



OBSERVATORIO PARA LA
**Urbanización
Amazónica**

GUÍA METODOLÓGICA DE GENERACIÓN DE LOS ÍNDICES DE URBANIZACIÓN AMAZÓNICA LOCALES

Elaborado por: Denise Albán

Proyecto: "Urbanización residual de la Amazonía, nuevas periferias y contestaciones: aportes para repensar el modelo de ciudad-red amazónica en el Ecuador".



FLACSO
ECUADOR



contested
TERRITORIES AMAZONÍA

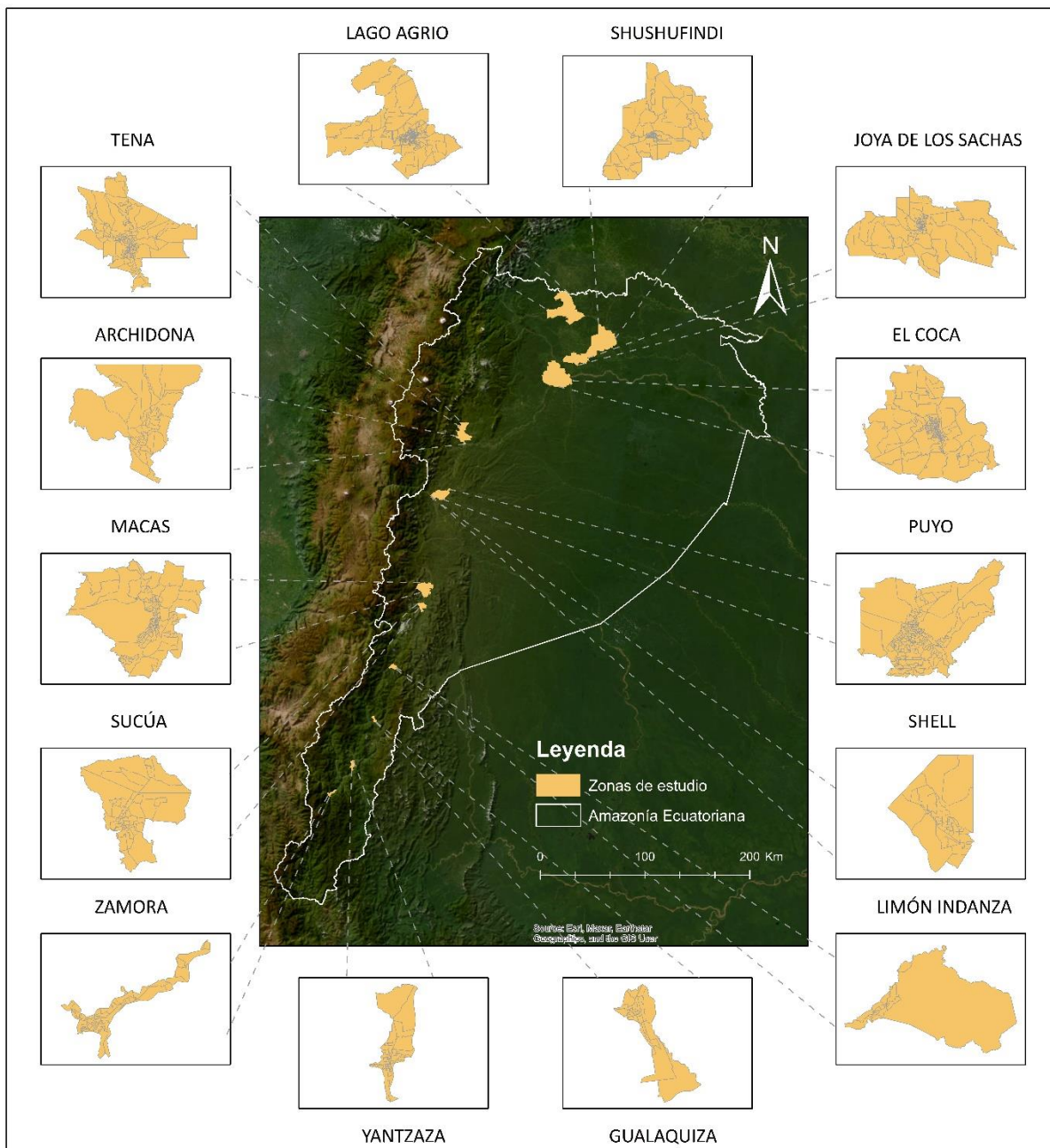
Contenido

1. Unidad de Análisis	3
1.1. Descarga de geodatabase.....	4
1.2. Procesamiento de la información	4
2. Cálculo de Indicadores	4
2.1. Indicadores Espaciales	4
2.1.1. Media de la dimensión fractal.....	4
2.1.2. Distancia más cercana a zonas deforestadas, contaminación por hidrocarburos y contaminación por minería	5
2.1.3. Distancia más cercana a ciudades importantes	5
2.1.4. Luminosidad nocturna	5
2.1.5. Densidad poblacional.....	7
2.1.6. Número de vías pavimentadas	7
2.1.7. Media ponderada del NDVI.....	8
2.2. Indicadores Socioeconómicos	9
3. Cálculo de pesos	10
4. Estandarización de indicadores	11
5. Cálculo del Índice.....	12
6. Clasificación.....	12
7. Bibliografía	13

1. Unidad de Análisis

La unidad de análisis para el cálculo de los índices de urbanización amazónica locales son los sectores censales del censo de población y vivienda del año 2022 de las ciudades de Lago Agrio, Shushufindi, Puerto Francisco de Orellana, Joya de los Sachas, Puyo, Shell, Tena, Archidona, Macas, Yantzaza, Sucúa, Gualaquiza, Limón Indanza y Zamora (Ver Figura 1). Los sectores censales que se seleccionaron de cada ciudad fueron los sectores que se encuentran dentro de los parches urbanos del Índice de Urbanización Amazónica (IUA).

Figura 1. Unidad de análisis para el cálculo de índices de urbanización amazónica locales



1.1. Descarga de geodatabase

Para obtener la base de datos geoespacial del censo de población y vivienda del año 2022, se puede descargar desde el geoportal del INEC, ya sea en la sección de Geografía Estadística o haciendo clic en el enlace proporcionado a continuación:

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Geografia_Estadistica/Micrositio_geoportal/marco-geoestadistico-2022.html

1.2. Procesamiento de la información

Se obtienen los sectores censales de interés de la base de datos geoespacial del censo de población y vivienda a nivel nacional. Cada uno de estos sectores tiene un código único de 12 dígitos que facilita su ubicación en relación con la provincia, cantón, parroquia, zona y sector censal correspondientes.

2. Cálculo de Indicadores

Los indicadores que se utilizan para el cálculo de los índices de urbanización amazónica locales son los siguientes:

Indicadores Espaciales: Media de la dimensión fractal, distancia más cercana a zonas deforestadas, distancia más cercana a fuentes de contaminación por hidrocarburos, distancia más cercana a fuentes de contaminación minera, distancia más cercana a ciudades importantes, luminosidad nocturna, densidad poblacional, número de vías pavimentadas y media del NDVI.

Indicadores Socioeconómicos: Porcentaje de viviendas con acceso a calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto, porcentaje de viviendas con acceso a agua potable, porcentaje de viviendas con sistema de alcantarillado, porcentaje de viviendas con acceso a recolección de basura, porcentaje de viviendas con acceso a electricidad, porcentaje de personas con instrucción formal, porcentaje de personas con ocupación en actividades no rurales y porcentaje de personas con seguridad social.

2.1. Indicadores Espaciales

2.1.1. Media de la dimensión fractal

La media de la dimensión fractal es un indicador que muestra la forma del espacio urbano con un rango de 1 a 2. Los valores más cercanos a 2 representan zonas más irregulares (Cabrera-Barona et al., 2020).

Se emplearon los datos del Índice de Urbanización Amazónica (IUA) para realizar cálculos relacionados con la dimensión fractal de las zonas de infraestructura urbana en los sectores censales de ciudades como Lago Agrio, Shushufindi, Puerto Francisco de Orellana, Joya de los Sachas, Puyo, Shell, Tena, Archidona, Macas, Yantzaza, Sucúa, Gualaquiza, Limón Indanza y Zamora. Para obtener esta información, se convirtió el formato shape file del IUA a formato ráster, asignando valores de píxel a la dimensión fractal. Considerando que cada polígono se encuentra dentro de una porción de píxel de 30 metros, se calculó la media de la dimensión fractal ponderada según la fracción de píxel cubierta por el sector censal que corresponda. Este proceso se realizó utilizando la herramienta *exact_extract* de la librería "*exactextractr*", desarrollada en el lenguaje de programación R.

2.1.2. Distancia más cercana a zonas deforestadas, contaminación por hidrocarburos y contaminación por minería

Las distancias más cercanas a las zonas deforestadas, contaminación por hidrocarburos y contaminación por minería se calcularon aplicando la herramienta Near del software ArcGIS. Esta herramienta requiere como insumo los centroides de los sectores censales del área de estudio y según sea el caso, los polígonos de las zonas de deforestación, los puntos de contaminación por hidrocarburo y los puntos de contaminación por minería. Esta información se obtuvo de la Plataforma de infraestructura de datos espaciales del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador, en este caso se utilizó la información del año 2016 – 2018.

2.1.3. Distancia más cercana a ciudades importantes

La distancia a las ciudades más importantes se calculó con la herramienta Near del software ArcGIS. Para aplicar esta herramienta se generaron los centroides de los sectores censales del área de estudio y de las ciudades importantes, este último insumo se obtuvo del geoportal del Instituto Geográfico Militar (IGM) y se encuentra a escala 1:250 000.

2.1.4. Luminosidad nocturna

La luminosidad nocturna de los sectores censales se calculó con imágenes satelitales nocturnas de la colección de imágenes “VIIRS Nighttime Day/Night Band Composites Version 1” del Centro Nacional de Datos Geofísicos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de los Estados Unidos. Esta colección ofrece imágenes compuestas de la radiancia promedio mensual de la banda diurna/nocturna (DNB) de la serie de radiómetros de imágenes infrarrojas visibles (VIIRS) (Elvidge et al., 2017).

Se seleccionaron imágenes nocturnas mensuales del año 2022 y, con el fin de obtener una imagen anual sin nubosidad, se realizó una composición de imágenes con la media de los

valores mensuales. A la imagen resultante se le asignó una escala de píxel de 30 metros y se transformaron las unidades de la imagen de nano Watts/cm² sr a Watts/m² sr, multiplicando la imagen por el factor 1×10^{-5} . La luminosidad nocturna se calculó con la sumatoria de los productos entre los valores de radiancia y la superficie de los píxeles ubicados en el área de estudio, según la siguiente ecuación (Mejía, 2020):

$$LT = \sum (L * S)$$

Donde:

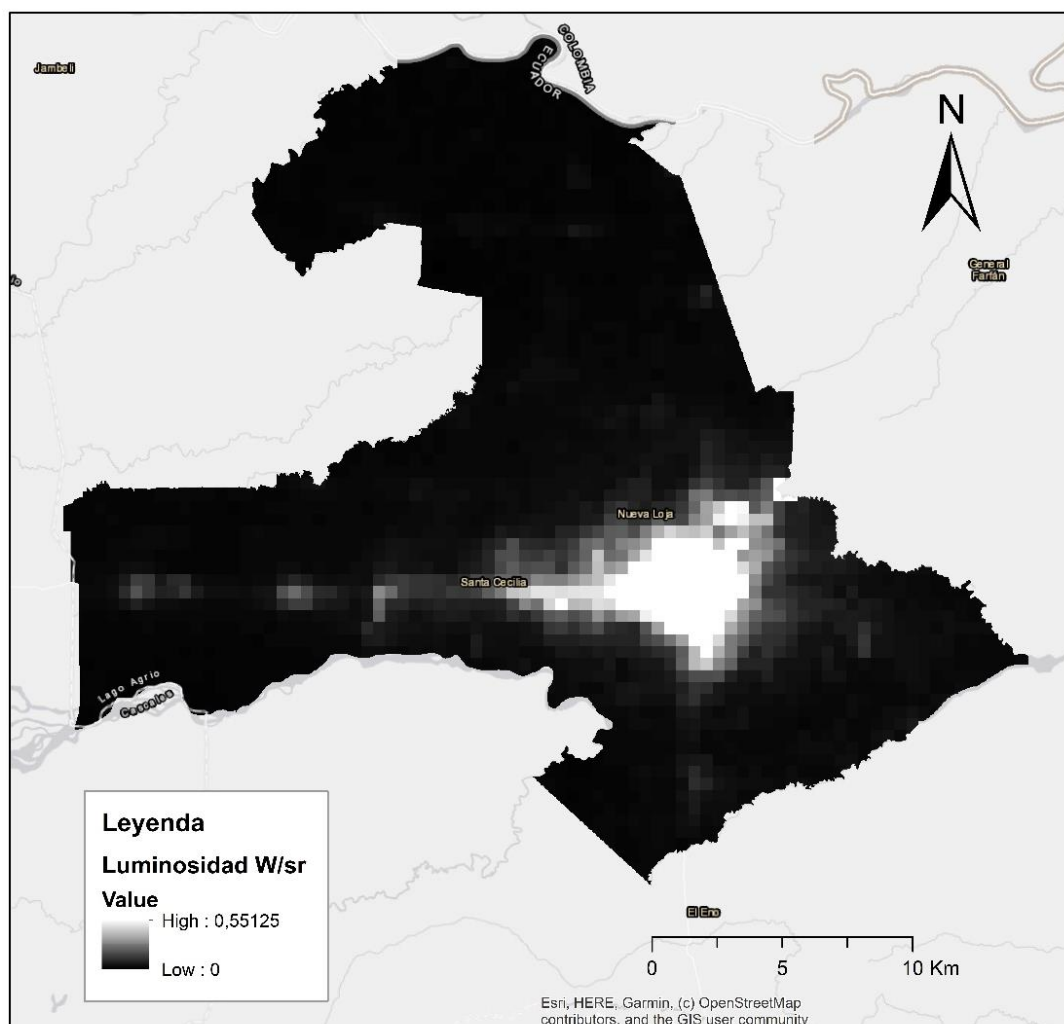
LT = Luminosidad total

L = Luminosidad

S = Superficie del píxel

En la Figura 5 se observa como ejemplo los valores de luminosidad de Lago Agrio.

Figura 5. Luminosidad nocturna de Lago Agrio en el año 2022



Las imágenes fueron descargadas y procesadas en Google Earth Engine y los valores de píxel se obtuvieron mediante la herramienta *exact_extract* del software R.

2.1.5. Densidad poblacional

La densidad poblacional se calculó con la división del número de habitantes por la superficie de los sectores censales de las áreas de estudio.

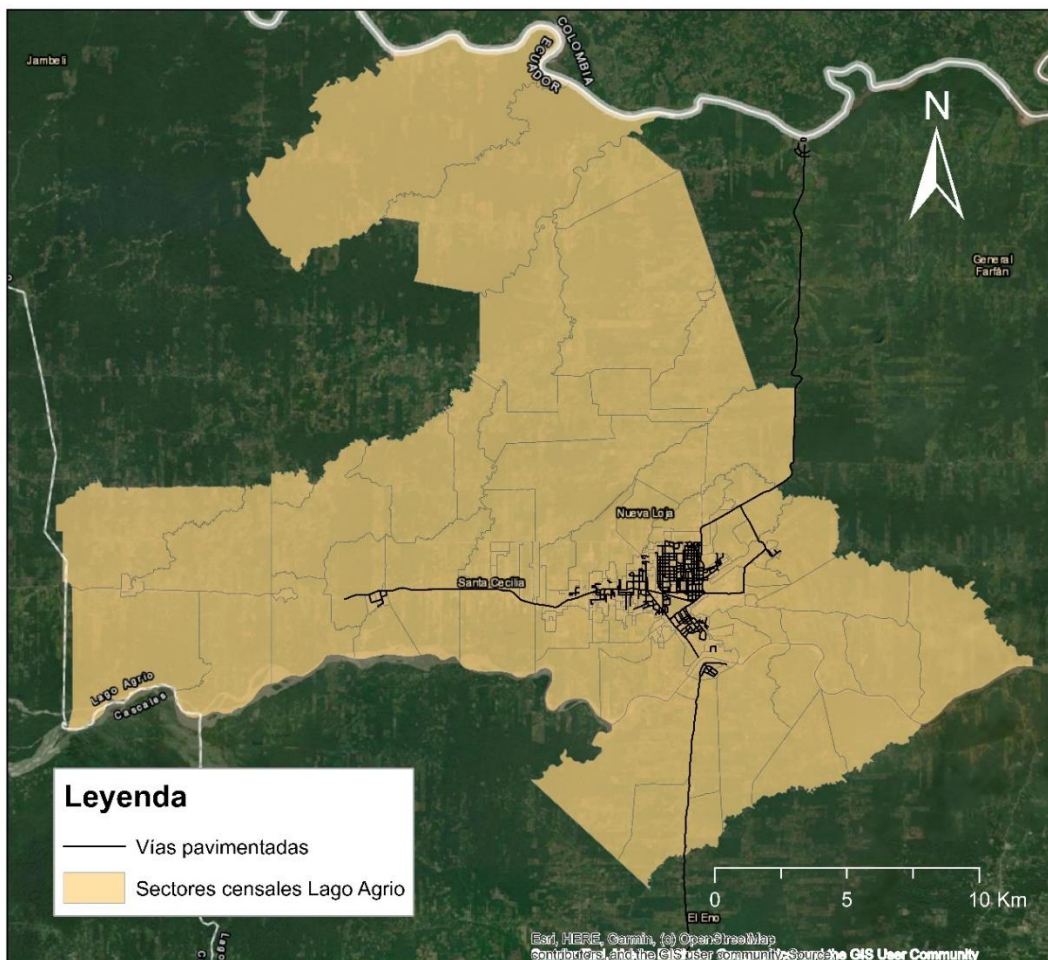
El número de habitantes de cada uno de los sectores censales se obtuvo del censo de población y vivienda del año 2022.

2.1.6. Número de vías pavimentadas

El número de vías pavimentadas se calculó con la herramienta Spatial Join del software ArcGis. Para lo cual se requiere como insumo las vías pavimentadas de las áreas de estudio. Esta información se extrajo del shapefile de vías del Ecuador, que se encuentran a escala 1:100 000. Esta información se puede descargar del geportal del Instituto Geográfico Militar.

En la Figura 7 se observa como ejemplo las vías pavimentadas de los sectores censales amanzanados de Lago Agrio.

Figura 7. Vías pavimentadas de los sectores censales de Lago Agrio



2.1.7. Media ponderada del NDVI

La media ponderada del NDVI se calculó con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) de la zona de estudio. Este índice se calculó mediante imágenes satelitales Sentinel 2 del periodo 2021 y 2022, las cuales fueron descargadas y procesadas en Google Earth Engine.

Los valores del índice tienen un rango de 0 a 1, en donde los valores más cercanos a 1 indican vegetación más vigorosa (Carbajal & Onofre, 2020).

Se realizando una composición de imágenes con el fin de eliminar la nubosidad de la imagen resultante y se aplicó la siguiente ecuación:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

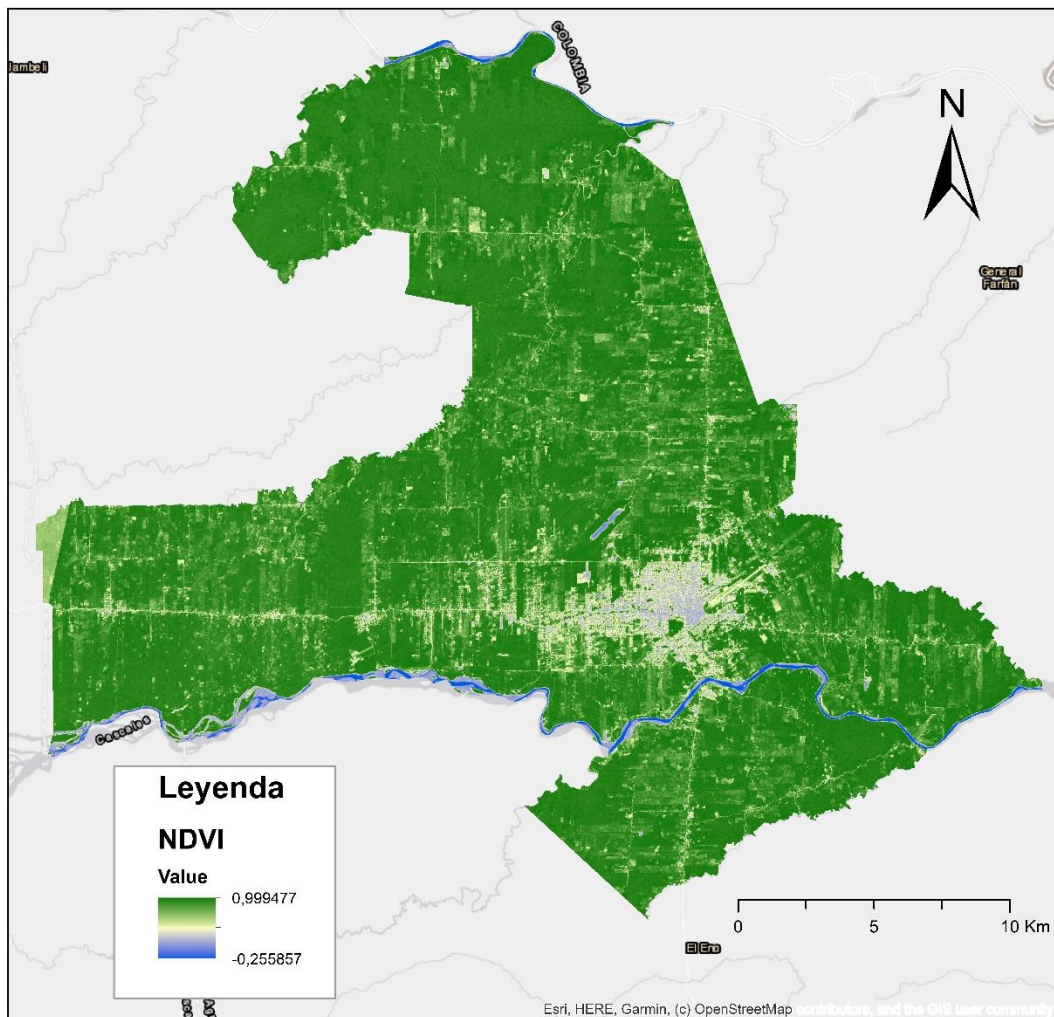
Donde:

NIR = luz del infrarrojo cercano (Banda 8)

RED = luz roja del espectro visible (Banda 4)

En la Figura 8 se puede ver como ejemplo el NDVI calculado de los sectores censales de Lago Agrio.

Figura 8. NDVI de los sectores censales de Lago Agrio



Finalmente, la media ponderada se calculó con los valores del NDVI ponderándolos por la fracción de píxel que cubre cada una de los sectores censales. Este proceso se realizó con la herramienta *exact_extract* del software R.

2.2. Indicadores Socioeconómicos

Los indicadores socioeconómicos fueron calculados con la información obtenida del censo de población y vivienda del año 2022.

La base de datos del censo se puede descargar del siguiente enlace:

<https://www.censoecuador.gob.ec/data-censo-ecuador/>

Los datos fueron procesados en el software RADATAM, el cual permite filtrar la información según sea el requerimiento. En este caso se realizó una búsqueda avanzada que permite seleccionar el cantón en donde están ubicados los sectores censales del área de estudio.

A continuación, se presenta el proceso de cálculo para cada indicador:

- **Porcentaje de viviendas con acceso a agua potable:** Se determinó utilizando los datos recopilados de la pregunta sobre el suministro de agua a las viviendas y se multiplicó la cantidad de viviendas con acceso a la red pública por cien y dividiendo este valor por el número total de viviendas que se encuentran ubicadas en el sector censal.
- **Porcentaje de viviendas con sistema de alcantarillado:** Para el cálculo de este indicador se utilizó la base de datos de conexión de agua y se calculó la cantidad de viviendas que cuentan con sistema de alcantarillado sumando las viviendas que tienen conexión de agua por tubería de la vivienda, por tubería fuera de vivienda, pero dentro del edificio, lote o terreno y por tubería fuera del edificio, lote o terreno, este valor se multiplicó por cien y se dividió por el número total de viviendas que se encuentran ubicadas en el sector censal.
- **Porcentaje de viviendas con acceso a recolección de basura:** Se calculó con la base de datos de eliminación de basura, multiplicando la cantidad de viviendas que tienen el servicio de carro recolector por cien y dividiendo por el número total de viviendas que se encuentran ubicadas en el sector censal.
- **Porcentaje de viviendas con acceso a electricidad:** Se calculó en base a la información de disponibilidad de energía eléctrica por red pública, multiplicando la cantidad de viviendas que se encuentran conectadas a la red de empresa eléctrica de servicios públicos por cien y dividiendo este valor por el número total de viviendas que se encuentran ubicadas en el sector censal.
- **Porcentaje de personas con instrucción formal (Tercer nivel):** Se calculó con la información de la base de datos de nivel de instrucción más alto al que asiste o asistió la persona, multiplicando el total de personas que tienen nivel de instrucción superior por cien y este valor se dividió por el número total de personas que habitan en el sector censal.
- **Porcentaje de personas con ocupación en actividades no rurales:** Se determinó con la información de rama de actividad, calculando el número de personas con ocupación en actividades no rural sumando la cantidad de personas que tienen ocupaciones que no sean agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, explotación de minas y canteras y las que no declararon. Este valor se multiplicó por cien y se dividió por el número total de personas que habitan en el sector censal.
- **Porcentaje de personas con seguridad social:** Se calculó con la base de datos de aporte o afiliación a la seguridad social. Para obtener el número de personas que tienen seguridad social se sumó la cantidad de personas que tienen seguro general del IESS, seguro voluntario del IESS, seguro campesino del IESS y las personas jubiladas del IESS, ISSFA y ISSPOL. Este valor se multiplicó por cien y se dividió por el número total de personas que habitan en sector censal.

3. Cálculo de pesos

Los pesos de cada uno de los indicadores se calcularon mediante el método de Análisis de Componentes Principales, o en inglés, Principal Component Analysis (PCA). Este método se

explica en el “Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide” (OECD, 2008) .

Como primer paso se identificó el número óptimo de componentes principales aplicando el método del codo. Estos componentes principales serán los que mejor representen el conjunto de datos. También se analizó la proporción acumulada de la varianza, que mide la correlación entre los indicadores individuales y cada uno de los componentes. De esta forma, el primer componente principal representa la mayor proporción de la varianza del conjunto de datos y esta proporción se irá reduciendo progresivamente hasta el último componente principal.

Posteriormente, utilizando la matriz de rotación al cuadrado se tomó por cada indicador el valor con la mayor carga factorial y se lo multiplicó por la proporción de la unidad, esta proporción se obtiene dividiendo a 1 sobre el número de factores.

Estos valores resultantes se dividen para la suma de estos, obteniendo finalmente los pesos de cada indicador.

4. Estandarización de indicadores

Los indicadores espaciales y socioeconómicos fueron estandarizados con la siguiente ecuación (OECD, 2008):

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Donde:

X_{norm} = valor normalizado

X = valor actual

X_{max} = valor máximo del conjunto de datos

X_{min} = valor mínimo del conjunto de datos

Para estandarizar los indicadores de distancia más cercana a zonas deforestadas, distancia más cercana a zonas de contaminación por hidrocarburos, distancia más cercana a zonas de contaminación por minería, distancia a ciudades importantes y media de NDVI, previamente se realizó la división de 1 sobre el indicador, tomando en cuenta que a menor distancia a estas fuentes de contaminación y a las ciudades importantes la consolidación urbana es mayor, lo mismo sucede con el indicador de la media de NDVI ya que a menor valor de este indicador representa mayor cobertura de suelo sin vegetación.

5. Cálculo del Índice

Los índices de urbanización varían de 0 a 1, siendo los valores más cercanos a 1 los que indican una mayor consolidación urbana. Los índices se calcularon aplicando la siguiente ecuación:

$$IU = (A * pA) + \left(\frac{1}{B} * pB\right) + \left(\frac{1}{C} * pC\right) + \left(\frac{1}{D} * pD\right) + (E * pE) + (F * pF) + (G * pG) + \left(\frac{1}{H} * pH\right) + \left(\frac{1}{I} * pI\right) + (J * pJ) \\ + (K * pK) + (L * pL) + (M * pM) + (N * pN) + (O * pO) + (P * pP) + (Q * pQ)$$

Donde:

IU = Índice de urbanización

A= Media de dimensión fractal

B = Distancia más cercana a zonas deforestadas

C = Distancia más cercana a fuentes de contaminación por hidrocarburos

D = Distancia más cercana a fuentes de contaminación minera

E = Número de vías pavimentadas

F = Densidad poblacional

G = Iluminación nocturna

H = Distancia a ciudades importantes

I = Media Ponderada de NDVI

J = % viviendas con acceso a calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto

K = % viviendas con acceso a agua potable

L = % de viviendas con sistema de alcantarillado

M = % de viviendas con acceso a electricidad

N = % de personas con instrucción formal

O = % de personas con ocupación en actividades no rurales

P = % de viviendas con acceso a recolección de basura

Q = % de personas con seguridad social

6. Clasificación

Los índices de urbanización amazónica locales de las diferentes ciudades amazónicas fueron categorizados mediante el empleo del método de intervalos geométricos, el cual fusiona los métodos de intervalos iguales, cuantiles y quiebres naturales. Esta técnica de clasificación establece rangos de clase con la intención de equilibrar la distribución de valores, procurando que cada clase contenga aproximadamente la misma cantidad de datos para mantener una coherencia en la transición entre cada rango. Los intervalos geométricos se diseñan con el propósito de minimizar la suma de los cuadrados del número de elementos en cada clase, lo que asegura una distribución óptima de los datos y una mayor precisión en la representación del fenómeno de urbanización.

Este enfoque metodológico permite capturar de manera más efectiva las variaciones y tendencias relacionadas con el proceso de urbanización en el área de estudio, facilitando así una comprensión más profunda de su dinámica y evolución.

7. Bibliografía

Cabrera-Barona , P. F., Bayón , M., Durán , G., Bonilla , A., & Mejía, V. (2020). Generating and mapping Amazonian urban regions using a geospatial approach. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(7), 453.

Carbajal, H., & Onofre, F. (2020). Determinación con imágenes satelitales del índice de vegetación de diferencia normalizada del valle de Pampas-Tayacaja. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(1), 228 - 245.
<https://doi.org/10.23857/pc.v5i1.1893>

Elvidge, C., Baugh, K., Zhizhin, M., Hsu, F., & Ghosh, T. (2017). VIIRS night-time lights. *International journal of remote sensing*, 38(21), 5860-5879.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1342050>

Mejía , V. (2020). *Procesos de urbanización y morfología urbana en Ecuador : La evolución de los usos del suelo a la luz de la imagen satelital nocturna de la Tierra 1992-2019*. Universitat Autònoma de Barcelona.

Meta. (2019). *Facebook lanza mapas de densidad de población de América Latina*.
<https://about.fb.com/ltam/news/2019/06/facebook-lanza-mapas-de-densidad-de-poblacion-de-america-latina/>

OECD. (2008). *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide*. <https://doi.org/https://www.oecd.org/sdd/42495745.pdf>