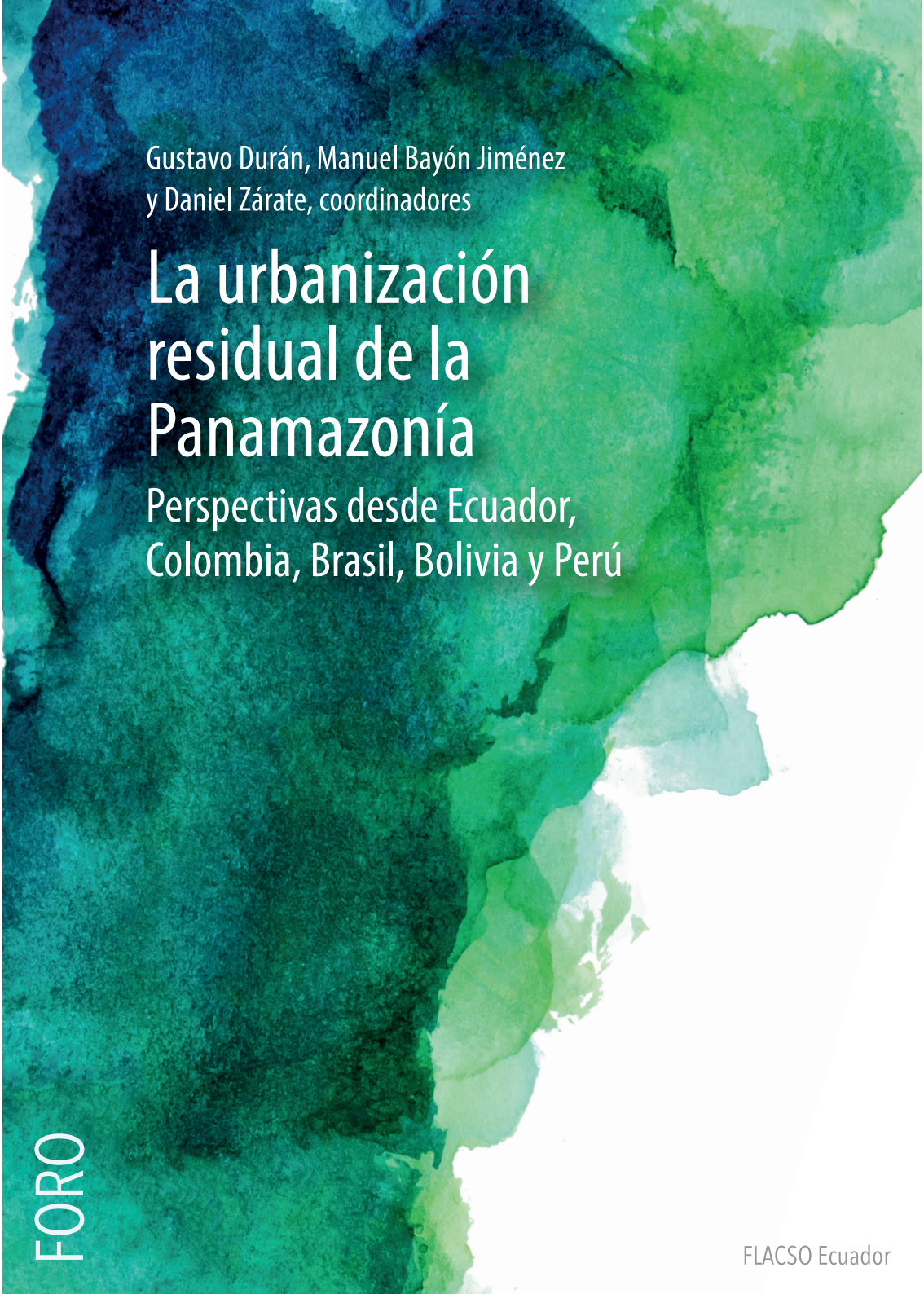




Gustavo Durán, Manuel Bayón Jiménez
y Daniel Zárate, coordinadores

La urbanización residual de la Panamazonía

Perspectivas desde Ecuador,
Colombia, Brasil, Bolivia y Perú

FORO

FLACSO Ecuador

Índice de contenidos

Lista de abreviaturas, siglas y acrónimos	xv
Capítulo 1	
Introducción	1
<i>Manuel Bayón Jiménez y Gustavo Durán</i>	
PARTE I	
PANAMAZONÍA	
Capítulo 2	
La urbanización en la región amazónica	17
<i>Darío Toscano, Gustavo Durán y Paz Santelices</i>	
Capítulo 3	
O urbano amazônico em rotação: práticas espaciais e imaginários vinculados aos setores de <i>commodities</i> e regulações em disputa	37
<i>Luis Fernando Novoa Garzon, Diogo Henrique Costa Fonseca y Carolina Moreira de Hollanda</i>	
Capítulo 4	
Metrópole e floresta: configurações e diferenciações intrarregionais da urbanização na Amazônia brasileira	65
<i>Saint-Clair Cordeiro da Trindade Júnior</i>	
Capítulo 5	
Patrimônio territorial e sistemas territoriais na Amazônia urbano-ribeirinha: o caso de Parintins.	89
<i>Estevan Bartoli</i>	

Capítulo 6	
Amazonía boliviana: procesos de urbanización, nuevos actores y conflictos	110
<i>Patricia Urquieta</i>	
Capítulo 7	
Ensamblajes de lo urbano y la urbanización amazónica en Bolivia. . . .	129
<i>Andrea Perez Tarqui</i>	
Capítulo 8	
¿Cómo medimos la sostenibilidad de las urbes amazónicas peruanas? Reflexiones a partir del reporte <i>Ciudades amazónicas del Perú</i>	150
<i>Anna Zucchetti y Taícia Marques</i>	
Capítulo 9	
Sistema de asentamientos humanos en la región amazónica colombiana	174
<i>Juan Felipe Guhl, Elizabeth Riaño, Juan Manuel Diaz y Jorge Arias</i>	
PARTE II	
ECUADOR	
Capítulo 10	
Índices de urbanización amazónica: una perspectiva multidimensional e implicaciones escalares	193
<i>Pablo Cabrera-Barona y Denise Albán</i>	
Capítulo 11	
Las cabeceras cantonales en la Amazonía urbana	213
<i>Irene Acosta, Miguel Quishpe, Adrián Buenaño, Kleya Orellana Escobar, Jesly Espín e Isabel Ordieres</i>	
Capítulo 12	
Las ciudades amazónicas del Ecuador: génesis, formas y perspectivas	242
<i>Juan Carlos Sandoval</i>	

Capítulo 13	
Nuevos ejes de expansión y acumulación territorial en la Amazonía norte ecuatoriana	271
<i>Javier González-Comín</i>	
Capítulo 14	
Espacios amazónicos de transición urbano-rural: el caso de Puerto Francisco de Orellana, 2000-2020	296
<i>Daniel Zárate</i>	
Capítulo 15	
Formas de habitar las periferias fluviales del Napo	318
<i>Yosselyn Anabel Sánchez Rojas</i>	
Capítulo 16	
Urbanización residual, relaciones y lucha colectiva en una comuna kichwa amazónica de Ecuador	340
<i>Michael Uzendoski, Manuel Bayón Jiménez y Gustavo Durán</i>	
Capítulo 17	
Intervención estatal en hábitat y vivienda social en Tena y Santa Clara	366
<i>Katia Barros Esquivel</i>	
Capítulo 18	
Las disputas indígenas frente a la urbanización amazónica ecuatoriana en Puyo	386
<i>Manuel Bayón Jiménez</i>	
Capítulo 19	
El crecimiento urbano amazónico en Macas	404
<i>Alejandra Sandoval</i>	
Sobre los coordinadores	427
Sobre autores y autoras	428

Capítulo 10

Índices de urbanización amazónica: una perspectiva multidimensional e implicaciones escalares

Pablo Cabrera-Barona y Denise Albán

La Amazonía ha sido representada espacialmente de diversas formas, con mayor relevancia en áreas protegidas, territorios indígenas y zonificaciones de extracción de recursos (por ejemplo, bloques petroleros). Sin embargo, ha sido muy limitada la representación espacial de la Amazonía urbana, aunque la mayoría de la población de esta zona vive en ciudades (Padoch et al. 2008). Se ha invisibilizado de alguna forma esta realidad, que debe abordarse de manera amplia para apoyar a una mejor planificación estratégica de este importante territorio. Guedes, Costa y Brondizio (2009) identificaron en la Amazonía del Brasil una red subregional urbana compuesta por ciudades intermedias como nodos. Amaral et al. (2006) usaron información de imágenes satelitales nocturnas y estimaron la población urbana en la Amazonía brasileña, mientras que Mejía y Checa Rius (2022) mapearon zonas urbanas en áreas petroleras del norte de la región en Ecuador. También se ha analizado a la Amazonía urbana desde la perspectiva de sistema, en función de su relación con áreas rurales (Richards y VanWey 2015; Ryder y Brown 2000; Padoch et al. 2008). Adicionalmente, se ha evaluado a las ciudades amazónicas desde los ámbitos históricos, demográficos y migratorios (Costa y Brondizio 2011; Padoch et al. 2008).

Como se puede observar, se ha analizado a las urbes de la Amazonía desde lo descriptivo, por lo que lo cuantitativo y lo espacial son ámbitos de estudio todavía por evaluar. Cabrera-Barona et al. (2020) tomaron

como caso de estudio a la región amazónica del Ecuador para generar una primera representación urbana espacial de la Amazonía. En su trabajo consideraron como unidad de análisis a coberturas de uso de suelo antrópicas; utilizaron indicadores urbanos cuantitativos y, mediante una técnica de generación de clústeres, definieron regiones urbanas amazónicas desde una visión multidimensional. Sin embargo, las regiones que generaron no tienen un valor cuantitativo *per se*, y se necesita describirlas con base en los valores de los indicadores usados y el conocimiento previo de la zona de estudio. Adicionalmente, las regiones espaciales generadas en ese estudio enmascaran las zonas urbanas unitarias (los parches de uso de suelo antrópico), razón por la cual no se pueden efectuar análisis más específicos a nivel local.

De lo expuesto, dos problemáticas emergen en cuanto al análisis espacial y cuantitativo de zonas urbanas en la Amazonía: el valor (nivel de urbanización) y la escala a la que se puede expresar este valor en una zona urbana. En este capítulo abordaremos estas dos cuestiones a través de los lentes del problema de unidad de área modificable y de índices multidimensionales de urbanización amazónica.

El problema de la unidad de área modificable

El problema de unidad de área modificable (MAUP, por sus siglas en inglés) se refiere al análisis espacial, y se origina por diferencias de escala y definición de delimitaciones en unidades espaciales. Para fines prácticos, usamos en este capítulo las siglas MAUP, ya que es la denominación más difundida de este problema y la mayor parte de bibliografía al respecto está en inglés. El MAUP causa que existan distintos resultados estadísticos para una misma variable, dependiendo de la escala y del tamaño de la unidad espacial de análisis (Openshaw 1984).

El MAUP cuenta con dos componentes o causas: el efecto de escala y el efecto de zona. El efecto de escala ocurre cuando el mismo dato es expresado en distintas resoluciones (escalas) espaciales (Openshaw 1984; Arbia y Petrarca 2013). El efecto de zona se da cuando un grupo

de unidades espaciales a la misma escala se unen de distintas formas; es decir, en un área de estudio se pueden hacer diversas subdivisiones de unidades espaciales cambiando sus delineaciones de límites internos (Openshaw 1984; Schuurman et al. 2007; Cabrera-Barona, Wei y Hagenlocher 2016). Este último efecto se relaciona con el cambio de forma de las unidades espaciales (Buzzelli 2020).

El MAUP presenta serias implicaciones en la toma de decisiones y planificación, ya que estadísticas distintas para el mismo fenómeno generan distintas interpretaciones (Schuurman et al. 2007). Es sorprendente cómo solo el 1 % de publicaciones que han usado en sus investigaciones datos en unidades espaciales agregadas reconocen al MAUP (Manley 2019), tal vez debido a que la mayoría de personas que investigan ignoran su existencia (Tuson et al. 2019) o porque reconocerlo pondría en incertidumbre las conclusiones obtenidas del análisis de los datos agregados espacialmente (Manley 2019).

Los efectos del MAUP pueden evaluarse de distintas formas cualitativas, pero en especial cuantitativas (Fotheringham y Wong 1991; Openshaw 1984; Cabrera-Barona, Wei y Hagenlocher 2016; Cabrera-Barona, Blaschke y Gaona 2017; Flowerdew 2011). Una primera forma de afrontar el MAUP es reconocer los cambios visuales de los datos mapeados, su color, junto con el tamaño, forma y orientación de las unidades espaciales (Buzzelli 2020). En este capítulo, evaluamos de forma mixta posibles efectos del MAUP, tomando como datos a valores de índices de urbanización amazónica. Este es el primer estudio dentro de la literatura científica que aborda estas cuestiones de escala para evaluar la urbanización en la Amazonía.

Índices de urbanización amazónica

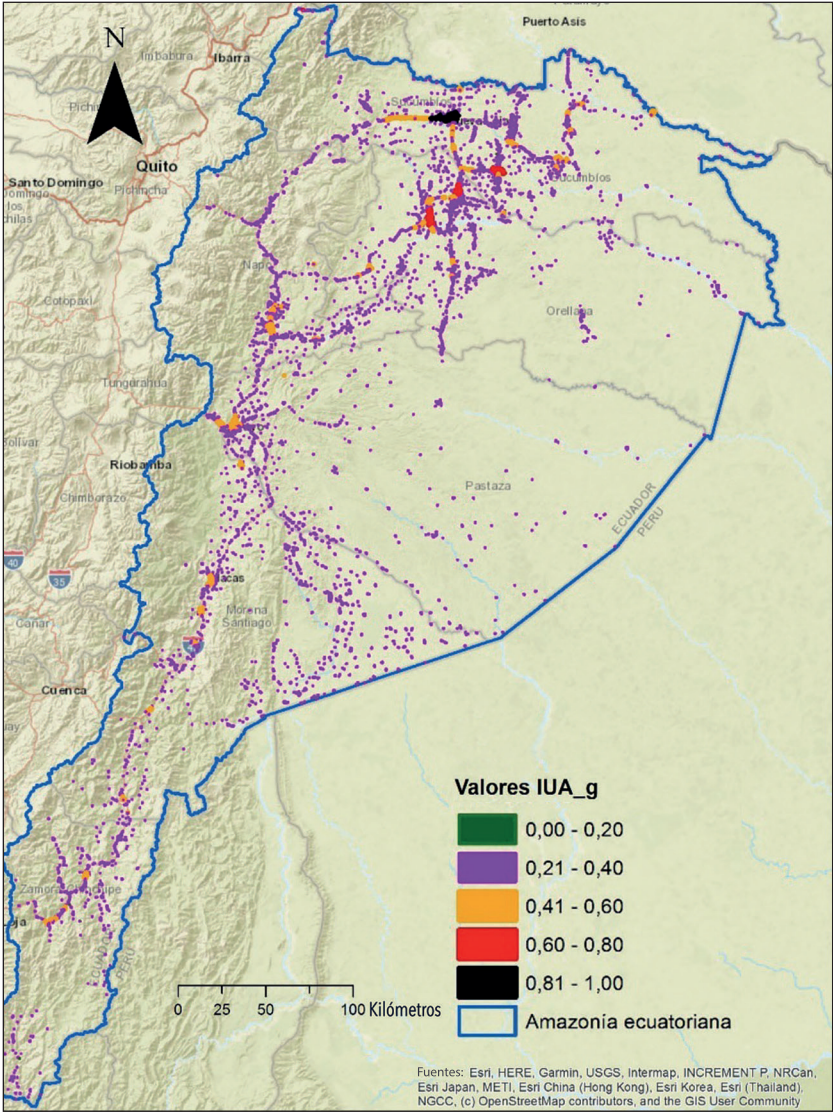
Consideramos como caso de estudio una ciudad de la Amazonía de Ecuador, Lago Agrio (Nueva Loja), y calculamos tres índices de urbanización amazónica: uno con base en unidades espaciales de coberturas de uso de suelo urbano, y dos con base en unidades espaciales censales, sector censal y zona censal.

El índice basado en unidades de coberturas de suelo usa información de cobertura urbana producida por MapBiomass. Primero, se obtuvieron 8049 unidades (parches de paisaje urbano) para la Amazonía ecuatoriana. Para cada una de estas 8049 unidades espaciales se calcularon los indicadores de dimensión fractal, número de vías pavimentadas, luminosidad urbana, densidad poblacional, distancias euclidianas a puntos de deforestación y puntos de contaminación petrolera, y puntos de contaminación minera más cercanos. Estos indicadores han sido ya exitosamente utilizados para representar regiones urbanas amazónicas (Cabrera-Barona et al. 2020). Se normalizaron los indicadores, y para cada uno de ellos se calcularon pesos usando el método proceso de análisis jerárquico (AHP).

El índice de urbanización amazónica se calcula mediante la agregación ponderada de los indicadores normalizados.¹ Ya que el índice se aplica para toda la Amazonía ecuatoriana, lo denominamos índice de urbanización amazónica global (IUA_g) y se usa la normalización tipo mínimo-máximo. El mapa 10.1 muestra el índice para toda la Amazonía del Ecuador. Mientras los valores más se acercan a 0, significa niveles más bajos de urbanización, y mientras los valores más se acercan a 1, indica niveles más altos de urbanización. Finalmente, extrajimos 271 unidades espaciales (con sus respectivos valores del índice), correspondientes a Lago Agrio.

¹ Para una descripción detallada del índice de urbanización amazónica, se puede revisar el estudio de Cabrera-Barona, Albán y Durán (2023).

Mapa 10.1. Índices de urbanización amazónica global

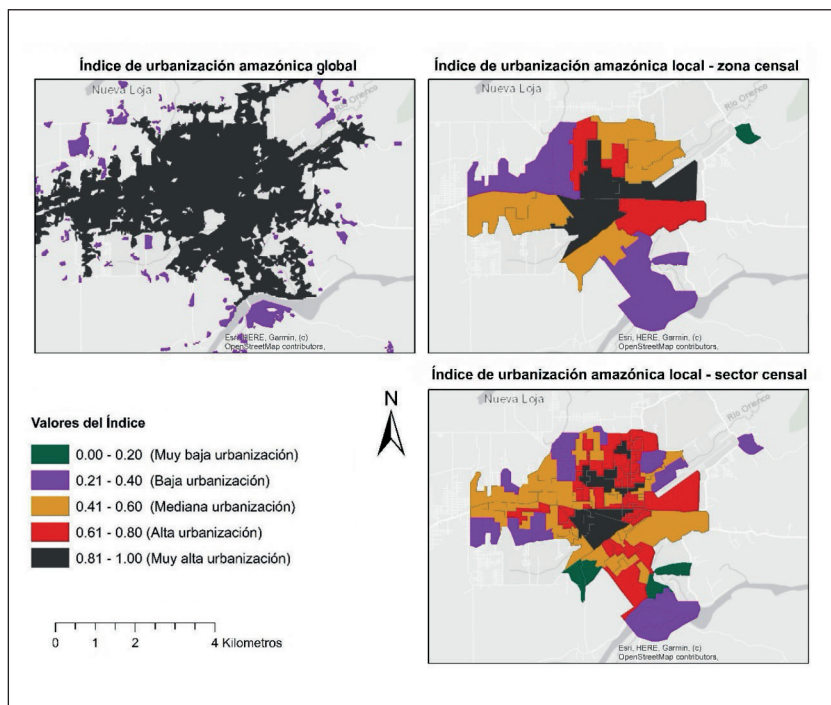


Fuente: Cabrera-Barona, Albán y Durán (2023).

Para calcular los índices basados en unidades espaciales censales, incorporamos los indicadores espaciales del IUA_g, más indicadores censales de acceso a calles pavimentadas, acceso a agua potable, acceso a sistema de alcantarillado, acceso a servicio de recolección de basura, acceso a la red eléctrica pública, instrucción formal, ocupación en actividades no rurales y acceso a seguridad social. Estos indicadores se calcularon a nivel de sector censal y de zona censal (agregación de sectores censales) para la ciudad de Lago Agrio. En ese sentido, ya que no existen unidades espaciales censales a nivel urbano que ocupen todo el territorio amazónico de Ecuador, el cálculo de este tipo de índices se aplica a ciudades definidas espacialmente por el censo. Por lo tanto, nos referiremos a estos como índices de urbanización amazónica local (IUA_l).

Adicionalmente, debido al detalle con el que se pueden manejar estos índices, incluimos indicadores espaciales de distancias a ciudades importantes y de *normalized difference vegetation index* (NDVI). El NDVI es una medida sencilla de vegetación, en función de las bandas espectrales roja e infrarroja de una imagen satelital. Esta medida puede ser usada como un *proxy* de urbanización en la Amazonía, ya que valores menores o nulos de vegetación pueden ser indicadores de procesos de urbanización. Los pesos para los indicadores de los IUA_l fueron calculados por medio del *principal component analysis* (PCA), mediante las guías de la Organisation for Economic Cooperation and Development ([OECD] 2008), y se demostró que el PCA es una forma estadística eficiente para calcular pesos de indicadores de índices. Una explicación del cálculo del PCA para indicadores de índices se puede revisar en investigación de generación de índices de privación urbana socioeconómica (Cabrera-Barona, Wei y Hagenlocher 2016). El mapa 10.2 muestra los tres índices calculados para la ciudad de Lago Agrio, el IUA_g y los IUA_l (zona censal y sector censal). Para todos los índices se utilizó la normalización tipo mínimo-máximo.

Mapa 10.2. Índices de urbanización amazónica para Lago Agrio



Evaluación escalar

Realizamos varias evaluaciones escalares para los índices de urbanización amazónica (IUA) en la ciudad de Lago Agrio. Por su distinta naturaleza en cuanto a unidades espaciales (unidades parches de cobertura vs. unidades censales), y número de indicadores usados, para la evaluación cuantitativa nos enfocamos en los indicadores que comparten los tres índices. La evaluación cuantitativa se basa en estadísticas descriptivas (media, desviación estándar, valor mínimo, valor máximo) de valores de los índices e indicadores, y en correlaciones entre los valores de los índices y de los indicadores no normalizados, aplicando la correlación de Spearman.

Para evaluar criterios y percepciones sobre el uso de estos índices, aplicamos una encuesta a 20 expertas y expertos en urbanismo, urbanización amazónica y geografía urbana. El objetivo fue obtener sus perspectivas sobre la aplicabilidad de los índices en cuanto a su potencial de representar el fenómeno y avance urbano en la Amazonía; a su utilidad para apoyar la planificación urbana en la Amazonía, y a su conveniencia para enlazar análisis de calidad de vida a nivel individual con el contexto de grado de urbanización amazónica. La encuesta mostró a quienes participaron en las tres visualizaciones de los índices para cada uno de los tres temas mencionados.

El IUA_g posee una media de 0.29 ± 0.05 ($N=271$), mínimo valor 0.24 (parque menos urbanizado), máximo valor 1 (parque más urbanizado). La media del IUA_l a nivel de zona censal es de 0.50 ± 0.28 ($N=17$), valor mínimo 0 (zona censal menos urbanizada), valor máximo 1 (zona censal más urbanizada). El IUA_l a nivel de sector censal tiene una media de 0.55 ± 0.19 ($N=130$), valor mínimo 0 (sector censal menos urbanizado), valor máximo 1 (sector censal más urbanizado). Se puede observar que existe una diferencia importante de las medias entre el IUA_g y los IUA_l.

La tabla 10.1 muestra la media y la desviación estándar de los indicadores de los índices seleccionados. La luminosidad está expresada en intensidad lumínica, es decir, en vatios por estereorradián, densidad poblacional en número de personas por km^2 , y las distancias se muestran en metros. En general existen diferencias relevantes en las medidas obtenidas. En número de vías pavimentadas, el índice con valores mayores de vías es el IUA_g para zona censal, mientras que los otros dos índices aparecen con valores bajos. Esto se debe a que al fragmentar en más unidades de análisis el área de estudio de Lago Agrio, decrece el número de vías asignadas a cada unidad. Mientras más grande sea la unidad de análisis, se abarca mayor número de vías. Esto es un claro ejemplo del MAUP, en cuanto a efectos de zona y de escala.

La media de luminosidad del IUA_l de zona censal es claramente mayor respecto a las medias del IUA_l de sector censal y del IUA_g, y el mínimo valor de este indicador para el IUA_g también es muy distinto de los mínimos de los índices locales. Aquí también vemos efectos de zona y escala del MAUP. Densidad poblacional es un indicador cuyo

comportamiento aparece también interesante para el caso del IUA_g. Para el IUA_g este indicador se calcula a partir de información satelital, mientras que para los índices locales (IUA_l), el indicador se basa en información censal, donde la medición de población podría considerarse más fina, con más detalle, respecto a las aproximaciones de densidad de población a partir de datos obtenidos por sensores remotos.

De hecho, en la tabla 10.1 se observan valores de 0,00 para la densidad poblacional. Esto se debe a que existe mayor número de unidades espaciales para el IUA_g ($N = 271$), lo que genera que los valores de número de habitantes por km^2 para cada unidad o parche sean mínimos, tomando valores distintos a cero cuando se expresa el indicador con varios decimales, y la tabla 10.1 muestra estadísticas hasta dos decimales. Por ejemplo, en el parche o mancha urbana principal de Lago Agrio, existe una densidad poblacional de 0,0027. Lo importante es, con base en los datos de densidad de población no censales, reconocer que la densidad de población en general es baja en la ciudad de Lago Agrio, a pesar de ser una de las ciudades más pobladas de la Amazonía ecuatoriana.

Sobre el indicador de distancia a zonas deforestadas, se observan medias no muy distintas, pero es relevante el valor mínimo para el IUA_g, que es mucho menor respecto a los otros dos valores mínimos. Esto sugiere que la delineación de las unidades espaciales del IUA_g, al basarse en parches de cobertura de suelo, guarda una forma urbana “real” respecto a la forma de sectores y zonas censales, cuya delineación responde más a datos poblacionales censales. El valor mínimo de distancia a puntos de contaminación petrolera para el IUA_l de zona censal también es muy distinto en comparación con los valores mínimos del IUA_g e IUA_l sector censal. Esto puede indicar que las zonas censales podrían enmascarar determinadas relaciones espaciales con otros objetos en el territorio. En cuanto a distancia a zonas de contaminación minera, los valores entre los índices no son drásticamente distintos, pero se puede ver mayor variabilidad de datos para el caso del IUA_g (véase la desviación estándar que acompaña a la media).

Tabla 10.1. Estadísticas descriptivas de IUA

Indicador	Índice de urbanización amazónica global (IUA_g) N= 271	Índice de urbanización amazónica local – zona censal N= 17	Índice de urbanización amazónica local – sector censal N= 130
Número vías pavimentadas	0.10 ± 0.99 Mínimo: 0 Máximo: 16	50.41 ± 24.36 Mínimo: 0 Máximo: 87	8.77 ± 5.79 Mínimo: 0 Máximo: 23
Luminosidad urbana	14.86 ± 232.51 Mínimo: 0.01 Máximo: 3835.23	206.66 ± 118.61 Mínimo: 2.88 Máximo: 492.69	27.45 ± 37.53 Mínimo: 2.88 Máximo: 366.88
Densidad poblacional	± 0.00 Mínimo: 0.00 Máximo: 0.005	3258.53 ± 877.56 Mínimo: 1617.55 Máximo: 4813.52	3879.91 ± 1152 Mínimo: 749.20 Máximo: 6035.44
Distancia deforestación	1305.20 ± 785.22 Mínimo: 43.68 Máximo: 3322.01	1738.84 ± 733.96 Mínimo: 798.03 Máximo: 3428.28	1773.69 ± 692.53 Mínimo: 335.72 Máximo: 3580.68
Distancia contaminación petrolera	1356.78 ± 1147.82 Mínimo: 11.32 Máximo: 4942.27	1232.49 ± 1502.92 Mínimo: 96.07 Máximo: 6861.70	1036.22 ± 759.20 Mínimo: 14.39 Máximo: 6861.70
Distancia contaminación minera	206440.51 ± 4440.98 Mínimo: 197062.06 Máximo: 216449.76	209030.36 ± 1492.06 Mínimo: 206146.77 Máximo: 212384.96	208644.02 ± 1333.33 Mínimo: 203893.07 Máximo: 212384.96

En la tabla 10.2 podemos observar los resultados de las correlaciones de cada indicador con los valores de los índices. Para el IUA_g, la correlación es positiva y significativa con los indicadores de número de vías pavimentadas, luminosidad urbana y densidad poblacional. En el caso del IUA_l zona censal, hay correlación significativa positiva con número de vías, densidad poblacional y distancia a puntos de deforestación, mas no existe correlación con luminosidad. El IUA_l a nivel de sector censal solamente se correlaciona con número de vías pavimentadas. La correlación más alta la encontramos entre el IUA_l zona censal y número de vías pavimentadas. Este indicador tuvo una correlación positiva significativa con los tres índices.

Con base en los hallazgos de las correlaciones, el IUA_g refleja mejor una realidad lógica del área de estudio, donde a mayor nivel de urbanización se espera un mayor nivel de vías pavimentadas, luminosidad artificial y densidad poblacional. Sobresale un síntoma del MAUP para el número de vías pavimentadas, donde la correlación para el IUA_g es muy distinta en comparación con los índices locales. Un caso muy visible del MAUP se da para el indicador de luminosidad urbana e IUA_l de zona censal, en el que se encuentra una correlación no significativa y muy baja respecto a las otras dos correlaciones. Otro indicador que también varía por motivos de escala y zonificación es densidad poblacional, que va de mayor a menor su correlación con IUA_g, IUA_l zona censal e IUA_l sector censal, respectivamente. Para este último, la correlación ni siquiera es significativa. Para los indicadores de distancia, también se obtienen resultados que sugieren la existencia del MAUP para los tres índices de urbanización amazónica utilizados.

Tabla 10.2. Correlaciones de los indicadores con los índices IUA

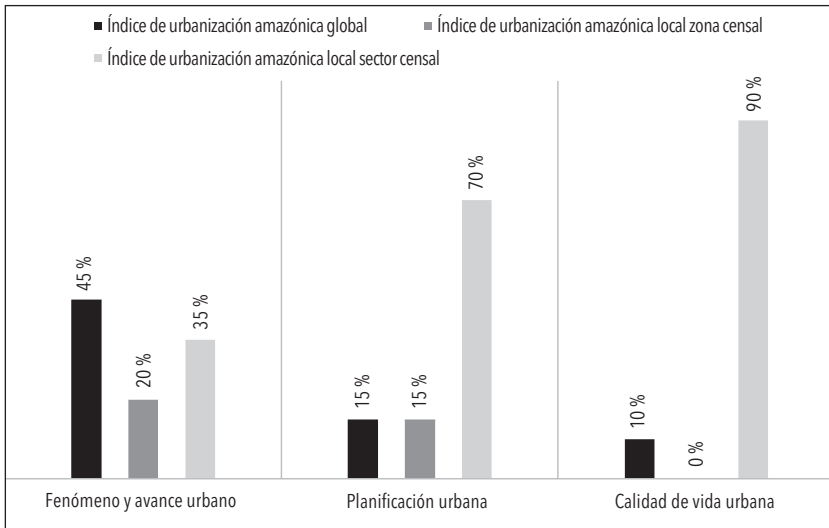
Indicador	Índice de urbanización amazónica global (IUA_g)	Índice de urbanización amazónica local – zona censal (IUA_l zona censal)	Índice de urbanización amazónica local – sector censal (IUA_l sector censal)
Número vías pavimentadas	0.24*	0.74*	0.77*
Luminosidad urbana	0.29*	0.03	0.41
Densidad poblacional	0.56*	0.42*	0.31
Distancia deforestación	-0.12	0.29*	0.32
Distancia contaminación petrolera	0.11	-0.02	-0.10
Distancia contaminación minera	-0.01	0.15	-0.05

*Correlación significativa al 99% de confianza

En la figura 10.1 se indican los resultados obtenidos de los criterios de las personas expertas consultadas. Se ve que prefieren ampliamente el IUA_l a nivel de sector censal.

Respecto a la pregunta sobre el potencial de cada índice para representar el fenómeno y avance urbano en la Amazonía, el 45 % de las personas expertas seleccionó al IUA_g, el 20 % eligió el IUA_l zona censal y el 35 % el IUA_l sector censal. En cuanto a su utilidad para apoyar la planificación urbana en la Amazonía, los porcentajes obtenidos para IUA_g, IUA_l zona censal e IUA_l sector censal fueron 15 %, 15 % y 70 %, respectivamente. Sobre la utilidad de los índices para enlazar análisis de calidad de vida a nivel individual con el contexto de grado de urbanización amazónica, se obtuvo un 10 % para IUA_g, 0 % para el IUA_local zona censal y 90 % para el IUA_sector censal. Hasta aquí hemos mostrado los resultados específicos obtenidos en este estudio, y en la siguiente sección realizaremos una discusión y expondremos conclusiones sobre estos, además de sintetizar las características de los índices desde varias perspectivas, incluyendo su aplicabilidad y utilidad.

Figura 10.1. Resultados de la consulta a personas expertas sobre aplicabilidad de índices



Reflexiones sobre escalas para el análisis urbano de la Amazonía

Los índices de urbanización amazónica logran captar de una forma multidimensional el grado de urbanización en un territorio complejo como la Amazonía. En este estudio hemos efectuado un análisis exploratorio sobre implicaciones de escala de estos índices, tomando en cuenta su perspectiva multidimensional. Desde nuestro conocimiento, este es el primer estudio en la literatura científica en efectuar una evaluación multiescalar de urbanización amazónica expresada en índices. Hemos encontrado relevante evidencia de la existencia del problema de unidad de área modificable, el MAUP. Este hallazgo representa importantes repercusiones para futuros estudios y para la planificación territorial y urbana en la Amazonía, por lo que es imprescindible contar con lineamientos conceptuales y metodológicos claros para usar y aplicar cada índice, pues cada uno de ellos implica potencialidades y limitaciones.

El índice de urbanización amazónica global (IUA_g), al expresarse en unidades espaciales (parches) de cobertura de suelo urbana, puede tener una visualización espacial más “orgánica” (mayor complejidad y diversidad de formas de las unidades espaciales) y, por lo tanto, se pueden identificar de mejor manera las localizaciones de avance urbano, y localizaciones de los parches urbanos respecto a otros objetos en el espacio. Recordemos cómo, para este índice, se captó mejor la distancia mínima a zonas deforestadas, en comparación con los índices de urbanización locales expresados en unidades censales. Sin embargo, la evidencia sugiere que el índice no funciona muy bien en cuanto a su indicador de densidad poblacional, ya que esta medida puede estar subrepresentada. De hecho, estimaciones de densidad basadas en sensores remotos no ofrecen la precisión necesaria de determinado censo, o bien deben ser validadas por medio de información censal (Anderson et al. 2010). Sin embargo, el IUA_g muestra correlaciones significativas positivas con tres indicadores claves de urbanización –número de vías pavimentadas, luminosidad y densidad poblacional–, lo cual demuestra que es una métrica útil para monitoreo poblacional urbano.

El índice de urbanización amazónica local expresado a escala de zona censal (IUA_l zona censal) se correlaciona con vías, densidad poblacional

y distancia a zonas deforestadas, por lo que también puede aplicarse para monitoreo territorial. Para el área de estudio, Lago Agrio, este índice es el que mejor capta el indicador de número de vías pavimentadas, así como mayor variabilidad dentro del indicador de distancia a contaminación petrolera. Este hallazgo es un tanto sorprendente, ya que se hubiera esperado mayor variabilidad de este indicador para el IUA_g. Aparte de esto, el IUA_l zona censal para la ciudad de Lago Agrio está compuesto de 17 unidades, un número mucho menor respecto a los otros índices, por lo que IUA_l zona censal podría ser más útil para planificar estrategias de muestreos aleatorios eficientes para encuestas en campo. El índice de urbanización amazónica local expresado a escala de sector censal (IUA_l sector censal) obtuvo solo correlación con el número de vías pavimentadas, pero es el índice con más detalle en cuanto al indicador de densidad poblacional. Esto se debe a que el sector censal es el área censal más detallada, más fina, que se puede encontrar dentro del censo.

Los resultados de las preguntas a personas expertas son relevantes en cuanto a cómo puede aplicarse cada índice. La mayor cantidad de expertos consideró al IUA_g más útil para representar el fenómeno y avance urbano, seguido por el IUA_l sector censal, y después por el IUA_l zona censal. Aunque se aprecian ciertas diferencias entre las respuestas sobre esta pregunta, no son tan marcadas como las diferencias sobre las otras preguntas formuladas. Adicionalmente, el IUA_g podría tener una mayor resistencia al MAUP en cuanto a sesgo por orientación de unidades espaciales, al observarse en mapas coropléticos; este sesgo es un factor que también contribuye a que exista este problema (Buzzelli 2020). La representación más real de límites urbanos de las unidades del IUA_g ayuda a evitar este sesgo. En general, es claro que los detalles de delineación urbana de las unidades espaciales del IUA_g, y el detalle censal del IUA_l sector censal facilitan la posibilidad de que estos índices permitan visualizar la condición urbana en la Amazonía.

El IUA_l sector censal es el índice considerado por las personas expertas como el más útil para apoyar la planificación urbana, y para enlazar análisis de calidad de vida a nivel individual. Este resultado coincide con una investigación previa, que muestra que expertos también prefirieron

un índice socioeconómico a escala de sector censal como más útil para planificación urbana para calidad de vida, por encima del índice expresado a través de otras escalas y tipos de unidades (Cabrera-Barona, Wei y Hagenlocher 2016). El IUA_1 sector censal también puede ser útil en el sentido de que, por el uso de índices calculados a las escalas más finas posibles (como sectores censales), los efectos del MAUP pueden ser reducidos (Schuurman et al. 2007).

Desde el punto de vista de la disponibilidad y obtención de datos, la ventaja del IUA_g es que sus indicadores pueden recopilarse de manera permanente (por ejemplo, cada año), lo que facilita un monitoreo urbano de la Amazonía más continuo, además de que estos indicadores se basan en datos abiertos. Posiblemente, solo en el caso de puntos de contaminación petrolera y minera, podría variar la disponibilidad de datos abiertos. Los índices IUA locales también se construyen a partir de datos de acceso libre, pero con la limitante de la continuidad temporal, ya que nuevos datos censales suelen estar disponibles en periodos más largos de tiempo, de 10 años, o más.

La tabla 10.3 muestra un resumen de las características de cada índice en función de lo revisado en este estudio. Las resoluciones escalares para el IUA_g, IUA_1 zona censal, e IUA_1 sector censal son baja, media y alta, respectivamente. En su aplicación escalar, el IUA_g funciona de mejor manera para análisis a escalas gruesas, escalas regionales, y es limitado para los análisis de escalas más finas, es decir, más locales. IUA_1 zona censal e IUA_1 sector censal no conservan en sus unidades espaciales detalles de límites urbanos y formas urbanas, como sí lo hace el IUA_g, que además puede actualizarse más constantemente. Por último, todos los índices están sujetos al MAUP, aunque el IUA_1 sector censal puede experimentar menor MAUP que tenga efectos de zonas y de escala menores; asimismo, según expertos, puede ser más útil para la planificación urbana y para analizar la calidad de vida urbana. En general, el IUA_1 podría tener mayor potencial para realizar modelamiento, como analizar la influencia del contexto urbano (unidades espaciales) sobre características de escala individual, es decir, sobre condiciones de los residentes urbanos.

Tabla 10.3. Resumen de características de cada índice

	Índice de urbanización amazónica global (IUA_g)	Índice de urbanización amazónica local – zona censal (IUA_l zona censal)	Índice de urbanización amazónica local – sector censal (IUA_l sector censal)
Resolución escalar	Baja	Media	Alta
Resolución temporal	Alta	Baja	Baja
MAUP	Alto	Alto	Medio
Aplicación a escala regional	Alta	Alta	Alta
Aplicación a escala local	Baja	Alta	Muy alta
Definición de formas y límites urbanos	Alta	Baja	Baja
Utilidad para representar el fenómeno y avance urbano	Media	Baja	Media
Utilidad para apoyar a la planificación urbana	Baja	Baja	Alta
Utilidad para enlace con análisis de calidad de vida a nivel individual	Baja	Nula	Alta

Para este estudio deben tomarse en cuenta algunos aspectos adicionales. Hay que considerar que el IUA_g cuenta con más indicadores; por tal razón, para fines de comparación, se realizaron las correlaciones entre los índices (normalizados) e indicadores con sus valores originales. Sin embargo, creemos que futuros estudios deberán centrarse en análisis separados de comparación de índices basados en información satelital, y en comparación de índices basados en información censal. Es decir, por ejemplo, una futura investigación podría comparar dos tipos de IUA_g, uno basado en la información satelital de uso de suelo considerada en este estudio, y otro basado en información de uso de suelo de instituciones como el Ministerio del Ambiente de Ecuador. Adicionalmente, para esta investigación no se evaluaron efectos de vecindario (Bélanger et al. 2015; Flowerdew, Manley y Sabel 2008; Cabrera-Barona, Blaschke y Gaona 2017; Haynes et al. 2007; Cabrera-Barona, Wei y Hagenlocher 2016), que pueden ser

útiles para identificar desigualdades en salud y calidad de vida a nivel individual, e incluso para evaluaciones multiescalares y del MAUP. En un futuro estudio esperamos efectuar estos tipos de evaluaciones, que pueden repercutir en una planificación urbana más asentada en lo humano y pluralista, con un sentido técnico e interdisciplinario.

Creemos que en este estudio se ofrece, por primera vez, una visión de las fortalezas y debilidades del análisis urbano amazónico espacial y cuantitativo a distintas escalas mediante diversos indicadores. Además, consideramos sumamente importante que otras personas investigadoras, técnicas locales de la Amazonía y tomadoras de decisión sean conscientes de la existencia del MAUP, y de sus repercusiones para formular políticas públicas y de planificación.

Referencias

- Amaral, Silvana, Antonio Miguel Vieira Monteiro, Gilberto Camara y J. A. Quintanilha. 2006. "DMSP/OLS night-time light imagery for urban population estimates in the Brazilian Amazon". *International Journal of Remote Sensing* 27 (5): 855-870.
<https://doi.org/10.1080/01431160500181861>
- Anderson, Sharolyn J., Benjamin T. Tuttle, Rebecca L. Powell y Paul C. Sutton. 2010. "Characterizing Relationships between Population Density and Nighttime Imagery for Denver, Colorado: Issues of Scale and Representation". *International Journal of Remote Sensing* 31 (21): 5733-5746. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.496798>
- Arbia, Giuseppe, y Francesca Petrarca. 2013. "Effects of Scale in Spatial Interaction Models". *Journal of Geographical Systems* 15 (3): 249-264. <https://doi.org/10.1007/s10109-013-0180-9>
- Bélangier, Diane, Pierre Gosselin, Pierre Valois y Belkacem Abdous. 2015. "Neighbourhood and Dwelling Characteristics Associated with the Self-Reported Adverse Health Effects of Heat in Most Deprived Urban Areas: A Cross-Sectional Study in 9 Cities". *Health & Place* 32: 8-18. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2014.12.014>

- Buzzelli, Michael. 2020. "Modifiable Areal Unit Problem". En *International Encyclopedia of Human Geography (Second Edition)*, editado por Audrey Kobayashi, 169-173. Oxford: Elsevier.
- Cabrera-Barona, Pablo, Denise Albán y Gustavo Durán. 2023. "Describing the Urban Jungle: A Multicriteria Urbanization Index for the Amazon". *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 10 (12): 430-441. <https://doi.org/10.3390/ijgi12100430>
- Cabrera-Barona, Pablo, Manuel Bayón, Gustavo Durán, Alejandra Bonilla y Verónica Mejía. 2020. "Generating and Mapping Amazonian Urban Regions Using a Geospatial Approach". *ISPRS International Journal of Geo-Information* 9 (7). <https://doi.org/10.3390/ijgi9070453>
- Cabrera-Barona, Pablo, Thomas Blaschke y Gabriel Gaona. 2017. "Depri-
vation, Healthcare Accessibility and Satisfaction: Geographical Con-
text and Scale Implications". *Applied Spatial Analysis and Policy* 11: 313-332. <https://doi.org/10.1007/s12061-017-9221-y>
- Cabrera-Barona, Pablo, Chunzhu Wei y Michael Hagenlocher. 2016. "Multiscale Evaluation of an Urban Deprivation Index: Implications for Quality of Life and Healthcare Accessibility Planning". *Applied Geography* 70: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.02.009>
- Costa, Sandra M., y Eduardo S. Brondizio. 2011. "Cities Along the Flood-
plain of the Brazilian Amazon: Characteristics and Trends". En *The Amazon Várzea: The Decade Past and the Decade Ahead*, editado por Mi-
guel Pinedo-Vasquez, Mauro L. Ruffino, Christine Padoch y Eduardo
S. Brondizio, 83-97. Dordrecht: Springer Países Bajos.
- Flowerdew, Robin. 2011. "How Serious Is the Modifiable Areal Unit
Problem for Analysis of English Census Data?". *Population Trends* 145
(1): 106-118. <https://doi.org/10.1057/pt.2011.20>
- Flowerdew, Robin, David J. Manley y Clive E. Sabel. 2008. "Neighbourhood
Effects on Health: Does It Matter Where You Draw the Boundaries?".
Social Science & Medicine 66: 1241-1255.
<https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2007.11.042>
- Fotheringham, Stewart, y David Wong. 1991. "The Modifiable Areal Unit
Problem in Multivariate Statistical Analysis". *Environment and Planning
A: Economy and Space* 23 (7): 1025-1044.
<https://doi.org/10.1068/a231025>

- Guedes, Gilvan, Sandra Costa y Eduardo Brondizio. 2009. "Revisiting the Hierarchy of Urban Areas in the Brazilian Amazon: A Multilevel Approach". *Population and Environment* 30 (4): 159-192.
<https://doi.org/10.1007/s11111-009-0083-3>
- Haynes, Robin, Konstantinos Daras, Richard Reading y Andrew Jones. 2007. "Modifiable Neighbourhood Units, Zone Design and Residents' Perceptions". *Health & Place* 13 (4): 812-825.
<https://doi.org/10.1016/J.HEALTHPLACE.2007.01.002>
- Manley, David. 2019. "Scale, Aggregation, and the Modifiable Areal Unit Problem". En *Handbook of Regional Science*, editado por Manfred M. Fischer y Peter Nijkamp, 1-15. Berlín: Springer.
- Mejía, Verónica, y Joan Checa Rius. 2022. "El auge de la urbanización planetaria: del mediterráneo ibérico a la Amazonía ecuatoriana". *Documents d'Anàlisi Geogràfica* 68 (3): 563-579.
<https://doi.org/10.5565/rev/dag.752>
- Openshaw, Stan. 1984. *The Modifiable Areal Unit Problem - Concepts and Techniques in Modern Geography*. Norwich: GeoBooks.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. 2008. *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. París: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Padoch, Christine, Eduardo Brondizio, Sandra Costa, Miguel Pinedo-Vasquez, Robin R. Sears y Andrea Siqueira. 2008. "Urban Forest and Rural Cities: Multi-Sited Households, Consumption Patterns, and Forest Resources in Amazonia". *Ecology and Society* 13 (2): 2
<http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art2/>
- Richards, Peter, y Leah VanWey. 2015. "Where Deforestation Leads to Urbanization: How Resource Extraction Is Leading to Urban Growth in the Brazilian Amazon". *Annals of the Association of American Geographers* 105 (4): 806-823.
<https://doi.org/10.1080/00045608.2015.1052337>
- Ryder, Roy, y Lawrence A. Brown. 2000. "Urban-System Evolution on the Frontier of the Ecuadorian Amazon". *Geographical Review* 90 (4): 511-535. <https://doi.org/10.1111/j.1931-0846.2000.tb00352.x>

- Schuurman, Nadine, Nathaniel Bell, James R. Dunn y Lisa Oliver. 2007. "Deprivation Indices, Population Health and Geography: An Evaluation of the Spatial Effectiveness of Indices at Multiple Scales". *Journal of Urban Health* 84 (4): 591-603. <https://doi.org/10.1007/s11524-007-9193-3>
- Tuson, Matthew, Matthew Yap, Mei Ruu Kok, Kevin Murray, Berwin Turlach y David Whyatt. 2019. "Incorporating Geography into a New Generalized Theoretical and Statistical Framework Addressing the Modifiable Areal Unit Problem". *International Journal of Health Geographics* 18 (1): 6. <https://doi.org/10.1186/s12942-019-0170-3>