



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

“Modelización experta para la estimación de la población de perros vagabundos en la ciudad de Guayaquil mediante un enfoque de inteligencia artificial”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA

Presentado por:

Mauricio Javier Rojas Campuzano

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

A Dios, quien ha sido mi motor en todo este camino. A mi familia, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien me ha acompañado constantemente en toda mi vida y ha bendecido mi vida académica.

A mis padres, Wilson Rojas y Pilar Campuzano, quienes me brindaron su apoyo en todo momento y permitieron que pueda estudiar de forma presencial en Guayaquil.

A mis hermanos, quienes me han ayudado en todo y han sido mi compañía en los tiempos lejos de casa.

A mis abuelitos, tíos y primos, quienes me han apoyado constantemente.

A la ESPOL, a mis profesores, en especial a Johny Pambabay y Sergio Bauz, quienes han aportado de forma significativa en mi formación universitaria.

A mis amigos, quienes me han acompañado a lo largo de esta etapa.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Yo, Mauricio Javier Rojas Campuzano doy mi consentimiento para que la ESPOL 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”



Mauricio Javier Rojas Campuzano

EVALUADORES



Ph.D. Sandra García Bustos
PROFESOR DE LA MATERIA

Ph.D. Johny Pambabay Calero
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La permanencia de perros en las calles es un problema que se sucita en la mayoría de ciudades del mundo, uno de los pasos inciales para combatir esta problemática es conocer la distribución poblacional de perros callejeros, esto con la finalidad de focalizar recursos y crear capañas, políticas públicas, campañas de cuidado animal, etc. Esta investigación trata sobre la estimación de la distribución poblacional de perros callejeros en las parroquias urbanas de la ciudad de Guayaquil, para esto se recurre a la implementación de una propuesta que capture imágenes de las calles de Guayaquil y permita la identificación de perros callejeros, para posteriormente aplicar un modelo de inferencia bayesiana que, con conocimiento previo, provea una estimación posterior del tamaño poblacional de perros callejeros en las parroquias.

ABSTRACT

The permanence of dogs in the streets is a problem that occurs in most cities of the world, one of the initial steps to combat this problem is to know the population distribution of stray dogs, this in order to focus resources and create caches, public policies, animal care campaigns, etc. This research deals with the estimation of the population distribution of stray dogs in the urban parishes of the city of Guayaquil, for this we resort to the implementation of a proposal that captures images of the streets of Guayaquil and allows the identification of stray dogs, to then apply a Bayesian inference model that, with prior knowledge, provides a later estimate of the population size of stray dogs in parishes.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ABREVIATURAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Marco Teórico	4
1.4.1 Población canina.....	4
1.4.3 Ratio perros-humanos	6
1.4.4 Estimación poblacional	7
1.4.5 Google Street View	7
1.4.6 Visión por computadora	7
1.4.8 Revisión Bibliográfica.....	9
CAPÍTULO 2.....	11
2. METODOLOGÍA.....	11
2.1 Identificación de región de estudio y nivel de segmentación.....	11
2.2 Obtención de imágenes panorámicas	12
2.3 Algoritmo de detección.....	13

2.3.1	Método R-CNN	13
2.3.2	Incorporación de componente Faster y FPN al método R-CNN	14
2.4	Estimación de ratio a partir de inferencia bayesiana	16
2.4.1	Modelo Beta-Binomial	16
2.5	Afijación proporcional	17
CAPÍTULO 3.....		18
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	18
3.1	Detección de perros callejeros	18
3.2	Resultado del conteo.....	20
3.3	Estimación de ratio humano-perro.....	21
3.3.1	Priori	21
3.3.2	Verosimilitud	22
3.3.3	Posterior	23
3.4	Afijación proporcional por parroquia	24
CAPÍTULO 4.....		27
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
4.1	Conclusiones.....	27
4.2	Recomendaciones.....	27
BIBLIOGRAFÍA.....		29

ABREVIATURAS

FPN	Feature Pyramid Network
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
OMS	Organización Mundial de la Salud
R-CNN	Regions with Convolutional Neural Network features
WSPA	World Society for the Protection of Animals

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema guía para la metodología.....	11
Figura 2. Mapa de Guayaquil, segmentado por parroquias.....	12
Figura 3. División de parroquias <i>Ximena</i> y <i>Tarqui</i>	12
Figura 4. Diagrama de flujo para la extracción de una imagen de alta resolución de Google Street View.....	13
Figura 5. Esquema de metodología R-CNN.....	14
Figura 6. Esquema del método Faster R-CNN.....	15
Fuente: Ren, He, Girshick, & Sun (2015).....	15
Figura 7. Esquema de implementación del complemento FPN en el método Faster R-CNN.....	15
Figura 8. Imagen panorámica usada para demostración de la detección de perros callejeros.....	18
Figura 9. Resultado de la aplicación del modelo de detección.....	19
Figura 10. Casos de detección de perros callejeros.....	19
.....	22
Figura 11. Distribución a priori para el human ratio.....	22
Figura 12. Verosimilitud por parroquia.....	22
Figura 13. Distribución posterior para el human ratio por parroquia.....	23
Figura 14. Mapa de densidad poblacional de perro callejeros.....	25
Figura 15. Diagrama de dispersión de log(Población de humanos) y (Población de perros callejeros).....	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificación de imagen usada para ejemplo de detección.	18
Tabla 2. Resumen descriptivo de métrica de precisión del modelo de detección.....	20
Tabla 3. Resultado del conteo virtual realizado por el algoritmo de detección	20
Tabla 4. Distribución poblacional de perros callejeros e intervalos de credibiilidad.....	24

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El ser humano se volvió responsable de regular la reproducción de los animales cuando empezó a domesticarlos (Jöchle, 1991). El caso de los perros callejeros plantea un grave problema, reconocido como un fenómeno mundial (Wirth, 2016).

El manejo de la población de perros callejeros se ha vuelto un tema muy controversial y poco tratado por la comunidad científica. Se conoce que cierta fracción de la población de canes que residen en las calles, provienen de hogares que decidieron abandonar la responsabilidad de su cuidado. Según Amaku, Dias, & Ferreira (2010), las razones principales del abandono animal están relacionadas con mudanzas, costo de mantenimiento, enfermedad de la mascota y embarazo. No obstante, otra fracción de la población de perros nació en la calle y ese ha sido su entorno permanente.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que se controle la natalidad animal (Meunier et al., 2019), ya que esto no solo implica un problema relacionado con el bienestar animal, sino también se ve afectada la salud humana.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Ganadería aproximadamente el 70% de las enfermedades infecciosas registradas en humanos tienen origen animal (Abellán, 2020). Un caso conocido es el de la rabia canina, Hampson et al. (2015) estima que aproximadamente 59 000 personas mueren anualmente por causa de la rabia canina.

Existen países que han dedicado tiempo, esfuerzo y recursos al registro y cuidado animal, y han reducido las cifras de zoonosis con éxito. Sin embargo, no es

recomendable extrapolar a la realidad ecuatoriana las medidas adoptadas en sectores donde difiere el contexto social, cultural y económico.

Para tomar cualquier medida de planificación efectiva se necesita saber el tamaño de la población de perros callejeros. Como alternativas al censo, que involucra muchos recursos y una planificación más exhaustiva, se han propuesto técnicas de estimación como recuentos directos e indirectos, estimaciones de tasas de capturas, entre otras (Fei, Chiang, Fei, Chou, & Tung, 2012).

Lo común en estas técnicas es la necesidad de un conteo físico de las unidades de investigación, registrando sus características físicas y en el entorno donde se lo encuentra (Morales, 2018).

Este estudio propone un proceso de estimación de la población de perros vagabundos, que consta de la captura y tratamiento de los datos no estructurados, provenientes de imágenes obtenidas de Google Street View, la implementación de técnicas de inteligencia artificial para la detección de los entes de estudio (perros callejeros) y la estimación del tamaño poblacional, desagregado en sectores.

1.1 Descripción del problema

La Sociedad Mundial para la Protección de los Animales (WSPA) indica que el problema más grande de bienestar animal a nivel mundial es el fracaso del manejo de la población de perros y gatos (Wirth, 2016), esto se debe a la fuerte relación que se ha generado entre estos animales y el ser humano, Castillo-Neyra, Levy, & Náquira (2016) hablan sobre una relación de dependencia, indicando que es más frecuente encontrar perros en sitios poblados por humanos, sugiriendo una correlación positiva entre los tamaños poblacionales. Wang et al. (2013) menciona que esta relación va más allá de las costumbres, sugiere la idea de una evolución paralela entre hombre y perro.

El inconveniente se suscita cuando el ser humano deja de hacerse responsable de la regulación reproductiva de los perros y su mantenimiento. Se sabe que en 6 años

una perra y sus descendientes pueden producir 67 000 crías (Ortega-Pacheco, 2001), muchos de ellos son adoptados por familias, pero otros no, y estos hacen de la calle su hogar. Esto hace a los perros vulnerables a accidentes de tránsito, enfermedades, desnutrición y deshidratación, además afectan también a la salud de las personas, ya que los excrementos de los perros se encuentran en las calles, parques y jardines, lugares concurridos por adultos y niños. Además, en esas circunstancias, no reciben atención veterinaria, por lo que son propensos a contraer enfermedades virales, bacterianas, parasitarias que pueden transmitirse a los humanos, conocidas como enfermedades.

Para tomar medidas pertinentes se necesita una estimación del tamaño poblacional de perros callejeros por sectores, de ese modo se puede focalizar esfuerzos y recursos, contribuyendo así a una óptima planificación de políticas públicas, campañas de salud o de cuidado animal.

1.2 Justificación del problema

En la literatura científica se ha publicado casos de estimación de población de perros callejeros utilizando distintos métodos, Meunier et al. (2019) realiza una comparación de metodologías, con la finalidad de presentar la adecuada en casos de estimación del tamaño poblacional canino, resultando el método de muestreo por distancia el más apropiado, del mismo modo indica que la obtención de los datos se realizó con un conteo físico, es decir, un grupo de personas recorrieron el sitio de estudio en puntos predeterminados, llevándoles al menos 3 días hasta conseguir los registros necesarios. Esta práctica no es recomendable en el contexto actual, ya que se debe considerar que todos los países están luchando por superar la pandemia causada por el coronavirus (COVID-19), siendo esto un motivo importante para buscar alternativas al conteo físico.

Probablemente este proceso sea aplicable en Guayaquil, sin embargo, sigue sin ser una opción plausible, ya que involucra enviar personas a enumerar perros en

distintos sectores, esto implica destinar recursos importantes desde la obtención de datos.

Por este motivo se propone la estimación del tamaño poblacional de perros en Guayaquil por medio de un conteo virtual, que permita llegar a valores estimados con un mínimo error y sin la necesidad de enviar personas a distintos sectores de la ciudad de Guayaquil, utilizando técnicas de inteligencia artificial que detecten la presencia de perros en planos obtenidos de imágenes de Google Street View.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Estimar el tamaño poblacional de perros callejeros distribuidos en sectores de la ciudad de Guayaquil, mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial, que permita la planificación óptima de asuntos de bienestar animal y salud pública.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Proponer un procedimiento que detecte la presencia de perros callejeros mediante visión computacional.
- Inspeccionar conocimiento previo que relacione el tamaño poblacional de perros y personas distribuidas en sectores.
- Elaborar una estimación de la distribución poblacional de perros por parroquias urbanas de Guayaquil y su relación con el tamaño de población humana.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Población canina

La domesticación de animales es una práctica que ha sido llevada a cabo desde hace muchos años, generando beneficio económico y cultural al ser humano (Brusoni, Canigia, Lara, & Dezzotti, 2007).

El caso de los perros (*Canis lupus familiaris*) merece atención especial, ya que se conoce que han tenido una evolución paralela con el hombre (Wang et al., 2013), incluso estudios como el de Siniscalchi, dIngeo, & Quaranta (2021) hablan de una dependencia emocional, fisiológica y cognitiva.

El ser humano ha permitido que la reproducción canina se lleve de forma desordenada (M. Morales, Varas, & Ibarra, 2009). Esto junto con la dependencia mencionada, son responsables del crecimiento descontrolado de la población canina.

La población de perros se puede estimar tomando como referencia una encuesta domiciliaria, no obstante, esto proporcionaría información sobre los perros que permanecen en las casas, adoptados por hogares, dejando fuera el segmento de población que permanece en las calles, los llamados "*Perros callejeros*".

1.4.2 Perros callejeros

El segmento de población canina considerada como "perros callejeros" es caracterizado por un comportamiento independiente, Brusoni et al. (2007) explica que un perro totalmente independiente tiene nula supervisión, alimentación ocasional y escasez de refugio apropiado.

Falcón, Ochoa, Zuazo, & Guevara (2014) define perro callejero al segmento de población canina que ha sido abandonado o que, teniendo dueño, deambula por las calles sin ningún tipo de control.

Un perro puede considerarse callejero o no sin importar la raza, aunque se tiene como conocimiento previo (empírico) que es más frecuente encontrar perros mestizos.

La permanencia de perros en las calles trae consigo múltiples inconvenientes, como la transmisión de enfermedades hacia los humanos (zoonosis), mordeduras, maltrato animal, entre otros.

1.4.2.1 Enfermedades zoonóticas

Los perros callejeros son participes principales en la transmisión de enfermedades, siendo un problema de importancia alta en la salud pública.

Entre las enfermedades zoonóticas más comunes está la rabia. La rabia es una enfermedad neurológica zoonótica mortal responsable de más de 60 000 muertes al año (Singh et al., 2017). Se conoce también que el 15% de la muertes por rabia se dan en niños menores de 15 años (Kamalikhah, Mirrezaei, Rahimi, Sabzmakan, & Ghobakhloo, 2021).

1.4.2.2 Otras afectaciones

Las enfermedades ocasionadas por la presencia de perros en las calles son un problema grave, sin embargo no son los únicos, Paz (2021) indica que los perros callejeros son un obstáculo importante en el ámbito turístico, llegando incluso a empañar los sitios atractivos. Peña, Vidal, & Hernández (2016) presenta el caso de la contaminación ambiental, enuncia que la presencia de excreciones es un problema que afecta al medio ambiente y al ser humano, ya que promueve la dispersión parasitaria. Otra afectación tiene que ver con los accidentes de tránsito, dado que los perros permanecen en las calles, son propensos a cruzar por carreteras, causar distracción a los conductores o ser arrollados (Zafra & Salud, 2015).

1.4.3 Ratio perros-humanos

Una medida de comparación de la población de humanos y perros, utilizada en investigaciones como la de Özen, Böhning, & Safa Gürcan (2016) y Belo, Werneck, Silva, Barbosa, & Struchiner (2015), es el ratio perros-humanos, que indica la cantidad de humanos que hay por cada perro. Por ejemplo, un ratio 1:3 indica que por cada tres habitantes humanos hay un perro. Con base en esto podemos encontrar la proporción de población humana que equivale a la población canina, realizando la división.

1.4.4 Estimación poblacional

Para la búsqueda de la caracterización de una población es necesario comprender el entorno de permanencia de los individuos, el número de casos en un área específica y, si se requiere más precisión, la distribución poblacional en segmentos del área.

Cuando hay escasez de recursos, sean estos económicos, temporales, computacionales o humanos, no es una idea plausible realizar censos, en estos casos es común recurrir al muestreo. Esta práctica se vuelve cada vez menos común por los avances tecnológicos, que permite estimar y trabajar con la población directamente sin mucho esfuerzo computacional (Martínez, 2020).

1.4.5 Google Street View

Google Street View es una herramienta que proporciona a los usuarios de Google obtener imágenes panorámicas de cientos de ciudades (Anguelov et al., 2010). Se trata de automóviles que programan recorridos en diversas ciudades y van capturando fotografías panorámicas que luego son procesadas, etiquetadas con un ID (panold) y mostradas en una aplicación que se muestra al cliente en forma de navegación o caminata.

1.4.6 Visión por computadora

Se conoce como visión por computadora a la capacidad que se le proporciona a una computadora de “ver” en una imagen (Galdamez et al., 2021). Los últimos años se ha identificado un incremento en el estudio y aplicación de visión por computadora (Janai, Güney, Behl, Geiger, et al., 2020), esto se da por el avance tecnológico, que permite utilizar diversas metodologías que interpretan imágenes y logran identificar, clasificar y hasta modificar los segmentos requeridos.

1.4.6.1 Modelos de detección

Los modelos de detección son conjuntos de metodologías que combinan modelos de aprendizaje supervisado en casos de clasificación y ajustes de regionalización en imágenes (Girshick et al., 2014), de este modo simulan el comportamiento humano al momento de identificar objetos dentro de imágenes.

1.4.7 Inferencia Bayesiana

La inferencia bayesiana tiene como base el uso de distribuciones de probabilidad para estimar parámetros considerando conocimiento previo (Gómez-Villegas, 2020).

1.4.7.1 Priori

El conocimiento previo o a priori se describe en una distribución $p(\theta)$, misma que es considerada para la estimación del parámetro θ .

1.4.7.2 Verosimilitud

La verosimilitud se interpreta como la información que aportan los datos (y), presente en una distribución $p(y|\theta)$, que indica la distribución condicional de los datos dado el parámetro θ .

1.4.7.3 Posterior

La distribución posterior $p(\theta|y)$ combina el conocimiento previo y la información que aportan los datos.

$$p(\theta|y) \propto p(y|\theta)p(\theta) \quad (1)$$

La ecuación anterior, provee una distribución de probabilidad que resume el comportamiento del parámetro que se desea estimar.

1.4.8 Revisión Bibliográfica

El correcto manejo de las poblaciones de perros callejeros es de vital importancia para la salud humana y el bienestar animal, sin embargo existen desafíos administrativos al momento de planificar campañas que ayuden a cumplir el objetivo de control (Kato, Yamamoto, Inukai, & Kira, 2003). Un desafío importante es la falta de registro de poblaciones caninas en su totalidad, para superar este desafío algunos autores han optado por implementar metodologías de estimación que proveen cifras aproximadas a las reales y permitan tomar decisiones considerando un margen de error.

En esta revisión bibliográfica se abordan casos de estimación del tamaño poblacional de perros callejeros en distintos sitios y condiciones, se resume parte de sus objetivos, metodología y resultados.

Meunier et al. (2019) realiza un estudio cuyo objetivo es medir el rendimiento relativo de metodologías de estimación del tamaño de la población canina en Goa, India. Los métodos que fueron objeto de comparación fueron Proporción de marca, aproximación por avistamiento directo, estimación de Chapman, estimación por método de distancias. Entre los resultados del estudio, los métodos de Chapman y método de distancias se perfilaron como los más plausibles, sin embargo se plantea una precisión, el método de distancias, aunque parece dar cifras con menos error, involucra mayor esfuerzo computacional. Los datos para las estimaciones fueron obtenidos aplicando formularios y por conteo físico, este procedimiento duró aproximadamente 3 días.

Se considera también un estudio elaborado por Prashanth & Bhuvaneshwari (2013), en el cual se desea detectar, por medio de cámaras de seguridad, perros utilizados para transportar material explosivo. Se realiza la inspección de fotogramas, donde un algoritmo de máquinas de soporte vectorial de tercer orden con filtro gaussiano distinguen la presencia de perros de distintos planos. El estudio sugiere implementar el procedimiento propuesto para otros tipos de casos de seguridad social.

Ouyang, He, He, & Tang (2019) plantea una investigación con la finalidad de controlar la presencia de perros en lugares donde no se permite su permanencia, mediante detección por imágenes con un algoritmo de redes neuronales convolucionales, mismo que caracteriza los componentes invariantes en los planos capturados y reconoce la especie de perro.

Baba, Pescaru, Gui, & Jian (2016) comparte los objetivos planteados por parte de los autores mencionados anteriormente y profundiza el algoritmo en la caracterización de movimientos de los perros mediante máquinas de soporte vectorial, identificando posibles comportamientos caninos peligrosos para las personas, además provee un sistema de alerta en línea que permite tomar medidas preventivas en las zonas indicadas.

Estos estudios sirven como base para la implementación de un método de estimación de tamaño poblacional de perros callejeros aplicado a Guayaquil, tomando los procedimientos de extracción de datos por medio de reconocimiento de imágenes con algoritmos de aprendizaje estadístico en casos de clasificación.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en esta investigación para obtener la estimación de la distribución poblacional de perros callejeros se presenta de acuerdo al esquema de la Figura 1.

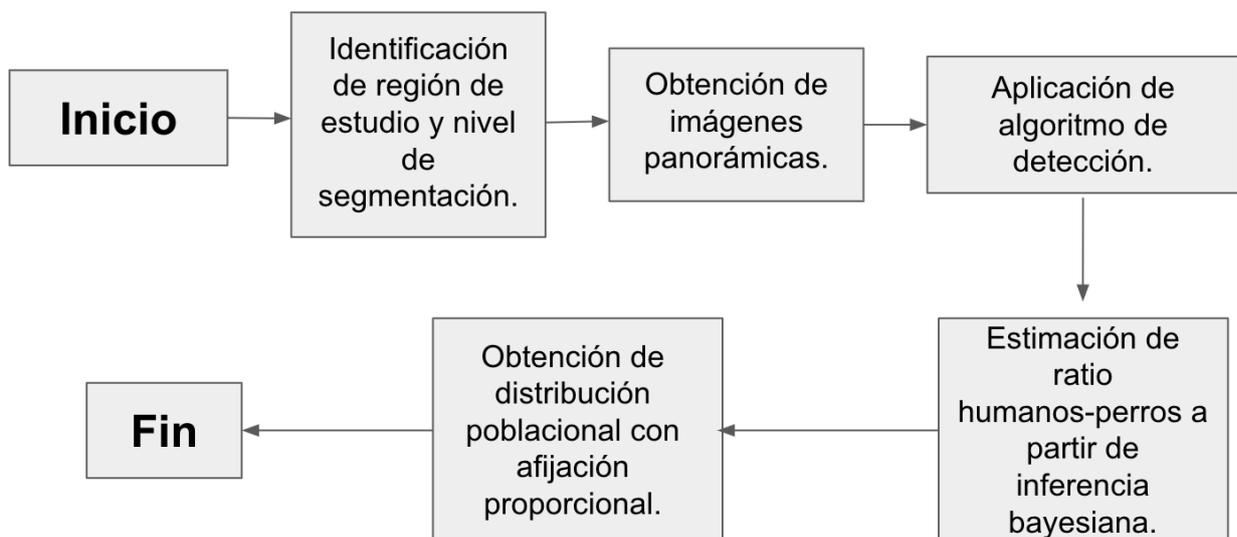


Figura 1. Esquema guía para la metodología.

Fuente: Elaboración propia

2.1 Identificación de región de estudio y nivel de segmentación

Para identificar la región de estudio se utiliza un mapa de la zona urbana de la ciudad de Guayaquil, se lo segmenta en parroquias utilizando la herramienta de información geográfica QGIS.

Se trabaja a nivel de las parroquias urbanas de Guayaquil, dividiendo las parroquias Tarqui y Ximena, en Norte, Centro, Sur y Norte, Sur, respectivamente, con la finalidad de balancear las áreas de estudio y reducir tiempos de compilación. La especificación de barrios por parroquias se enuncia a continuación de forma gráfica.

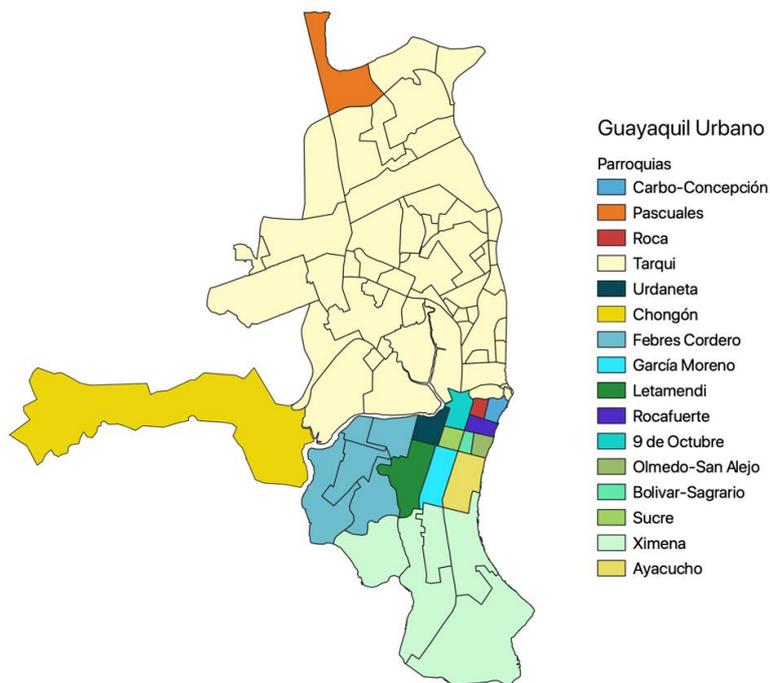


Figura 2. Mapa de Guayaquil, segmentado por parroquias.

Fuente: Elaboración propia

Como se menciona anteriormente, se divide las parroquias Ximena y Tarqui, la especificación de esta división se presenta a continuación:

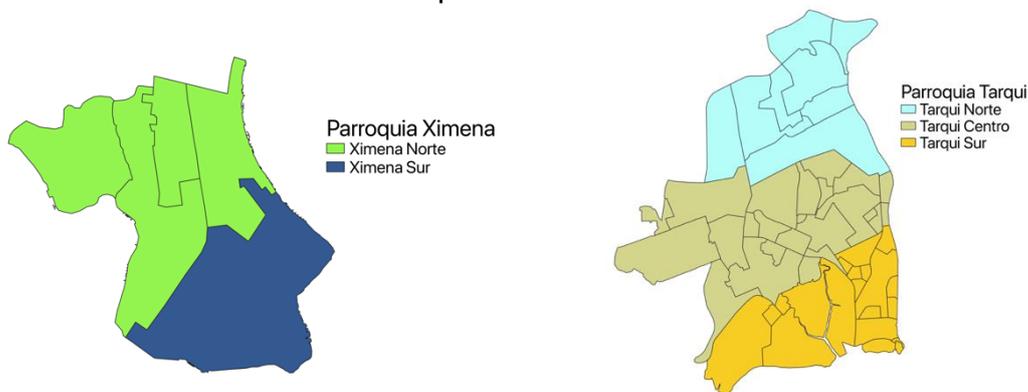


Figura 3. División de parroquias Ximena y Tarqui.

Fuente: Elaboración propia

2.2 Obtención de imágenes panorámicas

Previo a la evaluación del modelo de detección, se realiza la extracción de imágenes panorámicas provenientes de Google Street View. Es posible realizar la extracción de

una imagen panorámica desde la plataforma de Google Street View, sin embargo, la imagen no sería de alta resolución. Para resolver este inconveniente se propone extraer planos con acercamiento provenientes de un mismo ID, y posteriormente juntarlos, de modo que se obtenga una sola imagen de excelente calidad. El procedimiento se realiza por medio de un algoritmo desarrollado en Python utilizando la librería OpenCV, se presenta un resumen y un ejemplo en el diagrama de la Figura 4.



Figura 4. Diagrama de flujo para la extracción de una imagen de alta resolución de Google Street View.

Fuente: Elaboración propia

Este procedimiento se aplica para cada ID tiene una duración aproximada de 1 segundo por imagen panorámica completa.

2.3 Algoritmo de detección

2.3.1 Método R-CNN

Para la detección de los perros en los planos panorámicos se usa el método R-CNN (Regions with Convolutional Neural Network features), que aplica una red neuronal convolucional y un algoritmo que sugiere las regiones dentro de una imagen (Jalayer, Jalayer, Kaboli, Orsenigo, & Vercellis, 2021), este procedimiento se lo puede visualizar en la Figura 5.

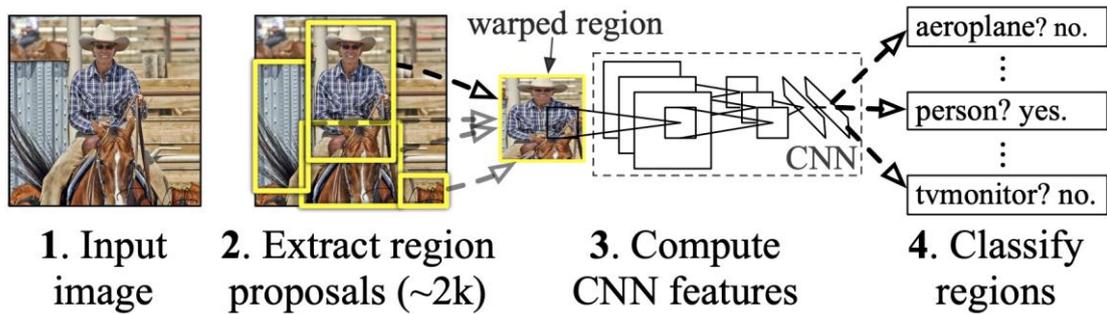


Figura 5. Esquema de metodología R-CNN.

Fuente: Girshick, Donahue, Darrell, & Malik (2014)

La redes neuronales son modelos creados con la finalidad de replicar el comportamiento humano al momento de tomar una decisión en función de una combinación de parámetros (Gómez Inés et al., 2021). La aplicación de ésta metodología en imágenes se interpreta como la emulación del ojo humano al momento de reconocer objetos.

2.3.2 Incorporación de componente Faster y FPN al método R-CNN

Uno de los inconvenientes del método R-CNN es el tiempo de ejecución, por este motivo se propone Faster R-CNN, que implementa una red de propuesta de región que optimiza la selección de regiones en las imágenes, para posteriormente proceder con la predicción de regiones y su clasificación, esto amenora el tiempo de ejecución ya que el método R-CNN no debe probar el mayor número de regiones en la imagen, sino solo las que el filtro Faster le sugiere.

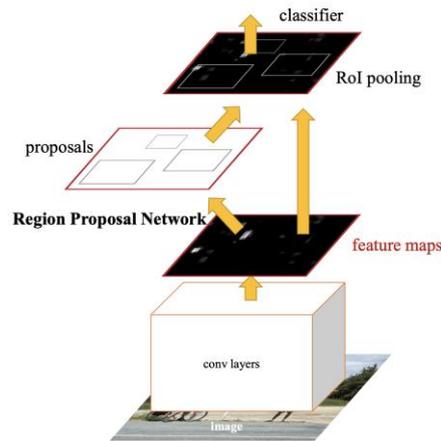


Figura 6. Esquema del método Faster R-CNN

Fuente: Ren, He, Girshick, & Sun (2015)

A este procedimiento se le añade el complemento FPN, que consta de procesos hacia arriba y hacia abajo, incrementando la cantidad de información semántica en cada paso (Lin et al., 2017), de esta forma se analizan las imágenes en diferentes escalas, lo que permite realizar la predicción en los diferentes niveles y tener resultados más precisos. El esquema de la implementación del complemento FPN se muestra en la Figura 7. Se evidencia que es uno de los procedimientos que se hace inicialmente, antes de delimitar las regiones de los objetos dentro de las imágenes.

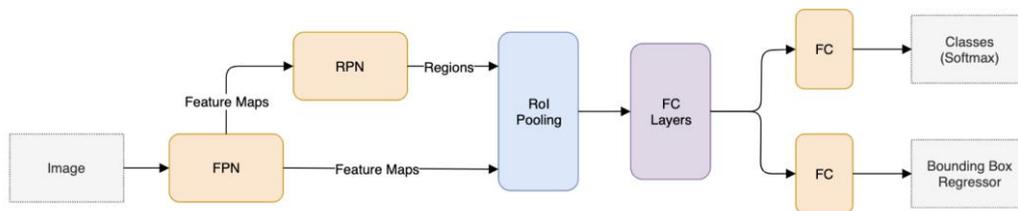


Figura 7. Esquema de implementación del complemento FPN en el método Faster R-CNN

Fuente: Lucio, Laroca, Zanlorensi, Moreira, & Menotti (2019)

2.4 Estimación de ratio a partir de inferencia bayesiana

Para obtener la estimación de la distribución poblacional se considera el conocimiento que proveen investigaciones pasadas (priori) y los datos recolectados por el modelo de detección (verosimilitud).

Estudios como el de Özen et al. (2016) sugieren que la observación de perros callejeros se puede modelar como una distribución binomial en casos de estudios longitudinales y de marcación de individuos, esta idea puede ser abordada cuando se trata la equivalencia de una proporción de una población de mayor tamaño, como es el caso de los perros y los humanos.

2.4.1 Modelo Beta-Binomial

El modelo Beta-Binomial está diseñado para casos binarios, [1,0], [Éxito, Fracaso], [Presencia, Auscencia], etc. Por este motivo, resulta ideal en casos de estudio de proporción.

La distribución previa o a priori se toma del conocimiento que se tiene acerca de la proporción, se modela una distribución Beta.

$$f(\pi) = \begin{cases} \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \theta^{\alpha-1} (1 - \theta)^{\beta-1} & , \quad 1 > \theta > 0 \quad \alpha, \beta > 0 \\ 0 & , \quad \text{en otro caso} \end{cases} \quad (2)$$

Donde,

α y β son parámetros que dependen del conocimiento que se desee modelar.

La verosimilitud toma los datos disponibles y los modela como una distribución binomial.

$$L(\pi|y) = \binom{n}{y} \theta^y (1 - \theta)^{n-y} \quad (3)$$

La distribución posterior se obtiene multiplicando la priori y la verosimilitud.

$$p(\theta|y) \propto \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \theta^{\alpha-1} (1 - \theta)^{\beta-1} \cdot \binom{n}{y} \theta^y (1 - \theta)^{n-y} \quad (4)$$

Por lo tanto, la distribución posterior se puede expresar como una distribución Beta, de la siguiente forma:

$$Beta(\alpha + y, \beta + n - y) \quad (5)$$

2.5 Afijación proporcional

Una vez que se tiene la estimación de la distribución posterior de la propoción mediante el modelo Beta-Binomial se utiliza una medida de tendencia central (mediana) para encontrar un valor medio que represente a Guayaquil urbano, con esto se obtiene el valor de la proporción de población humana que representa la población de perros callejeros. Al tener el valor de la proporción se realiza la extrapolación para el cálculo del tamaño poblacional, realizando la multiplicación de la proporción de población humana que representa el tamaño poblacional de perros callejeros por el número de habitantes de Guayaquil urbano, y la afijación proporcional considerando la distribución porcentual obtenida con el modelo de detección.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se presenta los resultados de la aplicación del modelo de detección por medio de redes neuronales convolucionales profundas y la estimación de la distribución poblacional de perros callejeros.

3.1 Detección de perros callejeros

Mediante la aplicación del modelo de redes neuronales convolucionales profundas se lleva a cabo la detección en imágenes. En la Figura 8 se presenta una imagen panorámica que demuestra la utilidad del modelo en casos de detección de perros callejeros, la especificación del lugar donde fue capturada la imagen se presenta en la Tabla 1 y el resultado de la detección en la Figura 9.

Tabla 1. Especificación de imagen usada para ejemplo de detección.

Latitud	-2.197768
Longitud	-79.886508
Panold	xmcmjJSIAHhvzGxSZDTXA



Figura 8. Imagen panorámica usada para demostración de la detección de perros callejeros.

Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Resultado de la aplicación del modelo de detección.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 9 muestra un caso de detección de un perro callejero, con una precisión de 0.984. Este valor es la probabilidad de que dentro de la región se encuentre un perro, propio de un modelo clasificador.

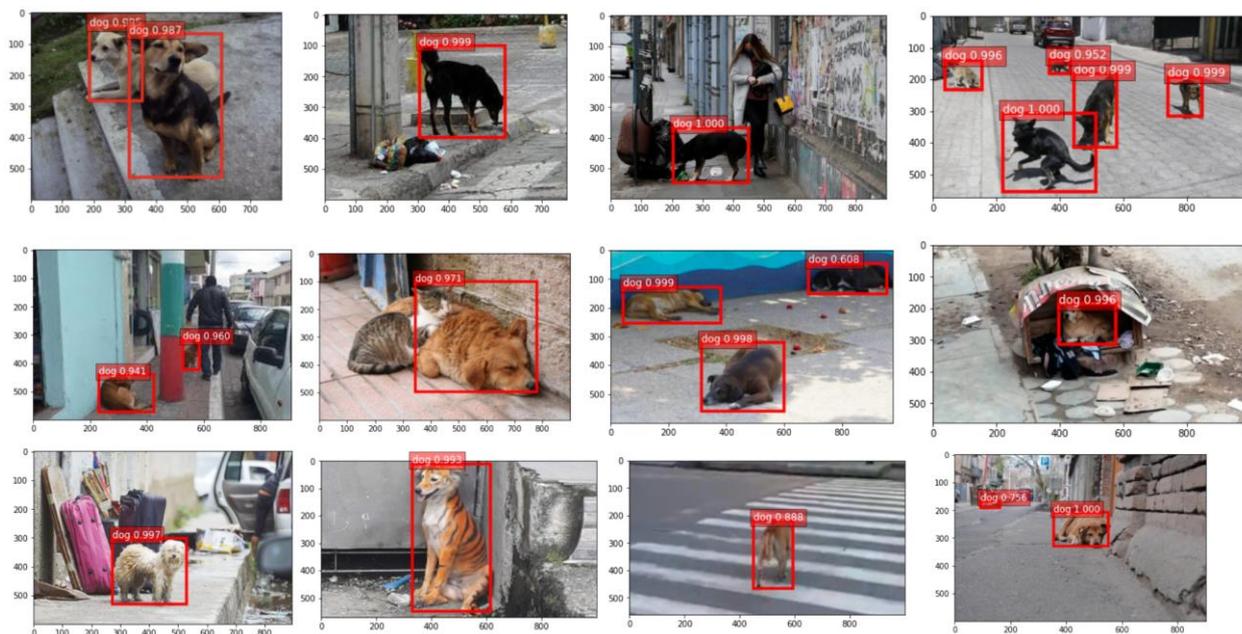


Figura 10. Casos de detección de perros callejeros.

Fuente: Elaboración propia

El algoritmo proporciona una métrica de precisión para cada detección, el resumen estadístico descriptivo se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen descriptivo de métrica de precisión del modelo de detección

Min	Max	Primer Cuartil	Mediana	Tercer Cuartil	Media	Desviación
0,608	1	0,96	0,996	0,999	0,954	0,0974

Una vez que se detecta la presencia de un perro callejero en una imagen panorámica, tal como en el ejemplo de la Figura 9, se procede a añadirlo en el registro de la parroquia donde corresponde.

3.2 Resultado del conteo

Los resultados de la aplicación del modelo de detección se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultado del conteo virtual realizado por el algoritmo de detección

PARROQUIAS	PERROS CALLEJEROS REGISTRADOS
FEBRES CORDERO	24
9 DE OCTUBRE	4
AYACUCHO	6
BOLIVAR	10
CARBO CONCEPCIÓN	6
CHONGÓN	8
GARCÍA MORENO	8
LETAMENDI	4
OLMEDO	8
PASCUALES	18
ROCA	8
ROCAFUERTE	20
SUCRE	8
TARQUI CENTRO	84
TARQUI NORTE	68
TARQUI SUR	82

URDANETA	6
XIMENA NORTE	92
XIMENA SUR	54

Estas cantidades son utilizadas posteriormente para la obtención del ratio humanos-perros por medio de estimación bayesiana.

3.3 Estimación de ratio humano-perro

Para la estimación de la proporción de personas que representa la población de perros callejeros se utiliza estimación por medio del modelo bayesiano Beta-Binomial.

3.3.1 Priori

Para definir la distribución a priori se considera el conocimiento previo que se tiene sobre la distribución de perros callejeros. La organización mundial de la salud sugiere un human ratio de 1:7 (WHO, 1988). Estudios recientes como el de Gebremedhin et al. (2020) sugieren ratios de 6:1. Para esta investigación se considera un ratio inicial de 1:7.

Esto se muestra en una distribución Beta centrada en 0.1428, equivalente a la proporción de humanos que representa la población de perros callejeros. Para la estimación de la distribución priori se determinó una distribución Beta de parámetros $\alpha = 155$ y $\beta = 930$.

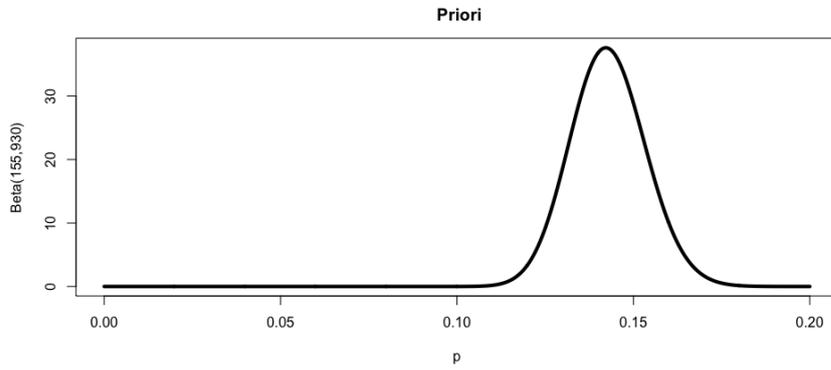


Figura 11. Distribución a priori para el human ratio.

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Verosimilitud

Para la obtención de la verosimilitud se considera el ratio humano-perro de cada parroquia, obtenido por medio del conteo que realiza el algoritmo de detección.

Es así que se considera una verosimilitud para cada parroquia.

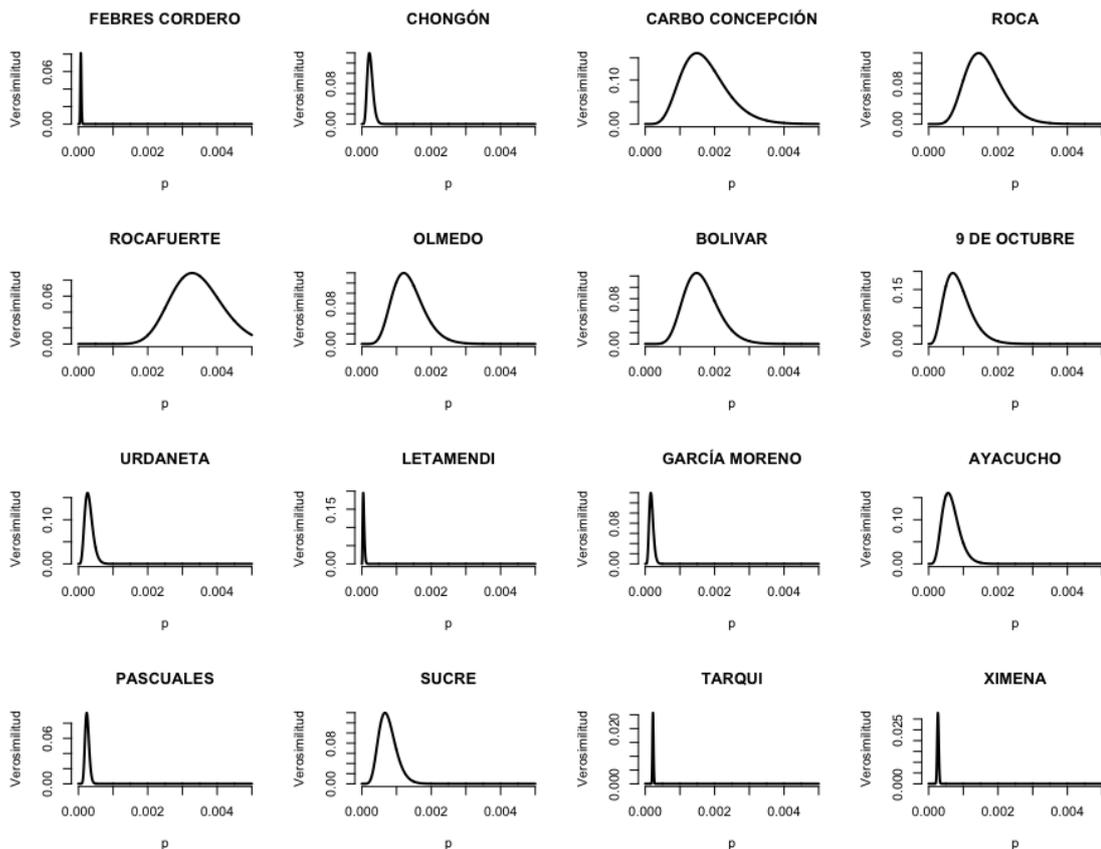


Figura 12. Verosimilitud por parroquia.

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Posterior

La distribución posterior se la obtiene considerando el conocimiento previo, presente en la distribución a priori, y la información que proveen los datos, la verosimilitud. Al tratarse de un modelo Beta-Binomial se espera que la distribución posterior sea conjugada, es decir, provenga de la misma familia que la priori, en este caso, una distribución Beta.

Los resultados de la estimación se presentan a continuación:

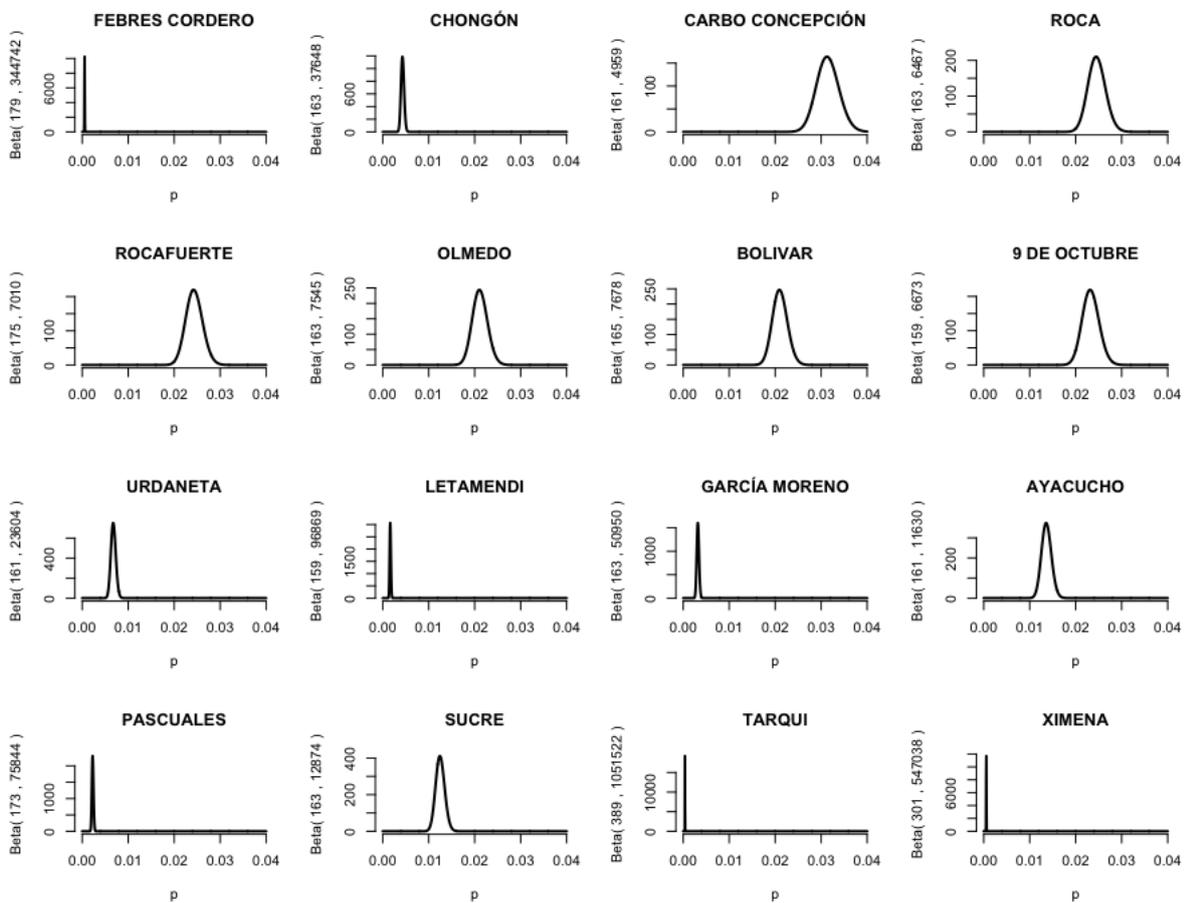


Figura 13. Distribución posterior para el human ratio por parroquia.

Fuente: Elaboración propia

Con las distribuciones presentadas en la Figura 13, se puede estimar un human ratio que generalice el comportamiento de la población de perros callejeros en Guayaquil urbano. Para asegurar la robustez de la estimación, dado que se tienen casos que pueden ser considerados como potenciales escenarios atípicos, se utiliza la mediana, dando como

resultado una proporción de 0.008788118, que puede ser expresado como un human ratio de 1:114, indicando que **por cada 114 habitantes humanos hay 1 perro callejero** en el área urbana de Guayaquil.

3.4 Afijación proporcional por parroquia

Una vez que se ha obtenido el human ratio general, considerando 2 278 691 como el número de habitantes del sector urbano de la ciudad de Guayaquil según INEC (2010), se procede a estimar la distribución de perros callejeros por parroquia, los resultados se presentan en la Tabla 4, adicionalmente se presenta intervalos de credibilidad obtenidos a partir de las distribuciones posteriores (Figura 13).

Tabla 4. Distribución poblacional de perros callejeros e intervalos de credibilidad.

Parroquia	Proporción de perros callejeros	Población de perros callejeros	Intervalo de credibilidad	
			L.I.	L.S.
FEBRES CORDERO	0,0463	927	771,03	1248,48
CHONGÓN	0,0154	309	257,01	416,16
CARBO CONCEPCIÓN	0,0116	231	192,13	311,11
ROCA	0,0154	309	257,01	416,16
ROCAFUERTE	0,0386	773	642,94	1041,07
OLMEDO	0,0154	309	257,01	416,16
BOLIVAR	0,0193	386	321,05	519,86
9 DE OCTUBRE	0,0077	154	128,09	207,41
URDANETA	0,0116	231	192,13	311,11
LETAMENDI	0,0077	154	128,09	207,41
GARCÍA MORENO	0,0154	309	257,01	416,16
AYACUCHO	0,0116	231	192,13	311,11
PASCUALES	0,0347	695	578,06	936,02
SUCRE	0,0154	309	257,01	416,16
TARQUI NORTE	0,1313	2628	2185,82	3539,38
TARQUI CENTRO	0,1622	3247	2700,67	4373,04
TARQUI SUR	0,1583	3169	2635,8	4267,99
XIMENA NORTE	0,1776	3556	2957,68	4789,2
XIMENA SUR	0,1042	2087	1735,85	2810,76
Total	1,0000	20014		

La Tabla 4 muestra los resultados del uso de las metodologías mencionadas. Se puede apreciar que la mayor cantidad de perros callejeros se encuentra en Ximena Norte y Tarqui centro, para facilitar la interpretación de forma visual en la Figura 14 se presenta un mapa de densidad poblacional.

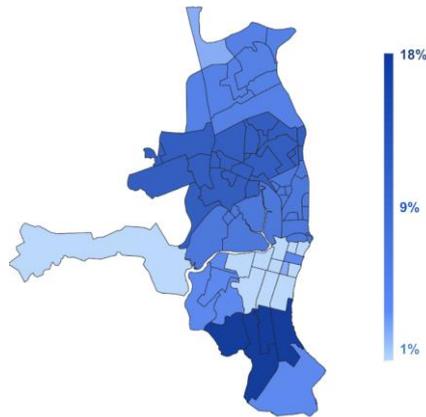


Figura 14. Mapa de densidad poblacional de perro callejeros.

Fuente: Elaboración propia

El mapa de densidad revisado en la Figura 14 muestra la distribución poblacional porcentual de perros callejeros en la ciudad de Guayaquil. El coeficiente de correlación el tamaño poblacional de perros callejeros y tamaño poblacional humano es 0,965. Este es un valor positivo y alto, por lo tanto se puede confirmar la aseveración que indica que existe una asociación positiva entre el número de humanos y el número de perros callejeros en una zona específica. Para tener una idea visual de esta asociación, en la Figura 15 se presenta un diagrama de dispersión, donde se aplica a las variables una transformación logarítmica, con la finalidad de apreciar de mejor forma los puntos obtenidos.

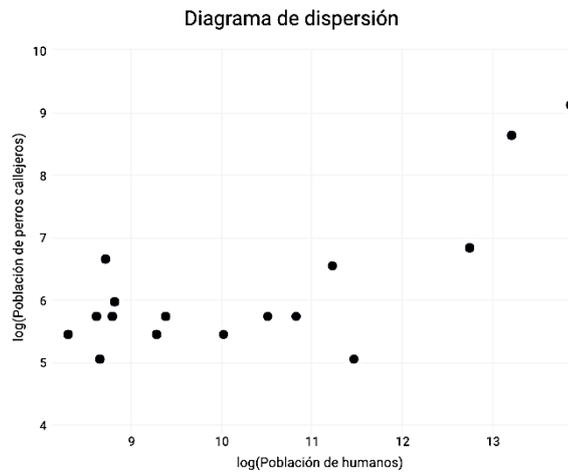


Figura 15. Diagrama de dispersión de log(Población de humanos) y (Población de perros callejeros)

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se propuso un procedimiento que permite detectar la presencia de perros en las calles de Guayaquil urbano, este procedimiento va desde la descarga de las imágenes provenientes de Google Street View, el procesamiento de las imágenes hasta la aplicación del módulo de conteo posterior a la aplicación del algoritmo de detección.
- Se recopiló y consideró conocimiento de otras investigaciones recientes realizadas en otras ciudades e información de la OMS referente al ratio perros callejeros – humanos en Guayaquil, esto aporta a la metodología de inferencia bayesiana, donde ese conocimiento previo fue pilar fundamental para encontrar las distribuciones posteriores.
- La estimación de la distribución poblacional de perros callejeros en Guayaquil se realizó mediante técnicas de inteligencia artificial e inferencia bayesiana, lo que permitió tomar conocimiento previo de otras investigaciones sobre el ratio perros-humanos y llevarlo al contexto guayaquileño mediante la detección de perros en imágenes provenientes de Google Street View, esto a su vez permitió determinar el tamaño poblacional de perros callejeros que fue 20014.
- La estimación de la distribución poblacional permitió verificar la asociación entre población de perros callejeros y habitantes humanos en las parroquias urbanas de Guayaquil, dando el coeficiente de correlación 0,965, por lo tanto la asociación es fuerte y positiva.

4.2 Recomendaciones

- Para tener un análisis más fiable es recomendable llevar a cabo un estudio longitudinal, que involucre la detección de perros callejeros en distintos tiempos,

esto daría paso al uso de técnicas más especializadas, algunas mencionadas en la revisión bibliográfica de este escrito, incluso esto permitiría tomar las distribuciones posteriores como previas en estudios futuros y fortalecer la estimación.

- Se recomienda ampliar el algoritmo de detección de imágenes a videos, esto permitiría que la detección se lleve a cabo en tiempo real y se tenga una estimación de la distribución poblacional de perros callejeros siempre actualizada.

BIBLIOGRAFÍA

- Abellán, A. M. (2020). *Programa de educación para la salud: Zoonosis en mascotas, ¿Un riesgo para la salud? Health education program: Zoonoses in pets, a health risk?*
- Amaku, M., Dias, R. A., & Ferreira, F. (2010). Dynamics and control of stray dog populations. *Mathematical Population Studies*, 17(2), 69–78.
- Anguelov, D., Dulong, C., Filip, D., Frueh, C., Lafon, S., Lyon, R., ... Weaver, J. (2010). Google street view: Capturing the world at street level. *Computer*, 43(6), 32–38.
- Baba, M., Pescaru, D., Gui, V., & Jian, I. (2016). Stray dogs behavior detection in urban area video surveillance streams. *2016 12th IEEE International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC)*, 313–316. IEEE.
- Belo, V. S., Werneck, G. L., Silva, E. S. da, Barbosa, D. S., & Struchiner, C. J. (2015). Population estimation methods for free-ranging dogs: A systematic review. *PLoS One*, 10(12), e0144830.
- Brusoni, C., Canigia, J. F., Lara, J., & Dezzotti, A. (2007). Tamaño y estructura de la población canina en san martín de los andes (neuquén). *Analecta Veterinaria*, 27.
- Castillo-Neyra, R., Levy, M. Z., & Náquira, C. (2016). Efecto del sacrificio de perros vagabundos en el control de la rabia canina. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 33, 772–779.
- Chua, D., Rand, J., & Morton, J. (2017). Surrendered and stray dogs in australia—estimation of numbers entering municipal pounds, shelters and rescue groups and their outcomes. *Animals*, 7(7), 50.
- Falcón, P. N., Ochoa, A. Y., Zuazo, R. J., & Guevara, P. B. (2014). *Estimación de la población de perros callejeros en el distrito de los olivos, lima, Perú.*
- Fei, S.-Y., Chiang, J.-T., Fei, C.-Y., Chou, C.-H., & Tung, M.-C. (2012). Estimating stray dog populations with the regression method versus beck's method: A comparison. *Environmental and Ecological Statistics*, 19(4), 485–498.
- Galdamez, M., Chirino, P., Diaz-Acevedo, K., León, A. P. de, Caymes-Scutari, P., & Blanchini, G. (2021). Redes neuronales paralelas aplicadas a la visión computacional. *XXIII Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación (WICC 2021, Chilecito, La Rioja).*
- Gebremedhin, E. Z., Sarba, E. J., Getaneh, A. M., Kebebew, G. K. T. G., Endale, S. S., & Marami, L. M. (2020). Demography and determinants of dog and cat ownership in three towns of west shoa zone, oromia region, ethiopia. *BMC Veterinary Research*, 16(1), 1–12.
- Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., & Malik, J. (2014). Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 580–587.

- Gómez Inés, J.others. (2021). *Implementación del modelo de red neuronal RBM*.
- Gómez-Villegas, M. A. (2020). ¿' Por qué la inferencia estadística bayesiana: revisitado? *BEIO*, 231.
- Hampson, K., Coudeville, L., Lembo, T., Sambo, M., Kieffer, A., Attlan, M., ... others. (2015). Estimating the global burden of endemic canine rabies. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 9(4), e0003709.
- Jalayer, M., Jalayer, R., Kaboli, A., Orsenigo, C., & Vercellis, C. (2021). Automatic visual inspection of rare defects: A framework based on GP-WGAN and enhanced faster r-CNN. *arXiv Preprint arXiv:2105.00447*.
- Janai, J., Güney, F., Behl, A., Geiger, A.others. (2020). Computer vision for autonomous vehicles: Problems, datasets and state of the art. *Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision*, 12(1–3), 1–308.
- Jöchle, W. (1991). Pet population control in europe. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 198(7), 1225–1230.
- Kamalikhah, T., Mirrezaei, S., Rahimi, T., Sabzmakan, L., & Ghobakhloo, S. (2021). Community readiness for collecting stray dogs in aradan county: A quantitative-qualitative study. *Irish Veterinary Journal*, 74(1), 1–9.
- Kato, M., Yamamoto, H., Inukai, Y., & Kira, S. (2003). Survey of the stray dog population and the health education program on the prevention of dog bites and dog-acquired infections: A comparative study in nepal and okayama prefecture, japan. *Acta Medica Okayama*, 57(5), 261–266.
- Lin, T.-Y., Dollár, P., Girshick, R., He, K., Hariharan, B., & Belongie, S. (2017). Feature pyramid networks for object detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2117–2125.
- Lucio, D. R., Laroca, R., Zanlorensi, L. A., Moreira, G., & Menotti, D. (2019). Simultaneous iris and periocular region detection using coarse annotations. *2019 32nd SIBGRAP Conference on Graphics, Patterns and Images (SIBGRAP)*, 178–185. IEEE.
- Martínez, F. J. C. (2020). El big data mató a la estrella del muestreo. *Auditoría Pública*, (75), 9–13.
- Meunier, N., Gibson, A., Corformat, J., Mazeri, S., Handel, I., Gamble, L., ... Mellanby, R. (2019). A comparison of population estimation techniques for individually unidentifiable free-roaming dogs. *BMC Veterinary Research*, 15(1), 1–10.
- Morales, J. D. L. (2018). *Estimación de la población de perros ambulantes en el municipio de santa catarina barahona, sacatepéquez, guatemala, en el mes de septiembre del año 2017* (PhD thesis). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Morales, M., Varas, C., & Ibarra, L. (2009). Caracterización demográfica de la población de perros de viña del mar, chile. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 41(1), 89–95.
- Ortega-Pacheco, A. (2001). La sobrepoblación canina: Un problema con repercusiones potenciales para la salud humana. *Revista Biomédica*, 12(4), 290–291.

- Ouyang, J., He, H., He, Y., & Tang, H. (2019). Dog recognition in public places based on convolutional neural network. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 15(5), 1550147719829675.
- Özen, D., Böhning, D., & Safa Gürcan, İsmayil. (2016). Estimation of stray dog and cat populations in metropolitan ankara, turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 40(1), 7–12.
- Paz, G. D. (2021). *Evaluación de los parámetros hematológicos de perros callejeros pos mejora de su bienestar en la ciudad de catacaos. Perú 2020.*
- Peña, I., Vidal, F., & Hernández, A. (2016). Población de perros callejeros del municipio camagüey, cuba. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 27(4), 840–844.
- Prashanth, C., & Bhuvaneswari, P. (2013). Stray dog detection in wired camera network. *ICTACT Journal on Image and Video Processing*, 4(1), 642–646.
- Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 28, 91–99.
- Singh, R., Singh, K. P., Cherian, S., Saminathan, M., Kapoor, S., Reddy, G. M., ... Dhama, K. (2017). Rabies—epidemiology, pathogenesis, public health concerns and advances in diagnosis and control: A comprehensive review. *Veterinary Quarterly*, 37(1), 212–251.
- Siniscalchi, M., dIngeo, S., & Quaranta, A. (2021). Lateralized emotional functioning in domestic animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 105282.
- Wang, G., Zhai, W., Yang, H., Fan, R., Cao, X., Zhong, L., ... others. (2013). The genomics of selection in dogs and the parallel evolution between dogs and humans. *Nature Communications*, 4(1), 1–9.
- WHO. (1988). *REPORT OF WHO CONSULTATION ON DOG ECOLOGY STUDIES RELATED TO RABIES CONTROL.* World Health Organization.
- Wirth, H. J. (2016). Abandoned animals in australia—not just dumped doggies and cast away kittens. *Australian Animal Welfare: St Leonards, Austrilia.*
- Zafra, A., & Salud, S. U. (2015). Sensibilización y conocimiento sobre tenencia responsable de mascotas en la localidad de chapinero. *Cultivando Conocimiento: Estrategia de Acercamiento.*