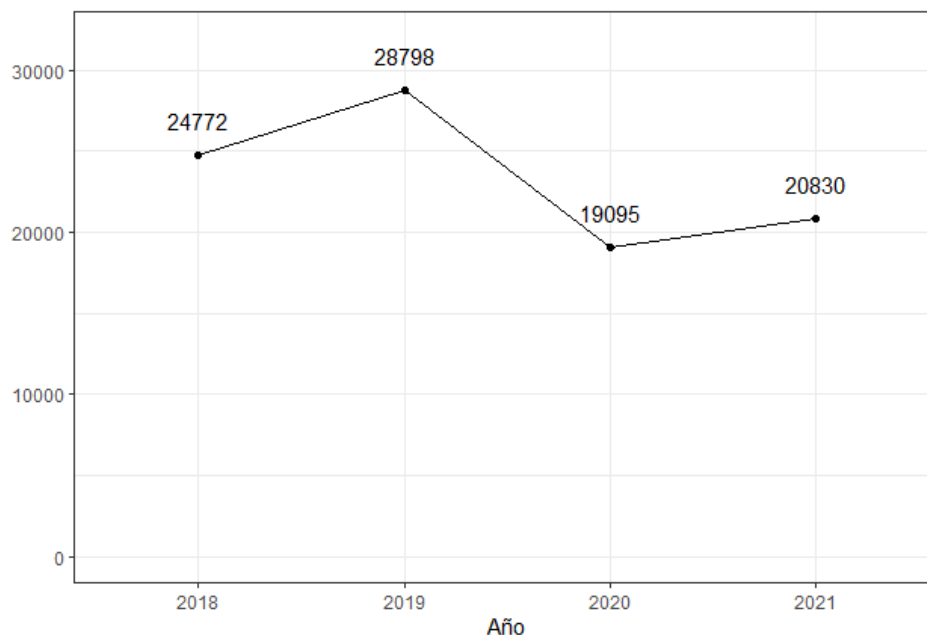
RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados del análisis exploratorio, el comportamiento espacial, seguido de la exposición de los resultados del modelo implementado, además de la evaluación y comparación con distintos modelos lineales generalizados mixtos que fueron aplicados.

Análisis Exploratorio

En la Figura 1 se puede observar que se registró un incremento en el conteo de robos en la ciudad de Guayaquil en el año 2019 en comparación con el 2018. No obstante, se produjo una notable disminución en estos incidentes probablemente por las medidas de confinamiento que se aplicaron a nivel nacional debido a la pandemia. Sin embargo, para el año 2021, se observó un leve aumento en dichos casos, el cual se podría atribuir al levantamiento progresivo de las restricciones de movilidad que se implementaron con el fin de controlar la propagación de las variantes del coronavirus.

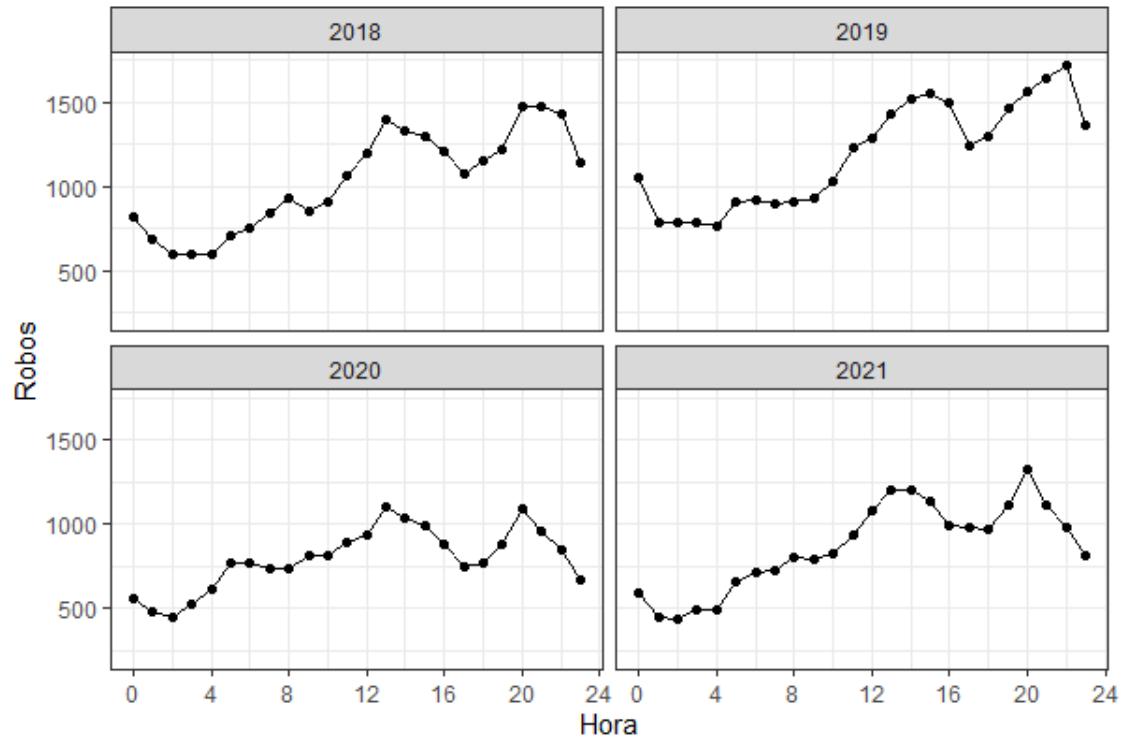
Figura 1 *Conteo de robos en la ciudad de Guayaquil por año*



Nota. Elaborado en R utilizando datos del SIS ECU 911.

En la Figura 2 se presenta un gráfico con los conteos de robos por hora, en cada año. Se puede notar que existen dos picos de alertas por robos. El primer pico de robos se da en los horarios entre 12 y 16 horas, y el segundo ocurre en los horarios entre 20 y 24 horas. Esto ocurre en cada uno de los años estudiados.

Figura 2 *Conteo de robos en la ciudad de Guayaquil por hora y año*

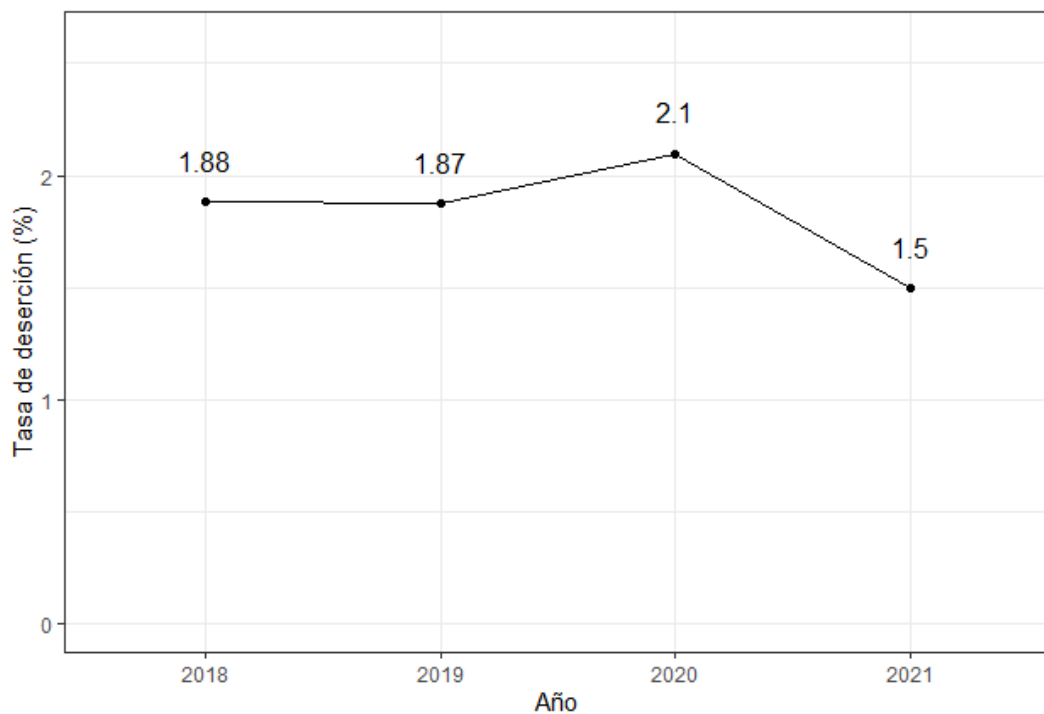


Nota. Elaborado en R utilizando datos del SIS ECU 911.

Como se puede observar en la Figura 3, durante el año 2020 hubo un aumento en la tasa de deserción escolar media en la ciudad de Guayaquil. Este incremento podría estar relacionado a la necesidad de cambiar de la modalidad presencial a la virtual en respuesta a la emergencia sanitaria. La falta de acceso a recursos tecnológicos podría haber generado que algunos estudiantes abandonaran sus estudios ese año.

Sin embargo, para el año 2021 se observa una disminución en la tasa de deserción escolar en comparación con los años anteriores, posiblemente debido a las medidas implementadas para facilitar la educación virtual.

Figura 3 Tasa de abandono escolar media en la ciudad de Guayaquil por año

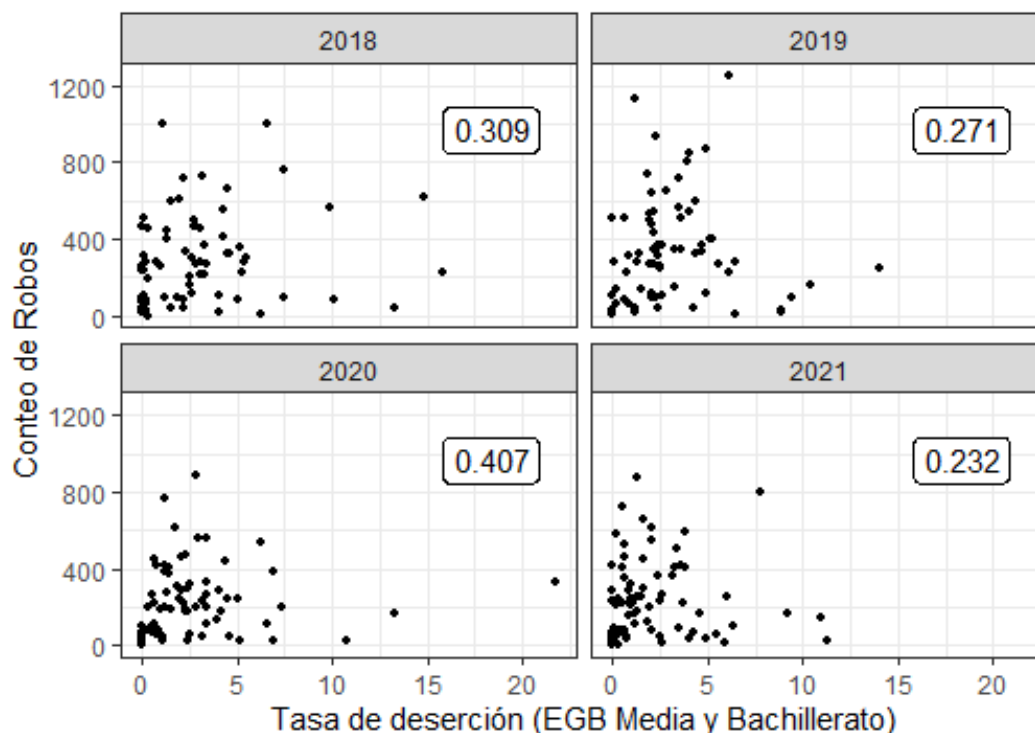


Nota. Elaborado en R utilizando datos del SIS ECU 911.

En la Figura 4 se presentan gráficos de dispersión entre la variable del conteo de robos y la tasa de abandono escolar (8vo de básica a 3ro de bachillerato) de colegios fiscales y fiscomisionales. En este gráfico, se observa que existe una relación positiva entre las variables en cada uno de los años de estudio. Los números que se presentan en cada recuadro

corresponden a las correlaciones robustas entre las dos variables por cada año, las cuales fueron calculadas utilizando la función *robcor()* en R.

Figura 4 Correlaciones robustas entre en las variables de conteo de robos y tasa de deserción (EGB Media y Bachillerato)



Nota. Elaborado en R utilizando datos del SIS ECU 911.

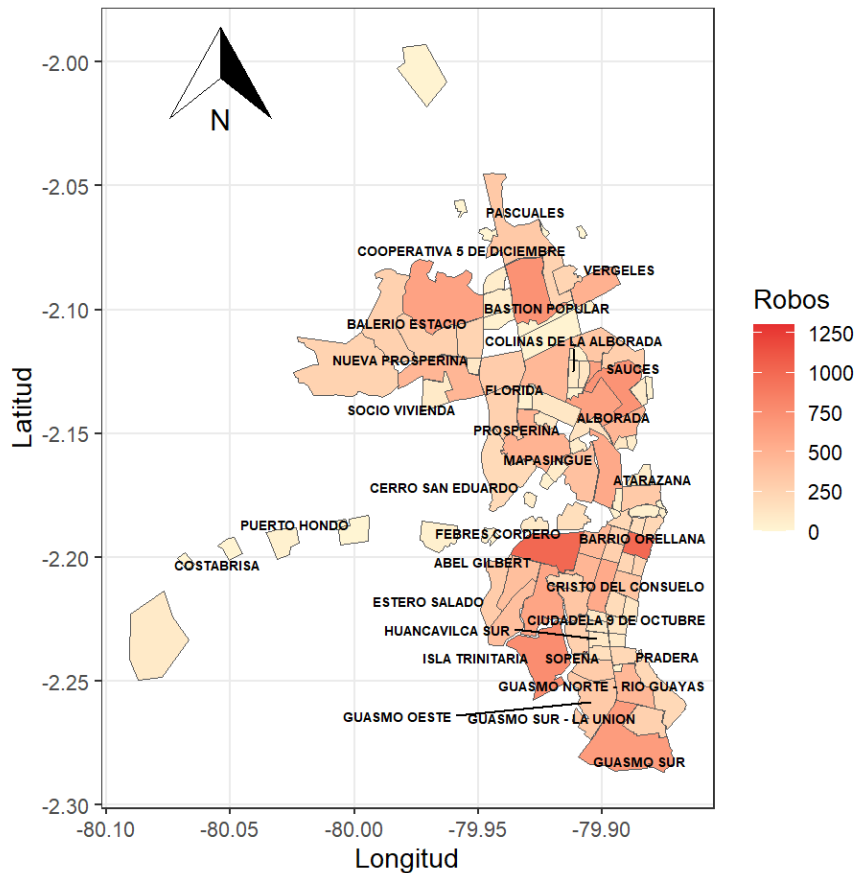
Análisis Espacial

Número de robos en los barrios de Guayaquil

Para analizar el comportamiento espacial de los robos en los barrios de la ciudad de Guayaquil, se emplearon los registros de llamadas relacionadas con incidentes de robo del ECU 911, abarcando los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Utilizando el software estadístico R, se asignó el conteo de robos a cada uno de los 152 barrios de la ciudad de Guayaquil. De esta manera, se procedió a contabilizar la cantidad de robos para cada uno de los años analizados.

En la Figura 5 se presenta la distribución espacial de los 24772 robos registrados en el ECU 911 en el año 2018. Estos incidentes están agrupados en los diversos barrios de la ciudad de Guayaquil, destacando el barrio de Febres Cordero con 1006 casos, el de mayor incidencia. Le sigue la Parroquia Rocafuerte, la cual es uno de los barrios con mayor actividad comercial en la ciudad, con un total de 1000 casos, y en tercer lugar se encuentra la Isla Trinitaria con 762 casos reportados. Es importante destacar la disparidad en los incidentes de robos entre la parte Sur y la parte Norte de la ciudad, siendo la parte Sur la de mayor proporción.

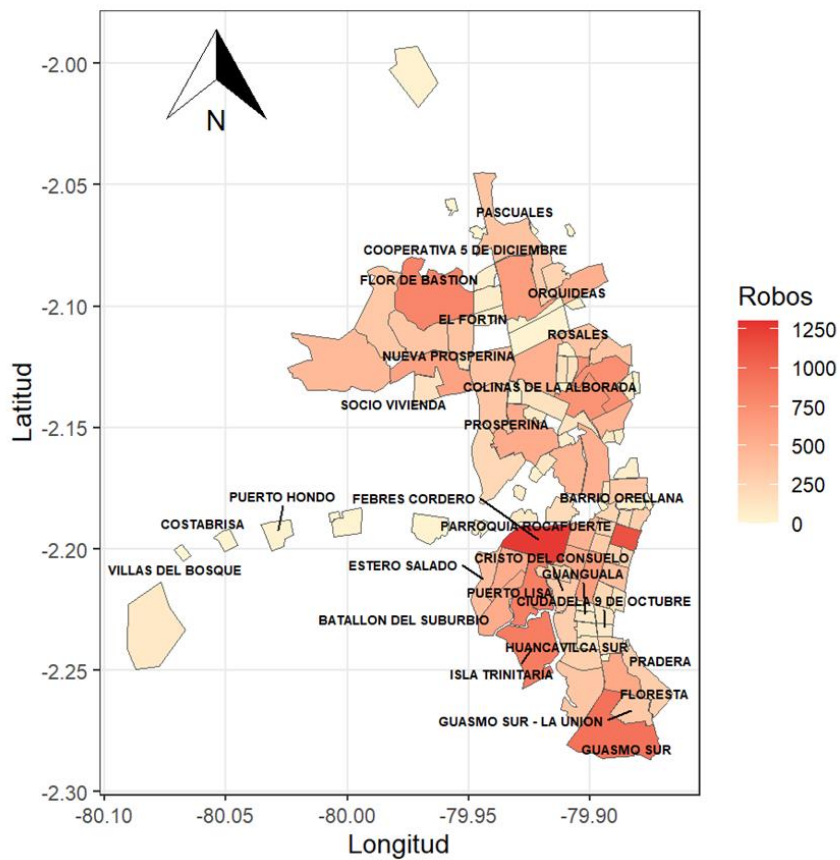
Figura 5 Mapa del conteo de robos de los barrios de Guayaquil en 2018



Nota. Elaborado en R utilizando datos del SIS ECU 911.

En la Figura 6 se muestran los 28798 robos registrados en los barrios de la ciudad de Guayaquil en el año 2019. Nótese que se tienen 4026 robos más que el año 2018. Estos incidentes están agrupados en los diversos barrios de la ciudad de Guayaquil, volviendo a destacar el barrio de Febres Cordero con 1257 casos, repitiendo ser el de mayor incidencia. Le sigue la Parroquia Rocafuerte con 1133 casos y, en tercer lugar, se encuentra Guasmo Sur con 938 casos reportados. En comparación con el año 2018, se logró identificar que los mismos barrios presentaron el mayor número de incidentes, lo que resaltó la persistente disparidad en la frecuencia de robos entre la zona sur y la zona norte de la ciudad.

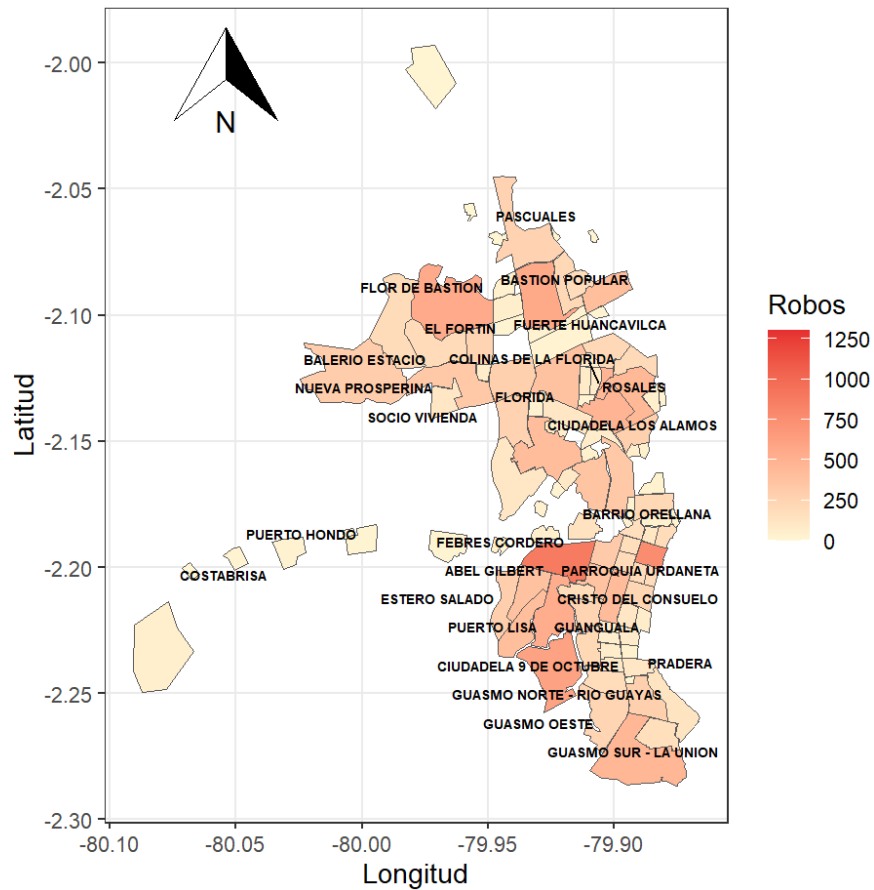
Figura 6 Mapa del conteo de robos de los barrios de Guayaquil en 2019



Nota. Elaborado en R utilizando datos del SIS ECU 911.

En la Figura 7 se pueden visualizar los 19095 robos que ocurrieron en cada barrio de la ciudad en el año 2020. Debido a la pandemia de COVID-19 y las medidas de confinamiento, se notó un decremento considerable de 9703 robos en la ciudad de Guayaquil con respecto al 2019. Sin embargo, en cuanto a las incidencias de robos por barrios, se mantuvieron en el mismo orden de acuerdo con la frecuencia obtenida en el 2018, siendo Febres Cordero con 884, el de mayor incidencia. Le sigue la Parroquia Rocafuerte con 764 y, en tercer lugar, la Isla Trinitaria con 615.

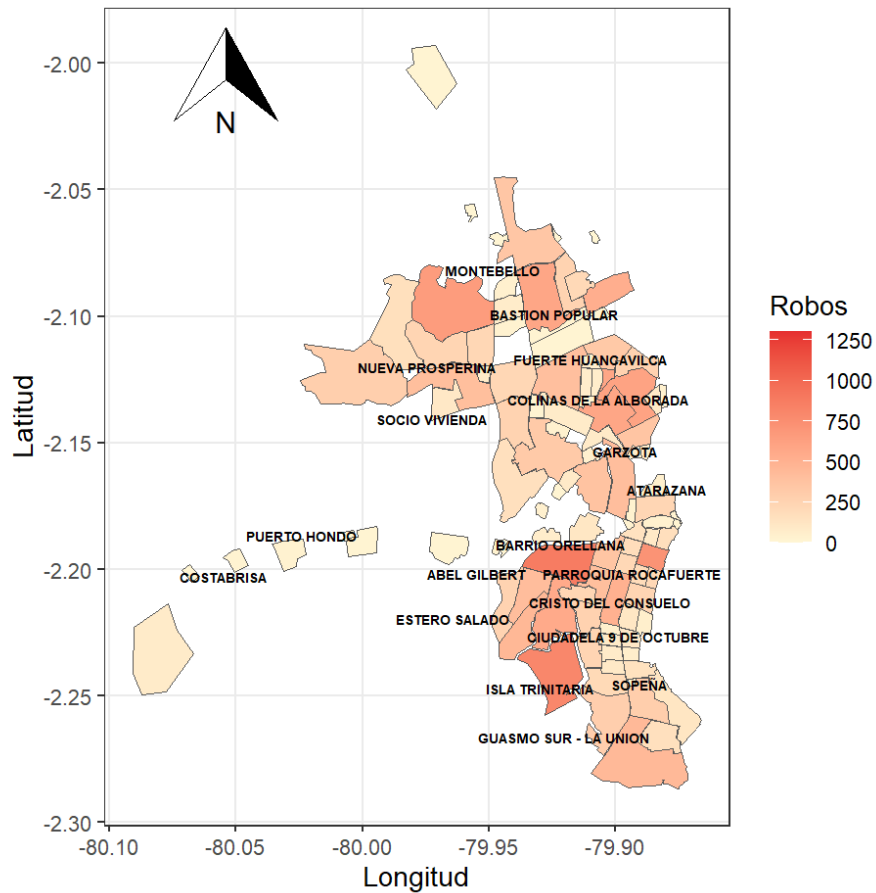
Figura 7 Mapa del conteo de robos de los barrios de Guayaquil en 2020



Nota. Elaborado en R utilizando datos del SIS ECU 911.

La Figura 8 presenta la distribución espacial de los 20830 robos registrados en el ECU 911 durante el año 2021. Se pudo observar un leve incremento en comparación con el año 2020, con 1735 robos más. En cuanto a la frecuencia de robos en los barrios, el primer lugar lo ocupa Febres Cordero con 877 robos, seguido de la Isla Trinitaria con 801 y, en tercer lugar, se encuentra la Parroquia Rocafuerte con 718 robos.

Figura 8 Mapa del conteo de robos de los barrios de Guayaquil en 2021



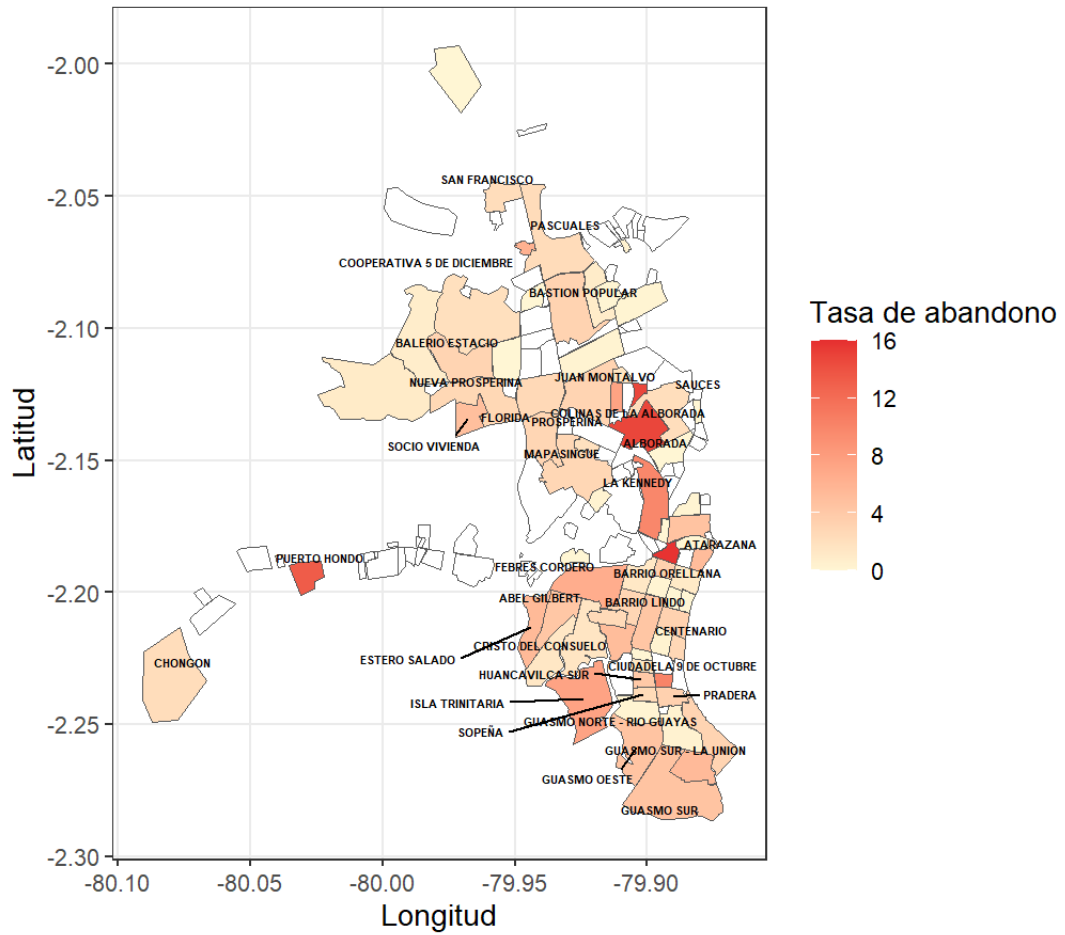
Nota. Elaborado en R utilizando datos del SIS ECU 911.

Tasas de deserción de alumnos de 8vo EGB media hasta 3ro de bachillerato

Para analizar el comportamiento espacial de las tasas de deserción en los barrios de la ciudad de Guayaquil, se emplearon los registros de datos abiertos de la página del Ministerio de Educación, abarcando los periodos lectivos 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021 y 2021-2022. Utilizando el software estadístico R, se asignaron las unidades educativas a cada uno de los 152 barrios de la ciudad de Guayaquil mediante el uso de las coordenadas geográficas obtenidas del Geoportal del GAD Municipio de Guayaquil. Posteriormente, se calcularon las tasas de deserción para cada uno de estos barrios.

La Figura 9 muestra la distribución espacial de las tasas de deserción de alumnos de 8vo EGB a 3ro bachillerato en los colegios fiscales y fiscomisionales de la ciudad de Guayaquil, para el periodo lectivo 2018-2019. En esta figura se destaca que, Orellana tiene la mayor tasa de deserción con un valor de 15.85%, seguido por Alborada con 14.82%, y en tercer lugar Puerto Hondo con 13.33%. Al igual que en el caso de los robos, se observa una disparidad en las tasas de deserción entre la parte Sur y Norte de la ciudad.

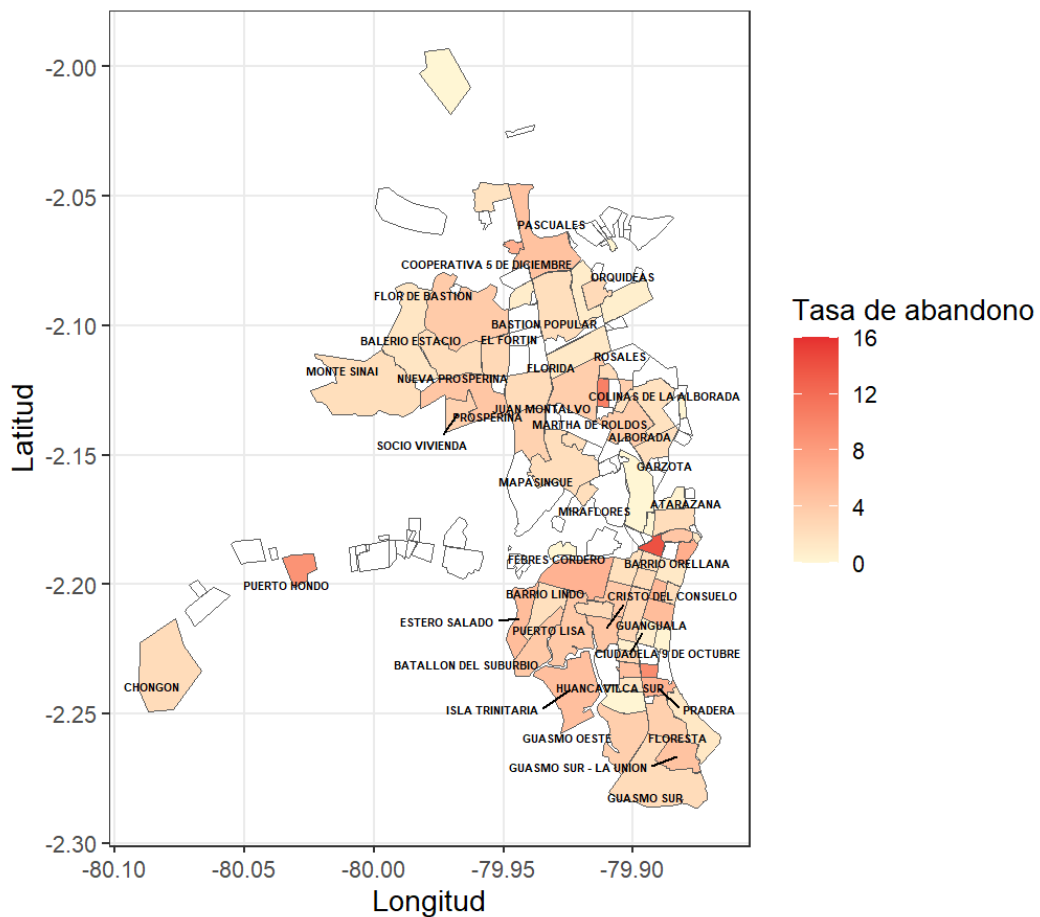
Figura 9 Mapa de las tasas de deserción escolar de los barrios de Guayaquil para el periodo lectivo 2018-2019



Nota. Elaborado en R utilizando datos abiertos del Ministerio de Educación. Se calcularon las tasas de deserción escolar de instituciones con sostenimiento fiscal y fiscomisional, considerando los alumnos de EGB media y bachillerato.

La Figura 10 presenta el mapa de las tasas de deserción de 8vo EGB a 3ro bachillerato de instituciones fiscales y fiscomisionales en los barrios de la ciudad de Guayaquil, correspondiente al periodo lectivo 2019-2020. Se destaca que Orellana tiene la mayor tasa de deserción con un valor de 14.07%, seguido de Colinas de la Alborada con 10.44%, y en tercer lugar Ciudadela 9 de Octubre con 9.42%.

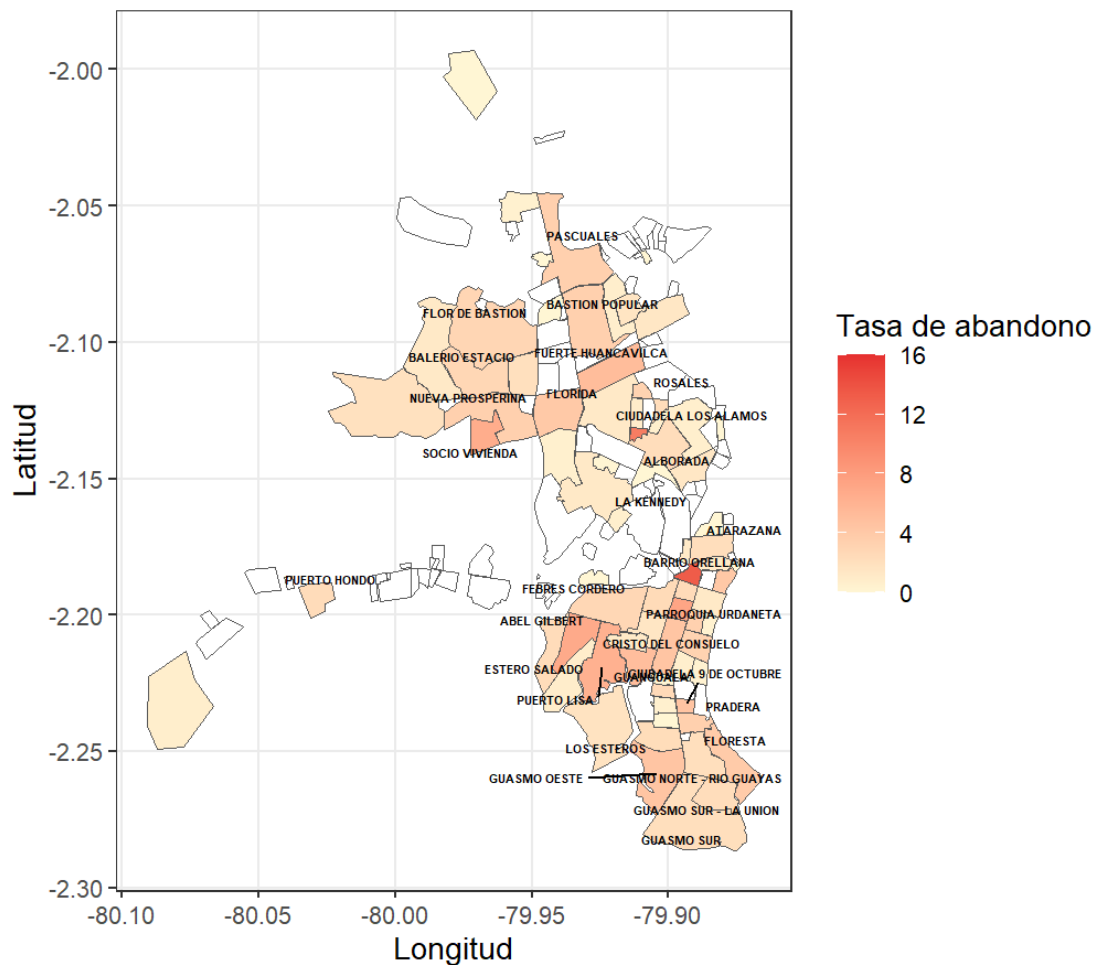
Figura 10 Mapa de las tasas de deserción escolar de los barrios de Guayaquil para el periodo lectivo 2019-2020



Nota. Elaborado en R utilizando datos abiertos del Ministerio de Educación. Se calcularon las tasas de deserción escolar de instituciones con sostenimiento fiscal y fiscomisional, considerando los alumnos de EGB media y bachillerato.

En la Figura 11 se presenta la distribución espacial de las tasas de deserción en los colegios fiscales y fiscomisionales de la ciudad de Guayaquil en el periodo lectivo 2020-2021. Debido a la pandemia, existieron barrios que aumentaron su tasa de deserción escolar como es el caso de la Kennedy con 21.74%, siendo esta la más afectada debido a la pandemia; le sigue el barrio Orellana con 13.33%, y en tercer lugar la Parroquia Sucre con 7.32%.

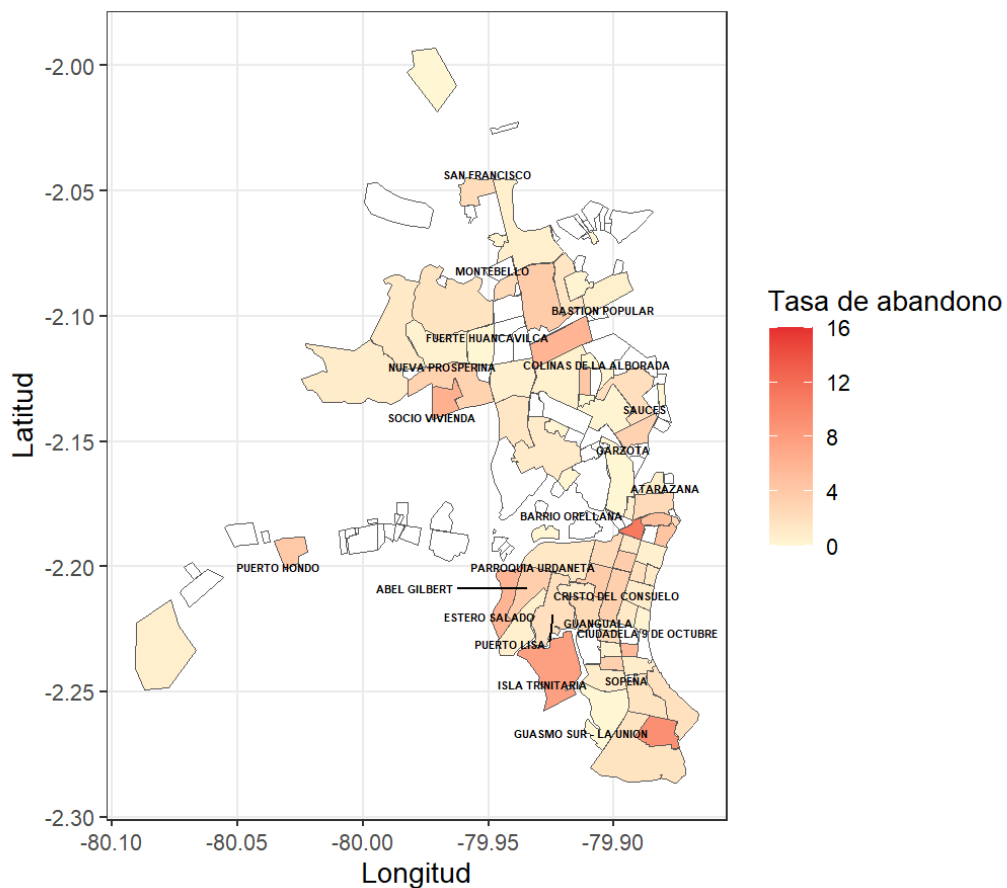
Figura 11 Mapa de las tasas de deserción escolar de los barrios de Guayaquil para el periodo lectivo 2020-2021



Nota. Elaborado en R utilizando datos abiertos del Ministerio de Educación. Se calcularon las tasas de deserción escolar de instituciones con sostenimiento fiscal y fiscomisional, considerando los alumnos de EGB media y bachillerato.

En la Figura 12 se observan las tasas de deserción de los colegios fiscales y fiscomisionales de la ciudad de Guayaquil correspondiente al periodo lectivo 2021-2022. En este primer año postpandemia, existen barrios que aumentaron sus tasas de deserción escolar. En primer lugar, tenemos al barrio Orellana con 10.98%, seguido de Guasmo Sur – La Unión con 9.24% y, en tercer lugar, la Isla Trinitaria con 7.74%.

Figura 12 Mapa de las tasas de deserción escolar de los barrios de Guayaquil para el periodo lectivo 2021-2022



Nota. Elaborado en R utilizando datos abiertos del Ministerio de Educación. Se calcularon las tasas de deserción escolar de instituciones con sostenimiento fiscal y fiscomisional, considerando los alumnos de EGB media y bachillerato.

Selección y Evaluación del modelo

Después de implementar los modelos estadísticos detallados en la metodología, se aplicó el criterio del AIC para comparar los modelos y obtener el que mejor se ajusta a los datos. En la Tabla 1, se ordenan los modelos de menor a mayor AIC. Con base en estos resultados, el modelo seleccionado es el modelo GLMM Poisson-Lognormal, el cual obtuvo el menor AIC con un valor de 3821.88.

Tabla 1 *Indicador AIC de los modelos GLMM*

Modelo GLMM	Familia	AIC
conteoRobos ~ offset(log(Total_Estudiantes/100)) + Tasa_Abandono_EGBMedia_Bach + (1 Año) + (1 OLRE)	Poisson	3821.88
conteoRobos ~ offset(log(Total_Estudiantes/100)) + Tasa_Abandono_EGBMedia_Bach + (1 Año)	Binomial Negativa	3973.55
conteoRobos ~ offset(log(Total_Estudiantes/100)) + Tasa_Abandono_General + (1 Año)	Binomial Negativa	4395.74
conteoRobos ~ offset(log(Total_Estudiantes/100)) + Tasa_Abandono_Bachillerato + (Tasa_Abandono_Bachillerato Año)	Poisson	42626.61
conteoRobos ~ offset(log(Total_Estudiantes/100)) + Tasa_Abandono_Bachillerato + (1 Año)	Poisson	42676.35

Formulación del modelo GLMM Poisson-Lognormal

La fórmula del modelo seleccionado tiene la siguiente estructura:

$$\text{conteoRobos} \sim \text{offset}(\log(\text{Total_Estudiantes}/100)) + \text{Tasa_Abandono_EGBMedia_Bach} \\ + (1|\text{Año}) + (1|\text{OLRE})$$

El término de offset es necesario dado que la variable del conteo de robos se mide en barrios con distintos tamaños poblacionales. Esto significa que el offset permite controlar los tamaños poblacionales diferentes. En este caso, utilizamos el total de estudiantes por cada barrio como indicador poblacional para el término de offset.

Resultados del ajuste del modelo

En la Tabla 2, se muestran los resultados de la varianza y desviación estándar para los efectos aleatorios. En este caso, se tiene un resultado de varianza y desviación estándar tanto para el efecto aleatorio a nivel de observación como para el efecto aleatorio del año.

Tabla 2 Efectos aleatorios del modelo GLMM Poisson-Lognormal

Grupos	Varianza	Desv. Est.
OLRE (Intercepto)	0.9865	0.9932
Año (Intercepto)	0.0214	0.1463

En la Tabla 3, se presentan las estimaciones para los efectos fijos. Se obtuvo que la tasa de abandono escolar de los niveles de Educación General Básica Media a Bachillerato resultó significativa a un nivel de significancia del 0.05, pues el valor P obtenido fue de 0.0142 menor al nivel de significancia de 0.05. La estimación del efecto fijo de la tasa de deserción (EGB Media a Bachillerato) es de 0.04826.

Tabla 3 *Efectos fijos del modelo GLMM Poisson-Lognormal*

Efecto Fijo	Estimación	Error Est.	z value	Valor P
(Intercepto)	1.57353	0.10838	14.518	<2e-16
Tasa_Abandono_EGBMedia_Bach	0.04826	0.01967	2.453	0.0142

En la Tabla 4, se resume la estimación de los efectos aleatorios para cada año junto con el valor del efecto fijo para la variable explicativa de tasa de deserción de EGB Media a Bachillerato. Nótese que la suma de la columna *coef()* es la suma de los coeficientes de los efectos aleatorios del año, y del efecto fijo de la tasa de deserción escolar de EGB Media a Bachillerato.

Tabla 4 *Efectos aleatorios y fijos para cada año del modelo GLMM Poisson-Lognormal*

Año	ranef()	fixef()	coef()
2018	0.06924676	0.04825838	1.642781
2019	0.15655878	0.04825838	1.730093
2020	-0.11768262	0.04825838	1.455852
2021	-0.09295957	0.04825838	1.480575

Nota. En la columna *ranef()* se encuentran los efectos aleatorios para cada año; en la columna *fixef()* se tiene el efecto fijo para la variable de Tasa_Abandono_EGBMedia_Bach; y en la columna *coef()* se muestra la suma de los coeficientes de los efectos aleatorios y fijos.

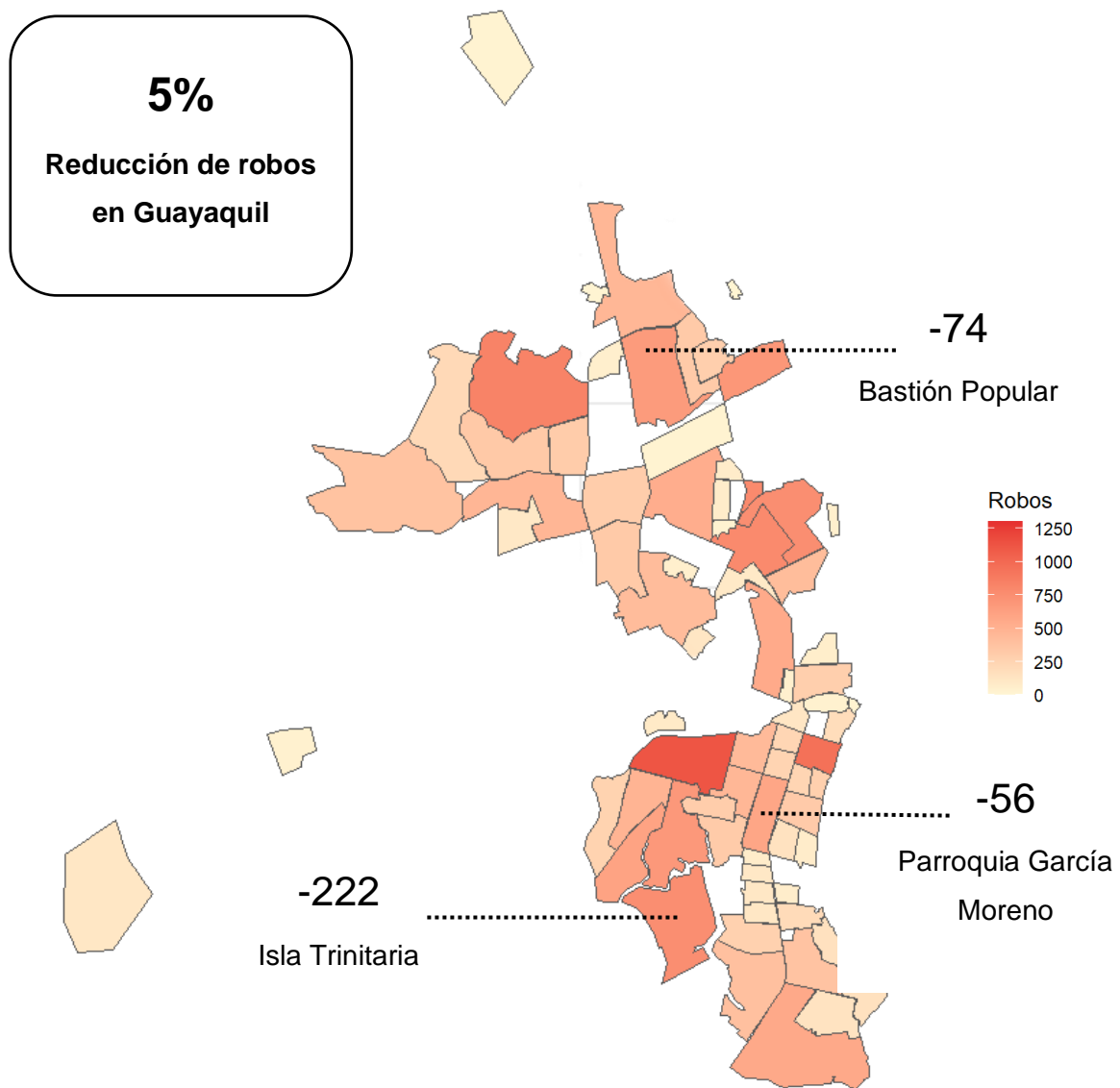
Bondad de ajuste

Al realizar el cociente entre el estadístico Chi-cuadrado de Pearson y los grados de libertad correspondientes se obtuvo un resultado de 0.03506, lo cual indica la ausencia de sobredispersión. Además, el valor P obtenido de la prueba de hipótesis fue de 1, por lo que se concluye que la suma de los residuos cuadrados de Pearson se aproxima a una distribución Chi-cuadrado con 287 grados de libertad. Con base en estos resultados, se concluye no existe evidencia de sobredispersión.

Predicción de robos

Aplicando el modelo estadístico, se logró obtener una predicción del conteo de robos planteando un escenario en el que cada barrio de Guayaquil reduzca su tasa de deserción escolar al 1%. Bajo estas circunstancias, se anticipa una reducción al menos 1000 casos de robos, de acuerdo con las predicciones del modelo. En la Figura 13 se presenta una visualización de los resultados en este escenario, en el que se destaca la reducción del 5% de robos entre todos los barrios analizados. Para esta predicción, se tomó como referencia las tasas de deserción correspondientes al año lectivo 2021-2022.

Figura 13 Mapa de la predicción de robos utilizando un escenario de tasa de deserción del 1%



Nota. Elaborado en R.

Finalmente, en la Tabla 5, se presentan los resultados de las predicciones para los 15 barrios con mayor número de robos en 2021. En la tabla se tienen las tasas de deserción de EGB Media y Bachillerato observadas en el periodo lectivo 2021-2022, el conteo de robos observado en 2021, la predicción del conteo de robos del modelo utilizando una tasa de deserción de 1%, y la reducción en el número de robos en cada barrio respectivo. Un ejemplo

notable se puede observar en la predicción para la Isla Trinitaria, donde al pasar de un escenario de una deserción del 7.74% al 1%, se reducen los robos en un 28%.

Tabla 5 *Predicción de conteo de robos en el escenario de 1% de tasa de deserción*

Barrio	Tasa Abandono EGB Media y Bach (%)	Conteo Robos Observado	Predicción Robos: 1% Tasa Deserción	Reducción Robos
FEBRES CORDERO	1.29	877	865	12
ISLA TRINITARIA	7.74	801	579	222
FLOR DE BASTIÓN	1.65	659	639	20
SAUCES	2.04	609	579	30
BASTIÓN POPULAR	3.80	587	513	74
PUERTO LISA	2.08	553	525	28
PARROQUIA GARCÍA MORENO	3.42	505	449	56
GUASMO SUR	1.67	446	433	13
ABEL GILBERT	3.55	419	371	48
PARROQUIA LETAMENDI	3.81	407	355	52
NUEVA PROSPERINA	3.27	405	363	42
PARROQUIA URDANETA	2.41	363	339	24
GARZOTA	3.13	361	324	37
FLORESTA	1.66	297	287	10
CRISTO DEL CONSUELO	2.58	262	242	20

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se ejecutó la construcción de un conjunto de datos de panel que permitió consolidar el conteo de robos por cada barrio de Guayaquil junto con los datos de deserción escolar de las escuelas de la ciudad utilizando los registros de denuncias por robos del ECU 911 y los datos abiertos del Ministerio de Educación, considerando como periodo de estudio los años entre 2018 al 2021.
- Se implementó un modelo lineal generalizado mixto de Poisson-Lognormal que permitió hacer uso de las tasas de abandono escolar anuales para predecir el número de robos en la ciudad de Guayaquil. Se compararon diferentes modelos utilizando el criterio del AIC y se evaluó la bondad de ajuste del modelo seleccionado.
- Se logró elaborar mapas que mostraron el comportamiento espacial del conteo de robos y las tasas de deserción escolar en cada uno de los años estudiados. Además, se presentó un mapa de las predicciones de robos con base en el escenario de reducción de la tasa de deserción escolar al 1% en los barrios de Guayaquil, los cuales permitieron identificar las áreas de riesgo más críticas.
- La tasa de deserción escolar de establecimientos con sostenimiento fiscal y fiscomisional de educación general básica media y bachillerato resultó significativa y es la variable que mejor se asocia con el conteo de robos en los barrios de Guayaquil.
- Utilizando el escenario de tasas de deserción al 1% en el modelo implementado, se obtiene como resultado una reducción de 1030 robos entre todos los barrios

analizados, lo que significa una reducción del 5% de robos en la ciudad de Guayaquil, de acuerdo con las predicciones del modelo estadístico.

Recomendaciones

- Incorporar los datos de deserción escolar del año escolar 2022-2023 cuando se encuentren disponibles en el portal de datos abiertos del Ministerio de Educación (Los datos del periodo lectivo 2022-2023 no están disponibles a la fecha de la elaboración de este proyecto). Esto permitiría fortalecer aún más el modelo ya implementado.
- Analizar la adición de diferentes variables socioeconómicas explicativas que estén asociadas a la criminalidad, con base en la literatura científica. De esta forma, se podrían explorar nuevos escenarios que permitan abordar la problemática de la criminalidad y el abandono escolar.

BIBLIOGRAFÍA

Anderson M. (2014). *In School and Out of Trouble? The Minimum Dropout Age and Juvenile Crime*. *The Review of Economics and Statistics* (2014) 96 (2): 318–331.

https://doi.org/10.1162/REST_a_00360

Bäckman, O. (2017). *High School Dropout, Resource Attainment, and Criminal Convictions*.

Journal of Research in Crime and Delinquency, 54(5), 715–749.

<https://doi.org/10.1177/0022427817697441>

Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. y Walker, S. (2023). *Package 'lme4'*. <https://cran.r-project.org/web/packages/lme4/lme4.pdf>

Buvinic, M., Morrison, A. y Orlando, M. (2005). *Violencia, crimen y desarrollo social en América Latina y el Caribe*. *Papeles de población*, 11(43), 167-214.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252005000100008

Carrera, F., Govea, F., Hurtado, G. y Freire, C. (2019). *Estudio Correlacional de Factores como Desempleo e Índices de Delincuencia en Ecuador*. *Información tecnológica*, 30(3), 287-294. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300287>

Castillo, D. (2023). *11 causas por las que los estudiantes abandonan las aulas en el país*.

Primicias. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/causas-estudiantes-abandonan-aulas-ecuador/>

CEPAL. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe*.

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf

Código Orgánico Integral Penal [COIP]. *Artículo 189*. 17 de febrero de 2021 (Ecuador).

- El Comercio. (2023). *Juan Zapata: 'Estamos en el peor momento de crisis de violencia' de Ecuador*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/seguridad/jua-zapata-crisis-violencia-ecuador.html>
- El Universo. (2023a). *Guayaquil pasó del puesto 50 al 24 en el 'ranking' de ciudades más violentas del mundo*. <https://www.eluniverso.com/noticias/seguridad/guayaquil-paso-del-puesto-50-al-24-en-el-ranking-de-ciudades-mas-violentas-del-mundo-nota/>
- El Universo. (2023b). 'Luego de presenciar un robo, en el que hubo disparo, por varios meses no pude dormir bien': las secuelas que arrastran víctimas de delincuencia. <https://www.eluniverso.com/guayaquil/comunidad/luego-de-presenciar-un-robo-en-el-que-hubo-disparo-por-varios-meses-no-pude-dormir-bien-las-secuelas-que-arrastran-victimas-de-delincuencia-nota/>
- Fitzmaurice, G., Davidian, M., Verbeke, G. y Molenberghs, G. (Eds.). (2008). *Longitudinal Data Analysis* (1st ed.). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781420011579>
- Harrison X. A. (2014). Using observation-level random effects to model overdispersion in count data in ecology and evolution. *PeerJ*, 2, e616. <https://doi.org/10.7717/peerj.616>
- Hsiao, C. (2014). *Analysis of panel data*. (3ª ed). Cambridge University Press.
- Martínez, D. R., Albín, J., Cabaleiro, J., Pena, T., Rivera, F. y Blanco, V. (2009). *El Criterio de Información de Akaike en la Obtención de Modelos Estadísticos de Rendimiento*. In Conference: XX Jornadas de Paralelismo.
- Ministerio de Educación. (2022). *Estadística Educativa Vol. 3 - Datos Abiertos*. <https://educacion.gob.ec/datos-abiertos/>
- Moreno, D. (2013). *La Deserción Escolar: Un problema de Carácter Social*. Revista In Vestigium Ire. Vol. 6, pp. 115-124
- ONU (2019). *La delincuencia causa más muertos que los conflictos armados*. <https://news.un.org/es/story/2019/07/1458941>

- Orellana Batallas, F. y Alfonso Caveda, D. (2022). *Factores que contribuyen al aumento de la delincuencia en la ciudad de Guayaquil*. REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA, 9, 276–294. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.90.766>
- Paucar, E. (2023). *Todos al aula, el programa para combatir la deserción escolar*. *Diario El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/sociedad/desercion-escolar-ecuador-abandono-aulas.html>
- Payne, E., Gebregziabher, M., Hardin, J., Ramakrishnan, V. y Egede, L. (2018) An empirical approach to determine a threshold for assessing overdispersion in Poisson and negative binomial models for count data. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 47:6, 1722-1738, DOI: 10.1080/03610918.2017.1323223
- Primicias. (2023a). *Al menos 1.326 niños dejaron las aulas para unirse a bandas, según la Policía*. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/ninos-estudiantes-bandas-delictivas-abandono/>
- Primicias. (2023b). *Hay 280 niños y adolescentes sentenciados por delitos graves*. <https://www.primicias.ec/noticias/en-exclusiva/ninos-adolescentes-crimenes-ecuador-secuestro/>
- Real Academia Española. (s.f.). Cultura. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado en junio de 2023, de <https://dle.rae.es/barrio>
- Rud, I., van Klaveren, C., Groot, W. y Maassen van den Brink, H. (2018) *What Drives the Relationship Between Early Criminal Involvement and School Dropout?*. *Journal of Quantitative Criminology* 34, 139–166 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10940-016-9326-5>
- Ruiz-Ramírez, R., García-Cué, J. L. y Pérez-Olvera, M. A. (2014). CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LA DESERCIÓN ESCOLAR EN EL BACHILLERATO: CASO UNIVERSIDAD AUTONÓMA DE SINALOA. *Ra Ximhai*, 10(5), 51-74.

Servicio Integrado de Seguridad ECU 911. (2019). *PLAN ESTRATÉGICO INSTITUCIONAL 2020 – 2023*. <https://www.ecu911.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/Plan-Estrat%C3%A9gico-SIS-ECU-911-2019-2023.pdf>

Torres, J., Acevedo, D. y Gallo, L. (2015). Causas y consecuencias de la deserción y repitencia escolar: una visión general en el contexto Latinoamericano. *Cultura Educación y Sociedad* 6(2), 157-187

APÉNDICES

Apéndice A Top 15 de los barrios de Guayaquil con más robos en 2018

No.	Barrios	Robos
1	Febres Cordero	1006
2	Parroquia Rocafuerte	1000
3	Isla Trinitaria	762
4	Bastión Popular	728
5	Sauces	722
6	Guasmo Sur	659
7	Alborada	621
8	Flor de Bastión	612
9	Puerto Lisa	592
10	La Kennedy	566
11	Parroquia García Moreno	553
12	Vergeles	506
13	Mapasingue	494
14	Garzota	471
15	Parroquia Letamendi	468

Apéndice B Top 15 de los barrios de Guayaquil con más robos en 2019

No.	Barrios	Robos
1	Febres Cordero	1257
2	Parroquia Rocafuerte	1133
3	Guasmo Sur	938
4	Isla Trinitaria	865
5	Puerto Lisa	848
6	Flor de Bastión	807
7	Sauces	743
8	Alborada	716
9	Parroquia García Moreno	650
10	Bastión Popular	637
11	Nueva Prosperina	599
12	Floresta	567
13	Parroquia Letamendi	542
14	Batallón del Suburbio	542
15	Mapasingue	542

Apéndice C Top 15 de los barrios de Guayaquil con más robos en 2020

No.	Barrios	Robos
1	Febres Cordero	884
2	Parroquia Rocafuerte	764
3	Isla Trinitaria	615
4	Bastión Popular	560
5	Flor de Bastión	556
6	Puerto Lisa	533
7	Alborada	475
8	Guasmo Sur	459
9	Sauces	451
10	Parroquia García Moreno	434
11	Mapasingue	416
12	Batallón del Suburbio	413
13	Vergeles	406
14	Juan Montalvo	383
15	Abel Gilbert	381

Apéndice D Top 15 de los barrios de Guayaquil con más robos en 2021

No.	Barrios	Robos
1	Febres Cordero	877
2	Isla Trinitaria	801
3	Parroquia Rocafuerte	718
4	Flor de Bastión	659
5	Sauces	609
6	Bastión Popular	587
7	Alborada	582
8	Puerto Lisa	553
9	Vergeles	525
10	Parroquia García Moreno	505
11	Batallón del Suburbio	458
12	Guasmo Sur	446
13	Abel Gilbert	419
14	La Kennedy	412
15	Parroquia Letamendi	407

Apéndice E Top 15 de los barrios de Guayaquil con mayor tasa de deserción escolar (EGB media y bachillerato) para el periodo lectivo 2018-2019

No.	Barrios	Tasa de deserción
1	Barrio Orellana	15.85
2	Alborada	14.82
3	Puerto Hondo	13.33
4	Ciudadela 9 de octubre	10.12
5	La Kennedy	9.86
6	Colinas de la Alborada	7.48
7	Isla Trinitaria	7.45
8	Febres Cordero	6.56
9	Coop. 5 de diciembre	6.21
10	Estero Salado	5.47
11	Guasmo sur – La Unión	5.39
12	Parroquia Pedro Carbo	5.25
13	Cristo del Consuelo	5.18
14	Socio Vivienda	5.01
15	Atarazana	4.63

Apéndice F Top 15 de los barrios de Guayaquil con mayor tasa de deserción escolar (EGB media y bachillerato) para el periodo lectivo 2019-2020

No.	Barrios	Tasa de deserción
1	Barrio Orellana	14.07
2	Colinas de la Alborada	10.44
3	Ciudadela 9 de octubre	9.42
4	Puerto Hondo	8.84
5	Parroquia Pedro Carbo	6.50
6	Coop. 5 de diciembre	6.49
7	Febres Cordero	6.10
8	Pradera	6.08
9	Parroquia Bolívar	5.53
10	Parroquia Ayacucho	5.20
11	Estero Salado	5.18
12	Isla Trinitaria	4.94
13	Huancavilca Sur	4.88
14	Pascuales	4.72
15	Guasmo Sur – La Unión	4.70

Apéndice G Top 15 de los barrios de Guayaquil con mayor tasa de deserción escolar (EGB media y bachillerato) para el periodo lectivo 2020-2021

No.	Barrios	Tasa de deserción
1	La Kennedy	21.74
2	Barrio Orellana	13.33
3	Parroquia Sucre	7.32
4	Abel Gilbert	6.87
5	Socio Vivienda	6.63
6	Puerto Lisa	6.26
7	Fuerte Huancavilca	5.19
8	Cristo del Consuelo	5.06
9	Ciudadela 9 de octubre	4.57
10	Guasmo Oeste	4.48
11	Parroquia García Moreno	4.43
12	Parroquia Pedro Carbo	4.17
13	Florida	4.08
14	Guasmo Norte - Río Guayas	3.91
15	Pradera	3.45

Apéndice H Top 15 de los barrios de Guayaquil con mayor tasa de deserción escolar (EGB media y bachillerato) para el periodo lectivo 2021-2022

No.	Barrios	Tasa de deserción
1	Barrio Orellana	10.98
2	Guasmo Sur – La Unión	9.24
3	Isla Trinitaria	7.74
4	Socio Vivienda	6.33
5	Estero Salado	5.99
6	Fuerte Huancavilca	5.91
7	Ciudadela 9 de octubre	5.41
8	Cerro del Carmen	4.89
9	Parroquia Pedro Carbo	4.57
10	Colinas de la Alborada	4.26
11	Puerto Hondo	4.09
12	Parroquia Letamendi	3.81
13	Bastión Popular	3.80
14	Parroquia Sucre	3.73
15	Abel Gilbert	3.55