

Anexo Metodológico
Boletín 2

Guía metodológica de generación de los índices de urbanización de Macas y Lago Agrio

Realizado por:

Denise Albán

2023

Proyecto:

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



OBSERVATORIO PARA LA
**Urbanización
Amazónica**

Contenido

1. Unidad de Análisis	2
1. Descarga de geodatabase	3
2. Procesamiento de la información	3
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	8
2.1.7. Media ponderada del NDVI	8
2.2.Indicadores Socioeconómicos	10
2.2.1. Porcentaje de viviendas con acceso a calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto.....	10
2.2.2. Porcentaje de viviendas con acceso a agua potable	10
2.2.3. Porcentaje de viviendas con sistema de alcantarillado.....	10
2.2.4. Porcentaje de viviendas con acceso a recolección de basura.....	11
2.2.5. Porcentaje de viviendas con acceso a electricidad.....	11
2.2.6. Porcentaje de personas con instrucción formal (Tercer nivel)	11
2.2.7. Porcentaje de personas con ocupación en actividades no rurales....	11
2.2.8. Porcentaje de personas con seguridad social.....	12
3. Cálculo de pesos	12
4. Estandarización de indicadores.....	15
5. Cálculo del Índice	15
6. Clasificación.....	16
7. Bibliografía	18

1. Unidad de Análisis

La unidad de análisis para el cálculo de los índices de urbanización de Macas y Lago Agrio fueron los sectores censales que se delimitaron para censo de población y vivienda del 2010. Los sectores censales se dividen en sectores censales amanzanados y dispersos.

En el caso de Lago Agrio se seleccionó los sectores censales correspondientes a la parroquia Nueva Loja, mientras que para Macas se seleccionaron los sectores censales de las parroquias Macas, Rio Blanco, General Proaño, San Isidro y Sevilla Don Bosco.

Figura 1. Sectores censales de la parroquia Nueva Loja

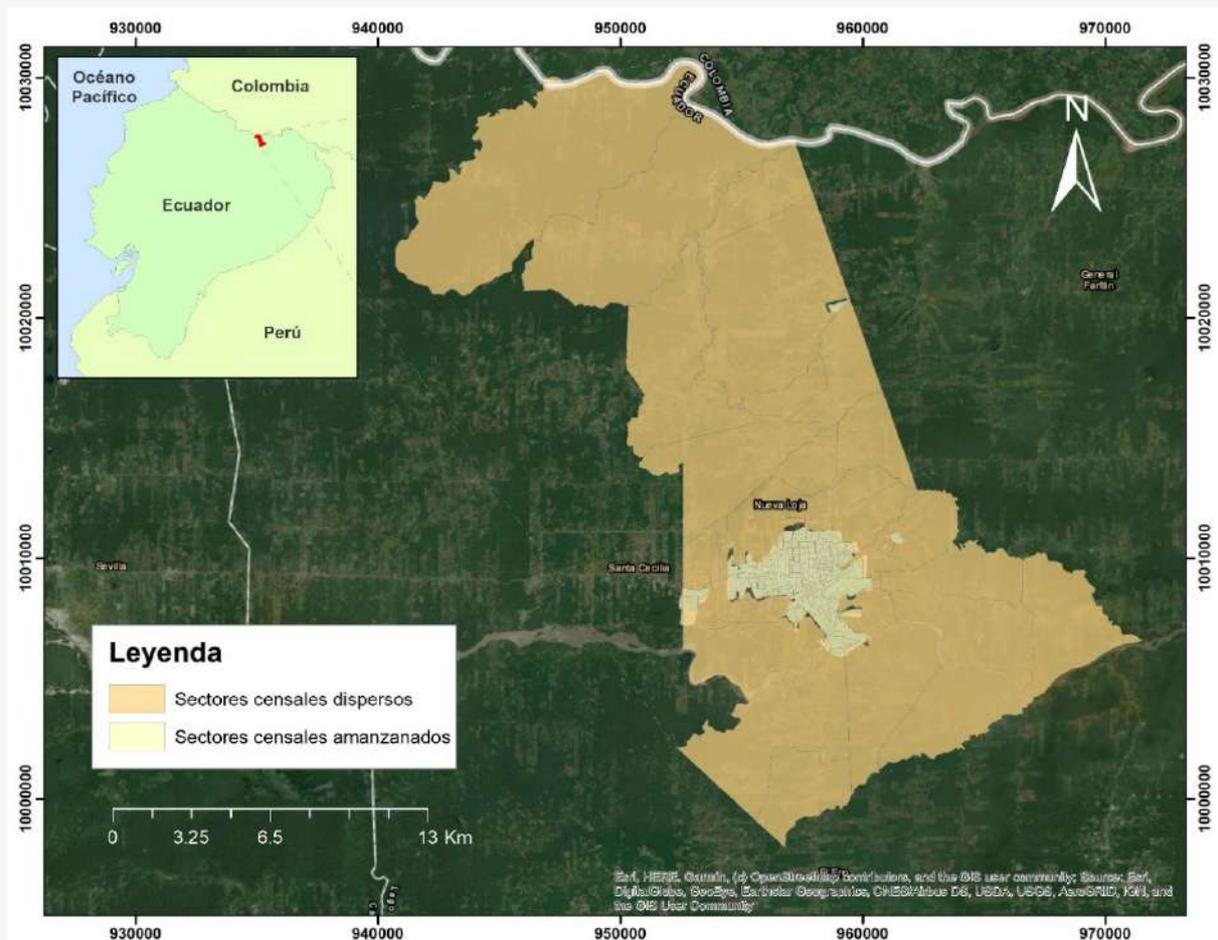
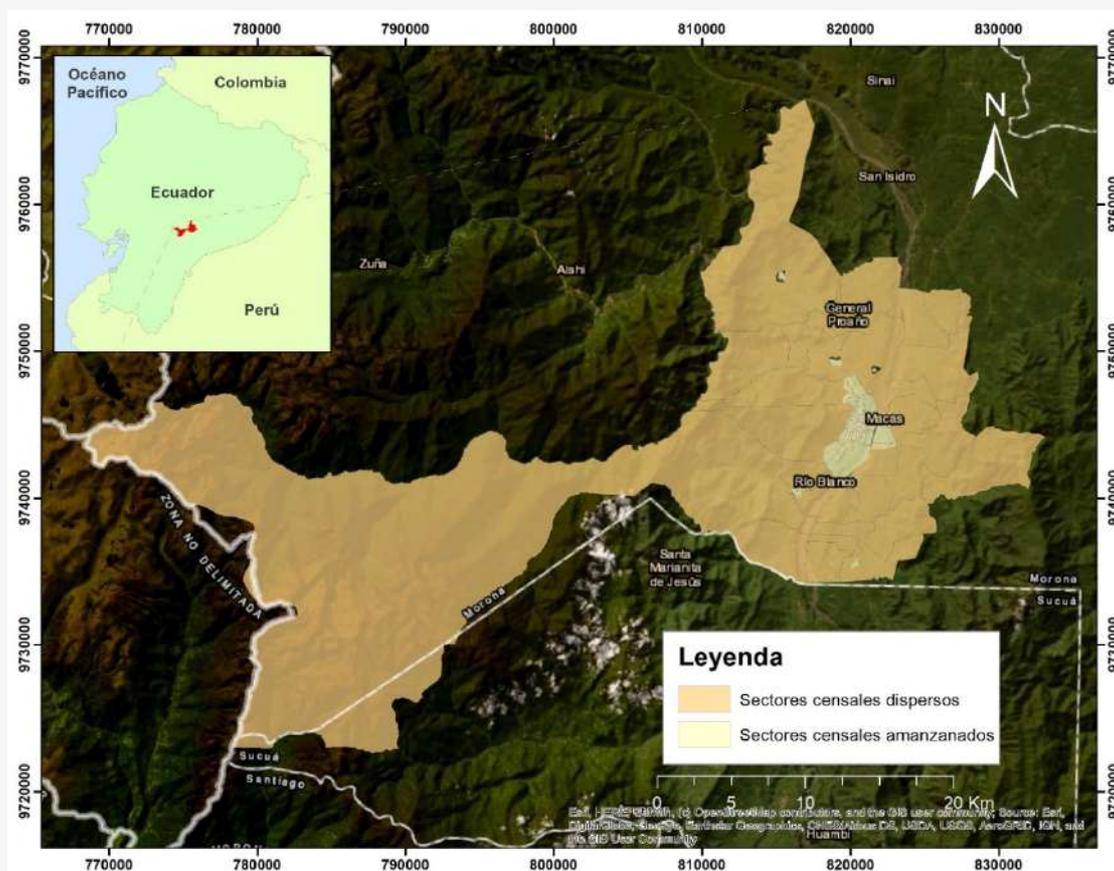


Figura 3. Sectores censales de las parroquias Macas, Río Blanco, General Proaño, San Isidro y Sevilla Don Bosco.



1. Descarga de geodatabase

La geodatabase del censo de población y vivienda del año 2010 se puede descargar en página web del INEC en la sección de Geografía Estadística o seleccionando el siguiente enlace:

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Geografia_Estadistica/Micrositio_geoportal/index.html

2. Procesamiento de la información

De la geodatabase nacional del censo de población y vivienda se extraen los sectores censales de interés.

Cada sector censal tiene un código de identificación del objeto geográfico que permite identificar su ubicación respecto a la provincia, cantón, parroquia, zona y sector censal, según corresponda. En el caso de zonas censales tiene una codificación de 9 dígitos, mientras que los sectores censales tienen una codificación de 12 dígitos .

2. Cálculo de Indicadores

Los indicadores que se utilizan para el cálculo del índice de urbanización local de Macas y Lago Agrio fueron 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 calculó con los datos obtenidos del Índice de Urbanización Amazónica (IUA). Se tomaron los valores del indicador de dimensión fractal de las zonas de infraestructura urbana que se encuentran ubicadas en las zonas y sectores censales de Macas y Lago Agrio.

Para extraer esta información se transformó el formato shape file del IUA a formato ráster, dando como valores de píxel la dimensión fractal.

Tomando en cuenta que cada uno de los polígonos se encuentran ubicados en una porción de píxel de 30 metros, se calculó la media de la dimensión fractal ponderada por la fracción de píxel que cubre.

Este cálculo se lo realizó con la herramienta *exact_extract* de la librería “*exactextractr*” que está 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 y zonas 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 las zonas y sectores censales del área de estudio y de las ciudades importantes, este último insumo se obtuvo del geoportail del Instituto Geográfico Militar (IGM) y se encuentra a escala 1:250 000.

2.1.4. Luminosidad nocturna

La luminosidad nocturna de las zonas y 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 mensuales del año 2021 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 transformó 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:

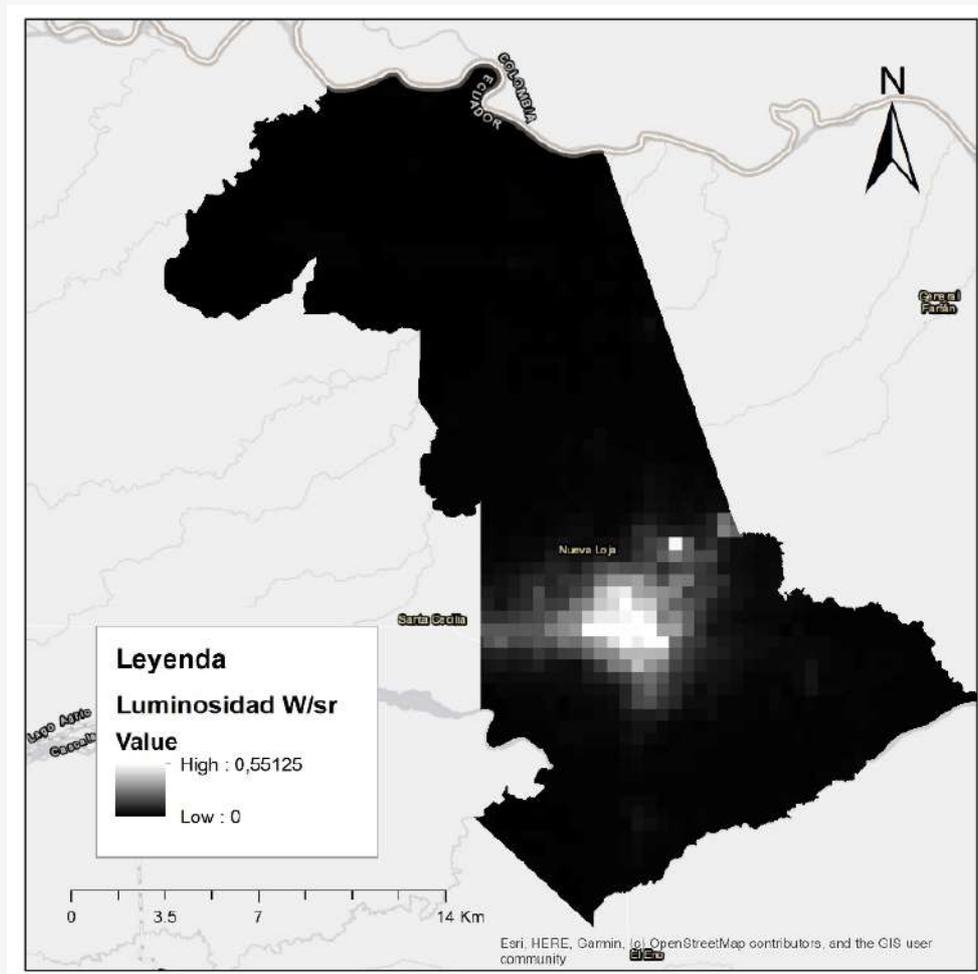
LT = Luminosidad total

L = Luminosidad

S = Superficie del píxel

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

Figura 5. Luminosidad nocturna de Lago Agrio en el año 2021



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 las zonas y sectores censales de las áreas de estudio.

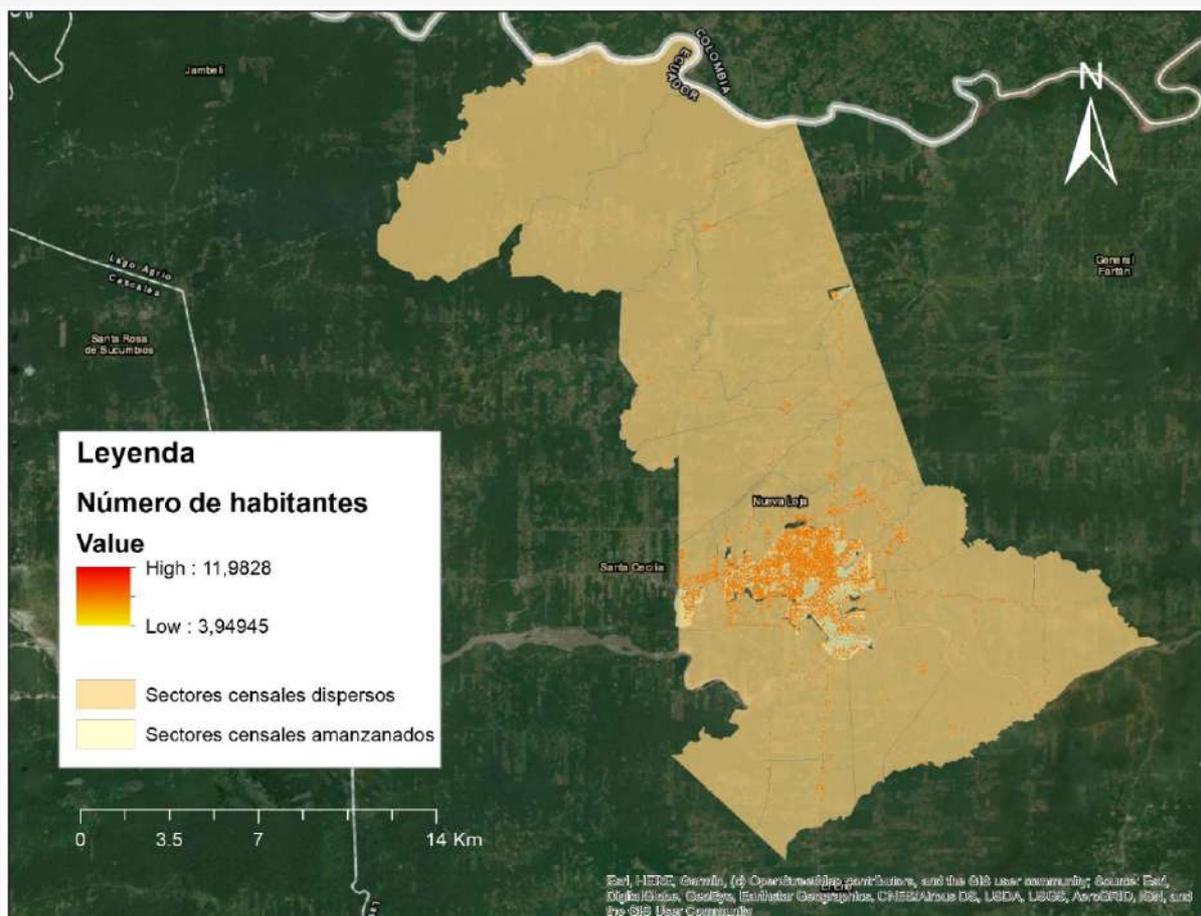
El número de habitantes se adquirió del mapa de densidad de poblacional de Meta. Estos mapas estiman la cantidad de habitantes por cuadrículas de 30 metros (Meta, 2019). Estos valores se extrajeron con la herramienta `exact_extract` del software R

El mapa de densidad poblacional se puede descargar en el siguiente enlace:

https://data.humdata.org/organization/facebook?q=high%20resolution%20population%20density&ext_page_size=100

Como ejemplo se muestra en la Figura 6 el número de habitantes de los sectores censales de Lago Agrio.

Figura 6. Número de habitantes de los sectores censales de Lago Agrio.

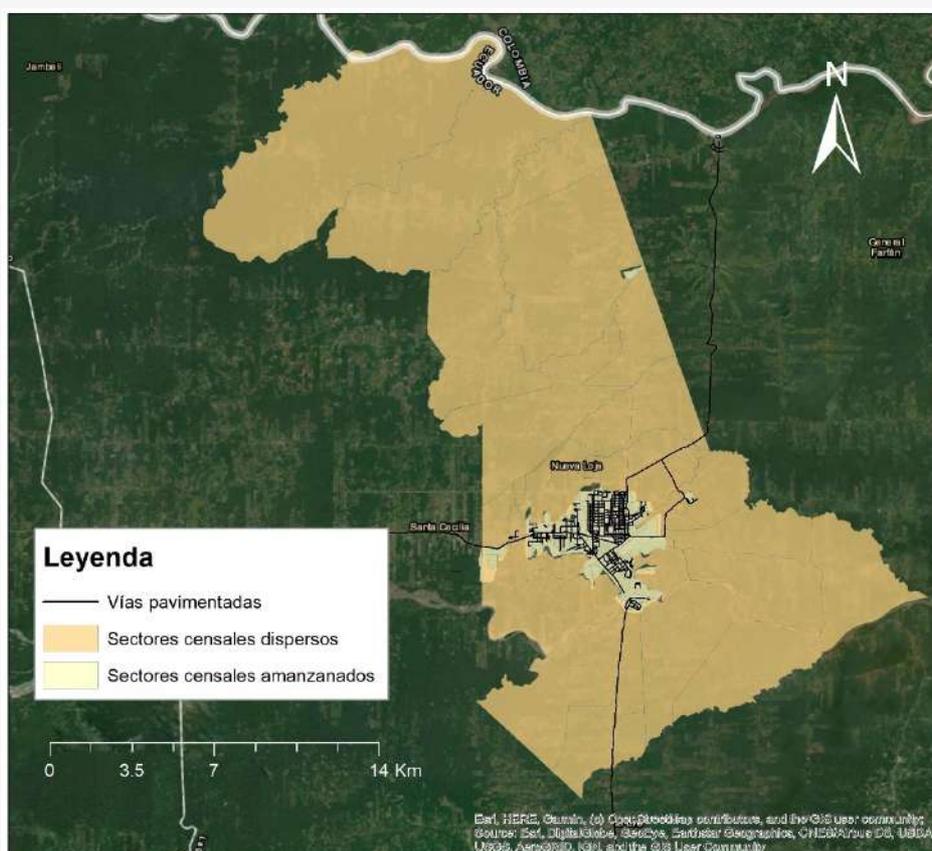


2.1.6. Número de vías pavimentadas

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 geoportail del Instituto Geográfico Militar (IGM).

En la Figura 7 se observa 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 2018 y 2021, 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 realizó una composición de imágenes con el fin de eliminar la nubosidad de la imagen resultante y se aplicó la siguiente ecuación:

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

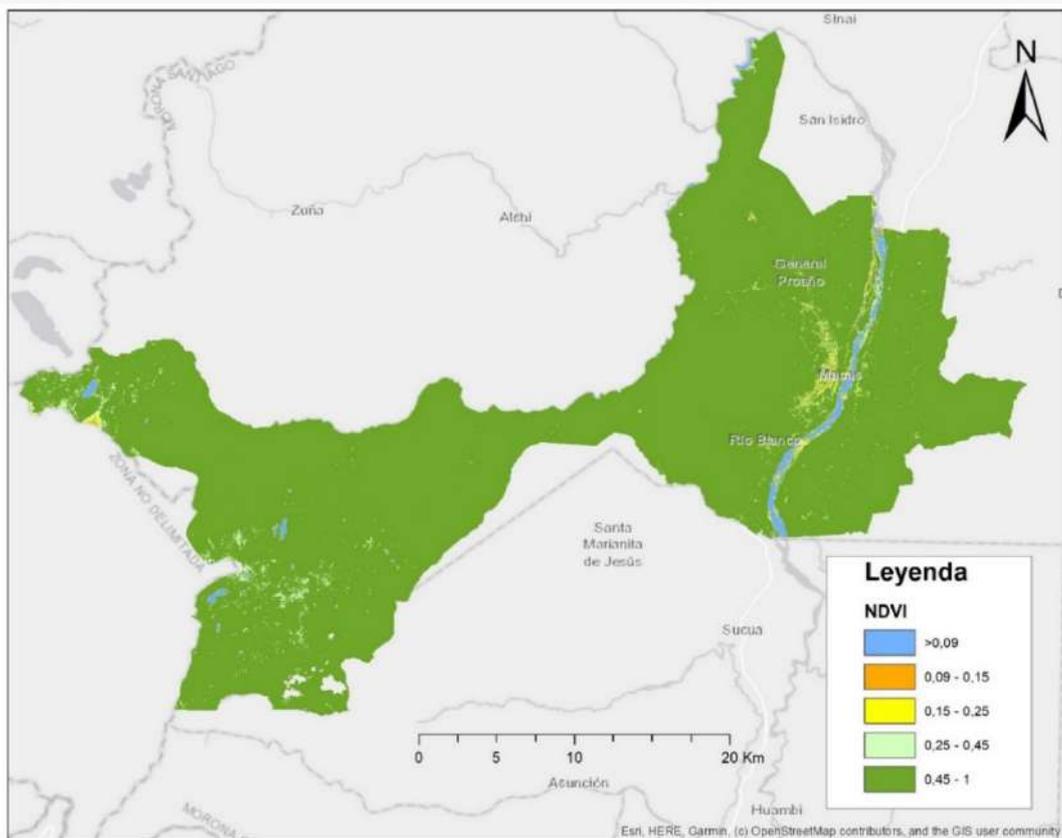
Donde:

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 Macas.

Figura 8. NDVI de Macas



Finalmente, la media ponderada se calculó con los valores del NDVI ponderándolos por la fracción de píxel que cubre cada una de las zonas y sectores censales de Macas y Lago Agrio. 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 2010.

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

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010-a-nivel-de-manzana/>

Los datos fueron procesados en el software REDATAM, 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 ubicadas las zonas y sectores censales del área de estudio.

2.2.1. Porcentaje de viviendas con acceso a calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto

El porcentaje de viviendas con acceso a calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto se calculó con la información de acceso principal de la vivienda.

Se multiplico la cantidad de viviendas con acceso a calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto por cien y dividiendo este valor por el número total de viviendas que se encuentran ubicadas en la zona o sector censal.

2.2.2. Porcentaje de viviendas con acceso a agua potable

El indicador de porcentaje de viviendas con acceso a agua potable se calculó con la información de la procedencia del agua recibida.

Se multiplico 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 la zona o sector censal.

2.2.3. Porcentaje de viviendas con sistema de alcantarillado

Para calcular el porcentaje de viviendas con sistema de alcantarillado se utilizó la base de datos de conexión de agua.

Como primer paso 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 multiplico por cien y se dividió por el número total de viviendas que se encuentran ubicadas en la zona o sector censal.

2.2.4. Porcentaje de viviendas con acceso a recolección de basura

El porcentaje de viviendas con acceso a recolección de basura se calculó con la base de datos de eliminación de basura.

Se multiplico 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 la zona o sector censal.

2.2.5. Porcentaje de viviendas con acceso a electricidad

El indicador de porcentaje de viviendas con acceso a electricidad se calculó en base a la información de la procedencia de luz eléctrica.

Se obtuvo 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 la zona o sector censal.

2.2.6. Porcentaje de personas con instrucción formal (Tercer nivel)

El porcentaje de personas con instrucción formal se calculó con la información de la base de datos de nivel de instrucción al que asiste o asistió la persona.

Se multiplico 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 la zona o sector censal.

2.2.7. Porcentaje de personas con ocupación en actividades no rurales

El indicador de porcentaje de personas con ocupación en actividades no rurales se calculó con la información de rama de actividad.

Primero se calculó 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 multiplico por cien y se dividió por el número total de personas que habitan en la zona o sector censal.

2.2.8. Porcentaje de personas con seguridad social

El 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 multiplica por cien y se dividió por el número total de personas que habitan en la zona o 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 multiplica 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.

En las Tablas 1 y 2 se muestran los pesos de los indicadores para cada área de estudio.

Tabla 1. Pesos de los indicadores del área de estudio de Lago Agrio

Indicadores	Pesos	
	Sectores censales amanzanados	Sectores censales dispersos
Media de dimensión fractal	0.085	0.097
Distancia más cercana a zonas deforestadas	0.041	0.022
Distancia más cercana a fuentes de contaminación por hidrocarburos	0.076	0.087
Distancia más cercana a fuentes de contaminación minera	0.044	0.252
Número de vías pavimentadas	0.232	0.029
Densidad poblacional	0.024	0.063
Iluminación nocturna	0.114	0.006
Distancia a ciudades importantes	0.025	0.092
Media Ponderada de NDVI	0.034	0.069
% viviendas con acceso a calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto	0.034	0.008
%viviendas con acceso a agua potable	0.032	0.001
% de viviendas con sistema de alcantarillado	0.033	0.011
% de viviendas con acceso a electricidad	0.025	0.064
% de personas con instrucción formal	0.043	0.031
% de personas con ocupación en actividades no rurales	0.064	0.078
% de viviendas con acceso a recolección de basura	0.026	0.074
% de personas con seguridad social	0.067	0.016

Tabla 2. Pesos de los indicadores del área de estudio de Macas

Indicadores	Pesos	
	Sectores censales amanzanados	Sectores censales dispersos
Media de dimensión fractal	0.011	0.024
Distancia más cercana a zonas deforestadas	0.046	0.045
Distancia más cercana a fuentes de contaminación por hidrocarburos	0.166	0.02
Distancia más cercana a fuentes de contaminación minera	0.173	0.091
Número de vías pavimentadas	0.032	0.077
Densidad poblacional	0.044	0.092
Iluminación nocturna	0.101	0.029
Distancia a ciudades importantes	0.035	0.082
Media Ponderada de NDVI	0.039	0.025
% viviendas con acceso a calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto	0.049	0.072
%viviendas con acceso a agua potable	0.042	0.089
% de viviendas con sistema de alcantarillado	0.038	0.086
% de viviendas con acceso a electricidad	0.043	0.028
% de personas con instrucción formal	0.043	0.061
% de personas con ocupación en actividades no rurales	0.048	0.056
% de viviendas con acceso a recolección de basura	0.042	0.05
% de personas con seguridad social	0.049	0.074

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 dato

Para estandarizar los indicadores de distancia más cercana a zonas deforestadas, contaminación por hidrocarburos y contaminación por minería, previamente se realizó la división de 1 sobre el indicador, tomando en cuenta que a menor distancia a estas fuentes la consolidación urbana es mayor.

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:

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

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 locales se agrupan en categorías con igual rango, como se muestra en las Figuras 9 y 10.

Figura 9. Índice de urbanización de Lago Agrio

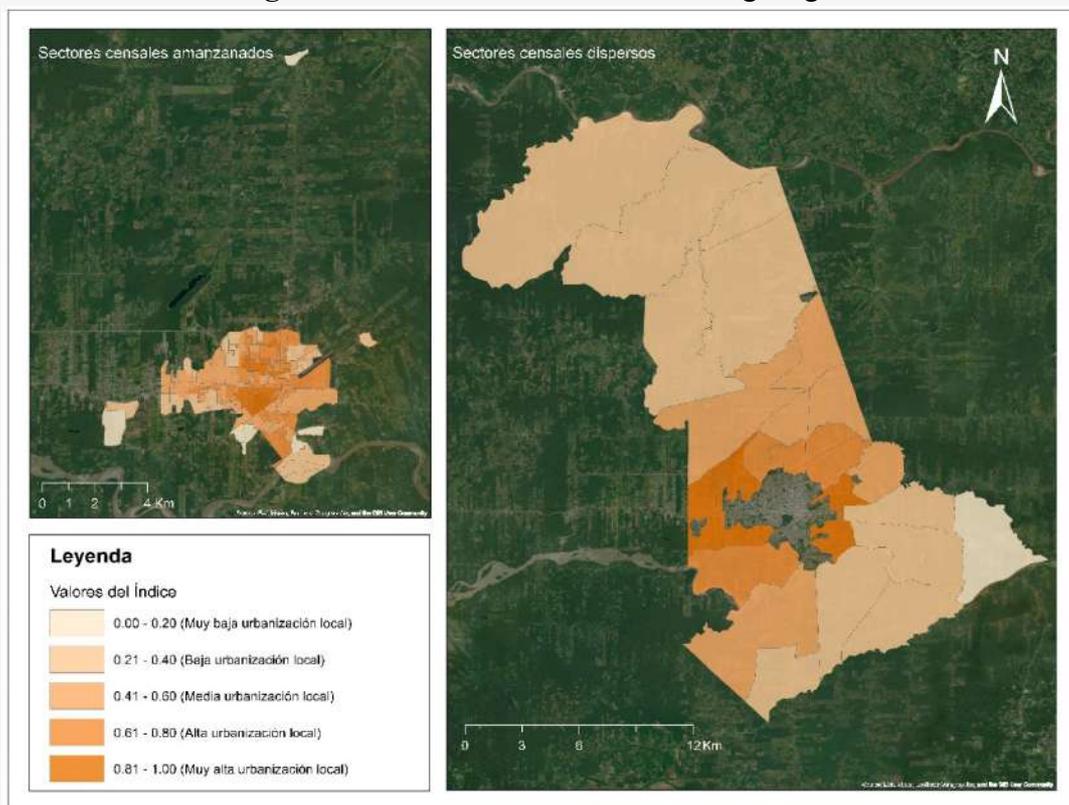
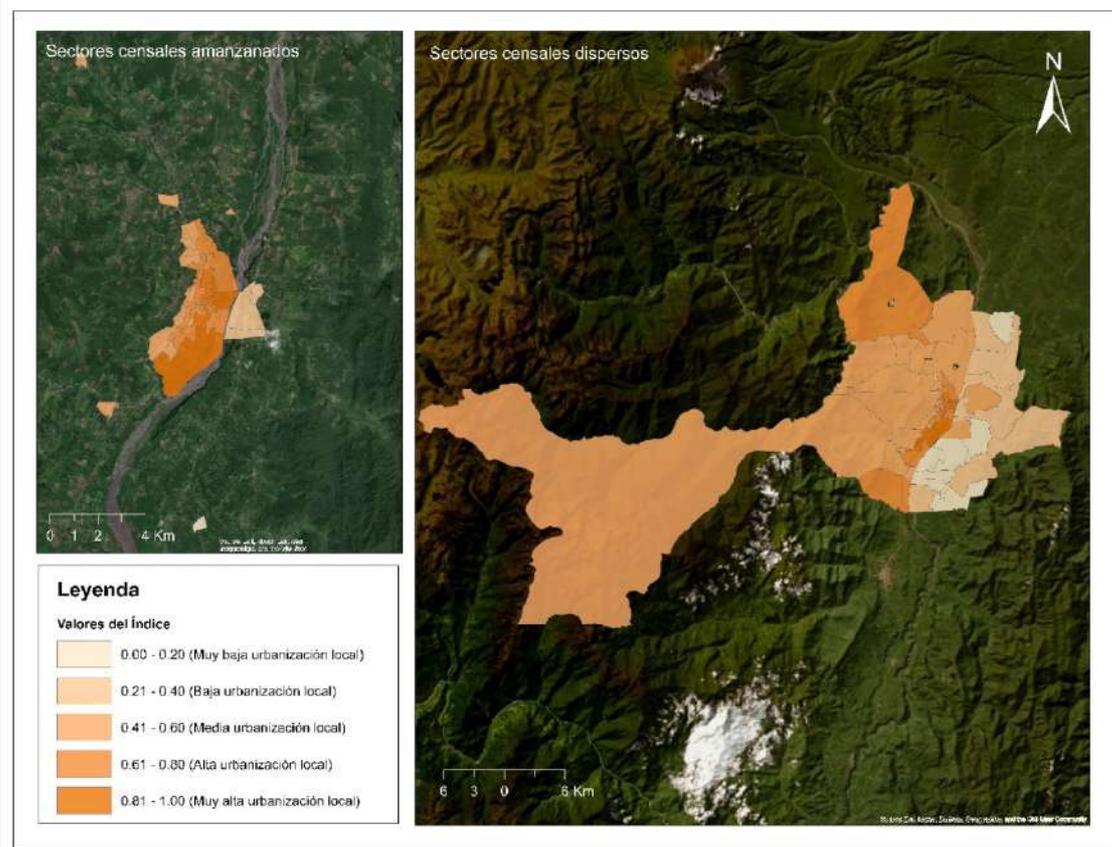


Figura 10. Índice de urbanización de Macas



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>