



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



Tesis doctoral

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 1992-2018



Autora: Verónica Mejía Juárez

Director: Oriol Nel·lo Colom

Codirector: Joan Vicente Ruffí

Universitat Autònoma de Barcelona

Tesis Doctoral

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

Autora: Verónica Mejía Juárez

Director: Oriol Nel·lo Colom

Codirector: Joan Vicente Rufí

Departamento de Geografía

Programa de Doctorado

Junio 2020

RESUMEN

La investigación analiza la evolución de los usos urbanos en el territorio de la República del Ecuador haciendo uso de las imágenes satelitales nocturnas, y en particular, de la magnitud y la intensidad de la luminosidad. De esta manera se busca caracterizar los usos de suelo en Ecuador centrándose especialmente en el análisis de los procesos de urbanización dispersa y de baja densidad originados en el último cuarto de siglo.

En la primera parte de la investigación se presenta el marco territorial que aborda las principales características del proceso de urbanización en América Latina. Se hace referencia a la expansión del proceso urbano que se evidencia, sobre todo, desde la segunda mitad del siglo pasado. Además, se presentan las características principales del sistema territorial urbano ecuatoriano.

A continuación, se presenta la metodología desarrollada en la cual se hace referencia a las dos fuentes básicas empleadas: las series de imágenes satelitales -OLS con un rango temporal que abarca desde 1992 al 2012; y las imágenes VIIRS que tienen una mejor calidad y corresponden a un rango temporal que comprende desde el 2012 hasta la actualidad.

Luego, a la luz de los resultados obtenidos, se debate y se confirma la hipótesis según la cual el proceso expansivo de baja densidad presente en las ciudades del Ecuador, genera una rápida extensión de los usos urbanos que puede resultar ineficientes desde el punto de vista económico y poco sustentable desde el punto de vista ambiental.

Entre los resultados extraídos se encuentra la determinación del umbral de luminosidad urbana, la evolución de la luminosidad media y la evolución de las superficies con intensidad lumínica urbana. También se exponen datos referentes la relación entre la evolución ciertas variables urbanas y la radiancia. Finalmente se exponen resultados sobre territorios de especial interés ambiental, las Galápagos y la Amazonía norte. Así se evidencia que la contaminación lumínica en las Galápagos, se mantiene por debajo de los niveles registrados en la mayoría de ciudades ecuatorianas. En cambio, la Amazonía Norte, afectada por actividades extractivas, muestra un panorama completamente distinto, donde la contaminación lumínica ha modificado el paisaje nocturno, generando así impactos significativos sobre el medio.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación pone en evidencia la utilidad de las imágenes satelitales nocturnas y las potencialidades que pueden derivarse de los

procedimientos ensayados, relativamente innovadores en el contexto latinoamericano. Desde el punto de vista de los resultados alcanzados, el trabajo constituye una aportación al conocimiento de las fases y características en el proceso de urbanización en Ecuador.

ABSTRACT

The research analyzes the evolution of urban uses in the territory of the Republic of Ecuador using nighttime satellite images, and in particular, the magnitude and intensity of light. In this way, the aim is to characterize land uses in Ecuador, focusing especially on the analysis of low density and dispersed urbanization processes originating in the last quarter-century.

In the first part of the research, the territorial framework that addresses the main characteristics of the urbanization process in Latin America is presented. Reference is made above all to the expansion of the urban process that is evident, especially since the second half of the last century. Also, the main characteristics of the Ecuadorian urban territorial system are presented.

Next, the methodology used is presented, in which reference is made to the two basic sources used: the series of satellite images -OLS with a time range that covers from 1992 to 2012; and the VIIRS images that have a better quality and correspond to a time range from 2012 to the present.

Then, in light of the results obtained, the hypothesis is debated and confirmed that the expansive process of low density present in the cities of Ecuador generates a rapid expansion of urban uses that may be inefficient from the point of view economic and unsustainable from an environmental point of view.

Among the extracted results is the determination of the urban luminosity threshold, the evolution of the average luminosity and the evolution of the surfaces with urban light intensity. Data regarding the relationship between the evolution of certain urban variables and radiance are also presented. Finally, results are presented on territories of special environmental interest, the Galapagos and the northern Amazon, showing that light pollution in the Galapagos remains below the levels registered in most Ecuadorian cities. On the other hand, the Northern Amazon, affected by extractive activities, shows a completely different panorama, where light pollution has modified the night landscape, thus generating significant impacts on the environment.

From a methodological point of view, the research highlights the usefulness of night satellite images and the potentialities that can be derived from the procedures tested, which are relatively innovative in the Latin American context. From the point of view of

the results achieved, the work constitutes a contribution to the knowledge of the phases and characteristics in the urbanization process in Ecuador.

AGRADECIMIENTOS

Durante los últimos años, he sido afortunada al poder vivir la experiencia de realizar una investigación doctoral lo cual ha requerido un sin número de aportaciones de diferente índole. Por lo que aprovechando este espacio me gustaría mencionar a las instituciones que contribuyeron al desarrollo de la investigación y aquellas personas que han aportado de alguna manera a la elaboración de este proyecto.

En primer lugar, desde un ámbito institucional creo que es oportuno hacer referencia a los diversos organismos ecuatorianos que colaboraron en el proceso de construcción de la investigación: la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) por el Programa de Becas Internacionales, la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) por la apertura y disposición de sus funcionarios para la entrega de información, a la Superintendencia de Ordenamiento Territorial, a los organizadores del Simposio Nacional de Desarrollo Urbano y Planificación Territorial, a la Asociación de Geógrafos del Ecuador y la Pontificia Universidad Católica del Ecuador por acogerme en sus diversos eventos donde fue posible un intercambio de conocimientos con una gran diversidad de actores.

En segundo lugar, desde un ámbito académico me gustaría hacer referencia a las personas que me acogieron con mi deseo de iniciar esta investigación y quienes me acompañaron en los primeros pasos, el Dr. Joan Vicente Rufí y la Dra. Margarita Castañer del departamento de Geografía de la Universidad de Girona. Fueron ellos quienes hasta cierto punto le pusieron un norte al proyecto. Me dedicaron su tiempo y compartieron sus conocimientos para construir una base sobre la cual se orientaría la investigación.

En tercer lugar, he de referirme muy especialmente al Dr. Oriol Nel·lo i Colom. Gracias a sus constantes aportaciones, reflexiones y consejos ha sido posible el planteamiento y posterior desarrollo del trabajo de investigación. Pero además, al margen de su labor como director, estoy sumamente agradecida por la paciencia y el tiempo que me ha dedicado durante estos años. Gracias a su don de gente, su carisma y su dinamismo hicieron que esta experiencia sea una de las mejores que he tenido.

En cuarto lugar, deseo agradecer a los miembros del Grupo de Estudios sobre Energía, Territorio y Sociedad de la Universitat Autònoma de Barcelona. Las investigaciones de este grupo han configurado el marco dentro del cual han surgido los principales planteamientos presentados en la tesis. Además, y seguramente más importantes han sido los aportes

originados a partir de la relación con los miembros del grupo. De manera que agradezco a Jordi Martí y Carles Donat, sus trabajos investigativos han sido valiosos y han aportado en cierta medida al proyecto. De manera especial hago mención a Joan López y Aina Gomà por su contribución y los momentos compartidos. Y, por último, pero con gran afecto he de agradecer a Joan Checa, por el apoyo recibido en la elaboración de la investigación, pero más que nada por la amistad que me ha brindado durante estos años.

En quinto lugar, quiero agradecer a los distintos miembros del departamento, profesores, doctorandos y amigos que durante estos años me han hecho sentir como en casa.

Finalmente, deseo mencionar que los diversos proyectos que he emprendido hasta ahora han compartido un factor común, mi familia. Mi padre, mi madre, mi hermano y hermana constituyen un pilar fundamental en mi vida que se ha vuelto aún más firme en las épocas que he estado lejos de casa. Así que quiero agradecerles profundamente, por el apoyo, por sentirlos siempre presentes, por inspirarme y motivarme durante todos estos años.

LISTA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. IDENTIFICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	5
1.2. OBJETIVOS	8
1.2.1. Objetivos Generales	8
1.2.2. Objetivos Específicos	9
1.3. HIPÓTESIS Y PREGUNTAS	9
1.3.1. Hipótesis general	10
1.3.2. Hipótesis parciales y preguntas de investigación	10
1.4. METODOLOGÍA	12
1.4.1. Explicación de la problemática	12
1.4.2. Presentación del ámbito de estudio	13
1.4.3. Estudios previos y fuentes	13
1.4.4. Extracción de datos con imágenes DMSP-OLS	13
1.4.5. Extracción de datos con imágenes VIIRS	14
1.4.6. Análisis de variables socioeconómicas	15
1.4.7. Análisis de zonas de especial interés ambiental	15
1.4.8. Conclusiones	15
1.5. FUENTES	16
1.6. ESTRUCTURA	17
1.7. RECORRIDO DE LA INVESTIGACIÓN, PUBLICACIONES Y APORTACIONES	19
CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL Y TERRITORIAL: CONCEPTUALIZACIÓN, ETAPAS, Y REALIDADES DEL PROCESO DE URBANIZACIÓN EN AMÉRICA LATINA Y ECUADOR	21
2.1. EL PROCESO DE URBANIZACIÓN: DE LA IMPLOSIÓN A LA EXPLOSIÓN URBANA	25
2.2. EL PROCESO DE URBANIZACIÓN EN AMÉRICA LATINA	27
2.2.1. Distinción de procesos urbanización en regiones en desarrollo	28
2.2.2. Orígenes de la estructura territorial urbana en América Latina	29
2.2.3. Procesos de Urbanización en países de Latinoamérica a partir de 1950	32
2.2.4. La dispersión urbana en Latinoamérica: El nuevo modelo territorial en América Latina, principales influencias y características	41
2.3. EL PROCESO URBANO EN ECUADOR Y LA CONFIGURACIÓN DE LAS REALIDADES REGIONALES	50
2.3.1. Sinopsis de la evolución del proceso de urbanización en Ecuador	50
2.3.2. La dualidad del proceso de urbanización entre la Sierra y la Costa	56
2.3.3. La Amazonía y su evolución histórica	58
2.3.4. El impacto del proceso de urbanización en los pueblos primigenios y en las áreas remotas	62
2.4. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA TERRITORIAL ACTUAL ECUATORIANO	66
2.4.1. Información básica de la República del Ecuador	66
2.4.2. Regiones naturales	67
2.4.3. División político administrativa	69
2.4.4. Principales asentamientos	71
2.4.5. Dinámica Poblacional	75
2.4.6. Marco socio territorial	79
2.4.7. Educación	84
2.4.8. Infraestructura	84
2.4.9. Dotación de servicios de agua, alcantarillado, residuos sólidos y electricidad	88
2.4.10. Aspectos generales del marco normativo territorial en el Ecuador y su evolución	93
2.5. CONCLUSIONES	97
CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO: LAS IMÁGENES SATELITALES NOCTURNAS EN EL ANÁLISIS DE LOS USOS URBANOS DEL SUELO	101

3.1. ESTADO DE LA CUESTIÓN: ESTUDIOS PREVIOS REALIZADOS CON IMÁGENES SATELITALES Y PRINCIPALES RESULTADOS	107
3.1.1. Diversidad de estudios publicados empleando imágenes satelitales nocturnas... ..	107
3.1.2. “La Luz de la Ciudad”, un método para el estudio de la evolución de los usos urbanos	113
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS SERIES DE IMÁGENES SATELITALES NOCTURNAS: EL ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL A TRAVÉS DE LAS IMÁGENES DMSP Y UN ABANICO DE POSIBILIDADES DE ANÁLISIS A PARTIR DE LAS IMÁGENES VIIRS	114
3.2.1. Defense Meteorological Satellite Program-Operational Linescan System (DMSP-OLS)	115
3.2.2. Versión 1 VIIRS Day/Night Band Nighttime Lights – VIIRS - DNB.....	116
3.2.3. Contrastación de la calidad de las series de imágenes satelitales nocturnas disponibles	119
3.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS EMPLEANDO INTENSIDADES LUMÍNICAS.....	120
3.3.1. Identificación de las principales áreas urbanas como ámbitos de estudio	121
3.3.2. Pre procesamiento de las imágenes satelitales nocturnas.....	123
3.3.3. Metodología para el cálculo de la luminosidad total emitida y la intensidad lumínica media.....	126
3.3.4. Metodología para la definición del umbral de luminosidad con intensidades urbanas	127
3.3.5. Discusión ventajas e inconvenientes de la metodología empleada	138
3.4. MÉTODO PARA EL PREPROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES A TRAVÉS DE UN ANÁLISIS DE VECINOS PARA MITIGAR LAS BRECHAS LUMÍNICAS ENTRE TERRITORIOS	141
3.4.1. Tratamiento previo de las imágenes: el análisis de vecinos como herramienta para la ponderación de los niveles de radiancia	141
3.4.2. Consideraciones generales sobre la metodología planteada: Factores condicionados por la ponderación de las intensidades de radiancia	144
3.5. CONCLUSIONES	147
CAPÍTULO 4. EL PROCESO DE URBANIZACIÓN EN ECUADOR (1992-2012): UNA APROXIMACIÓN A TRAVÉS DEL UMBRAL DE LUMINOSIDAD URBANA	149
4.1. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	153
4.2. EXPLORACIÓN DEL UMBRAL DE LUMINOSIDAD URBANA A PARTIR DE LA IMAGEN SATELITAL NOCTURNA Y LAS CAPAS DE COBERTURA DE SUELO	156
4.2.1. Los usos urbanos y la luminosidad en el conjunto del territorio.....	157
4.2.2. Las diferencias regionales en términos lumínicos	159
4.2.3. Caracterización lumínica por asentamiento	159
4.3. DEFINICIÓN DEL UMBRAL DE LUMINOSIDAD URBANA A PARTIR DE LA IMAGEN SATELITAL NOCTURNA Y EL MAPA DE DENSIDADES DEL CANTÓN CUENCA.....	163
4.4. DETERMINACIÓN DE UN UMBRAL DE LUMINOSIDAD COMO VALOR NORMATIVO PARA EL ANÁLISIS DE LA OCUPACIÓN URBANA DEL SUELO	165
4.5. EVOLUCIÓN DE LA LUMINOSIDAD EN LAS ÁREAS URBANAS (1992-2012)	166
4.5.1. El incremento lumínico: en 20 años se triplica la magnitud e intensidad lumínica en los principales asentamientos ecuatorianos.....	167
4.5.2. Luminosidad por coronas: la dispersión gradual de los usos urbanos desde el centro de los asentamientos a través de la luz.....	171
4.6. EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE CON INTENSIDAD LUMÍNICA URBANA (1992-2012)	174
4.6.1. Superficie: cuadruplicación de superficie con luminosidad urbana en el conjunto de los principales asentamientos urbanos	175
4.6.2. Incrementos de superficie y población: mayor incremento porcentual de las ciudades de escala intermedia	178
4.6.3. Superficie por coronas: concentración de usos urbanos en la corona central.	181
4.7. VARIACIÓN DE SUPERFICIES DE SUELO CON NIVELES DE LUMINOSIDAD URBANA EN LOS AÑOS 1992-1996-2000-2004-2008 Y 2012: DEL DECRECIMIENTO DE LAS CIUDADES A SU POSTERIOR EXPANSIÓN A PARTIR DE LA DOLARIZACIÓN	184

4.8. RELACIÓN ENTRE EL INCREMENTO DE SUPERFICIES CON NIVELES DE LUMINOSIDAD URBANA Y SUELO ARTIFICIALIZADO SEGÚN EL MAE ENTRE 1992-2012: LA LUMINOSIDAD URBANA SE EXPANDE A UN RITMO SUPERIOR AL DOBLE QUE EL DE LAS ÁREAS ARTIFICIALIZADAS ...	187
4.9. TIPOLOGÍAS MORFOLÓGICAS URBANAS 1992 -2012	190
4.10. CONCLUSIONES	194

CAPÍTULO 5. EVOLUCIÓN DE LOS USOS URBANOS A PARTIR DE LA INTENSIDAD DE LA LUMINOSIDAD NOCTURNA DE LAS IMÁGENES SATELITALES (2012-2019)..... 197

5.1. VALOR NORMATIVO PARA EL ANÁLISIS DE LA OCUPACIÓN URBANA: NIVEL DE INTENSIDAD LUMÍNICA CON MAYOR CORRESPONDENCIA CON LAS ÁREAS URBANA.....	201
5.2. LAS BRECHAS LUMÍNICAS ENTRE ASENTAMIENTOS: DIFERENCIAS EN LOS MODELOS DE OCUPACIÓN POR ASENTAMIENTOS.....	203
5.3. EVOLUCIÓN DE LOS USOS URBANOS A PARTIR DE LA LUMINOSIDAD NOCTURNA	206
5.3.1. Intensidad radiante: la emisión de radiancia incrementa en 67% en 7 años	207
5.3.2. Radiancia media: mayor intensidad lumínica en asentamiento los principales asentamientos urbanos.....	209
5.3.3. Radiancia media por coronas: los centros urbanos registran más del triple de intensidad lumínica que las coronas periféricas	212
5.3.4. Evolución de la superficie de suelo con intensidad lumínica urbana entre el año 2012- 2019 en km2: Quito y Guayaquil como ciudades hegemónicas acentúan la brecha con el resto del territorio.	215
5.3.5. Superficie iluminada por coronas: los centros como áreas con mayor intensidad de usos urbanos.	219
5.4. CONSOLIDACIÓN DEL MODELO DE OCUPACIÓN EN BAJA DENSIDAD: INCREMENTO EXACERBADO DEL SUELO OCUPADO POR CADA NUEVO HABITANTE URBANO	222
5.5. INTENSIDADES LUMÍNICAS Y DENSIDADES: RELACIONES Y VALORES EXTREMOS DE LUZ	227
5.6. LUMINOSIDAD Y COBERTURAS DE SUELO: LOS INTENSIDADES LUMÍNICAS EXTREMAS DE LAS INFRAESTRUCTURAS ANTRÓPICAS	229
5.7. MORFOLOGÍA URBANA: LAS TIPOLOGÍAS Y SUS DEPENDENCIAS GEOGRÁFICAS Y RELACIONALES	232
5.8. OLS Y VIIRS REFLEXIÓN SOBRE LOS RESULTADOS CON RESPECTO A LA SUPERFICIE: LA MAYOR PRECISIÓN EN EL CÁLCULO DE INDICADORES SOBRE LA OCUPACIÓN EL SUELO CON USOS URBANOS A PARTIR DE LAS IMÁGENES VIIRS	238
5.9. ESTIMACIÓN GENERAL DEL MODELO DE OCUPACIÓN URBANA DEL SUELO EN EL TERRITORIO ECUATORIANO - ANÁLISIS DE VECINOS.....	240
5.9.1. Validación del método: Disminución de la brecha lumínica entre asentamientos urbanos mayores y menores.....	241
5.9.2. Estimación de la superficie con usos urbanos: Mayor representatividad de asentamientos urbanos menores con intensidades lumínicas a través de la ponderación de los niveles de radiancia	246
5.9.3. Superficie por coronas: Dispersión gradual y concentración central de los usos urbanos	251
5.10. CONCLUSIONES	252

CAPÍTULO 6. LA RELACIÓN ENTRE LA EVOLUCIÓN DE LA LUMINOSIDAD Y LAS DINÁMICAS SOCIO-ECONÓMICAS..... 255

6.1. RELACIÓN ENTRE LA LUMINOSIDAD NOCTURNA VERSUS LAS PRINCIPALES VARIABLES URBANAS.	259
6.1.1. Evolución lumínica: Intensidad radiante, radiancia media y superficie con intensidad lumínica urbana.....	259
6.1.2. Incremento de variables socio-económicas y demográficas	261
6.1.3. Comparación de las variables analizadas.....	263
6.2. EVOLUCIÓN DE LA LUMINOSIDAD NOCTURNA VERSUS LAS PRINCIPALES VARIABLES URBANAS.	264
6.2.1. Evolución de la intensidad radiante, luminosidad media y superficie con luminosidad urbana	265

6.2.2.	Relación entre la intensidad radiante y la evolución demográfica.....	267
6.2.3.	Relación entre la intensidad radiante y la evolución de la energía producida.....	269
6.2.4.	Relación entre la intensidad radiante y la evolución del consumo eléctrico.....	270
6.2.5.	Relación entre la Intensidad Radiante y la evolución del Producto Interno Bruto (PIB)	272
6.2.6.	Relación entre intensidad radiante y la evolución del Valor Agregado Bruto (VAB)	273
6.2.7.	Relación entre la intensidad radiante y la evolución impuestos recaudados.....	276
6.2.8.	Relación entre intensidad radiante y la evolución del número de vehículos matriculados	278
6.2.9.	Relación entre la intensidad radiante y la evolución de edificaciones de viviendas	280
6.2.1.	Análisis general de la evolución de las variables	283
6.3.	IDENTIFICACIÓN DE INEQUIDADES TERRITORIALES	285
6.3.1.	La bicefalia generada por Quito y Guayaquil.....	285
6.3.2.	La radiancia como indicador de las inequidades provinciales.....	286
6.4.	CONCLUSIONES	291
CAPÍTULO 7. EVOLUCIÓN DE LA LUMINOSIDAD NOCTURNA EN ÁREAS “ESPECÍFICAS”: LOS CASOS DE LAS ISLAS GALÁPAGOS Y LAS ZONAS PETROLERAS.... 293		
7.1.	LA EVOLUCIÓN LUMÍNICA EN LAS ISLAS GALÁPAGOS.....	297
7.1.1.	Características generales de las Islas	297
7.1.2.	Consideraciones específicas sobre las imágenes satelitales nocturnas	300
7.1.3.	Evolución de la radiancia; intensidad radiante y radiancia media	301
7.1.4.	Superficie con luminosidad urbana	303
7.1.5.	Variables vinculadas a la luminosidad	306
7.2.	LA EVOLUCIÓN LUMINICA FUERA DE LAS ÁREAS URBANAS: LAS ÁREAS PETROLERAS EN ECUADOR.....	308
7.2.1.	La relación de la economía ecuatoriana con la producción y el consumo del petróleo y sus derivados	309
7.2.2.	Consideraciones metodológicas para la estimación de la luminosidad nocturna en las áreas petroleras.....	312
7.2.3.	La evolución de la luminosidad de las áreas petroleras; intensidad radiante.....	314
7.2.4.	La evolución de la intensidad lumínica; radiancia media	317
7.2.5.	La luminosidad nocturna y la producción de petróleo	319
7.2.6.	Áreas petroleras con niveles de luminosidad urbana.....	323
7.3.	CONCLUSIONES	328
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES GENERALES 333		
8.1.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	337
8.1.1.	Expansión de usos urbanos e intensidades de usos antrópicos	337
8.1.2.	Distinción en las dinámicas de dispersión de los usos urbanos	345
8.1.3.	Relación con dinámicas socioeconómicas	349
8.1.4.	Ocupación de suelos tradicionalmente considerados no urbanos.....	353
8.2.	POTENCIALIDADES Y LIMITACIONES DEL MÉTODO Y LAS FUENTES EMPLEADAS	357
8.2.1.	Resolución	358
8.2.2.	Recurrencia y temporalidad de las series	359
8.2.3.	Calibración	359
8.2.4.	Características físicas y climatológicas	360
8.2.5.	Fenómenos naturales	361
8.2.6.	Temporalidad de los valores.....	361
8.3.	POSTERIORES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	362
8.3.1.	Seguimiento del impacto ambiental de actividades antrópicas	362
8.3.2.	Variaciones estacionales en el uso del territorio.....	363
8.3.3.	Seguimiento de fenómenos sociales	363
ANEXOS	367

GLOSARIO	369
INDICE DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS	371
BIBLIOGRAFÍA	373
BASES DE DATOS INSITITUCIONALES	391
LISTA DE MAPAS.....	393
LISTA DE TABLAS	394
LISTA DE FIGURAS	395
LISTA DE FOTOS.....	398



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Se ha afirmado que el presente siglo es el de la urbanización planetaria. Esto se debe no solo a la creciente concentración de un porcentaje cada vez mayor de población en asentamientos en alta densidad, sino por la integración del espacio planetario en su conjunto a través de redes que tienen en las ciudades sus nodos principales.

Este doble proceso ha llevado a afirmar que para comprender las dinámicas espaciales en curso aquello que resulta sustantivo no es tanto el estudio de la ciudad objeto de la problemática, definición y delimitación, sino más bien el proceso de transformaciones socio-espaciales que comportan entre otras cosas, la transformación de los usos del suelo. Este estudio se enmarca precisamente, en el análisis de la ocupación y transformación física del suelo como expresión del proceso de urbanización. Para ello se ha considerado un territorio concreto en el que se pueda generar aportaciones críticas sobre los procesos urbanos. Así, se ha elegido el ámbito del territorio del Ecuador para el análisis, tanto por la rapidez y notoriedad del proceso de urbanización en las últimas décadas como por las consecuencias sociales que este proceso ha tenido en este país. El territorio ecuatoriano muestra varias singularidades que permiten realizar una serie de análisis desde distintos enfoques, en primer lugar, es posible distinguir las brechas territoriales existentes acentuadas por diversos procesos históricos que han consolidado la hegemonía de algunos asentamientos mientras que otros prácticamente se han visto relegados. Además permite identificar los efectos sobre el paisaje que se han producido por políticas públicas direccionadas a objetivos dispares. Un aliciente añadido a la investigación es la escasa producción y disponibilidad de datos sobre el proceso de urbanización en Ecuador disponibles hasta ahora.

De entre los múltiples enfoques que se podrían considerar para abordar esta temática se ha considerado el uso de una herramienta que ha sido ampliamente empleada en las últimas décadas para el desarrollo de diversos estudios, las imágenes satelitales nocturnas. Esta herramienta, que nunca ha sido utilizada hasta la fecha de manera exhaustiva para el caso ecuatoriano, permite generar aproximaciones de gran interés que resultan útiles para caracterizar el territorio. En este sentido, la metodología planteada para el desarrollo de este estudio toma como herramienta base las imágenes satelitales nocturnas para cuantificar la intensidad y magnitud de los usos urbanos a lo largo de estas últimas décadas. Para complementar dichas fuentes se han utilizado asimismo otras fuentes de información que permiten vincular la luminosidad con los asentamientos urbanos que se localizan sobre el territorio.

El presente capítulo introductorio está compuesto por 7 apartados: en primer lugar se expone una breve identificación y justificación de la problemática que será abordada a lo largo del estudio; luego se presenta el objetivo principal de la investigación, junto con los

objetivos específicos; el tercer apartado expone las hipótesis con sus respectivas preguntas que serán contestadas a través del desarrollo de la presente investigación; el cuarto apartado presenta componentes relativos a la metodología; el quinto expone las principales fuentes de información empleadas; el sexto apartado presenta de manera concisa la estructura de la investigación. Y finalmente se hace referencia al recorrido de la investigación.

1.1. IDENTIFICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

En las últimas décadas del siglo XX y los primeros compases del XXI, la mayor parte del territorio ecuatoriano ha conocido profundas mutaciones que han afectado tanto a la estructura de los asentamientos humanos como a los usos de suelo, haciendo que el territorio sea el escenario de no pocas transformaciones cuyos orígenes se encuentran en dinámicas económicas, demográficas y políticas. Entre las principales expresiones de dichas transformaciones destacan por su importancia el crecimiento horizontal de las áreas urbanas, la artificialización del suelo y el crecimiento demográfico. Aun cuando estas transformaciones no han afectado con la misma intensidad a la totalidad del territorio ecuatoriano, en términos generales, la urbanización se expande cada vez más como resultado de la intensificación de los usos periurbanos. Así, la aparición de coágulos de usos urbanos dispersos por el territorio contribuye a la formación de extensas áreas donde la diferenciación entre el campo y la ciudad tal como se ha entendido tradicionalmente deviene casi imposible. La sustentabilidad y eficiencia de estas dinámicas suscitan no pocas incógnitas, y ponen de relieve la parvedad e ineficiencia de las herramientas y políticas necesarias para la gestión de los usos del suelo y para atender de manera efectiva la problemática social y física derivada de las transformaciones territoriales.

La problemática presente en Ecuador, no es, en modo alguno, exclusiva de este territorio, sino que la mayoría de países de Latinoamérica han atravesado por situaciones similares: la creciente concentración poblacional y de actividades, la prevalencia de focos atractores de población y afecciones de ciudades intermedias y pequeñas y el incremento de desequilibrios interregionales. Esto ha generado un proceso de urbanización acelerado, poco articulado y desequilibrado.

En este sentido, la marcada bicefalia del sistema urbano ecuatoriano, debido a la presencia de Quito y Guayaquil, constituye un rasgo distintivo y que debe tenerse particularmente en cuenta. A esto debe añadirse la existencia de extensos periodos de inestabilidad política que han provocado un desarrollo social y económico lento agravando la situación general de la población, en especial en los centros urbanos. Los asentamientos menores no se escapan de esta tendencia general, al contrario, presentan profundos problemas socioeconómicos que por su escasa o nula capacidad de desarrollo quedan aún más relegados frente a asentamientos mayores, generado así una mayor desigualdad territorial.

Entre los principales retos que enfrentan las ciudades se debe mencionar la necesidad de controlar el valor del suelo, lo cual genera un crecimiento horizontal hacia zonas periféricas donde los suelos son más baratos, y a menudo se dan procesos de especulación

y distorsión del mercado. Debido a esta situación, se ha generado una problemática vinculada al mercado inmobiliario irregular, este configura procesos de ocupación informal del suelo en áreas urbanas y periurbanas. En efecto, sectores de la población, que no disponen de vivienda, ocupan espacios públicos y privados que no cuentan con un uso específico y que en muchos casos no cuentan con la infraestructura necesaria para albergar usos urbanos. Esto genera una mayor segregación social con condiciones de habitabilidad precarias, donde la intervención y la dotación de infraestructura se vuelven muy complejas por la falta de estructura parcelaria y la incertidumbre en cuanto a la propiedad del suelo.

A esta situación se une la debilidad de los instrumentos de planeamiento y gestión del suelo de modo que el libre mercado o las ocupaciones informales guían en cierta forma el desarrollo urbano. Esta situación, agravada por la falta de voluntad o capacidad política de subsanarla, ha generado procesos urbanos muy difíciles de gestionar, los cuales en su mayoría han dado como resultado una huella urbana cada vez más gravosa por el medio que se emplaza.

Finalmente, debe tenerse en cuenta que, gran parte de los asentamientos humanos se encontraban caracterizados por una limitada articulación entre las actividades humanas, desintegración regional, desequilibrios ambientales, falta de valoración a la diversidad cultural, gestión pública ineficaz y descoordinación entre los distintos niveles de gobierno. Con ello se ha hecho evidente la necesidad de un modelo de desarrollo sostenible y gestión efectivo que atiendan las necesidades de la población local.

Es así que, durante los últimos años en el Ecuador, el Estado ecuatoriano en busca de atender la problemática social, urbana y territorial, ha aprobado algunos cuerpos legales importantes referentes a la planificación territorial nacional, que tratan de encaminar las políticas públicas a fin de alcanzar un modelo de desarrollo sostenible y articulado en todos los niveles de gobierno. De este modo, desde el Estado se toma conciencia sobre la relevancia de los problemas urbanos y territoriales, y se trata de convertir la planificación y gestión del territorio en eje estructurante para el desarrollo social, económico, ambiental.

Esta reciente puesta en valor por parte del Estado central de la temática urbana y territorial, mueve a reflexionar sobre el proceso por el cual ha atravesado el territorio hasta llegar al estado actual. Una de los principales escollos a las cuales dicha reflexión debe hacer frente, es la falta de datos de conjunto sobre la realidad actual y la evolución de las dinámicas de urbanización. Por ello, la presente investigación tiene por principal

objetivo contribuir a colmar este vacío, ayudando así a sentar las bases para unas nuevas y más eficaces políticas territoriales.

De esta forma la investigación se vincula, en primer lugar, con el debate internacional acerca del proceso de urbanización. En efecto el proceso de expansión de la urbanización constituye una problemática de gran envergadura en Ecuador y remite a los grandes temas que han sido abordados por la literatura sobre el proceso de urbanización: la expansión de las áreas urbanas, la integración del territorio y la dispersión de la urbanización (Brenner, 2014; Indovina, 2007; Lefebvre, 1972; J. López, 2016; Muñoz, 2004; Nel-lo, 1998; Soja, 2008). Sin embargo en esta investigación nos adentramos con especial atención al estudio de la última de estas temáticas, entendida aquí como la expansión de los usos urbanos del suelo y sus efectos.

Además, al considerar la marcada diversidad territorial presente en Ecuador se ha creído oportuno considerar los efectos de los usos antrópicos en espacios singulares desde el punto de vista ambiental. Es así que se ha puesto un especial interés en el estudio de espacios sujetos a usos urbanos pero que constituyen áreas destinadas de manera prioritaria a usos distintos a los urbanos. Por ello, se analiza, por un lado, la evolución lumínica de las Galápagos espacio destinado a la conservación natural, y por otro a la Amazonía Norte, sector en el cual se concentra gran parte de las actividades extractivas petroleras del País, territorios en donde la urbanización, las actividades económicas y las políticas que han regido a través de los años han influido de maneras singulares en la transformación de las características ambientales del sitio.

La tercera motivación y aportación de la investigación es de carácter metodológico. Como se verá la metodología seguida consiste esencialmente en el análisis de la evolución de la intensidad de la luminosidad artificial nocturna, como indicador de la presencia de actividad antrópica. Se trata de un método nunca utilizado con anterioridad para el caso ecuatoriano. Es así que se plantea realizar un análisis de los procesos urbanos de varias ciudades del Ecuador en donde se presente la expansión de los usos urbanos en los últimos 27 años. Los resultados serán empleados como indicadores para caracterizar los procesos de urbanización, en los cuales, en la mayoría de casos, prevalece la falta de planificación en los tejidos urbanos y los desequilibrios interregionales. A través de este análisis se busca plantear una aproximación más compleja sobre las intensidades del uso del suelo.

Nuestro trabajo, trata asimismo de dialogar con los avances alcanzados en los últimos años en el ámbito del estudio de las imágenes satelitales como instrumentos para la evaluación de la Tierra. Así, por medio del uso de imágenes satelitales nocturnas de la Tierra de los programas DMSP-OLS y VIIRS, se realiza un estudio de la evolución de la urbanización

considerando tanto la magnitud y la intensidad de la luminosidad nocturna. Esta fuente aporta nuevos datos y nuevas hipótesis en el estudio de los procesos de urbanización. Para el uso de imágenes nocturnas se considera que las áreas urbanizadas y en proceso de urbanización generan cierta luminosidad la cual está acorde a los usos urbanos. La investigación toma como base la metodología planteada en *La Luz de la ciudad* (Nel-lo, López, Martín, & Checa, 2017b) la cual considera la evolución de la luminosidad artificial nocturna como indicador de la actividad antrópica, y establece la noción de los umbrales de luminosidad urbana como instrumento para el análisis del proceso de urbanización.

En definitiva, la investigación trata de establecer en que forma y medida el proceso urbanizador esta interrelacionado con diversos factores de carácter demográfico, económico, social a través del estudio de su reflejo en la luminosidad. Así, haciendo uso de la luz se busca caracterizar la expresión física del proceso de urbanización y detectar las causas y consecuencias de la evolución de los usos de suelo en las últimas décadas.

1.2.OBJETIVOS

El objetivo de la tesis surge como respuesta ante la falta de información sobre el proceso urbanizador que se ha desarrollado en las últimas décadas en el territorio ecuatoriano. Este proceso ha comportado profundas transformaciones en el régimen económico, social y político y ha generado una serie de problemas tal como la creciente concentración poblacional en determinados focos atractores, los desequilibrios territoriales y demás. Ello ha influido de manera decisiva a que los procesos urbanos se cristalizaran produciendo espacios urbanos de baja densidad, con procesos expansivos que se aceleraron durante las últimas décadas.

La ambición principal de esta investigación es contribuir a establecer las magnitudes de estos fenómenos, a dilucidar sus causas y consecuencias, así como proveer elementos a las políticas destinadas a hacerles frente. Para ello la investigación persigue dos objetivos generales y cuatro objetivos específicos.

1.2.1. Objetivos Generales

La investigación tiene dos objetivos principales uno sustantivo y otro metodológico:

En primer lugar, se realiza una caracterización de la **evolución de los usos urbanos del suelo en Ecuador en las últimas décadas**. Para ello se prestará especial atención en los

procesos de urbanización dispersa y de baja densidad generados en el territorio en los últimos 27 años, así como a la presencia de otros usos urbanos del espacio.

En segundo lugar, la investigación se propone **comprobar y debatir la utilidad de las imágenes satelitales nocturnas** como instrumento para el conocimiento, detección y análisis de las dinámicas urbanas.

1.2.2. Objetivos Específicos

A partir de los objetivos enunciados anteriormente, se considera que diversos ámbitos y factores influyen de manera directa sobre los usos de suelo. Para ello se ha considerado oportuno identificar los cuatro objetivos específicos siguientes:

- Realizar un análisis general de la **evolución de la intensidad y magnitud de los usos antrópicos considerados tradicionalmente como urbanos** en el ámbito continental ecuatoriano a través de la luminosidad artificial.
- Realizar un análisis de la **expansión de las superficies con usos urbanos en las principales ciudades** del país con el fin de definir morfologías urbanas y ritmos de dispersión de las actividades humanas.
- Evaluar la **correlación de las dinámicas socioeconómicas del ámbito de estudio con la evolución de los usos de suelo** detectados a través de la evolución lumínica.
- Analizar la **evolución de la luminosidad artificial en zonas de especial interés ambiental** y que alberguen actividades antropogénicas singulares: Galápagos y la Amazonía Norte.

1.3. HIPÓTESIS Y PREGUNTAS

Considerando los objetivos principales y los objetivos específicos que constituyen el hilo conductor de la investigación, la investigación formula una hipótesis general y cuatro hipótesis específicas. La hipótesis general gira en torno a la problemática global sobre la cual se han planteado los postulados principales de la investigación que abordan de forma holística el modelo de urbanización disperso y de baja densidad. Mientras que las hipótesis específicas abordan temas parciales ligados a las preguntas de investigación.

1.3.1. Hipótesis general

La hipótesis general plantea que el proceso urbano en Ecuador en los últimos 27 años se ha materializado en un modelo de urbanización crecientemente disperso y de baja densidad. Esta comporta tanto el aumento del consumo del suelo por la urbanización como la extensión de los usos urbanos sobre el territorio. La investigación demostrará asimismo que por medio del uso de imágenes satelitales nocturnas se puede determinar la evolución de estos procesos urbanos con una precisión diversa de la que se deriva de la imagen satelital diurna. Así, se establecerá que la superficie de lo que se podría considerar suelo con usos urbanos es superior al suelo que normalmente se identifica en los mapas de cobertura como suelos urbanos o artificializados para usos urbanos.

1.3.2. Hipótesis parciales y preguntas de investigación

Una vez establecida la hipótesis principal, se han formulado diversas hipótesis parciales vinculadas a las preguntas de investigación que engloban los temas desarrollados en la investigación y que serán respondidas a partir de los datos que se presentan, haciendo uso de diversas fuentes y metodologías.

a) Expansión de usos urbanos e intensidades de usos antrópicos

La primera hipótesis parcial establece que el proceso de urbanización en Ecuador, al igual que en la mayoría de países de América Latina, se ha producido en las últimas décadas de manera extensiva. Este proceso, auspiciado por la falta de planificación en los tejidos urbanos ha propiciado desequilibrios interregionales, procesos de suburbanización, consumo descontrolado del suelo, excesivos requerimientos de infraestructuras y degradación del medio físico, entre otros problemas.

Para poder verificar de manera concisa esta hipótesis se han planteado las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los principales patrones de dispersión de las actividades urbanas del sistema de asentamientos ecuatoriano?
2. ¿Cómo se vinculan los usos urbanos con la luminosidad artificial nocturna en el sistema de asentamientos ecuatorianos? ¿A que corresponden las superficies con intensidad lumínica urbana?

3. ¿Cómo caracterizan las transformaciones lumínicas la evolución de los usos urbanos del suelo en el territorio continental durante estos últimos años?
4. ¿Cuál ha sido la evolución de la luminosidad nocturna en los territorios que albergan principalmente usos urbanos en los distintos períodos que comprende el estudio?
5. ¿Cuál ha sido la eficiencia de esta dispersión de usos urbanos en términos de densidad poblacional?

b) Distinción en las dinámicas de dispersión de los usos urbanos

Una vez analizada la evolución de los usos urbanos del suelo se pueden contrastar los resultados obtenidos para cada asentamiento y por periodos de tiempo, de modo que la segunda hipótesis plantea que el proceso de urbanización ha seguido dinámicas distintas en los principales asentamientos humanos del país, dependiendo del periodo de tiempo, de su posición en la red urbana y de sus características intrínsecas.

6. ¿Cómo se configura el sistema territorial ecuatoriano a través de la emisión lumínica de los principales centros urbanos? ¿Cómo se distribuye la luminosidad sobre el territorio?
7. ¿Cuáles son las principales diferencias que se perciben en el territorio en cuanto a la evolución de los usos urbanos del suelo entre asentamientos? ¿Existen asentamientos cuya luminosidad se ha ampliado a un ritmo superior a las otras?

c) Relación con dinámicas socioeconómicas

Se considera que los usos y la ocupación de suelo son el resultado de las diversas dinámicas sociales y económicas con lo cual el proceso de urbanización se encuentra vinculado con la evolución de variables urbanas que reflejan e influyen hasta cierto punto en el proceso de dispersión de los usos urbanos del suelo. Estas dinámicas socioeconómicas son las siguientes: crecimiento demográfico, desarrollo económico y extensión de las infraestructuras.

Para cotejar esta hipótesis se han planteado las siguientes preguntas de investigación.

8. ¿Qué dinámicas sociales y económicas influyen de manera más directa en los cambios de usos del territorio?
9. ¿Cómo se relaciona la evolución de la luminosidad artificial con las distintas variables urbanas durante el periodo de análisis?

d) Ocupación de suelos tradicionalmente considerados no urbanos

A pesar de que los territorios que albergan de manera intensiva y expansiva las actividades antrópicas son típicamente urbanos, se considera que existen territorios que no están destinados de manera prioritaria a asentamientos, pero albergan usos antrópicos, produciendo de esta manera afecciones y presiones sobre el medio natural similares a las que producen las áreas normalmente residenciales.

10. ¿En términos de luminosidad, cómo se caracterizan los territorios que no están destinados a albergar principalmente usos que por tradición han sido considerados urbanos?

1.4. METODOLOGÍA

Planteadas las preguntas de investigación con sus respectivas hipótesis y establecidos los objetivos que se pretenden cumplir con este trabajo de investigación resulta conveniente enunciar la metodología a seguir adecuada para desarrollar cada aspecto que debe ser tratado. Así, considerando los temas a tratar se han identificado 8 etapas de trabajo, cada una de ellas nos ha permitido obtener información y datos sobre las distintas temáticas y ámbitos considerados.

1.4.1. Explicación de la problemática

En esta primera etapa se ha formulado la definición de la problemática a tratar, así como hipótesis, objetivos, metodología, y los antecedentes considerados para la definición del tema de investigación.

También como parte de esta primera etapa se procedió a realizar una revisión bibliográfica sobre la temática que se desea abordar. Se ha tratado de una revisión de documentación de distintos ámbitos que convergen en la definición de conceptos básicos, teorías, propuestas, estudios y metodologías vinculadas con la propuesta de investigación aquí planteada.

A través de esta revisión bibliográfica se ha desarrollado el marco conceptual y territorial en el que se fundamenta el trabajo de investigación.

1.4.2. Presentación del ámbito de estudio

En esta fase se ha revisado y se explora la información destinada a ofrecer una breve reseña de la historia del proceso de urbanización del Ecuador, para luego presentar datos sobre el estado actual, abarcando aspectos institucionales, demográficos, socioeconómicos y de infraestructura.

El objetivo de esta fase es establecer un marco territorial para construir una lectura panorámica sobre el escenario en donde se producen los procesos de ocupación y de cambios de usos del suelo que se analizan a lo largo de la investigación.

1.4.3. Estudios previos y fuentes

Como parte de la tercera etapa, se realiza una breve reseña de los estudios disponibles con respecto al uso de imágenes nocturna. Esta exploración abarca una descripción de las metodologías empleadas, datos, reflexiones y análisis. A partir de aquí se identifican y caracterizan los diversos tipos de fuentes a emplear.

Teniendo en cuenta las características de las fuentes y los diversos usos que de ellas puede hacerse se procede a plantear la metodología que será utilizada para extraer los resultados que puedan probar las hipótesis planteadas.

En este sentido, el análisis de los estudios previos permite identificar las ventajas y desventajas que ofrece cada una de las fuentes para analizar los cambios de usos de suelo. Es así como se logra tener una visión clara sobre las posibilidades y limitaciones que se derivan de la aplicación de las diversas metodologías empleadas en esta investigación.

1.4.4. Extracción de datos con imágenes DMSP-OLS

Una vez revisados varios estudios publicados y definida la metodología a emplearse, se procede a realizar los procesos de análisis a partir de las imágenes nocturnas.

En una primera etapa, se emplean las imágenes procedentes del Earth Observation Group (EOG) que pertenece al National Geophysical Data Center (NGDC) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) del gobierno de los Estados Unidos de América. Las imágenes empleadas forman parte de la serie de imágenes satelitales nocturnas multitemporales del Defense Meteorological Satellite Program-Operational Linescan

System – DMSP-OLS, las cuales abarcan una temporalidad de 22 años, desde el año 1992 al 2013.

Como parte del primer paso, se determina el umbral de luminosidad para usos urbanos de las principales ciudades del Ecuador. Para este análisis se establece que los principales asentamientos humanos en el Ecuador son en su mayoría capitales de provincia y asentamientos con roles importantes en el entorno en el que se emplazan.

Una vez establecido el umbral de luminosidad urbana se analiza la magnitud e intensidad de luminosidad producida por los asentamientos humanos, así como también se analiza la evolución de la luminosidad desde 1992 a 2012, considerando la variación por periodos de cada 4 años, es decir 1992, 1996, 2000, 2004, 2008 y 2012. Se han seleccionado estos periodos temporales a efectos comparativos de la evolución. Además, se identifican estos años como puntos de corte, puesto que se considera que muestran las fluctuaciones periódicas que se han producido en la emisión lumínica en los 20 años de análisis.

1.4.5. Extracción de datos con imágenes VIIRS

En una segunda fase de trabajo con las imágenes satelitales nocturnas, se procede a emplear como herramienta base las imágenes Versión 1 VIIRS Day/Night Band Nighttime Lights obtenidas de un nuevo satélite de la NASA y la NOAA, las cuales se encuentran disponibles a través del EOG, las cuales por su mejor calidad y resolución ofrecen un mayor potencial que las DMSP-OLS. Esta nueva serie de imágenes nocturnas proporcionan un mayor abanico de posibilidades para el análisis, ya que por su frecuencia temporal se encuentran disponibles imágenes diarias, mensuales y anuales. Esta serie de imágenes abarca los años 2012 hasta la actualidad.

Al igual que se realizó con las imágenes de la serie DMSP, se obtiene el umbral de luminosidad urbana que es empleado a continuación para el análisis de la evolución de los usos urbanos del suelo. De este modo se analiza la magnitud e intensidad de la radiancia producida por los principales asentamientos urbanos.

En este punto, debido al potencial de esta serie de imágenes nocturnas se ha procedido a plantear un método que contribuya a caracterizar el territorio analizando tanto los asentamientos urbanos mayores y menores. Así, a través de un análisis de vecinos se realiza un procesamiento de información que permite analizar áreas urbanas de diverso tamaño y luminosidad.

1.4.6. Análisis de variables socioeconómicas

Una vez obtenidos los resultados con las imágenes nocturnas, se esboza un análisis que explora las relaciones entre la luminosidad y diversas variables urbanas. A través de éste se pretende ilustrar como las imágenes satelitales nocturnas pueden ser empleadas como herramientas válidas para inferir valores de índices diversos vinculados con los procesos de urbanización.

En esta etapa, gran parte de los datos empleados se obtienen de la base de datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Estos provienen en su mayoría de los Censos de Población ecuatoriana, pero también de encuestas mensuales o anuales, en donde se encuentran algunas variables que se vinculan con las dinámicas territoriales.

1.4.7. Análisis de zonas de especial interés ambiental

A continuación, se utiliza el estudio de las imágenes nocturnas de la Tierra para el estudio de la evolución de los usos del suelo en las áreas no ocupadas inicialmente por usos que suelen considerarse urbanos. Se ha escogido las áreas externas y de características ambientales muy diversas: las islas Galápagos y la Amazonía ecuatoriana. En este punto se analiza a partir del estudio de la luminosidad, la evolución de los impactos de los usos antrópicos durante estos últimos años.

1.4.8. Conclusiones

En la última etapa de la investigación, se da respuesta a las preguntas de investigación y se debaten los principales resultados. De modo que este último capítulo corresponde a un compendio de la información obtenida referente a las hipótesis planteadas y constituye parte sustancial de lo que se ha deseado abordar como temática principal de la investigación realizada. Como parte de esta etapa también se procede con la revisión y complementación de los diversos apartados de la tesis.

1.5. FUENTES

Para el desarrollo de la investigación se emplearon diversas fuentes de gran utilidad para la estructuración, la aplicación de la metodología, la obtención de datos y las posteriores reflexiones. Es así que entre las principales fuentes de información se pueden distinguir, sobre todo, datos espaciales y bibliográficos.

En las fuentes espaciales de datos se incluye las series de imágenes satelitales nocturnas, estas contienen información clave para la investigación y corresponden a dos series con características y rango temporales distintos. La más antigua corresponde a la serie denominada Defense Meteorological Satellite Program-Operational Linescan System – DMSP-OLS, mientras que la más actualizada se denomina Versión 1 VIIRS Day/Night Band Nighttime Lights del instrumento Visible Infrared Imaging Radiometer Suite. Estas dos series de imágenes abarcan prácticamente la totalidad del Planeta, por lo que fue posible extraer información necesaria para analizar el ámbito que nos compete.

Luego como fuentes complementarias generales, se emplearon dos mapas de coberturas y usos de suelo, uno de ellos generado por el Ministerio del Ambiente (MAE) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), mientras que el segundo, y más actualizado, fue elaborado dentro del proyecto del Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructuras Tecnológicas (SIGTIERRAS). Estos mapas de cobertura permitieron entrelazar la información de la luminosidad artificial nocturna con los usos del suelo urbano identificados en el territorio.

Cada una de estas fuentes de información, por un lado, las imágenes satelitales nocturnas y, por otro, los mapas de cobertura, se encuentran descritas con mayor detalle en el Capítulo 3, en el cual se presentan las metodologías empleadas para la obtención de los resultados.

Por otra parte, las fuentes bibliográficas empleadas son el resultado de una búsqueda general de información vinculada de manera directa a la temática que se aborda. En primer lugar, se han identificado las principales tendencias y reflexiones generadas sobre el estudio del proceso de urbanización en América Latina, sus principales tendencias y su significación. Esta explicación ha resultado esencial para la construcción del marco territorial de la investigación.

Además, fue necesaria una revisión de estudios que emplean las imágenes de satelitales nocturnas para extraer información clave sobre la fuente a utilizarse. La disponibilidad de estas imágenes es un hecho relativamente reciente por lo que la mayoría de estudios consultados son bastante actualizadas. Estos estudios se encuentran mencionados en el

apartado de “Estado de la Cuestión: Estudios previos realizados con imágenes satelitales y principales resultados”. A través de estos estudios fue posible caracterizar las fuentes de las imágenes satelitales nocturnas y luego identificar, modificar y construir las metodologías necesarias para el análisis del territorio.

También es importante mencionar que para indagar sobre el proceso de urbanización y cotejar los datos obtenidos a través de la metodología fue necesaria una serie de información secundaria referente a variables socio-económicas. Para esta parte, se empleó información de diversas instituciones de la República del Ecuador: gran parte de los datos empleados provienen del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), aunque también se emplearon datos del Banco Central del Ecuador (BCE), de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), entre otros. Es importante mencionar que los datos empleados son de libre acceso y la mayoría de ellos se encuentran disponibles a través de portales informáticos, aunque el nivel de agrupación de datos no siempre coincide entre las diversas plataformas.

De manera general, estas son las principales fuentes de información que han hecho posible el desarrollo de la investigación. La calidad de cada una de estas influye en la obtención de los resultados, por lo que se mantuvo un especial cuidado al momento de identificar y extraer la información.

1.6. ESTRUCTURA

Además de este primer capítulo introductorio, la investigación se encuentra estructurada en siete capítulos.

Así, en el segundo capítulo se ha elaborado un breve marco conceptual que busca propiciar la construcción de un panorama general sobre el tema que nos compete, además también incluye el marco territorial que busca situar al lector dentro del ámbito de análisis.

Luego, dentro del tercer capítulo se realiza una revisión de los principales estudios que han empleado imágenes satelitales nocturnas, se caracteriza las series de imágenes empleadas y se describen de manera concreta las diversas metodologías empleadas para la obtención de los datos a partir de la luminosidad artificial nocturna que contribuyen a alcanzar los objetivos planteados.

Planteados el marco conceptual adoptado y expuesta la metodología seguida, en el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos una vez aplicada la metodología que permite establecer el umbral de luminosidad urbana a través del cual emergen los

principales resultados obtenidos en el estudio. En este capítulo se emplea la serie de imágenes DMSP-OLS correspondientes a un periodo temporal que transcurre entre 1992 al 2012, se presentan datos referentes a la evolución de la intensidad lumínica y la superficie con luminosidad urbana.

Se continúa en el capítulo 5 con el análisis de los datos obtenidos por medio del uso de la serie de imágenes satelitales nocturnas VIIRS que corresponden a un periodo temporal comprendido entre 2012 y 2019. En este capítulo se trabajan con valores de intensidad lumínica expresados en radiancia y se analiza los principales asentamientos humanos como la totalidad del territorio continental.

En el capítulo 6 se aborda el análisis del territorio a través de una serie de variables relevantes útiles para explicar de qué manera las dinámicas sociales y económicas se relacionan con los datos de evolución lumínica.

Como parte del capítulo 7 se ha incorporado un análisis de territorios aparentemente remotos de los centros urbanos principales y sobre los que rigen políticas distintas de modo que se visualiza como estas influyen en los cambios del paisaje y la conservación del medio natural. En este capítulo se analiza la luminosidad artificial nocturna de la provincia de Galápagos y la que se emite dentro de los límites de las áreas petroleras.

Finalmente, en el capítulo 8 se presentan los principales resultados y aportes generados a partir de la presente investigación y que dan respuesta a las preguntas de investigación.

Cada uno de los capítulos desarrollados en la presente investigación aporta datos relevantes tanto a nivel metodológico como de contenido. A la vista de los resultados obtenidos, los principales aportes estriban en 5 ejes: el primero trata sobre datos referentes a las variación de los usos de suelo desde 1992; en segundo lugar, la comparación de resultados sobre la evolución de los usos de suelo y las áreas urbanas delimitadas por los mapas de coberturas de suelo; en tercer lugar se destaca la variación estacional de los usos de suelo; en cuarto lugar se identifican rendimientos en los usos de suelo por ámbitos de estudio en términos de densidad poblacional; y finalmente se incluyen los análisis realizados en zonas con usos antrópicos no urbano, que en principio corresponden a espacios operacionales pero que están sujetos a usos urbanos.

En definitiva, a través de esta estructura la investigación presenta aportes de gran relevancia para la comprensión de la evolución del proceso de urbanización en el territorio y además permite caracterizar los diversos ámbitos estudiados. Adicionalmente se la logrado caracterizar territorios singulares no destinados principalmente a usos urbanos pero afectados por los usos antrópicos que albergan.

1.7. RECORRIDO DE LA INVESTIGACIÓN, PUBLICACIONES Y APORTACIONES

La idea de la investigación surge a partir de la escasa información referente a la expansión de usos urbanos en Ecuador necesaria para desarrollar políticas de gestión para hacer frente al desarticulado proceso de urbanización vigente en el territorio de esta República.

En un primer momento, en el 2016, se esbozó un primer proyecto de investigación en el Programa de Doctorado en Medio Ambiente en la Universidad de Girona. En esta primera etapa, la Dra. Mita Castañer en calidad de tutora y el Dr. Joan Vicente en calidad de director realizan valiosas aportaciones para el desarrollo de un primer plan de investigación.

Poco después de haber iniciado la investigación el gobierno ecuatoriano a través del Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) me adjudicó una beca para una investigación doctoral. Sin embargo, para cumplir uno de los requisitos de esta institución fue necesario optar por una de las universidades incluidas dentro de este programa de becas. De modo que en el 2017 inicié el programa doctoral en el departamento de la Universitat Autònoma de Barcelona. El desarrollo de la investigación estuvo enmarcado dentro del Grupo de Estudios sobre Energía, Territorio y Sociedad. El Doctor Oriol Nel·lo investigador principal del mencionado grupo, se hizo cargo de la dirección de la investigación, que ha sido asimismo seguida hasta el final por el Doctor Joan Vicente. De este modo, la investigación iniciada en la Universitat de Girona ha sido desarrollada y culminada en la Universitat Autònoma de Barcelona y ha contado con la dirección conjunta de un profesor de cada uno de dichos centros.

Una vez estructurada la investigación y obtenidos los primeros resultados fue posible presentarlos y debatirlos en público en un primer evento que se llevó a cabo en territorio ecuatoriano junto a actores vinculados con las dinámicas de esta región. Este evento denominado XI Simposio Nacional de Desarrollo Urbano y Planificación territorial “Derechos a la Ciudad y al Territorio y X Congresos Internacional de Ordenamiento Territorial y Ecológico” tuvo lugar en Cuenca, Ecuador el día 19 de octubre del 2018. Es así que se presentó una primera versión en calidad de ponencia y poster de "Las ciudades a través de la luz: análisis de la huella urbana y el proceso de urbanización en Ecuador a través de la imagen satelital nocturna, 1992-2017".

En un segundo momento, en el 2019, se presentaron los resultados referentes a un fenómeno singular que se produce en la zona norte de la Amazonía ecuatoriana. Así, en el XVII Encuentro de Geógrafos de América Latina en 2019, se expuso parte de la investigación la cual llevaba por título: “El petróleo en su esplendor: Evolución de los bloques petroleros en Ecuador a través de la luminosidad nocturna”. El evento que se lleva

a cabo anualmente en diferentes países de Latinoamérica, en el 2019 tuvo lugar en Quito del 9 al 12 de abril del 2019. A este evento asistió público nacional e internacional, pudiendo así difundirse la investigación a un amplio público.

En lo relativo a la disseminación de los resultados, cabe mencionar asimismo la publicación en la revista *EURE- Estudios Urbanos y Regionales* en Chile del artículo: "Morfología urbana y proceso de urbanización en Ecuador a la luz de la imagen satelital nocturna de la tierra, 1992-2012". *EURE* publicada por la Pontificia Universidad Católica de Chile es considerada una de las primeras revistas latinoamericanas en el campo de los estudios urbanos y figura en los índices JCR y SJR.

También es relevante señalar que se ha elaborado un segundo artículo escrito en inglés que presenta una parte de la investigación y se encuentra en proceso de publicación. El trabajo se denomina: "The glow of oil: evolution of the oil extraction areas in Ecuador through the night luminosity".

Se prevé finalmente elaborar un tercer artículo que lleva como título provisional hasta el momento de: "La realidad actual del proceso de urbanización en Ecuador: Análisis estacional de los factores vinculados a dinámicas urbanas a través de la luminosidad nocturna".

Además, la metodología desarrollada, los instrumentos empleados y los resultados obtenidos hacen posible el desarrollo de otros productos vinculados a la temática, por lo que resulta razonable pensar que en un futuro próximo la tesis que aquí se inicia puede generar nuevos frutos.

**CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL Y TERRITORIAL:
CONCEPTUALIZACIÓN, ETAPAS, Y REALIDADES DEL
PROCESO DE URBANIZACIÓN EN AMÉRICA LATINA
Y ECUADOR**



Este capítulo presenta de manera concisa los rasgos principales del proceso de urbanización en América Latina y con más detalle de la referente al territorio ecuatoriano, haciendo énfasis en los principales acontecimientos que influyen en la sociedad, sobre todo a partir de la mitad del siglo XX.

Se inicia con una descripción del proceso histórico sobre el proceso de urbanización en América Latina y sobre todo en Ecuador, ámbito de estudio de esta investigación, a fin de construir un marco territorial de referencia en el que se centra la investigación.

El capítulo está compuesto por 5 apartados. Así, en el primer apartado se presenta brevemente un marco conceptual sobre las principales características y conceptualizaciones desarrolladas en torno al proceso de urbanización, en el segundo apartado se pretende presentar de manera sucinta la evolución del proceso de urbanización de los asentamientos en América Latina. En el tercer apartado se centra la atención en el territorio específico a estudiar, la República del Ecuador, en donde se presenta una descripción del proceso histórico poniéndolo en relación con la evolución por la cual ha atravesado el sistema urbano y las dinámicas territoriales. En cuarto lugar, se describen las principales características del sistema territorial actual del Ecuador a fin de construir una imagen general de la estructura urbana y de las características socio-económico del país. Finalmente, se presentan unas breves conclusiones.



2.1. EL PROCESO DE URBANIZACIÓN: DE LA IMPLOSIÓN A LA EXPLOSIÓN URBANA

El proceso de urbanización, es junto con el crecimiento de la población, el cambio climático y la expansión de las relaciones de producción capitalista, uno de los principales vectores de transformación de las sociedades contemporáneas. Se trata de un proceso que afecta al conjunto de continentes, presentando, como es lógico, modalidades y variantes muy diversas.

Desde el punto de vista de la morfología urbana y los usos de suelo, la característica dominante de este proceso es la sucesión de una primera fase caracterizada por la concentración de la población y actividad en el territorio y una segunda que se distingue por la expansión de los usos urbanos en el espacio. Esta sucesión fue comparada en su día por Henri Lefebvre a una implosión, seguida de una explosión urbana, figura que ha sido retomada recientemente por Neil Brenner (Brenner, 2014; Lefebvre, 1972)

El resultado de este doble movimiento en la primera fase, es la configuración de áreas de muy alta densidad donde se concentran los usos y formas de vida tradicionalmente consideradas urbanas, así como la industria y el comercio. Así, se ha podido afirmar que más de la mitad de la población del Planeta reside en áreas urbanas que cubren apenas el 2% de la superficie total de las tierras emergidas, esto se debe esencialmente a esta fase de concentración (UN, 2018).

Ahora bien, la mejora de las infraestructuras, los cambios en los medios de transporte, la introducción de las nuevas tecnologías y los precios relativamente reducidos de la energía han posibilitado que aquella primera fase de concentración haya venido seguida de una nueva etapa caracterizada por la extensión de las áreas urbanas, la dispersión de la urbanización y la integración del territorio. Las fases de este proceso, con sus lógicas variantes, han sido largamente estudiadas (Berry, 1976; Capel, 1975, 2002; Dematteis, 1998; Indovina, 2007; J. López, 2017; Muñoz, 2004).

A escala regional la expansión urbana ha comportado que las áreas urbanas y metropolitanas vinieran a converger con los mismos espacios regionales (Brenner, 2013; Indovina, 2012c; Soja, 2008, 2016) de tal manera que los usos y las formas de vida urbana, así como actividades económicas que antes se hallaban circunscritas a unos pocos ámbitos, se extienden hoy en muchos casos sobre la totalidad de los espacios regionales.

Desde este punto de vista analítico y conceptual, la explosión de las actividades urbanas comporta una dificultad creciente para la delimitación de las ciudades (Capel, 1975; Nel-lo, 1998). Más todavía, la diferenciación tradicional entre ciudad y campo, entre urbano y

rural, que había sido una de las bases conceptuales del análisis territorial, tiende a hacerse cada vez menos sustentable en términos analíticos. Tanto es así, que son muchos los autores que propugnan la necesidad de en vez de centrarse en el estudio de un “objeto” denominado ciudad, el análisis territorial obtendrá resultados mucho más fructíferos centrándose en la comprensión de un “proceso” denominado urbanización (Harvey, 1995).

Ahora bien, el proceso de urbanización no se limita a los ámbitos regionales, ni tan siquiera a los estatales o continentales, sino que ha alcanzado proporciones planetarias. Así, en paralelo a la configuración de lo que Immanuel Wallerstein denominó el sistema mundo y a la extensión de las relaciones de producción capitalistas, las formas de urbanización contemporánea han adquirido una dimensión global (Nel-lo, 2019; N. Smith, 1984; Wallerstein, 1998).

Tanto es así que, como ha afirmado David Harvey, no existe hoy ni un kilómetro cuadrado del planeta cuyos usos y evolución no sean condicionados directa o indirectamente por el proceso de urbanización capitalista (Harvey, 1995). Neil Brenner ha mostrado en trabajos recientes como esta realidad atañe incluso las regiones normalmente consideradas como las más remotas e inaccesibles a los usos antrópicos, como los desiertos, las áreas boreales o las selvas ecuatoriales. Espacios que se encuentran hoy sometidos en la práctica totalidad de los casos a los efectos de actividades extractivas, turísticas u otras que les convierten en verdaderos espacios operacionales imprescindibles para el desarrollo urbano (Brenner, 2014).

El proceso de urbanización, pese a contar con rasgos comunes y obedecer a lógicas hasta cierto punto compartidas presenta una muy notable diversidad. Esto es fruto de las diferencias ambientales, las características sociales y el legado de formaciones sociales anteriores. Pues bien, pese a la enorme variedad del fenómeno urbano este ha sido analizado muy a menudo de forma notablemente etnocéntrica.

Así, gran parte de la literatura relacionada al proceso urbanizador parte del análisis del proceso de urbanización generado en los principales centros urbanos del Planeta, generalmente regiones industrializadas, europeas y norteamericanas. Así, resulta fácil de comprender que gran parte de estas teorías no encajen, ni se correspondan con las realidades de América Latina. Esta región ha atravesado por un proceso histórico distinto por lo que presenta ciertas particularidades. De este modo los procesos urbanos en las ciudades latinoamericanas requieren una conceptualización distinta a la generada para regiones que fueron centros de poderes imperiales, y conocieron procesos primigenios de industrialización ocupando en la actualidad lugares centrales en la jerarquía del sistema urbano mundial (Nel-lo & Mele, 2016). En el siguiente apartado se abordan algunas de las

características principales y los rasgos distintos del proceso de urbanización en América Latina.

2.2. EL PROCESO DE URBANIZACIÓN EN AMÉRICA LATINA

Desde mediados del siglo XX, América Latina ha sido escenario de múltiples transformaciones que han alterado la estructura de los asentamientos humanos. Entre las principales manifestaciones de estos cambios destaca el acelerado proceso de urbanización producto del exponencial crecimiento demográfico. En este sentido, las áreas urbanas devienen focos atractores de gran cantidad de población que se localiza en muchos casos en zonas de riesgo y en condiciones precarias, generando áreas urbanizadas con densidades relativamente bajas. Estos problemas agravados por fenómenos de inestabilidad política y por el estancamiento del desarrollo social, se han visto acentuados aún más por la escasa o inexistente capacidad administrativa (Roberts, 2015). Estas problemáticas no pueden considerarse de modo alguno privativas de un territorio específico, sino que constituyen un escenario común para la mayoría de países de latinoamericanos.

En efecto, América Latina, es una de las regiones más urbanizadas del Planeta, pero presenta densidades de población relativamente bajas. Cuenta con aproximadamente 640 millones de habitantes, de los cuales 516 millones residen en áreas urbanas según las estadísticas de los organismos internacionales. Así, la región presenta un nivel de urbanización de 79,1% y con una tasa anual de urbanización de 1,4% que, según las proyecciones, disminuiría en el 2035 (Banco Mundial, 2018; Roberts, 2015). México y Brasil son los países que albergan un mayor volumen de población urbana.

En este escenario, donde la mayor parte de la población se localiza en áreas urbanas y en el cual se evidencian profundos problemas territoriales, sociales y económicos, resulta interesante recordar de manera sucinta el panorama evolutivo de las dinámicas territoriales a fin de comprender el estado actual de la problemática existente.

Así, en el presente apartado se expone, en primer lugar, una breve descripción de los procesos urbanos en regiones en desarrollo. En segundo lugar, se esboza la estructura territorial urbana en América Latina hasta mediados del siglo XX. En un tercer lugar, se describe brevemente el proceso de urbanización en el ámbito de América Latina desde mediados del siglo XX, época en la que se evidencia la expansión de los asentamientos humanos. Finalmente, en cuarto lugar, se presentan las principales características del

modelo territorial instaurado a través de las distintas transformaciones de las dinámicas territoriales.

2.2.1. Distinción de procesos urbanización en regiones en desarrollo

Como es sabido, a lo largo del siglo XX los cambios en las dinámicas económicas y sociales propiciaron una transformación en los modelos de ocupación del territorio en todo el Planeta. En este sentido la concentración de la población ha generado que en un poco más de un siglo el porcentaje de población localizada en las áreas urbanas se incrementara de manera exponencial. Así, a inicios del siglo XX se calculaba que tan solo el 7% de la población mundial se localizaba en áreas urbanas (Harvey, 1995) a finales de este siglo esta cifra llegaba al 47%, y en la actualidad se puede hablar de un 57% (Banco Mundial, 2018).

Sin embargo, es trascendental considerar que las geografías económicas y las dinámicas sociales son variadas en cada región del planeta, y por tanto los procesos de urbanización reflejan fenómenos de escalas e intensidades diversas. En parte, estas diferencias se derivan de los diversos procesos históricos y de la desigual dotación de factores de cada país. En parte, debe considerarse también que la diferenciación espacial ofrece ventajas a la inversión del capital; es así como se genera un proceso jerarquización territorial dando como resultado un desarrollo desigual del espacio (Harvey, 1990; N. Smith, 1984).

A pesar de las teorías económicas que indican que el crecimiento urbano se corresponde con el crecimiento económico, muchas ciudades localizadas en regiones en desarrollo iniciaron un acelerado proceso de urbanización que no resulta acompasado con el crecimiento económico de sus respectivos países. En este sentido se observa que a inicios de siglo XX, solo una docena de ciudades en el mundo albergaba a más de un millón de habitantes, las cuales estaban localizadas en países cuya economía se encontraba más desarrollada, siendo Londres la ciudad que albergaba la mayor cantidad de población con 7 millones de habitantes (Harvey, 1995). Sin embargo, tan solo un siglo después, este escenario ha sido alterado radicalmente, pues a finales de este mismo siglo unas 325 ciudades albergaban a más de un millón de habitantes, de las cuales, gran parte se localizan en países en desarrollo, la mayoría en India y China (Bellet y Llop, 2004). Actualmente, estas transformaciones han originado que Tokio y Nueva Delhi sean las ciudades más pobladas del mundo, albergando 37 y 29 millones respectivamente (UN, 2018).

En este sentido, si consideramos que las poblaciones con mayores tasas de crecimiento corresponden a regiones en vía de desarrollo, los mayores procesos de urbanización también se concentraron en estas regiones promoviendo mayores desequilibrios territoriales por los niveles de desarrollo y crecimiento económico de estos territorios. Así, en el sistema urbano mundial se puede distinguir una amplia variedad de escenarios que van desde áreas con óptimas condiciones urbanas hasta vastas áreas hiperdegradadas. De esta manera, gran parte de los procesos de urbanización en los países menos desarrollados en términos económicos capitalistas han dado como resultado extensas áreas que concentran población de escasos recursos. Ello genera graves problemas de salud, ineficientes e incluso inexistentes infraestructuras, zonas degradadas y contaminadas, además de profundos conflictos sociales (Harvey, 1995). Así, pese a la existencia de un proceso de urbanización generalizado en el Planeta, resulta interesante poner en evidencia las desigualdades espaciales que se han exacerbado a través de las transformaciones territoriales. Como veremos, Latinoamérica resulta ser un caso paradigmático de falta de correspondencia entre crecimiento económico, incremento de la urbanización, aumento del bienestar de la población.

2.2.2. Orígenes de la estructura territorial urbana en América Latina

Los asentamientos humanos en América Latina, al igual que el resto de regiones del Planeta, han atravesado por distintos periodos históricos que marcaron su desarrollo. Como es obvio, la estructura de los asentamientos de esta región fue alterada de manera radical a partir de la conquista, etapa en la que se ponen las bases del proceso de urbanización contemporánea. En este sentido, hasta el siglo XV, América Latina se encontraba poblada por grupos indígenas, donde las culturas existentes habían estructurado sistemas urbanos sofisticados, que respondían a modelos de desarrollo distintos, siendo estructuras bastante complejas y valiosas para atender las demandas de la sociedad de esta época (Hardoy, 1999; M. Smith, 2011)¹. Sin embargo, debido a la conquista por parte de los países europeos, especialmente España y Portugal, los asentamientos sufrieron cambios significativos y las estructuras urbanas anteriores fueron alteradas en su totalidad. Esta situación, exacerbada con la fundación de nuevas ciudades, dio lugar a un sistema completamente distinto, donde la función principal de las ciudades

¹ En relación a los modelos territoriales que precedieron la época de la conquista puede verse, entre otros, Hardoy (1999) y M. Smith (2011), quienes han centrado sus investigaciones en Mesoamérica, y Miño (1994) que considera el imperio incaico.

era abastecer las demandas de materiales y recursos a Europa. De tal manera que las nuevas sociedades que se establecieron con la conquista se originaron bajo una estructura de dependencia y dominación colonial (Castells, 1974).

En general, las comunidades locales se localizaban en zonas que contaban con agua y suelo para el desarrollo agrícola, por lo que algunos de estos puntos fueron considerados claves para la colonización. Además, por razones militares y económicas los conquistadores privilegiaron la conquista de regiones montañosas donde había mayor población indígena, de modo que pudieran contar con la mano de obra necesaria para erigir una ciudad colonial. También, la explotación de metales preciosos localizados mayormente en áreas montañosas supuso una mayor fundación de asentamientos en estas áreas. En definitiva, las actividades económicas de los conquistadores condicionan estrechamente la localización de las ciudades fundadas durante esta época (L. Herrera, Pecht, & Olivares, 1976). De este modo, el modelo estructural del sistema territorial se encuentra inducido por parte del proceso colonizador en donde rigen políticas externas con claros tintes de carácter militar, económico, de control, de explotación y en general de aprovechamiento de la población y las tierras conquistadas. Ante la conquista, el anterior proceso de desarrollo urbano de carácter endógeno de la población indígena fue en buena medida anulado. La sociedad y sus ciudades tal como se habían concebido hasta ese momento perecieron frente a nuevos patrones que formaban parte del mercantilismo colonial que, sobre todo, España aplicaba a las colonias.

Varios de los nuevos asentamientos y aquellos que fueron reestructurados se convirtieron en focos de captación de miles de personas que migraron a América, los cuales requerían de mano de obra para atender las actividades vinculadas a las minas y plantaciones, aparte de la que fue suplida por indígenas y esclavos traídos del África (Roberts, 2015).

La mano de obra era uno de los requerimientos básicos para la construcción de estas nuevas ciudades coloniales. Bien es verdad que debido a la declaración del Papa Pablo III en 1537, la conquista española, que se realizaba bajo fe católica, presentó rasgos distintos a los generados por la conquista francesa y anglosajona, para poner dos otros ejemplos. Como efecto de este decreto los indígenas debían ser considerados personas, por lo que la acción colonizadora debía guiarse por tres principios básicos: la conversión de los indios, su trato humano y la obtención de los máximo ingresos posibles. Como, es bien sabido, únicamente el tercer principio obtuvo los resultados deseados. En este contexto, la mano de obra necesaria para la extracción y producción de materia prima se organizó a través de las encomiendas. Esta institución logró en un inicio consolidar la dominación sobre la población indígena, aunque entró en crisis a finales del siglo XVII. Luego, este sistema fue reemplazado por esclavos traídos del África en los llamados barcos negreros, quienes eran

utilizados para sustituir a la escasa población indígena diezmada por las enfermedades y la explotación (Mira, 1997).

Este modelo se mantuvo hasta la época de la independencia, la cual se produjo 100 años antes que en otras regiones colonizadas del mundo, es decir a inicios del XIX. Los países que se conformaron implantaron gobiernos nacionales y locales (Roberts, 2015). Desde entonces, a pesar de la idea Bolivariana de conformar una Gran Colombia, los territorios independizados iniciaron un proceso de división política y territorial (Almandoz, 2013). Para este entonces, las estructuras urbanas coloniales prácticamente estaban consolidadas con lo cual en la época republicana se implementaron reformas, pero tomando como base los asentamientos instaurados durante la colonia.

Desde la época colonial, las ciudades mantuvieron ritmos de crecimiento lentos hasta la primera mitad del siglo XX, cuando se produce una brusca aceleración del crecimiento urbano. Resulta de particular interés constatar que, a pesar de independizarse del régimen colonial gracias a los procesos libertarios, las geografías urbanas de las ciudades no sufrieron mayores transformaciones. En gran parte este fenómeno se debió a los conflictos permanentes que regían en estos territorios independizados y las posteriores guerras civiles que afectaron en gran medida a la población local. Así, las sociedades que se formaron a partir de la conquista, el proceso libertario y las guerras civiles vivieron en muchos casos un proceso de retroceso o estancamiento que debilitó las estructuras administrativas y a la vez produjo una desarticulación de las redes de comunicación configuradas en la época de la colonia.

En gran parte, este fenómeno de crecimiento lento se debió al sistema económico, puesto que hasta el siglo XX, América Latina se había posicionado en la economía internacional como exportador de recursos naturales, debido a que las estructuras territoriales creadas en la colonia continuaron siendo la base de la organización del territorio (Almandoz, 2013). En este sentido, las zonas rurales de producción y las áreas urbanas de comercialización no requerían construir una malla fluida entre asentamientos de distinta jerarquía, por lo que las ciudades mantuvieron un crecimiento vegetativo, fenómeno que se modificó en la etapa de industrialización. Así, hasta inicios del siglo XX, las migraciones se producían de manera periódica con el fin de responder a necesidades de mano de obra temporal. Sin embargo, debido a la estructura agraria, la población rural tendió a dirigirse progresivamente a las ciudades en busca de un mercado laboral más estable. Así, pese a las oscilaciones del mercado internacional que afectaban la oferta de trabajo, las ciudades en un inicio absorbieron a esta población dentro de los tejidos urbanos asimilando sin mayores presiones estas migraciones internas (Martín & Múscar, 1992).

La economía basada en el modelo agroexportador experimentó una depresión en 1930 por el descenso de los volúmenes de exportación y el hundimiento de los precios de las materias primas. La crisis generó un impacto significativo en el desarrollo interno. Además, muchos países no pudieron asumir los pagos de las deudas con la banca internacional, generando así la deuda externa, lo cual a su vez influyó de manera significativa en la economía de los años siguientes. De esta manera, para afrontar la crisis, se empezaron a visualizar en la región unos primeros indicios de crecimiento basado en la industrialización. Estas encontraron en las urbes las bases para su consolidación: por un lado, la oferta de mano de obra de origen rural y, por otro, la demanda de consumo de bienes por la nueva población incorporada a la producción. En esta época, los gobiernos locales arrastraban sus deficiencias estructurales sin tener una capacidad real de hacer frente a las consecuencias del crecimiento urbano sin controles urbanísticos adecuados, siendo así el libre mercado el que actuó como agente impulsor del crecimiento. También se hizo evidente que existían diferencias en el nivel de industrialización en la región, solo algunos países lograron asumir el crecimiento industrial tal como Argentina y Brasil, mientras Uruguay vio estancarse su actividad manufacturera, y otros países no pudieron diversificar la economía limitándose a un incipiente proceso de industrialización o permaneciendo en el sector agroexportador tradicional a la espera de cambios en el panorama mundial (Martín & Múscar, 1992). En este sentido, no resulta sorprendente que Buenos Aires encabezara la lista de ciudades con mayor crecimiento poblacional urbano, pasando de registrar 663.000 habitantes en 1895 a 2.178.000 en 1932. Santiago de Chile duplicó su población, pasando de 333.000 en el año de 1907 a 696.000 en 1930 (Almandoz, 2002, 2013).

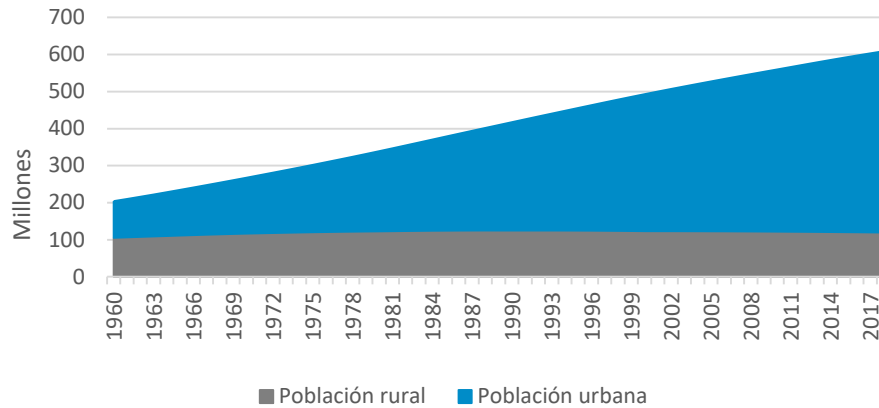
2.2.3. Procesos de Urbanización en países de Latinoamérica a partir de 1950

A pesar de que algunos países comenzaran su proceso de urbanización contemporáneo de manera temprana, tales como Argentina, Uruguay, Cuba y Brasil, no fue hasta inicios del siglo XX cuando la mayoría de países de la región iniciaran su crecimiento urbano acelerado a partir de las transformaciones económica que en ellos tuvieron lugar (Almandoz, 2013; Hardoy, 1974)². Desde esta época, según datos del Banco Mundial, la población en América Latina se ha incrementado más de 3 veces alcanzando en la actualidad unos 600

² Para sendos compendios de fuentes bibliográficas sobre el proceso de urbanización contemporáneo en América Latina, véase Panadero Moya (1999) y Torres Lima & González Martínez (2011). Para una comparación de la evolución demográfica de las ciudades latinoamericanas con las de otras regiones del mundo véase Alfredo Lattes (2001).

millones, mientras que la población urbana se incrementó más de 5 veces. Es así como, el porcentaje de población urbana pasó de significar un 45 a un 80% del total. También la densidad poblacional se incrementó en 3 veces alcanzando una densidad de 32 hab/km².

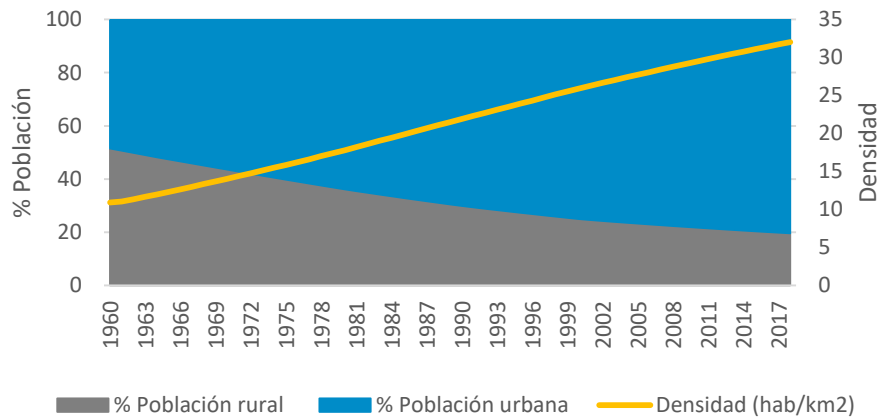
Figura 2-1. Evolución demográfica rural y urbana. América Latina 1960 – 2018.



Elaboración: propia a partir de datos del Banco Mundial

Este elevado crecimiento demográfico contradecía modelos económicos que establecían que la falta de una modernización de las estructuras económicas traería como consecuencia la ralentización o incluso la reversión del proceso migratorio y del proceso de urbanización (Davis, 2006). Así, pese a algunas teorías económicas que correlacionaban el desarrollo económico y el grado de urbanización, se observó un crecimiento urbano en regiones subdesarrolladas con un ritmo muy superior al de países más desarrollados, incluso sin que exista un desarrollo económico (Castells, 1974). Con ello, es evidente, que en estas regiones no se reprodujo de igual manera el proceso de urbanización que en países industrializados (Zárate, 1989). Países como Argentina, Brasil, Venezuela, Chile, a pesar de sus múltiples periodos de recesión debido a las fluctuaciones económicas, han mantenido un crecimiento demográfico y un crecimiento urbano significativo. Por ejemplo, Chile en los años setenta, atravesó periodos de recesión económica con tasas de variación anual de -13%, y Argentina, con varios altibajos, llegó a registrar en el 2002 una variación anual de -10%. Sin embargo, ambos países han mantenido un constante incremento demográfico. En general, países de Latinoamérica mantuvieron tasas de crecimiento de población urbana que prácticamente duplican las que registra Europa (Banco Mundial, 2018). Así, la urbanización de estos territorios debe ser analizada en relación a sus propias etapas de desarrollo económico y características culturales.

Figura 2-2. Evolución porcentual de la población urbana y rural. América Latina 1960-2018



Elaboración: propia a partir de datos del Banco Mundial

En este sentido, la aparición de la industrialización generó un cambio en el modelo productivo que supuso transformaciones en la organización territorial pues alteró el patrón funcional de las ciudades (H. Martínez, 2017). La mayoría de las industrias se emplazaron, en un primer momento, en las periferias de los principales centros urbanos, haciendo evidente la primacía y la centralidad de estas ciudades, que generalmente eran capitales nacionales. De este modo, se originó un crecimiento urbano selectivo, donde el aumento de la población en las ciudades de mayor jerarquía empezó a acelerarse, mientras que se produjeron estancamientos o despoblamientos en núcleos menores. Es así que, además del crecimiento vegetativo y la afluencia de población rural, estas ciudades experimentaron una migración de población urbana proveniente de centros urbanos menores, originando una polarización urbana (M. Santos, 1973). Este proceso de urbanización polarizado provocó una intensa transformación del suelo en zonas localizadas, desequilibrios en la distribución de la población y una marcada segregación social del espacio urbano (Llop & Bellet, 1999).

En los años sesenta, la tasa de incremento de la población urbana duplicaba la tasa de incremento de la población total en la región (Davis, 2006). Además, en esta misma época se empezó a registrar un deterioro en la economía principalmente debido al hecho de que los países más industrializados reflejaban un menor dinamismo en su desarrollo. Este modelo económico se basó en un modelo de sustitución de importaciones que operaba únicamente en el mercado interno. En este sentido, las primeras décadas de la industrialización, fundada y protegida en buena medida por los Estados, dieron resultados escasos, y no revirtieron en una mejora sustancial de la calidad de vida de la mayoría de la población.

Ante esta situación, a partir de los años setenta se abrió paso con fuerza un discurso alternativo basado en modelos neoliberales. De este modo, los gobiernos reestructuraron la estrategia económica y priorizaron las exportaciones de productos no tradicionales. En definitiva, el Estado se retiraba para que el libre mercado fuera quien guiara la economía local.³

En Latinoamérica se realizaron planes de ajuste económico, de privatización y reducción del Estado, lo cual generó nuevas estrategias que dependían de la capacidad de adaptación de la escala local (L. Martínez, 2008) y su capacidad para dinamizar el capital humano y económico, incentivar inversiones y desarrollar proyectos que llevaron a destacar ciudades con mayor capacidad de posicionarse en el escenario global (Prada Trigo, 2016, p. 127). En este contexto, las nuevas políticas económicas privilegiaban las actividades industriales que operaban en el mercado exterior a costa de fuertes presiones sobre la población obrera, al mismo tiempo las inversiones a la agricultura e infraestructuras rurales se vieron reducidas (Davis, 2006). Estas nuevas estrategias de desarrollo desembocaron en el aumento de las desigualdades sociales, influyendo así en indicadores tal como la pobreza y las dificultades de acceso a servicios. Esta situación explica los sucesivos enfrentamientos entre sectores de la población y el Estado que en algunos casos generaron golpes militares que se produjeron posteriormente (Martín & Múscar, 1992).

Desde un punto de vista urbano, las ciudades fueron incapaces de absorber las olas de migración que se acrecentaron en esta época, con lo que tuvieron que hacer frente a dos factores que afectaban a la estructuración física de la ciudad. Por una parte las necesidades de localización de las nuevas actividades económicas y por otra las pautas diferenciadoras que la modernización y la estratificación social imponía a la vida urbana, lo que promovió transformaciones cualitativas en el proceso de urbanización de la región (Martín & Múscar, 1992, p. 243).

En este contexto, se pueden destacar tres rasgos fundamentales que, como ya anunció Manuel Castells a mediados de los años setenta (Castells, 1973), definieron el proceso de urbanización latinoamericana a partir del último cuarto del siglo XX: el primero hace referencia a la expansión de las ciudades como resultado del éxodo rural, y no del dinamismo económico; en segundo lugar, se constituyeron grandes núcleos poblacionales

³ Un caso pionero y paradigmático fue el de Chile. Sobre las consecuencias urbanas del giro neoliberal en las políticas económicas y sociales en este país puede verse De Mattos (2009; 2016), Rodríguez & Rodríguez (2009), Rodríguez, Saborido, & Segovia (2012). Para el impacto de las políticas neoliberales en las ciudades de Buenos Aires y Rio de Janeiro puede verse Ferreira (2011) y Muxí (2004). Para reflexiones sobre el planeamiento actual en Brasil puede verse en Limonad & Castro (2014).

sin una capacidad productiva capaz de asimilar a los migrantes en el sistema económico de las ciudades; por último, este crecimiento dio como resultado un tejido urbano desarticulado.

En esta misma época, es decir entre los años sesenta y setenta, primaban dos mercados para la dotación de vivienda, uno de ellos conformado por agentes tradicionales y el otro configurado por el sector informal compuesto por grupos populares⁴. El sector informal comporta la invasión y la ocupación de terrenos urbanos, que es la forma a través de la cual los grupos sociales con menos recursos pudieron hacer frente a sus necesidades de vivienda en buena parte de los países latinoamericanos. Es así como, entre las principales expresiones resultantes del proceso de expansión urbana, destacan las ocupaciones sin ningún tipo de propiedad. De esta manera, se constituyen barrios con altos porcentajes de autoconstrucción, viviendas con niveles mínimos de habitabilidad y ausencia de infraestructura, configurando vastas zonas marginales bajo un proceso de urbanización informal y desregulado (Castells, 1973)⁵. Además estos procesos informales promovieron procesos de segregación residencial aguda presente sobre todo en las grandes ciudades latinoamericanas (Katzman, 2001). Estos procesos influyeron en gran medida en la expansión de las áreas urbanas, lo que comporta que áreas muy extensas de las ciudades se construyesen con poca intervención de la administración.

Aunque la ocupación de terrenos se relaciona con coste cero, frecuentemente se tienen que pagar sobornos, alquileres informales y demás. De este modo, la invasión de tierras representa costos significativos para las personas que las habitan incluyendo el costo de ocupar el sitio en sí y los costes por la ausencia de servicios, comunicaciones y demás. También, en muchos casos, estos se situaron y continúan ubicados en lugares marginales y peligrosos como áreas inundables, laderas de colinas o terrenos contaminados. En Brasil, como en Ecuador, los propietarios venden o arriendan parcelas a través de urbanizadores ilegales, parcelas que en la mayoría de los casos carecen de dotación de servicios básicos

⁴ Las características sociales de la población residente en las áreas de urbanización informal en diversos países latinoamericanos han sido objeto de reiterados estudios desde el punto de vista sociológico y antropológico. Véase por ejemplo, para el caso chileno, Espinoza (1988) que analiza la lucha por el espacio de los sectores populares y a Avello et al(1989) que centran su atención en la construcción de asentamientos. Para Argentina, Goicoechea (2015) analiza el proceso de concentración de grupos marginales al sur de Buenos Aires. Para México, Lara (2015) hace mención a la densificación de urbanizaciones irregulares y Hiernaux-Nicolas (2000) trata la etnicidad. Para el caso de Ecuador sobre el que versa la presente investigación, puede verse, entre otros, el estudio antropológico de Moser (2009) que analiza entre varios aspectos las situación de vulnerabilidad de familias segregadas en áreas suburbanas de Guayaquil.

⁵ En relación al fenómeno de autoconstrucción puede verse a Turner (2018) junto con otros autores que abordan este tema.

(Davis, 2006, p. 120) ⁶. En este sentido el proceso de urbanización ha provocado un fenómeno expansivo con graves consecuencias ambientales y sociales.

Una vez creados los asentamientos, en muchos casos la situación empezó a cambiar debido a la fractura de barreras institucionales y por la caída de dictaduras. Las rivalidades entre partidos políticos y una latente amenaza revolucionaria generaron oportunidades a los migrantes urbanos para que consiguieran tierras e infraestructuras a cambio de votos. Así, la regularización de tierra y la dotación de un mínimo de servicios fueron tratados como temas más que nada políticos, y no se consideraron los efectos que estos podrían tener en el territorio físico ni en un aspecto social. Algunas provincias venezolanas, durante la década de los 60 pasaron de tener un 30% de población urbana a un 30% de población rural⁷. En Ciudad de México, debido a la excesiva demanda de mano de obra que requería la industria y la inversión extranjera, después de la represión del Movimiento de 1968 por el gobierno de Gustavo Díaz, con un cambio en la política nacional, se toleraba la urbanización ilegal en la periferia (Davis, 2006, p. 31). Según las Naciones Unidas, los mercados del suelo informal o ilegal se han posicionado como principal proveedor de nuevos suelos de vivienda en la mayoría de asentamientos localizados en el polo Sur del Planeta (UN-Habitat, 1996).

A continuación, en los años 80, se produjeron sacudidas económicas que modificaron la estructura de la población. Un caso en particular es el de Ecuador, al que nos referimos extensamente más adelante. En este país durante este periodo se produjo una explosión del trabajo informal, el cual absorbió la mitad de la fuerza de trabajo en Quito y Guayaquil. Este fenómeno surgió debido a los programas de ajuste que promovieron el desempleo, lo que obligó a la población a insertarse en empleos informales⁸.

A partir 1980, la economía informal adquirió un peso relativo creciente (Davis, 2006, p. 226), de modo que, en la actualidad el porcentaje del trabajo informal corresponde a un 70% en las países considerados emergentes y en desarrollo. En América Latina y el Caribe, la economía informal ocupa el 53,2% de la fuerza de trabajo (OIT, 2018). El auge de esta economía junto con la inestabilidad política, provocaron que los gobiernos nacionales no tuvieran la capacidad administrativa para recaudar impuestos y fondos para el desarrollo

⁶ Para el conocimiento del fenómeno de la urbanización informal en Brasil, con especial referencia a las ciudades de Sao Paulo y Rio de Janeiro, pueden verse, entre muchos otros las contribuciones de Ferreira (2011), Santos, Marafón & Sant`Anna (2012) y Valladares (2005).

⁷ La población urbana en Venezuela pasó de representar el 31.3% en el año 1940 a un 72,8% en 1970, llegando a un 87.7% en el año 2000 véase Siso (2012).

⁸ En relación a la situación económica y laboral del Ecuador durante esta época véase: Oleas (2017), Montesinos (2007) y Porras (2013).

de proyectos que promuevan la industrialización, ni fueran capaces de realizar una inversión para atender las demandas de infraestructuras y servicios para toda la población, por lo que proliferaron asentamientos marginales y ocupaciones ilegales (Roberts, 2015). De esta manera, estos asentamientos que configuran buena parte de las nuevas áreas urbanas conformaron lo que se conoce como suelos hiperdegradados que se caracterizan por ser áreas con hacinamiento, vivienda pobre o informal, con falta de acceso a la sanidad y al agua potable e inseguridad de la propiedad (UN-Habitat, 2003). En países desarrollados, la cifra de personas que habitan en este tipo de áreas alcanza al 6% de la población urbana, mientras que en países en desarrollo la cifra alcanza el 78,2%. Si la ciudad que alberga más personas viviendo en estas áreas es Bombay, le sigue Ciudad de México con 9 millones de personas⁹. Además en América Latina, otras áreas que destacan por configurar este tipo de escenarios y albergar gran parte de la población dentro de estos espacios es Libertador (Caracas) con 2,2 millones de personas, El Sur/Ciudad de Bolívar (Bogotá) con 2 millones personas, San Juan de Lurigancho (Lima) con 1,5 millones y Cono Sur (Lima) con 1,5 millones de personas (Davis, 2006).

La mayoría de ciudades de los países en desarrollo carecen de datos sobre los modelos de transformación del suelo, ritmo de construcción de nuevas viviendas y su número, modelos de desarrollo de infraestructura, modelos de parcelación y etc. En este caso, si las tendencias actuales siguen inmutadas, la explosión de la población urbana se seguirá produciendo en buena medida en áreas degradadas, y será en éstas donde se emplace la mayoría de la población urbana del planeta. Según datos del Banco Mundial para el 2030 o 2040 habrá 2.000 millones de personas habitando áreas degradadas (Davis, 2006, p. 213).

Frente a este escenario de urbanización informal y espontánea que ha dado lugar a extensas zonas de urbanización precaria, tuvo lugar un fenómeno de naturaleza distinta engendrado por la inserción de capital financiero en las grandes urbes de América Latina. En efecto, gracias al incremento de la movilidad del capital y a la relativa disolución de las fronteras en términos económicos fue posible que capitales extranjeros se trasladaran a territorios específicos, así, varias ciudades latinoamericanas se convirtieron en atractores de inversiones inmobiliarias. Desde el punto de vista físico, esto ha tenido como consecuencia la aparición de núcleos de oficinas o zonas residenciales destinadas a grupos sociales con cierto poder adquisitivo. El impacto de la urbanización capitalista ha intensificado cambios en los asentamientos urbanos de los grupos más acomodados, lo

⁹ Sobre el tema de la urbanización informal en la ciudad de México resulta de interés la consulta de Banzo (2000) Hiernaux-Nicolas, Lindón, & Noyola (2000).

cual junto a los procesos de urbanización precaria genera un mayor proceso de fragmentación del espacio ampliando las desigualdades territoriales (De Mattos, 2008).¹⁰

Vemos pues cómo el proceso de urbanización en América Latina ha atravesado por varias vicisitudes económicas, sociales, demográficas, que la han llevado a adoptar ciertas singularidades frente a otras regiones. Ante este contexto, Castells ya predijo las principales características que tendría este proceso, al establecer que:

“La urbanización latinoamericana se caracteriza, por los siguientes rasgos: población urbana que supera la correspondiente al nivel productivo del sistema; no relación directa entre empleo industrial y urbanización, pero asociación entre producción industrial y crecimiento urbano: fuertes desequilibrios en la red urbana en beneficio de una aglomeración preponderante; acelerado crecimiento del proceso de urbanización; insuficiencia de empleo y servicios para las nuevas masas urbanas y, por consiguiente, acentuación de la segregación ecológica por clases sociales y polarización del sistema de estratificación al nivel de consumo” (Castells, 1974, p. 71).

Sin embargo, debe hacerse notar que, frente a este escenario, durante los últimos años, en América Latina se han iniciado reformas significativas. El hecho de que a inicios de este siglo aparecieran gobiernos progresistas en diversos países hizo que, esta situación se cristalizara sobre todo en Argentina, Brasil, Bolivia, Venezuela y Ecuador¹¹. En estos países, el Estado ha retomado, en parte, un cierto papel como regulador de la economía. Además, debe tenerse en cuenta que en las últimas décadas se registró un crecimiento económico y un creciente interés por parte de China para promover la economía de la región, abundante en materia prima. En consecuencia, se ha producido una consolidación de la economía extractivista por el alza de los precios de las materias primas en países como Chile, Argentina, Bolivia, Perú y Ecuador (Prada Trigo, 2016).

Entre las razones que se vinculan con el auge de este interés en el aprovechamiento de recursos naturales, figura el objetivo principal por parte de los gobiernos en encaminar programas y políticas con tintes sociales para combatir la pobreza. No es ajeno a esta

¹⁰Respecto al impacto de la inflación del capital financiero en las metrópolis latinoamericanas, véase, para el caso de Buenos Aires a Muxí (2004), para Santiago de Chile a Rodríguez (2009), y De Mattos (2009) , para Rio de Janeiro a (2012), para Lima a Ludeña (2002) y para Bogotá a Cuervo (2002).

¹¹ A. En relación a los efectos, a menudo contradictorios de las políticas urbanas reformistas en diversos países latinoamericanos, es especial a lo que se refiere a política de vivienda, puede verse, para el caso chileno los estudios compilados por Rodríguez (2015; 2005), para Brasil a Santos et al (2012), para Colombia a C. Herrera (2017).

evolución, la creciente inestabilidad social que ha afectado diversas ciudades latinoamericanas en los últimos años, como lo muestra los acontecimientos en Santiago de Chile, Bogotá, Quito, Buenos Aires, entre otros.

A pesar de que las medidas o estrategias tomadas por cada gobierno pueden interpretarse de distintas maneras, los gobiernos han tratado de estabilizar el crecimiento urbano, reestructurar las economías y crear oportunidades para la inversión extranjera, reorientando sus economías hacia los mercados de Norteamérica, Asia y Europa. Sin embargo, los resultados de estas políticas han sido contradictorios y en muchos casos han hecho aún más evidente las desigualdades regionales, con lo cual la brecha en el desarrollo se ha ampliado, quedando las ciudades de menor orden relegadas en su desarrollo (Roberts, 2015). Además, a pesar de estas nuevas estrategias, las ciudades latinoamericanas siguen, en términos generales, rezagándose a nivel mundial (Cadena et al., 2011).

A la vista de la evolución aquí reseñada, se evidencia, que en América Latina no se reprodujo de igual manera el proceso de urbanización que en países primigeniamente industrializados. En este sentido resulta comprensible que ideas y prácticas urbanísticas, desarrolladas sobre todo en Europa, no se acoplen a las realidades de las ciudades latinoamericanas. Así, modelos de planificación propuestos en ciudades latinoamericanas, pero con claras influencias en visiones y tendencias en su mayoría europeas, han resultado ser poco adecuados debido a que se encontraban descontextualizadas.

El proceso de urbanización en esta región se ha producido de tal manera que las áreas urbanas extensas y de baja densidad se han configurado como uno de los rasgos principales en el territorio. Sin embargo, debe considerarse que durante estos últimos años han existido cambios relevantes tales como la expansión de los aparatos institucionales, la diversificación de usos urbanos, el desarrollo de tecnologías de información y comunicación, la estructuración de sistemas urbanos y demás, lo que ha supuesto cambios en las estructuras urbanas y sociales. Es así que, en la actualidad, además de los problemas territoriales que ya se han identificado, han surgido nuevos desafíos que se vinculan a las demandas de los nuevos estilos de vida. Entre estas nuevas demandas se podría mencionar la seguridad ciudadana, calidad de vida, espacio público, derecho a la ciudad, todos ellos coexistiendo con las demandas anteriores vivienda, infraestructura y servicios (Carrión, 2016). Así, históricamente, el proceso de urbanización ha mantenido ritmos de crecimiento más elevados que los ritmos de industrialización y globalización económica que presentan indicadores muy inferiores en comparación con regiones más desarrolladas.

En conclusión, la expansión urbana en Latinoamérica fue consecuencia del exponencial incremento demográfico y no solo de un desarrollo económico. Además, la concentración de la población se origina de manera desequilibrada en la estructura urbana de la región, pues algunos centros poblados, generalmente las capitales actuaron como focos atractores de población, en detrimento de la configuración de ciudades intermedias y pequeñas, lo cual a su vez supuso profundos desequilibrios interregionales. Además, se evidencia un desarticulado proceso de urbanización agravado por la recurrencia de las crisis políticas que afectan las grandes ciudades, pero también las ciudades medias y pequeñas.

2.2.4. La dispersión urbana en Latinoamérica: El nuevo modelo territorial en América Latina, principales influencias y características

Después de revisar brevemente cuales han sido los rasgos principales del proceso de urbanización en América Latina conviene ahora concentrarse en los antecedentes de aquello que constituye el objeto de estudio principal de nuestra investigación: la dispersión urbana.

Como hemos señalado, en el análisis de las ciudades latinoamericanas se debe tener presente que los procesos de urbanización en este territorio se originaron a partir una profunda influencia hispana, con una temporalidad más reciente en relación con los procesos generados en otros contextos. En América Latina, la mayoría de ciudades surgieron a partir de decisiones con marcados tintes institucionales y económicos para responder a necesidades de control y comercialización (L. Herrera et al., 1976), así, las huellas de las ciudades pre capitalistas fueron prácticamente borradas en su totalidad. Como es bien sabido, las ciudades de nueva fundación se caracterizaban, desde el punto de vista morfológico, por su compacidad física y voluntad de establecer una distinción clara y tajante entre el espacio urbano y el entorno circundante siguiendo lo establecido en Las Leyes de Indias.

La primera transformación de gran impacto de las ciudades luego de la época de la colonia surge, como se ha dicho, con el proceso de industrialización, la cual no se originó en el mismo periodo temporal en todos los países latinoamericanas. Para Argentina y Brasil, la industrialización se inicia en la época en la Primera Guerra Mundial, luego México, Colombia, Perú y Chile inician el proceso durante la Segunda Guerra, mientras que Venezuela la emprende en la década de los cincuenta. En esta época, las tasas de crecimiento poblacional se mantuvieron elevadas, lo que provocó cambios en la

configuración urbana. Algunos asentamientos pequeños incrementaron su tamaño debido a la presencia de nuevas fábricas. Así, la morfología urbana empezó a distanciarse rápidamente de la urbanización ortogonal propia de las ciudades españolas, con la proliferación de nuevos arrabales y edificaciones disgregadas y desordenadas por el territorio, en donde se evidencia una inadecuada o inexistente planificación urbana. Además, estas nuevas áreas ocupadas carecían en sus inicios de servicios urbanos básicos, con viviendas precarias que ocupan extensos territorios en los que se origina una problemática de profundas repercusiones para la calidad de vida (L. Herrera et al., 1976, p. 15).

Estas transformaciones morfológicas se han acelerado extremadamente en las últimas décadas cuando las dinámicas del territorio han generado nuevas reestructuraciones urbanas vinculadas a los cambios de las dinámicas económicas globales y a políticas de carácter neoliberal (W. C. Smith, Acuña, & Gamarra, 1994). De este modo, los espacios urbanos latinoamericanos atraviesan hoy por profundos procesos de metamorfosis debido a tendencias de carácter mundial (Carlos, 2014b; De Mattos, 2010).

En la adaptación morfológica de las ciudades a las nuevas dinámicas globales han incidido en particular dos fenómenos. Por un lado, en el ámbito tecnológico: el desarrollo de las TIC ha promovido nuevas formas de movilidad y conectividad que permiten un despliegue general de los usos urbanos por el territorio. En este contexto las redes urbanas se caracterizan por su expansión y por vehicular mayores flujos de información, nuevos y más intensos patrones de desplazamiento y comunicación. Por otro lado, las dinámicas de segregación de los grupos sociales adquieren ahora una escala metropolitana surgiendo así nuevas áreas de baja densidad, destinadas alternativamente a la residencia de sectores acomodados, intermedios o vulnerables. (De Mattos, 2010, p. 83; Sassen, 2007).

A través de estas dinámicas, las ciudades latinoamericanas han entrado en una nueva fase del proceso de urbanización que en el pasado había atendido sobre todo a las necesidades de los procesos de industrialización. En este punto se debe enfatizar el hecho de que las ciudades han estado en constante transformación, aunque en momentos específicos las coyunturas económicas, políticas y demás pueden haber estimulado cambios con mayor trascendencia. Aquello que caracteriza las últimas décadas, es la configuración de una nueva fase de modernización urbana capitalista cuyos rasgos medulares se deben a la globalización y la informacionalización de la economía (De Mattos, 2006, p. 41).

Los cambios que se observaron en las ciudades, aunque significativos en esta etapa, tienen antecedentes en etapas anteriores. A estas se han sobrepuestos, sin embargo, nuevos rasgos en la organización, funcionamiento y la modalidad de expansión de las metrópolis

en las que pueden identificarse características similares a los que se produjeron en países más globalizados, pese a que en América Latina han sucedido de forma distinta a la generada por los procesos clásicos de industrialización y desindustrialización (De Mattos, 2010). De este modo los modelos de suburbanización de tipo latino mediterráneo y anglosajón tienden a converger un modelo común de una ciudad sin centro y cuyos nodos acentúan su identidad específica (De Mattos, 2006, p. 46).

El modelo que surge posee rasgos como pluricentralidad y fragmentación urbana, donde las nuevas tendencias generan una metamorfosis, que ha modificado la estructura, organización, funcionamiento y apariencia del territorio, dejando aun en evidencia algunos rasgos del modelo anterior. Para describir los rasgos de este nuevo modelo, De Mattos (2006) hace referencia a *cinco tendencias* principales que emergen con esta fase de modernización urbana capitalista en América Latina.

La primera tendencia que menciona se deriva en la actividad de las empresas organizadas en red que impulsan *la descentralización productiva a través de la dispersión de sus nodos*, lo que incide en la transformación de la estructura de las áreas urbanas, su organización, funcionamiento y paisaje. Debido a la escasa capacidad de los Estados para regular el comercio internacional, se ha generado una presión extrema para mejorar la competitividad de las empresas. De este modo, estas se deben estructurar según los requerimientos del mercado en un espacio mundial de acumulación, de modo que tratan de afianzar su presencia productiva y comercial en el mayor número de lugares posibles. Las consecuencias de esta reestructuración han impulsado el proceso de urbanización, de modo que, las grandes ciudades latinoamericanas se convirtieron en focos de atracción de nodos y flujos transnacionales. En este punto las redes de ciudades globales se han convertido en lugares de mayor atractivo para la localización de actividades cuya presencia determina la jerarquía de cada ciudad, y la mayor o menor concentración de riqueza o poder de cada territorio. En este sentido se configura una red urbana policéntrica en la cual se cristalizan nuevos modelos de conexiones, relaciones y flujos (De Mattos, 2010, p. 47). El desarrollo regional autónomo desaparece y se forma una red de ciudades donde el núcleo principal típico es la capital. La dispersión está condicionada a las características del sitio y a la red de comunicaciones, de modo que las vías de comunicación más importantes favorecen, generalmente, los procesos de expansión con bajas densidades de nuevos desarrollos urbanos que posteriormente son incorporados a la ciudad principal (L. Herrera et al., 1976).

La segunda tendencia concierne a *las brechas sociales* que se han acentuado a través de los nuevos regímenes laborales impulsados por las *políticas de liberalización económica*. En las ciudades latinoamericanas se observa una tendencia continua hacia la precarización

del trabajo que promueve la exclusión, la segregación, la fragmentación y la tugurización. Esta tendencia tiene su origen en los años 70, cuando se inició la flexibilización del régimen laboral keynesiano como una forma de mejorar la competitividad. De este modo, la priorización de la rentabilidad del capital comporta, claramente, el empeoramiento de las condiciones de vida de las clases trabajadoras en la ciudad. Aquí, el Estado pierde su rol regulador del flujo de capital, lo que genera un deterioro de las clases más desfavorecidas. Esta tendencia ha hecho que persistan y se acentúe la desigualdad intraurbana. De este modo, en esta región las desigualdades sociales y urbanas se encuentran entre las más elevadas del mundo, tanto si se miden en términos generales (a través, por ejemplo del índice de Gini) como mediante el estudio de la segregación urbana (De Mattos, 2006, p. 50, 2010).

En este sentido las ciudades se configuran como áreas fragmentadas, en las que se identifican sectores destinados a población de altos ingresos que llegan a constituir áreas sumamente segregadas a las que se impide el ingreso a sectores populares, las cuales se refuerzan con la aparición de distritos financieros, de negocios y comerciales¹². En cambio las zonas centrales de la ciudad son espacios económicos crecientemente abandonados a la economía informal vinculada con el comercio por sobrevivencia (De Mattos, 2010)¹³.

Desde el punto de vista de los tejidos residenciales, son muchos los estudios que destacan una tendencia a la homogenización social de los barrios ricos como producto de una búsqueda de sus similares, lo que corresponde a una auto-segregación. En general los sectores más privilegiados tienen una mayor preferencia por la vivienda unifamiliar que generalmente se localizaban en zonas alejadas del centro. Mientras que la población de ingresos medios promueve parte de la recuperación de las áreas centrales. Aquellas que prefieren una vivienda individual y condiciones de vida alejadas de la inseguridad, la congestión y la contaminación de la ciudad, se desplazan a zonas alejadas del centro, localizándose en áreas periurbanas, lo que promueve un crecimiento acelerado de éstas. A menudo este tipo de ocupación tiende a generar complejos urbanos cerrados¹⁴ como

¹² Entre los estudios que analizan este fenómeno de segregación se encuentra Pereira, Hidalgo, Vidal-Koppmann, & Lencioni (2011) que han tratado temas como el negocio inmobiliario, Ferreira (2011) los efectos de los grandes proyectos en la configuración del espacio. De igual manera para Santiago se puede mencionar a De Mattos (2009) y para el norte de México a L. López (2006). En cuanto a Brasil puede verse a Siquiera (2014) que trata las desigualdades regionales.

¹³ Sobre las residencias en las zonas centrales puede verse a Harms, Ludeña & Pfeiffer (1996).

respuesta a la percepción de inseguridad muchas veces surgida por la cercanía a grupos sociales más pobres (De Mattos, 2010).

Finalmente, las clases sociales más desfavorecidas transforman el suelo configurando tugurios en zonas marginales. En el año 2014, el Banco Mundial señaló que en América Latina un 20,4% de la población urbana se asentaba en barrios marginales, frente a un 29,8% a nivel mundial. Estos sectores menos favorecidos en la mayoría de los casos fueron expulsados hacia la periferia más precaria donde el suelo tiene un coste más bajo. La mayoría de estos procesos han sido desarrollados a través de mercados informales y ocupaciones ilegales. En general las formas de urbanización de estratos más altos generan procesos urbanos provistos de todos los servicios básicos e infraestructura mientras que los estratos bajos están desprovistos, en gran parte, de los servicios más básicos viviendo así en condiciones de precariedad (Davis, 2006; Jordán, 1982).

Estos procesos de heterogeneidad social han acentuado la segregación entre áreas donde residen sectores sociales extremos. Además, con el incremento de la violencia urbana se ha propiciado aún más procesos de aislamientos voluntarios tanto en sectores de altos como de bajos ingresos, lo cual produce un mayor fraccionamiento del territorio, haciendo que cada barrio o conglomerado tienda a funcionar como una isla (De Mattos, 2010).¹⁵

Este modelo surge como respuesta a la delincuencia, conflictividad, violencia, contaminación y congestión en el área urbana. De modo que se configura una ciudad segregada, donde por una parte la revalorización del suelo urbano expulsa a las rentas baja, provocando desempleo, desestructurando familias, alterando las relaciones sociales y destituyendo a las personas de su referencia (Carlos, 2014a), mientras, por otra parte, los grupos más acomodados tienden a separarse del resto en un proceso de secesión y aislamiento.

Cabe destacar asimismo que, en algunas ciudades latinoamericanas, se han conformado territorios controlados por organizaciones vinculadas con actividades delictivas y criminales lo que produce una profunda fragmentación del espacio creando áreas donde la mayoría de la población no puede ingresar. En muchos casos estos barrios resultan

¹⁵ Sobre la secesión de grupos sociales más acomodado y, en particular, sobre el fenómeno de gates communities véase en Sposito & Góes (2013) y en Klaufus et al (2017). En ciertos casos los estudios se relacionan con la inseguridad, como analiza Caldeira (2000) en Sao Paulo o Rodríguez, Méndez, & López Levi (2006) al Norte de México. Mientras que para Buenos Aires puede verse en Giusti & Prividera (2015).

también inaccesibles para los cuerpos de policía e incluso para las administraciones y las organizaciones sociales.

En este escenario, resulta interesante mencionar que las actividades destinadas al consumo y producción también aparecen segregadas, por un lado se pueden distinguir sectores que están destinados a alojar actividades dirigidas a grupos de altos ingresos localizados en su mayoría en nuevas centralidades y albergan a grandes firmas globales, cadenas de hoteles y gastronomía exclusiva, y por otro lado se distinguen otros sectores destinados a grupos con menos poder adquisitivo que se localizan en zonas periféricas y marginales, en donde surgen pequeños establecimientos (De Mattos, 2010). A la luz de estas situaciones, las metrópolis latinoamericanas constituyen conglomerados que crecen de manera continua y poco controlada para los poderes públicos, en los que se visibilizan profundos contrastes generados por las brechas socioeconómicas, donde cada ámbito funciona de manera fragmentada.

La tercera tendencia en la evolución morfológica de la metrópolis latinoamericana enunciada por De Mattos (2006) tiene que ver con el *rol de los negocios inmobiliarios en la configuración de las nuevas realidades urbanas*. El papel del Estado, debilitado por criterios de neutralidad y subsidiaridad, favorece la inversión privada. En esta tendencia también influyó la idea generalizada de que la planificación normativa centralizada y la planificación urbana no constituían instrumentos adecuados para impulsar el proceso de desarrollo. Así, se ha producido el abandono de la práctica del urbanismo racionalista instaurado por Le Corbusier y la Carta de Atenas sin que esta haya sido substituida por ninguna otra corriente de pensamiento urbanístico con voluntad ordenadora. De este modo, la nueva política urbana ha tendido a suprimir o debilitar las regulaciones urbanas propuestas por la teoría racionalista, asignando a los negocios inmobiliarios el papel principal en la transformación urbana.

Además, es importante mencionar que este sector fue reforzado por los grandes capitales que vieron en el mercado inmobiliario una oportunidad de inversión con tasas de crecimiento altas o estables. De modo que, la mayor parte de las ciudades empezaron a competir para atraer a estos capitales. En general estas estrategias se basaban en la premisa de que estas inversiones traerían consigo el aumento de la actividad económica, el empleo y una mejor calidad de vida de sus ciudadanos (De Mattos, 2006, p. 59). Esta competitividad territorial supone la reducción de costes del trabajo o impuestos, para aumentar el atractivo para la inversión, así estas políticas en la mayoría de casos han supuesto un empeoramiento de las condiciones de vida para la población trabajadora (Nel-lo, 2015).

La cuarta tendencia se vincula con las *exacerbaciones de la movilidad dentro de estas nuevas redes urbanas*. Esta dinámica se halla vinculada al desarrollo de las nuevas tecnologías de información y comunicación, así como a la transformación de las tendencias para la implantación de empresas y viviendas, que han promovido procesos de periurbanización y policentralización. La explosión de la movilidad, facilitada extraordinariamente por la adopción de las TIC, ha tenido efectos trascendentales en la configuración del territorio, ya que el factor de la distancia para la toma de decisiones sobre la localización de empresas y viviendas perdió valor, impulsando la localización de usos en zonas más distantes a las que antes podían permitirse. También es fundamental mencionar que se han producido otros procesos que influyen en la intensificación de una ocupación expandida de los usos urbanos como son: el incremento poblacional que ocasiona una mayor demanda de suelo urbano; el incremento del ingreso medio y el nivel de vida de parte de la población que busca suelo residencial; la conformación de núcleos familiares más pequeños con lo que surgen necesidades de nuevos tipos de vivienda; la organización reticular de las empresas contribuyó también al fenómeno de dispersión territorial. Estos factores influyeron en un mayor consumo de suelo per cápita (De Mattos, 2006, p. 60).

De este modo, en esta nueva etapa de transformación territorial, se ha modificado el modelo anterior caracterizado por una gradiente de densificación desde la periferia hacia el centro en tanto población, actividad y demás. Surge en cambio una nueva forma urbana con características más complejas en donde resulta cada vez más difícil definir los límites de lo urbano.

Ante la ocupación expandida y la exacerbación de la movilidad, se incrementó la demanda de transporte público para lo cual se construyeron vías de circulación que si por una parte tratan de atender los nuevos patrones de desplazamientos han generado procesos de segregación social pues en ciertos casos pueden configurarse como barreras de segregación (Jordán, 1982).

A escala regional, el incremento de la conectividad y movilidad ha propiciado el desarrollo de ciudades medianas y pequeñas localizadas en áreas próximas a la ciudad metropolitana. Estas tienden a articularse en torno a un sistema central, con lo que nuevas pequeñas centralidades con distintas características empiezan a emerger. Se han identificado desde núcleos que se han fortalecido a través de la diversificación y ampliación de centros comerciales tradicionales hasta nuevos centros de negocios (De Mattos, 2010, p. 97). Estos nuevos patrones de urbanización produjeron un gran número de nodos especializados como parte de un proceso urbano policéntrico. De este modo estas pequeñas y medianas

ciudades acaban integrándose y configurando regiones metropolitanas (De Mattos, 2006, p. 62).

En este nuevo modelo, la tasa de crecimiento demográfico deja de constituir un factor de relevancia fundamental al contrario de la situación a mediados del siglo pasado, cuando existían tasas de crecimiento exacerbado fruto de migraciones campo ciudad que produjeron la llegada de oleadas significativas de nuevos habitantes urbanos a las ciudades. Así, más que el crecimiento de la población, en esta etapa es el comportamiento de los habitantes y empresas lo que condiciona las nuevas dinámicas en el territorio (De Mattos, 2006, p. 62).

Por lo que se refiere a los usos residenciales del suelo, se observa que el aumento de la oferta inmobiliaria en zonas periurbanas promueve una expansión de las áreas urbanas, en donde se genera una segregación por el nivel socioeconómico, tal como se había mencionado anteriormente. Por su parte, el sector empresarial ha encontrado también condiciones más favorables en las zonas más alejadas del centro, donde la accesibilidad y menores costos de la tierra ejercen notable influencia. Así, la reducción de la importancia de la distancia ha propiciado el asentamiento en terrenos más grandes, menos costosos para establecimientos industriales, sedes corporativas y oficinas (De Mattos, 2010, p. 94).

También la infraestructura vinculada a la salud, educación, administración pública y privada tendió a localizarse en zonas alejadas de los centros tradicionales y próximas, en cambio, a áreas donde se ubica la población de ingresos medio y altos. Entre los nuevos equipamientos que generan estas formas de organización territorial también destacan los “shopping centers” o grandes centros comerciales concentrados. Además en muchas ciudades latinoamericanas han emergido centralidades nocturnas vinculadas a temas de ocio y gastronomía (De Mattos, 2010, p. 98). Cabe mencionar que estos nuevos centros surgidos en estas últimas décadas son el resultado de inversiones privadas realizadas de manera desarticulada, respondiendo ante todo a criterios de rentabilidad económica. Estas tendencias, sumadas al aumento de conectividad y al mayor uso del automóvil, contribuyeron de manera destacada a la expansión de los procesos urbanos de manera extendida y difusa, aumentando así la superficie urbanizada (De Mattos, 2006, p. 64, 2010, p. 94).

El auge de estos centros de servicios creados en las periferias ha influido en la pérdida de importancia de los centros tradicionales de las metrópolis. Es así como varios centros urbanos han experimentado un proceso de transformación por la pérdida de población y comercio, con lo cual se podría hablar de crecimiento negativo propiciado por las nuevas

centralidades externas que emergieron a través de este nuevo modelo territorial (Aguilar, 2002).

Finalmente, la quinta tendencia concierne a la *aparición de elementos arquitectónicos emblemáticos* que influyen en el paisaje urbano de la ciudad globalizada, los cuales forman parte de este proceso de urbanización junto a un sinnúmero de ocupaciones precarias que se dispersan de manera incontrolada por extensas superficies. Estos emblemas arquitectónicos tienen un rol importante en la metamorfosis urbana pues constituyen parte de la imagen con la que la ciudad se presenta ante el mundo (De Mattos, 2006, p. 66).

Vemos pues como la conjunción de estas cinco tendencias: descentralización productiva, incremento de la desigualdad y la segregación urbana, liderazgo del sector inmobiliario, exacerbación de la movilidad y la aparición de la arquitectura icónica constituyen los rasgos básicos de la metrópolis latinoamericana contemporánea. Dichas tendencias tienen como resultado procesos de urbanización expandidos que en términos morfológicos se cristalizan en tres nuevos tipos de tejidos urbanos y metropolitanos. El primero hace referencia a lo que se ha denominado periferias expandidas que son el resultado de la interacción de áreas rurales adyacentes a la frontera metropolitana. En esta tipología se observa un exponencial crecimiento de la influencia de la ciudad central a ciudades menores localizadas en áreas próximas, en donde se ha propiciado un auge de las actividades socioeconómicas y una moderada migración. En segundo lugar, se identifican corredores urbanos en los que se distinguen distintos tipos de usos y densidades a través de los cuales se vinculan los flujos hacia asentamientos urbanos localizados en áreas discontinuas. Además, estos corredores conforman parte del territorio hacia el cual se proyectan las futuras expansiones urbanas. Y finalmente se distinguen subcentros que pueden estar conformados por asentamientos urbanos tradicionales o nuevos desarrollos urbanos que tienden a fusionarse con otras áreas construidas urbanas y así ocupar áreas más extendidas (Aguilar, 2002, p. 131).

En definitiva, el proceso de dispersión de usos urbanos conlleva a una serie de impactos diferenciales sobre el territorio. No es objeto de nuestra investigación valorar los aspectos positivos y negativos de estas dinámicas, sino medir y evaluar su alcance. Sin embargo, cabe mencionar que, en la literatura, a la hora de caracterizar el proceso de expansión urbana y sus consecuencias, se han distinguido dos categorías que permiten contraponer los efectos positivos y negativos, los cuales pueden resultar más o menos evidentes de acuerdo al ámbito que se considere.

Así, como parte de las principales ventajas se ha destacado la integración del territorio, la accesibilidad a los servicios, el desarrollo económico y el acceso a recursos. Por lo que se refiere a los desafíos, entre los de mayor relevancia se cuentan los consumos de suelo, los costes de servicios, el incremento de la movilidad, la segregación (Muñiz, García, & Calatayud, 2006, p. 6), la presión sobre los requerimientos de energía y recursos (Carreño & Alfonso, 2018), la falta de políticas de gestión (Buitelaar, Echeverri Perico, Silva Lira, & Rifo Pérez, 2015; Nel-lo, 2011; Pascual Ruiz-Valdepeñas & García Cuesta, 2008; Roberts, 2015; Silva, 2003) y la expulsión de comunidades locales (Osorio, 2015).

2.3. EL PROCESO URBANO EN ECUADOR Y LA CONFIGURACIÓN DE LAS REALIDADES REGIONALES

Una vez elaborado un marco territorial que esboza las principales características del proceso de urbanización en América Latina, podemos centrarnos en nuestro ámbito específico de estudio, es decir la República del Ecuador. A ello dedicamos el presente apartado que cuenta con cuatro epígrafes, en los que se abordan, a grandes rasgos, las características del proceso de urbanización en Ecuador y las realidades regionales que configuran su territorio.

En primer lugar, se presenta un breve resumen de la evolución del proceso de urbanización haciendo énfasis en las particularidades que surgen en este ámbito. En segundo lugar, se distinguen las dinámicas urbanas según regiones naturales. En el tercer epígrafe se realiza un análisis específico sobre la situación de la Amazonía. En el cuarto apartado se ha buscado ofrecer una imagen de los territorios que se han mantenido alejados de sistema urbano y las dinámicas territoriales consolidadas en los principales centros urbanos.

A continuación, la realidad territorial y social resultante del proceso de urbanización será analizada posteriormente en el apartado 2.4.

2.3.1. Sinopsis de la evolución del proceso de urbanización en Ecuador

En las dinámicas generales del proceso de urbanización resulta innegable que cada país presenta sus especificidades y el caso de Ecuador no es una excepción. Si bien es cierto, tal y como se ha descrito, las características y la evolución de los procesos de urbanización en los países de Latinoamérica presentan características comunes, sin embargo, es posible destacar fenómenos singulares en cada territorio que otorgan al proceso de urbanización

cierta peculiaridad frente al resto de países. En este sentido, resulta imprescindible, a efectos de nuestra investigación, reseñar los rasgos espaciales de la historia urbana de Ecuador, con el fin de comprender el proceso evolutivo por el que ha atravesado este territorio e identificar las características y dinámicas específicas que poseen las ciudades en la red urbana actual.

Tal como lo señaló en su día la Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica (JUNAPLA):

“La urbanización en el país tiene un historia larga y rica desde antes de la colonización y de la revolución industrial, aunque su exposición y hegemonía se cristalizarán por la incorporación al mundo capitalista y a la imposición de patrones de urbanismo y urbanización derivados de la expansión y consolidación del sistema capitalista” (Junapla, 1973, p. 1).

En este sentido, las civilizaciones que se desarrollaban en el territorio antes de la colonia configuraron redes de asentamientos que fueron modificadas completamente y de las cuales en tiempos actuales únicamente quedan vestigios dispersos por el territorio o incluso en el interior de algunas ciudades incluidas dentro de la red de ciudades coloniales (Serge, 1987). Es así que la estructura urbana actual se origina, principalmente, durante la conquista española.

De acuerdo a la interpretación realizada por Carrión (1994) sobre los procesos urbanos en Ecuador, para la comprensión de la especificidad del desarrollo urbano ecuatoriano, deben considerarse las lógicas coloniales y neocoloniales, que son las que contribuyen a configurar profundas desigualdades regionales. En este marco, el proceso de urbanización es entendido como un fenómeno de distribución territorial de la población (dispersión/concentración), cuyas determinantes principales son las transformaciones en las relaciones de producción en la agricultura e industria, en las relaciones de intercambio, distribución y consumo, en la estructura de clases y en la organización del Estado. Así, se considera que el proceso de urbanización está configurado por la peculiaridad histórica de la formación social ecuatoriana, aunque no constituye un reflejo mecánico de lo social en lo territorial. Además, la urbanización nacional se matiza por una marcada diferencia regional, asociada a formas productivas, relaciones sociales, estructura política, pisos ecológicos y orografía. La especificidad de cada región caracteriza la urbanización de su polo central, en este caso destacan dos regiones, en específico las Sierra y la Costa con Quito y Guayaquil como sus polos centrales, quedando en un segundo plano la región de la Amazonía y la región Insular. Finalmente, las relaciones interurbanas condicionan el

proceso de acumulación pues constituyen los ejes principales de relaciones intraurbanas e interregionales (Carrión, 1994, p. 131).

Una vez identificadas las características generales que perfilan algunos de los rasgos del proceso de urbanización que ha regido en Ecuador, procedemos a realizar una descripción más específica.

Desde el inicio de la colonización, Carrión distingue dos grandes periodos, dentro de los cuales pueden coexistir distintas formas de urbanización. En primer lugar, considera el periodo que corresponde a la etapa de dominio colonial, que denomina como *conformación urbana*. En efecto, la conquista generó un cambio en las formas de los asentamientos humanos y las actividades humanas preexistentes. Las ciudades fundadas en la época de la colonia respondían a requerimientos impuestos, y se localizaron como centros de control y desarrollo regional, generando así una estructura policéntrica. A partir del siglo XVII, la división del trabajo establecida por la Corona Española adopta nuevas determinantes, que persiguen especializar el territorio que hoy configura la República del Ecuador en la producción manufacturera textil, minera y agropecuaria. Sin embargo, a través de los años se observa una transición de la producción textil y la minería hacia lo agropecuario, de modo que el sistema productivo se integra en una unidad básica de producción, el latifundio, que impulsaba mecanismos de absorción de fuerza de trabajo. Este mecanismo, da origen a la hacienda serrana que acaba configurando la matriz institucional y económica básica. Durante esta época, la bicefalia urbana está constituida por las ciudades de Quito y Cuenca: Quito por ser el centro principal de la Audiencia de Quito, y Cuenca como centro minero. Sin embargo, la preminencia de estas ciudades paulatinamente se ve debilitada por el proceso de urbanización con la conformación y fortalecimiento de otras ciudades como Ambato, Manta y Guayaquil. Entre las principales razones de este fenómeno destaca la independencia política respecto a la Corona que transforma el papel de Quito, debilitando la organización urbana establecida. Además de estos sucesos se debe considerar la crisis demográfica del siglo XVII cuando las transformaciones socio productivas generaron disminución de la población y movimientos migratorios.

A partir del siglo XVIII, se produce una activación económica de la Costa que altera de manera radical la estructura de la red de asentamientos, hasta entonces basada esencialmente en las ciudades del interior. Por otra parte, en este periodo, se promovió una diversificación política, económica, regional y poblacional, lo que generó un proceso de la consolidación y desarrollo de ciudades intermedias. Este proceso se generó principalmente por el afianzamiento de formas productiva propias que propician el

comercio interurbano y el fortalecimiento de la red de asentamientos (Carrión, 1994, p. 134).

En un segundo periodo que Carrión denomina propiamente *proceso de urbanización* (Carrión, 1994), se inicia con la descolonización y se intensifica en la etapa final de la guerra civil de 1895 con la constitución del Estado Ecuatoriano moderno. En esta época, se asientan las formas de producción e intercambio capitalista en la sociedad ecuatoriana sobre la base de un modelo agroexportador (Junapla, 1973, p. 17). Este modelo permite la integración de la Sierra y la Costa, donde las plantaciones costeras sirven para atraer divisas por exportación, mientras que la hacienda serrana satisface el mercado interno. En términos de intercambio regional, podría afirmarse que la producción serrana era adquirida por la Costa, y la Sierra obtenía bienes manufacturados e importados a través de Guayaquil. Es así como el centro económico del país se desplaza progresivamente de Quito a esta ciudad portuaria. En la implantación de este modelo agroexportador se encuentra el origen de las ciudades intermedias. Su articulación a un sistema urbano cada vez más integrado fue favorecida por la acelerada construcción de obras de infraestructuras, red viaria y ferrocarril, así como la progresiva dotación de servicios y equipamiento en los centros urbanos mayores. A esto se debe sumar las inversiones realizadas gracias al aumento del poder adquisitivo proporcionado por la actividad exportadora, las cuales se destinan en general a la inversión en el mismo sector, al comercio, a bienes raíces, sobre todo en propiedades urbanas, y para consumos suntuarios.

Sin embargo, a partir de 1920 se inicia una época de estancamiento económico originada principalmente por la caída de la exportación del cacao. La estructura de la hacienda serrana y las plantaciones costeras se desarticulan y buena parte de sus trabajadores devienen redundantes, lo que promueve movimientos migratorios intensivos. Además, se debe tener presente que pese a las políticas desarrollistas planteadas en esta época que se enfocaban en mejorar la condición del indígena eliminando el trabajo precario, la exclusión económica y social existente de este grupo, contribuyó todavía más a la desarticulación social y cultural. De este modo, las migraciones internas fueron protagonizadas en gran parte por los indígenas de la Sierra hacia la Costa y hacia la Capital (García, 2008, p. 231). Quito y Guayaquil fueron los principales receptores de estas olas migratorias. Ahora bien, estas ciudades no contaban con la capacidad de absorber este flujo debido a la disminución de las actividades productivas y a los precarios servicios urbanos, de modo que estos procesos generaron el deterioro de la calidad de vida de la población urbana originando así suburbios en Guayaquil y tugurios en Quito (Carrión, 1994).

A partir de 1950 empieza la explotación y auge de un nuevo producto agrícola, el banano, que activa el sector agrícola y las exportaciones. Las actividades propias de esta actividad dinamizan la economía y estimulan la urbanización de las ciudades intermedias nacidas durante la época cacaotera. De este modo, se impulsó el crecimiento de las ciudades intermedias costeras, mientras los asentamientos de la Sierra continuaban en buena medida estancados. Sin embargo, el modelo agroexportador entró en crisis ya en los años sesenta, desarticulándose el esquema de urbanización de las ciudades intermedias y evidenciando la decadencia de las estructuras tradicionales de producción. Sobre todo, en las ciudades intermedias de la Costa se produjo un proceso de retroceso económico, mientras el agro se veía incapaz de absorber a la creciente población demandante de trabajo.

Al tiempo que se van produciendo estas oscilaciones en la producción agrícola y en la red de asentamientos intermedios, tanto Quito y Guayaquil siguen a lo largo de los primeros tres cuartos del siglo XX con un crecimiento acelerado, consolidando el proceso de urbanización nacional. Se asienta así el modelo económico desarrollista que promueve la industrialización como eje de desarrollo de la sociedad nacional, localizándose la mayoría de estas actividades en las dos ciudades. En 1973, Quito y Guayaquil concentran ya el 77% de establecimientos fabriles y el 78% de la población ocupada. También en esta época, se inicia el desarrollo de la región oriental promovido por la política estatal, mediante la expansión de la frontera agrícola, la construcción de infraestructuras, la concesión de tierras y la colonización (Carrión, 1994).

A partir de en 1972, el boom petrolero, cuya matriz productiva se basaba en la exportación de la materia prima, con baja innovación tecnológica, produce una nueva reestructuración de la economía. Quito se convierte en el centro de comercialización petrolera, consolidando el proceso de urbanización bicefálico a escala nacional. De manera que Quito y Guayaquil se consolidan como los principales polos estructurantes de los procesos de urbanización, atractores de población, capital y actividad productiva, lo que a su vez supuso el incremento de desigualdades territoriales y una desarticulación interna con el resto de centros urbanos (G. Durán, Martí, & Mérida, 2016; Navas, 2012, 2013). Ante este escenario, el avance de la urbanización en el resto del país dependió en buena medida de la estructura agraria regional (Davis, 2006; Prada Trigo, 2016), la cual dependía de las fluctuaciones del comercio exterior, de modo que se generaron épocas de dinamismo y otras de decadencia.

Resulta relevante mencionar que a partir de la década de los setenta, por la difícil situación económica del país se originó un fenómeno demográfico de gran impacto en la sociedad: un elevado número de ecuatorianos migraron hacia el exterior, fenómeno que se

intensificó aún más en los años ochenta y noventa, cuando la población sobre todo rural migraba por medios legales o ilegales hacia distintos destino, destacando Estados Unidos y países europeos (G. Herrera, Carrillo, & Torres, 2005). A partir de esta época, varios asentamientos menores atravesaron por procesos de despoblamiento, lo que agudizó aún más el estancamiento económico debido a que la población migrante era, en su mayoría, jóvenes y adultos que constituían un grupo poblacional importante del que depende gran parte el desarrollo local.

A inicios de siglo XXI, entre los impactos de la dolarización del año 2000, con la pérdida del manejo de la política monetaria, la crisis económica y el rescate bancario se produjeron profundos conflictos sociales (Barrera, 2001) y urbanos. Estos se reflejaron en demandas de servicios urbanos básicos, reivindicaciones laborales y de género (Bermúdez et al., 2016, p. 151). En consecuencia, ante esta situación, aparecen nuevas orientaciones de gobierno, que hasta cierto punto fueron comunes en diversos países de la región. En general, estas nuevas orientaciones se dirigen hacia “el desarrollo de la economía y el empleo, la mejora de la gobernanza y la gestión de la colectividad de la ciudad, la innovación social y económica, la mejora de la calidad de vida, del medio ambiente y la recuperación del patrimonio” (Prada Trigo, 2016, p. 128). Sin embargo, la evidente crisis de la política urbana o la ausencia de ésta, ha comportado una evidente desestructuración urbana con graves problemas sociales que son difíciles de abordar para cualquier gobierno.

De todas formas, pese a los intentos de introducción de nuevas políticas, debe mencionarse que el modelo económico y de gestión del territorio basado en las actividades extractivas continúa primando. Tanto así que actualmente, Ecuador maneja una política de exportación de materias primas entre ellas el petróleo y minerales como principal fuente de desarrollo. Incluso ahora, con la estimación del rendimiento de la mina El Cascabel, la cual se ha hecho pública en el 2019, se ha definido como la mina subterránea más grande de plata, tercera de oro y sexta de cobre en el mundo. Ésta se encuentra concesionada a una empresa australiana, SolGold (MERNNR, 2019c). De este modo se pretende convertir a la minería en el segundo pilar de la economía del país siendo este un componente clave del actual gobierno encabezado por Lenin Moreno para diversificar la económica altamente dependiente del petróleo. Sin embargo, con los efectos sobre el medio natural y la población que se han producido en torno a la extracción del petróleo se debería proporcionar y estimar los efectos reales que se obtienen de la extracción de materias primas.

En este sentido, según Carrión, la política de urbanización se relaciona más con la política económica que con la política urbana, por lo que para modificar el modelo actual se deben

conformar sistemas sociopolíticos con objetivos y valores distintos a los que condujeron el modelo actual (Carrión, 1994). En definitiva las ciudades han sido el resultado de una compleja interacción de procesos sociales, económicos y también culturales donde han intervenido los gobiernos de turno, mercados extranjeros y movimientos sociales (Erazo, 2009).

Tal como se había mencionado, al igual que el resto de países de la región, los sistemas urbanos y las realidades locales han ido evolucionando, generando formas de urbanización diversas, que en la mayoría de los casos han resultado en expansiones urbanas donde los espacios construidos ocupan territorios cada vez más amplios y se extienden sobre el suelo rural y los espacios forestales. De este modo, el territorio se ha desarrollado de forma desarticulada, donde la mayoría de actuaciones se han realizado sin una planificación ni control por parte de los entes responsables, y en algunos casos se han impuesto transformaciones territoriales en detrimento a las comunidades locales (Bayón, 2016; Wilson, Bayón, & Diez, 2015).

En los últimos años, varias de las actualizaciones o nuevas planificaciones desarrolladas buscan estructurar en lo posible los procesos de urbanización que ya se estaban desarrollando con anterioridad a la planificación, de modo que, la población pueda acceder mejor a los servicios que requiere para alcanzar una calidad de vida adecuada. Esto ha comportado que la administración pública ecuatoriana haya tratado de solventar esta ausencia de políticas territoriales y urbanas a través de la búsqueda de un rol más activo por parte del Gobierno Central. Así, debe mencionarse que en los últimos años se han realizado grandes inversiones en distintas infraestructuras vinculadas con la movilidad, de modo que se mejoran carreteras, se crean aeropuertos, se invierte en ferrocarriles y puertos, todo ello con el fin de mejorar el sistema productivo nacional (Prada Trigo, 2016). Además, en estos últimos años se han aprobado cuerpos normativos, a los que nos referiremos más adelante, que buscan mejorar el modelo territorial actual. Sin embargo, los problemas de articulación del sistema urbano y los retos en la sostenibilidad, funcionalidad y equidad de las ciudades, fruto del proceso histórico descrito subsisten en buena medida.

2.3.2. La dualidad del proceso de urbanización entre la Sierra y la Costa

Como se decía, el proceso de urbanización en Ecuador ha dado lugar a la conformación de realidades regionales muy diferenciadas. El primer rasgo específico de esta realidad es la dualidad tradicional entre la Sierra y la Costa. Desde el siglo XVIII, con el modelo

agroexportador y las dinámicas de relación entre Sierra y Costa, se ha consolidado la interrelación entre estas regiones. Este modelo permitió, en gran parte, dinamizar el intercambio comercial tomando como base la exportación de productos agrícolas y la importación de manufacturas (Carrión, 1994). Este tipo de sistema productivo, que desde sus inicios se encuentra concebido con un profundo regionalismo, ha producido una marcada bicefalia urbana de Quito y Guayaquil.

Los sucesivos ciclos de expansión y contracción de las dinámicas económicas han propiciado que la Costa y la Sierra, se enfrenten de manera constante, adoptando una persistente relación de rivalidad entre la Quito y Guayaquil por encabezar el desarrollo económico. Es así como después de la independencia, Guayaquil se posicionó como centro exportador, mientras Quito inicia su apogeo con el boom del petróleo. Sea como fuere, estas dos ciudades acumularon las principales dinámicas económicas y se convirtieron en polos atractores de población, lo que contribuyó de manera decisiva a acelerar el proceso de urbanización. Actualmente las dos provincias que contienen estas ciudades albergan al 71% de la población económicamente activa (INEC, 2017). Por su lado, el resto de ciudades intermedias y menores han atravesado también por periodos de dinamismo y recesión, periodos influenciados por las diversas coyunturas económicas y políticas que afectaron al País.

Considerando que la Costa y la Sierra han estado estrechamente interrelacionadas desde que Ecuador se integró en el sistema económico internacional y que las diversas fluctuaciones de la economía del país han favorecido de manera periódica a una y a otra región, cabe subrayar que el desarrollo urbano en ambas regiones presenta algunos rasgos comunes. En cada una de ellas destaca la presencia de un polo atractor, Quito y Guayaquil, mientras que las ciudades intermedias y menores se han urbanizado en conformidad con las demandas que se originaban en las diversas etapas históricas, sin menoscabo de la existencia de algunas ciudades que han logrado destacar más que otras en cuanto magnitud e intensidad del proceso urbano, desarrollo económico y demás.¹⁶

¹⁶ En cuanto a la transformación urbana originada en ciudades intermedia puede verse en Klaufus (2013). Para casos de la ciudades andinas véase en Klaufus (2006, 2009), Ortiz (2019), Tapia, Vigil-de-Insausti & Montaña (2018) et al y Donoso (2017). Para los procesos de informalidad instaurados en la región litoral véase en Allán (2010), Navas (2013), Durán, J. (2017), Alava et al (2020) y Fois et al (2020). Para la Amazonía ecuatoriana puede referirse a Alexidades & Peluso (2016) y Jarrín-V, Tapia & Zamora (2017).

2.3.3. La Amazonía y su evolución histórica

La región amazónica se incorporó al desarrollo económico del país a partir de 1980, debido a las estrategias políticas delineadas por el Gobierno central en el marco de la coyuntura económica que generó el boom petrolero. Sin embargo, antes de esta incorporación, la región amazónica había permanecido aislada del desarrollo económico y urbano que se gestaba en las otras dos regiones. El origen de esta singularidad se debe principalmente a tres factores: en primer lugar, el elevado nivel de marginalidad social, económica y política que regía en este territorio; en segundo lugar, la marcada heterogeneidad de grupos humanos que coexisten en este ecosistema y la diversidad en las formas de comunicación; y por último, una notable disparidad en el ritmo de desarrollo de los diferentes elementos que componen un momento histórico, donde coexisten elementos de vanguardia junto a aspectos arcaicos (Maignashca, 1994). Este periodo de aislamiento con respecto al resto del territorio provocó a su vez que esta región tenga una evolución histórica propia, con un desarrollo tardío en cuanto al sistema económico, urbano y social emergente en la Costa y la Sierra.

Se ha afirmado que la historia de las aglomeraciones humanas de este territorio y sus “ritmos de urbanización han seguido el mismo movimiento de las oleadas de rapiña capitalista, un síntoma del despojo colonial” (Bayón, 2019, p. 191). La historia del proceso de urbanización en la región viene a confirmar, en buena medida, este diagnóstico.

Durante el siglo XVI, se consolidó la colonización del norte de la Amazonía con la búsqueda de oro, mientras que el Sur opuso mayores resistencias expulsando al bando conquistador español. Aquí se origina, entre otros factores, el desequilibrio regional que ha persistido hasta la actualidad. Desde el periodo de la conquista española, la Amazonía atravesó por periodos de disminución constante de la población. Varias etnias locales desaparecieron por masacres, enfermedades y trabajos forzados en las encomiendas y fueron reemplazadas por indígenas de la Sierra. Entre 1640 a 1760 se inicia el despliegue de un frente misionero católico, que comporta la introducción de formas sociales inéditas y nuevos tipos de relaciones de producción. En el interior de la selva se produjeron lo que se denominó reducciones, donde la población indígena era confinada en pequeños núcleos de vivienda, práctica promovida por misiones jesuitas. La población debía vivir concentrada y trabajar, en ciertos casos, en la recolección de oro. En esta época el principal producto de explotación eran los minerales (Bayón, 2019; Wilson et al., 2015). Luego con el decaimiento del control sobre las colonias, empieza un lento aumento demográfico con una ligera expansión urbana por parte de la población autóctona sobreviviente (Maignashca, 1994).

A partir del siglo XIX, se instauró un sistema hacendatario basado en la esclavización de población capturada. Este sistema se afianzó con el boom del caucho a mediados del siglo XIX que reorganizó la estructura social y urbana en las regiones de Colombia, Ecuador y Perú. De este modo, aparecieron extensas haciendas que mantenían sus actividades a través de mano de obra indígena esclavizada con gravísimos costes humanos para la población indígena, que comporta el despoamiento de extensas zonas (Bayón, 2019).

Así, después de una etapa en la que la población autóctona apenas había logrado sobrevivir a la conquista y al control de la colonia, se inicia un periodo de apogeo con el boom del caucho que trajo consigo un intenso proceso de ocupación del suelo por parte de grupos vinculados a esta nueva actividad. Dicha dinámica se prolongó hasta la primera mitad del siglo XX, cuando, con la caída del precio del caucho, este territorio se transformó en un espacio con escaso o nulo dinamismo económico, en el que los intereses que habían propiciado la transformación de estas tierras por causa del caucho desaparecieron, aunque el sistema de patronazgo continuaba vigente (Wilson et al., 2015). Este marginal sistema de colonización y el precario sistema de comunicación dificultaron su articulación geográfica con el resto de regiones (Esvertit, 2001).

A partir de la segunda mitad del siglo XX, se vislumbra la aparición de la mano de obra asalariada con una ruptura con la organización misionera. Aquí se produce una nueva oleada de colonización. También en esta época se genera una disputa limítrofe entre Perú y Ecuador, en la cual Perú después del conflicto armado que tuvo lugar entre 1940 y 1941 se hizo con la mitad del territorio ecuatoriano, que formaba parte de la Amazonía. La extracción petrolera fue una de las razones por el conflicto entre Perú y Ecuador.

A partir de los años 60 del siglo pasado, surge el modelo urbano territorial amazónico que continúa hasta la actualidad. Este modelo es altamente dependiente y se encuentra guiado por las infraestructuras petroleras y la colonización promovidas por el Estado central. Así, no es hasta 1967, con la explotación del crudo por la empresa extranjera Texaco – Gulf que se inicia la construcción de carreteras y oleoductos. Este proceso consolidó asentamientos como Lago Agrio, Shushufindi, El Coca (Wilson et al., 2015). Sin embargo, no es hasta 1980 que inicia la incorporación de la Amazonía a la estructura económica y urbana del país, debido a políticas del Estado que promueven la ampliación de la frontera agrícola, la construcción de infraestructuras, las concesiones de tierras y la colonización. Este proceso de incorporación no se debió solo a la presencia de los yacimientos petroleros en esta área, sino también a que esta región empezó a constituir un espacio de interés para mercados internacionales. Además en esta época se gestaba un proceso de democratización y descentración política, lo que contribuyó a generar condiciones para la integración de esta región (Alexiades & Peluso, 2016; Carrión, 1994). En consecuencia, en

este marco de articulación, se puede considerar que el proceso de desarrollo e integración territorial de la Amazonía se inició un siglo más tarde que en el resto de las regiones.

Como resultado de estas peculiaridades, las nuevas ciudades surgieron en torno a las mayores centrales de procesamiento de petróleo y luego también emergieron en sus nodos de comunicación. Las nuevas carreteras fueron colonizadas por migrantes de la Sierra y la Costa (Wilson et al., 2015). Esta dinámica de desarrollo petrolero continuó durante el periodo neoliberal, que incrementó la participación de empresas extranjeras y estuvo acompañado de un proceso de urbanización. Esta intensiva dinámica implicó desposesión, empobrecimiento, contaminación y desaparición de pueblos enteros (Aguirre, 2010). Entre 2010 y 2015, un millón y medio de hectáreas de áreas petroleras han entrado en operación, la mayoría localizadas en la zona norte de esta región. Las situadas en la zona centro y sur aún no han entrado en operación. En definitiva, se debe poner énfasis en que, en este territorio, el proceso de urbanización sigue envuelto en un proceso histórico de extracción y explotación de materias primas y desposesión y colonización de la población indígena (Wilson et al., 2015).

Además, de las actividades extractivistas vinculadas directamente con el petróleo, se ha desencadenado una proliferación de diversas transformaciones que si bien han sido promovidas por la actividad petrolera generan resultados similares a los que produce el proceso de urbanización en los principales centros urbanos del país. De este modo, varios pequeños centros poblados han crecido de manera exponencial consolidándose como centros dotadores de servicios, generando así un mayor dinamismo económico (Bayón, 2019; Wilson & Bayón, 2017) y a la vez una mayor transformación del medio natural (Jarrín-V., Tapia, & Zamora, 2017).

Además, aunque con un impacto económico menor a nivel nacional, el cultivo de la palma africana también contribuye al desarrollo económico de la Amazonía Norte debido a acuerdos con la Unión Europea y al apoyo estatal, lo que ha influido en el crecimiento de esta actividad. También la actividad maderera tiene importantes aportes, aunque de difícil cuantificación debido a la tala ilegal. Finalmente, el turismo se ha visto limitado por la expansión de la actividad petrolera, disminuyendo los centros turísticos y el número de visitas (Bayón, 2019).

Otro eje captador de capital es el sector minero metálico. Al sur del Ecuador se han implantado tres nuevos megaproyectos de extracción minera, mientras que los principales proyectos estratégicos hidroeléctricos se localizan en el norte y sur de esta región. Destaca en particular el proyecto Coca-Codo Sinclair que se ubica en el marco de una política supranacional de energía (Bayón, 2019). Finalmente, es interesante mencionar el sector

biotecnológico que se ha desarrollado en los últimos años con la creación de la Universidad Regional Amazónica IKIAM, con lo que se pretende generar un cambio en la matriz productiva, pero hasta el momento sus avances son poco visibles (Wilson & Bayón, 2017; Wilson et al., 2015).

En principio, por todos los impactos generados, en gran parte debido a la actividad petrolera, en esta región se aplican políticas de compensación social. Los proyectos más emblemáticos fueron las tres Ciudades del Milenio localizadas en Sucumbíos, provincia norte limítrofe con Colombia. Estas ciudades están compuestas por unas ochenta unidades de vivienda que cuentan con todos los servicios básicos, agua, luz y alcantarillado. Estos proyectos fueron la respuesta otorgada por parte del Estado ante intensas manifestaciones por parte de la comunidad local para exigir derechos fundamentales, y fue una forma de apaciguarlas frente al rechazo hacia la compañía petrolera nacional (Wilson & Bayón, 2017). Sin embargo, estas ciudades aparte de su pequeño tamaño resultan ser modelos urbanos poco sostenibles para la población por la falta de trabajo, los cultivos propios de los habitantes se ubican a varios kilómetros y no existen infraestructuras productivas próximas (Wilson et al., 2015). Así, estos proyectos han sido empleados para obtener la aprobación de la comunidad para el ingreso de empresas petroleras, pero más bien han resultado ser un modelo de desarrollo urbano que altera profundamente el estilo de vida de la población local.

Por otro parte, con las regalías anticipadas por empresas extranjeras se han realizado una serie de inversiones de capital fijo en una gran cantidad de poblados menores. De modo, que en esta región se aprecia claramente como las inversiones de capital han influido de manera directa en el dinamismo del territorio y la expansión de los usos hacia zonas remotas, de modo que el capital se consolida como el vector principal inductor de las transformaciones territoriales. Haciendo referencia a los últimos años, el Estado central ha realizado una amplia inversión de capital fijo en forma de vías, puertos, aeropuertos, proyectos urbanos, universidades, que han promovido una mayor integración territorial y mayores actuaciones en espacios remotos. Incluso las actuaciones del Gobierno central están encaminadas a la atracción de capital extranjero bajo una lógica de competencia capitalista a escala mundial, para atender a las distintas actividades, sobre todo la petrolera que es la más demandante en cuanto a transformación del espacio y conseguir la integración de la región amazónica con el resto del territorio nacional (Bayón, 2019; Wilson et al., 2015).

En particular, la inversión vial ha permitido satisfacer la demanda petrolera de apertura de más plataformas, con la implementación de infraestructura para extracción y transporte del petróleo. Se requerían asimismo vías y puentes para el sector de la palma africana,

mientras el sector maderero y el minero requieren vías secundarias y terciarias para la comunicación con lugares más remotos. Al mismo tiempo, con la apertura de las vías se producía un proceso de especulación de suelo y una protourbanización a lo largo de estos ejes viales (Silveira, Bayón, & Moreano, 2019).

Las condiciones existentes antes de la etapa de articulación, debido en gran parte a extensos periodos de invasiones y letargo, propiciaron un crecimiento demográfico más lento que en el resto de regiones. Este hecho se evidencia en el menor volumen de población que estas ciudades albergan, lo que a su vez conlleva a un proceso de urbanización menos intenso. El primer censo de población y vivienda del año 1950, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) mostraba como dentro de las áreas urbanas de Quito y Guayaquil se asentaban más de 200 mil habitantes, en Cuenca 40 mil personas, mientras que Nueva Loja y Tena, localidades amazónicas, albergaban apenas 216 y 351 personas. La diferencia se mantiene en el último censo 2010 que indica que, mientras las dos principales ciudades junto con sus conurbaciones albergan a más de 4 millones de habitantes, Nueva Loja y Tena albergan 48.000 y 23.000 personas, lo que muestra la amplia brecha que existe entre los asentamientos ecuatorianos.

2.3.4. El impacto del proceso de urbanización en los pueblos primigenios y en las áreas remotas

En un contexto actual, el avance de la urbanización planetaria llega prácticamente al último rincón del planeta transformando incluso las formas de vida de las comunidades que habían logrado mantenerse aisladas o alejadas de las sociedades globalizadas y las lógicas capitalistas. Cualquier aproximación al proceso de urbanización en el Ecuador sería incompleta sin la referencia a estas comunidades.

Estos pueblos conciben al territorio como un espacio de vida donde se integra la diversidad natural y espiritual o metafísica, visión que choca frontalmente con la concepción del territorio como materia prima para empresas transnacionales o para el Estado que lo concibe como una fuente de recursos, proveedores de materias primas, para integrarlo al mercado global. Estas actividades extractivas son sumamente rentables para quienes las promueven, pero generan profundos efectos negativos en el entorno y en las comunidades que del mismo dependen directamente. Estas producen externalidades que comportan la destrucción de bosques, la contaminación de ríos, el empobrecimiento de las bases materiales que sustentan la existencia de las comunidades locales y la pérdida de la cultura. Considerando el ecosistema del bosque, las interacciones entre los distintos

elementos son sumamente elevadas haciendo que los efectos de la deforestación se multipliquen en el tiempo y espacio, alcanzando sus efectos nocivos zonas incluso no intervenidas directamente (Silveira et al., 2019).

Es importante mencionar que dentro del territorio ecuatoriano existen pueblos indígenas en aislamiento voluntario (PIA), para lo cual, en mayo del 2019, luego de varios procesos y en cumplimiento de la Consulta Popular del 4 de febrero del 2018, se incrementó la Zona Intangible Tagaeri Taromenane (ZITT) en la cual se encuentran emplazados dos pueblos de nacionalidad Waorani. Esta Zona se ubica en lo que se conoce como el Parque Nacional Yasuní, uno de los ecosistemas de mayor biodiversidad del planeta constituido por un bosque húmedo tropical (Finer, Jenkins, Pimm, Keane, & Ross, 2008). Este parque ha sido reconocido como Reserva de la Biosfera por la UNESCO en 1978, y en 1989 se delimitó la ZITT y su área de amortiguamiento. A través de la declaración del 2019, la nueva delimitación y las especificaciones realizadas sobre este territorio deja abierta la posibilidad de explotación petrolera en la zona de amortiguamiento, pues regulariza, mas no prohíbe, las actividades que se desarrollan en este espacio, considerando como compatible las plataformas y la producción de hidrocarburos (Narvárez, Maldonado, & Pichilingue, 2019). El interés económico dominante que rige en este sector se vuelve así evidente. Hasta la actualidad, la frontera ha sido impuesta a criterios de los intereses capitalistas que prevalecen ante los derechos de estos pueblos. En los últimos años, nueve áreas petroleras amenazan a estos pueblos por su cercanía, ya que los efectos que causan alteran el medio natural (Ponce, 2018).

De acuerdo a estudios realizados, se cree que las áreas delimitadas a estos pueblos no engloban su espacio tradicional, pues se debe considerar que poseen patrones de movilidad permanente, que abarcan un territorio más amplio. Varias de las delimitaciones de los áreas petroleras para la prospección y explotación se localizan sobre zonas propias de los pueblos nativos y sobre todo de los PIA (Finer et al., 2008). De este modo, las extensiones de suelo asignadas para los pueblos indígenas son escasas, mientras que los efectos nocivos de las actividades extractivas sobrepasan ampliamente los límites donde se emplazan las infraestructuras. Se está así frente a un proceso de vulneración y afectación exacerbada del medio y de la calidad de vida de los pueblos que habitan en estos espacios. Así, se podría considerar que el Estado central no está respetando sus derechos constitucionales en donde se define los territorios del PIA como irreductibles e intangibles. Es decir, que el escaso territorio otorgado para la vida de los PIA vulnera sus derechos y pone en riesgo sus estilos de vida (Narvárez et al., 2019).

Es importante mencionar algunas de las implicaciones que la extracción petrolera tiene sobre el territorio. Desde la primera etapa, la sísmica 3D, se inicia con la colocación de

explosivos y apertura de trochas para el ingreso de la maquinaria generando ruido y deforestación. Esto origina desplazamiento de especies lo cual a su vez produce una alteración de ciclos en espacios más alejados. En la segunda etapa, con la implantación de la infraestructura petrolera se produce una mayor intervención por la construcción de la infraestructura como tal y las vías, alterando aún más los ciclos y dinámicas naturales de reproducción, descanso y alimentación, y además produciendo fragmentación de hábitats. En la tercera etapa, la de apertura de pozos se origina un riesgo de contaminación de aguas subterráneas por la ruptura de estratos impermeables. Se debe considerar que a pesar de emplear una tecnología adecuada es frecuente que se produzcan derrames de petróleo, con lo cual los efectos sobre un territorio que contienen un alto nivel de biodiversidad, un ecosistema sensible e inundable, los efectos son bastante significativos. Además de esto la apertura de vías promueve un proceso de ocupación que incrementa la movilidad aumentando la caza y la tala ilegal (Silveira et al., 2019).

En relación a la cuantificación de estos efectos cabe reseñar el estudio del Colectivo Geografía Crítica del Ecuador, en el que se han empleado datos referentes a variables de ruido de operación, agresión de la sísmica 3d, polución del aire y demás. Para este análisis utilizaron estudios de impacto ambiental de las mismas empresas petroleras a través de los cuales cuantificaron las áreas de afectación. En base a los resultados, el colectivo afirma que el bloque 31 y el campo Tiputini del bloque 43, localizados al noreste del territorio ecuatoriano, en la provincia de Orellana, provocan efectos nocivos que han sobrepasado 91 veces las 1.000 hectáreas permitidas. Considerando los campos sur Tambococha e Ishpingo del bloque 43, la cifra podría superar las 160.000 hectáreas (Silveira et al., 2019). Es decir que a través de los mismos estudios de las empresas petroleras ya se puede inferir un elevado y extensivo impacto sobre el medio natural. En este sentido, el área de afectación de una actividad como la de extracción del petrolero va más allá de la que se delimita para la implantación de la planta como tal.

También es importante considerar el mito del vacío demográfico de esta región, que ha sido empleado como argumento para la intervención sobre este territorio sin considerar a los propios habitantes amazónicos, cuyas transformaciones les han sido impuestas de manera poco concertadas. Ante la falta de datos concretos sobre la cantidad y localización de los habitantes amazónicos se intuye que estos poseen una densidad más baja que el resto de regiones del Ecuador, sin embargo, presentan una elevada diversidad de territorialidades. La falta de análisis y conocimientos sobre las formas de vida de los pueblos indígenas evidencia la colonialidad y el racismo de los cuales parte la lógica del ordenamiento territorial (Silveira et al., 2019, p. 108).

Los pueblos se han visto despojados de sus suelos y compensados con infraestructura, equipamientos y viviendas que han reclamado como una forma de no ser expulsados del territorio, lo cual ha generado cambios importantes en las formas de vida. De esta manera estos pueblos son colonizados y sometidos a sistemas sociales y a condiciones de vida distintas, con nuevos modos de producción y consumo. En definitiva, estos procesos de urbanización, que alcanzan espacios cada vez más remotos, están implantando la condición urbana capitalista sobre las comunidades locales y modificando sus patrones de comportamiento.

De esta forma, el proceso de urbanización comporta una notable pérdida de diversidad humana y la inserción en procesos de explotación de poblaciones enteras. Ante esto, las comunidades, presionadas por intereses económicos globalizados, con una escasa capacidad de negociación e intervención se ven frente a hechos consumados en los que es poco lo que pueden hacer para impedir la transformación de su territorio. De este modo, muchos pueblos han cedido sus territorios a cambio de prestaciones.

Así, que como parte de las luchas por el territorio desde una visión integral surgen movimientos que buscan reivindicar los derechos a la tierra, a la vivienda, a la ciudad y también a la no ciudad (Giraldo, Bayón, Mérida, & Schicklinski, 2017). Varios investigadores empiezan a hablar de nuevos modelos de ordenación del territorio, con una autogestión económica, social y cultural que considere las instituciones tradicionales y cosmovisiones de estas comunidades. Se plantea que estos pueblos ancestrales deben ser considerados como habitantes de este planeta que tienen derecho a su autodeterminación (Surrallés, 2009; Viteri, 2004). Además, ante la eminente presencia del modelo extractivista varias organizaciones sociales ya no buscan reivindicar la resistencia de estas comunidades sino la construcción de otra sociedad (Giraldo et al., 2017).

Esta concepción del derecho a la no ciudad es una lucha contra el proceso neoliberal de urbanización que parte de la premisa que frente a la urbanización extendida se debe comprender que existen espacios de vida que pueden y deben quedar fuera del dominio de los flujos de capital y del proceso de urbanización que de ellas se deriva (Bayón, 2019, p. 203).

A los pueblos desplazados frente a las tendencias extractivas cada vez más extendida en el territorio, se le hace más difícil su relocalización y una posible reproducción de un sistema propio de vida, lo cual conlleva a una pérdida de cultura generando así un elevado riesgo de etnocidio (Silveira et al., 2019). De esta manera, el mito del vacío demográfico genera presión sobre el territorio para ser explotado.

Por otro lado, si bien es cierto que la actividad extractiva genera importantes ingresos económicos, lo cual podría traducirse en principio en mejoras en servicios de salud y educación, sin embargo la riqueza que esta produce se sigue concentrando y no se producen mejoras significativas en las condiciones de vida de la población con menos recursos económicos (CDES, 2013).

Estos aspectos inducen a reflexionar sobre las corrientes hegemónicas de la ordenación del territorio en pueblos con estilos de vida alternativos y sobre el modelo de sociedad que se busca concebir y sobre la relación con la naturaleza.

2.4. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA TERRITORIAL ACTUAL ECUATORIANO

Una vez presentados brevemente los principales rasgos del proceso de urbanización en América Latina en su conjunto y en Ecuador en particular, conviene completar el marco territorial ofreciendo una serie de informaciones básicas sobre la realidad actual del sistema territorial ecuatoriano.

Así, el presente apartado contiene información básica sobre Ecuador relativa a distintas temáticas con el fin de posibilitar una lectura general sobre la situación actual del ámbito a analizar. Entre los temas que se desarrollan se ha incluido la división política administrativa, principales asentamientos, evolución demográfica y un conjunto de informaciones sobre aspectos socioeconómicos principales. Además en el último epígrafe se enuncia brevemente los principales cuerpos normativos que influyen en las dinámicas urbanas del país.

2.4.1. Información básica de la República del Ecuador

En primer lugar, es pertinente presentar una serie de datos básicos para situarnos en el ámbito de estudio y tener una idea sobre del contexto general en el que se genera el proceso de urbanización.

Tabla 2-1 Información básica - República del Ecuador

POBLACIÓN	
Población:	17 Millones (INEC, 2019)
Grupos de edad:	27,9% menor a 14 años y 5,6% mayor de 65 años (INEC, 2010)
Tasa de Fecundidad:	2,4 (INEC, 2010)
Densidad:	54 hab/km ²
Auto identificación étnica:	7% Indígena, 7% afro ecuatoriana, 7,4% Montubio, 6% Blancos, 0.3% otros, 72.3% mestizos
Grupos indígenas:	Más de 40 nacionalidades incluida Quichuas, Huarani, Shuar, Achuar, Cofan, Tchachila, Zaparo, Cañari, Saraguro y demás
Lenguas reconocidas:	13 lenguas incluidas el Quichua y el Shuar que son lenguas oficiales de relación intercultural. Lengua Oficial es el castellano
GEOGRAFÍA Y MEDIO NATURAL	
Superficie:	270.000 km ²
Elevaciones extremas:	Océano Pacífico 0 msnm y Volcán Chimborazo a 6310 msnm.
Regiones naturales:	Costa, Sierra, Amazonía, y Región Insular (Galápagos).
Clima:	tropical en la Costa y la Amazonía y en la Sierra se pueden distinguir distintos pisos climáticos desde tropical a andino y glacial, dependiendo de la altitud
Biodiversidad:	Considerado uno de los países mega diversos, es decir con mayor biodiversidad por km ² . Se reportaron 382 mamíferos, 1655 aves, 404 reptiles, 464 anfibios y 1539 peces (MAE, 2010)
Zonas de vida:	Se han distinguido 24 zonas de vida tropical según el sistema Holdrige. Las especies flora y fauna presentan uno de los mayores niveles de endemismo del mundo.
ECONOMÍA	
PIB nominal:	\$107.347 millones de dólares americanos (Banco Central del Ecuador -BCE, 2019)
PIB per cápita:	6.368 (BCE, 2018)
Contribución al PIB:	9,7% sector primario (7,65% agricultura, ganadería y 1,42% pesca); 22,7% sector secundario incluyendo minería, extracción y refinado de petróleo (La industria del petróleo contribuye al PIB en un 11% y su peso en las exportaciones es de un 34,7%; y 65% sector terciario (10,19%, comercio y 9,12% construcción) (BCE, 2018)
Desempleo:	3,84% (INEC, 2019)
Tasa de empleo adecuado:	38,9% (INEC, 2019)
Pobreza por consumo (Incidencia):	25,8% (INEC, 2014)
ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA	
División administrativa:	24 provincias, cantones y parroquias

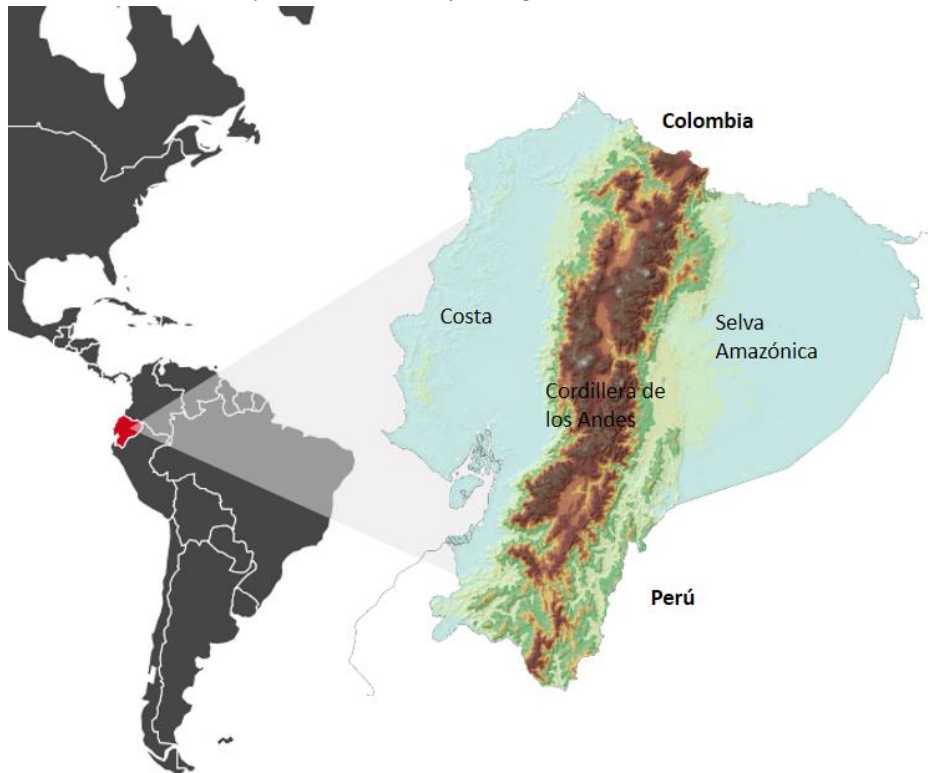
Elaboración: propia

2.4.2. Regiones naturales

El rasgo fundamental de la orografía ecuatoriana es la presencia de la cordillera de los Andes que atraviesa de Norte a Sur el territorio continental. La presencia de la Cordillera comporta la existencia de tres regiones naturales Costa, Sierra y Amazonía. Por su parte, la región insular se encuentra aproximadamente a 1000 km de la costa ecuatoriana. Esta región, más conocida como Las Galápagos, presenta características singulares debido a su biodiversidad y alto grado de endemismo, por lo que constituye prácticamente en su

totalidad un Parque Nacional, y cuenta con claras restricciones encaminadas a la conservación del medio natural existente.

Figura 2-3. Localización de la República del Ecuador y sus regiones naturales

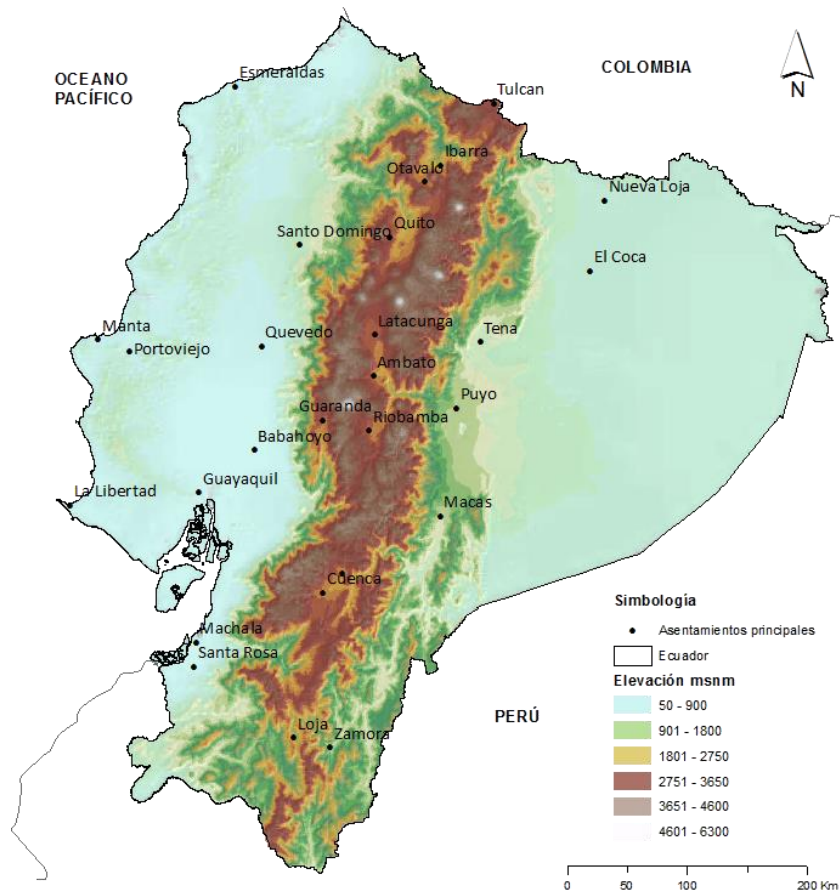


Elaboración: propia a partir de base de datos de la SENPLADES

Estas regiones, además de las diferencias en cuanto a los ecosistemas y la biodiversidad, presentan claras disparidades en cuanto a la configuración de sus sistemas territoriales, que en gran parte se deben a las características físicas del medio y a las dinámicas económicas y sociales por las que han atravesado a lo largo de la historia.

Al observar la localización de los asentamientos con respecto al relieve, se aprecia que la mayoría de ciudades de la Sierra se localizan entre las dos cordilleras que configuran la Cordillera de los Andes. Por su parte, las ciudades de la región Costa se encuentran emplazadas sobre el litoral. Finalmente, en la Amazonía, los principales asentamientos se hallan asimismo emplazados en proximidad a la Cordillera. Únicamente dos ciudades del norte de la Amazonía se emplazan hacia el interior de la selva.

Mapa 2-1. Relieve del territorio de la República del Ecuador



Elaboración: propia a partir de base de datos de la SENPLADES

El papel de estas regiones en el imaginario de la población local es muy importante, marca distinciones culturales, gastronómicas y demás. De modo que estas regiones constituyen un emblema para el país, son símbolo de una gran diversidad de paisajes. Incluso se ha optado por emplear esta característica nacional para promover el turismo.

2.4.3. División político administrativa

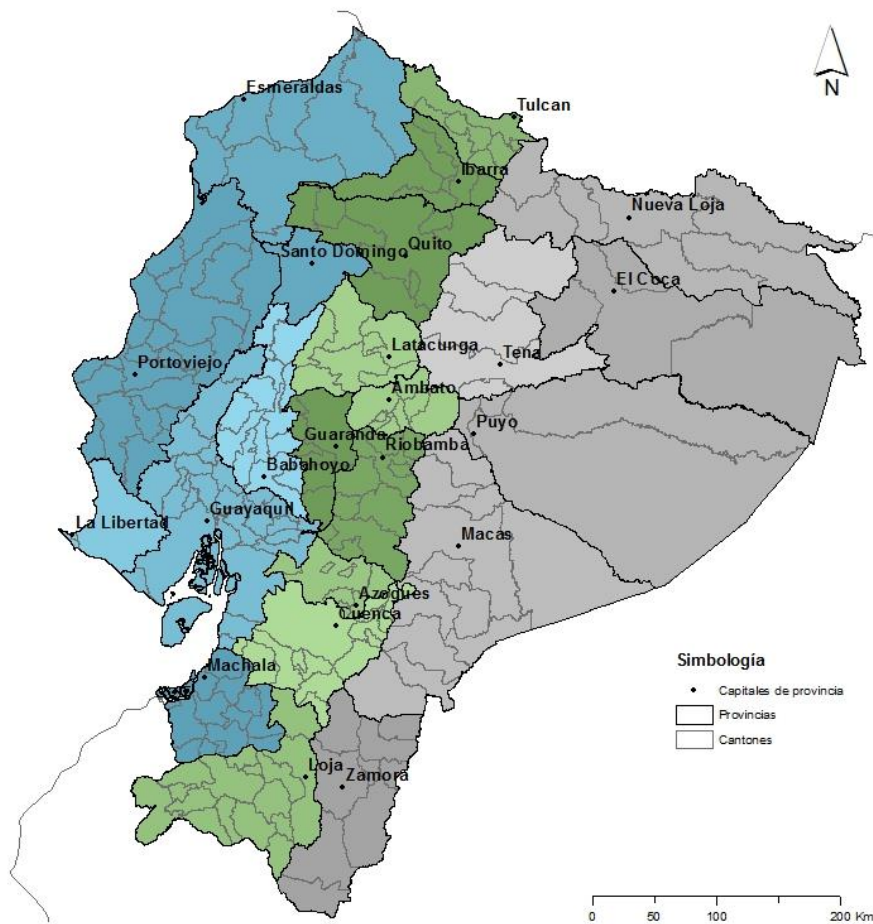
A lo largo de la investigación se emplea, de manera reitera, las divisiones administrativas vigentes para agrupar y presentar los datos. Al considerar la división política administrativa, debe partirse de lo establecido en la Constitución de la República del Ecuador vigente (2008), en su art. 242: “El Estado se organiza territorialmente en regiones, provincias, cantones y parroquias rurales (...)”.

Siguiendo lo establecido como estructura organizativa territorial, en Ecuador se delimitan 24 provincias. A pesar de que las provincias pueden abarcar zonas que corresponden a más de una región natural, mayormente se localizan en una de estas. La capital provincial, en la mayoría de los casos, corresponde a la ciudad de mayor concentración poblacional.

En el siguiente nivel de la estructura organizativa se encuentran los cantones y luego las parroquias urbanas y rurales. Las parroquias urbanas corresponden en su mayoría a las cabeceras urbano-provinciales y cantonales. En total, en Ecuador se delimitan 221 cantones y 1023 parroquias.

En los siguientes mapas se ha omitido la región Insular, es decir la provincia de Galápagos, por constituir un territorio con ciertas particularidades, al que nos referimos de manera particular en el capítulo 7.

Mapa 2-2. División político administrativa y regiones naturales. República del Ecuador

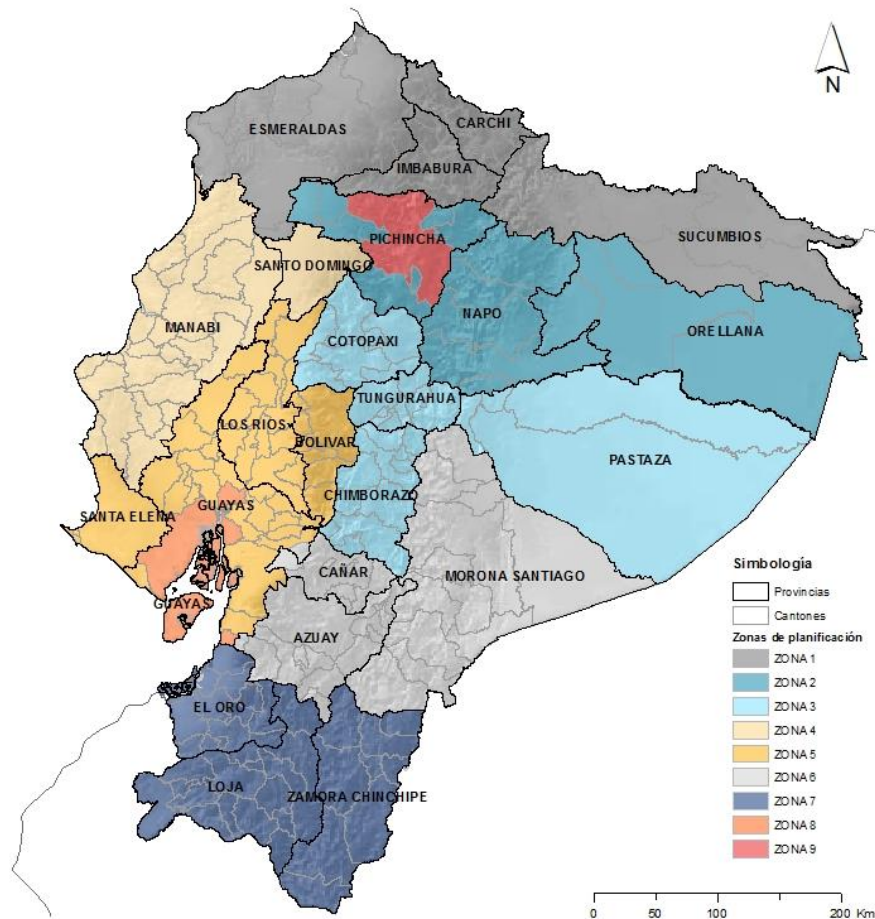


Elaboración: propia a partir de base de datos de la SENPLADES

En cuanto a la administración nacional y de acuerdo a lo planteado en la Constitución 2008, en su artículo 3 entre los deberes primordiales del Estado figura: “Promover el desarrollo equitativo y solidario de todo el territorio, mediante el fortalecimiento del proceso de autonomías y descentralización”. Por lo que para el cumplimiento de este punto, en este mismo año, el Gobierno central conformó 9 Zonas Administrativas (Mapa 2-3), después denominadas Zonas de Planificación. Estas zonas están integradas por provincias colindantes.

Para cada Zona de Planificación, el Gobierno central construye lo que se ha denominado Agendas Zonales, que son concebidas como instrumentos que buscan incidir en el desarrollo integral del territorio y son un referente para la planificación y ordenamiento territorial. Cada Agenda Zonal presenta sus principales líneas de acción que responden a las necesidades de cada zona, según los análisis realizados por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES).

Mapa 2-3. Zonas de Planificación. República del Ecuador



Elaboración: propia a partir de base de datos de la SENPLADES

2.4.4. Principales asentamientos

Presentada la delimitación político administrativa es necesario identificar las áreas donde se concentran los principales asentamientos urbanos. En principio, en estas áreas se han producido los mayores procesos expansivos de los usos urbanos del espacio, de modo que se configuran como uno de los principales ámbitos de análisis de esta investigación. Así, considerando los instrumentos de planificación vigentes, entre los que ha destacado el

modelo territorial planteado en el Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV) 2013-2017, se ha extraído información referente a la jerarquía de asentamientos.

El análisis de la red de asentamientos humanos a nivel nacional analiza la concentración poblacional y considera los intercambios y relaciones de interdependencias y complementariedad de los asentamientos en el desarrollo local, regional y nacional. A través de estos datos el PNBV realiza una jerarquización de los asentamientos de acuerdo a distintas características, en donde se distinguen a través de la relación entre bienes y servicios, la atracción poblacional, y de manera complementaria se analiza la población económicamente activa (PEA), para determinar las diversas actividades económicas de la población. En la Tabla 2-2 se presentan las 6 tipologías de asentamientos con sus características generales. Y en el Mapa 2-4, se identifican los asentamientos con los distintos tipos jerárquicos.

Tabla 2-2. Jerarquización de asentamientos según PNBV 2009-2013. Ecuador

TIPOLOGIA	CARACTERISTICAS
Metrópolis	Rol: Vinculación del país con el mundo, y provisión de servicios especializados para la población nacional. Población urbana: 44% (4`155.045 habitantes) PEA urbana: 46% (1`781.421)
Nacionales	Rol: alto desarrollo de funciones relacionadas con actividades comerciales, e industriales, prestación de servicios públicos complementarios a los ofrecidos en los asentamientos humanos de menor jerarquía. Población urbana: 18% (1`702,615 habitantes) PEA urbana: 18% (712.591)
Regionales	Rol: prestación de servicios relacionados con la construcción, administración pública y defensa Población urbana: 16% (1`514.824 habitantes) PEA urbana: 16% (606.698)
Subregionales	Rol: distribución, transporte y almacenamiento de productos manufacturados y primarios Población urbana: 10% (954.936 habitantes) PEA urbana: 9% (359.676)
Locales	Rol: Acopio y distribución de alimentos y materias primas para la industria manufacturera. Población urbana: 9% (822.936) PEA urbana: 8% (324.264)
Menores	Rol: Producción de alimentos y materias primas, prestación de servicios relacionados con turismo recreativo Población Urbana: 2% (90.682 habitantes) PEA urbana: 3% (240.511)

Fuente: PNBV 2013.

De acuerdo a esta jerarquización, se definen como Metrópolis los dos núcleos urbanos más importantes del país, Quito y Guayaquil. Luego se observa que las otras 22 capitales de provinciales corresponden jerarquías de asentamientos Nacionales y Regionales a excepción de la capital de la provincia de Galápagos, Puerto Baquerizo Moreno, la cual según el PNBV es un nodo de jerarquía local.

Dentro de la jerarquía de nodos nacionales y regionales, además de las capitales de provincia, se han considerado 5 ciudades: Manta, Quevedo, Otavalo, Sangolqui y Santa Rosa. Esta jerarquización se debe a que estas ciudades cumplen roles importantes en el territorio que les han otorgado un papel con mayor relevancia dentro de las provincias y regiones en las que se emplazan.

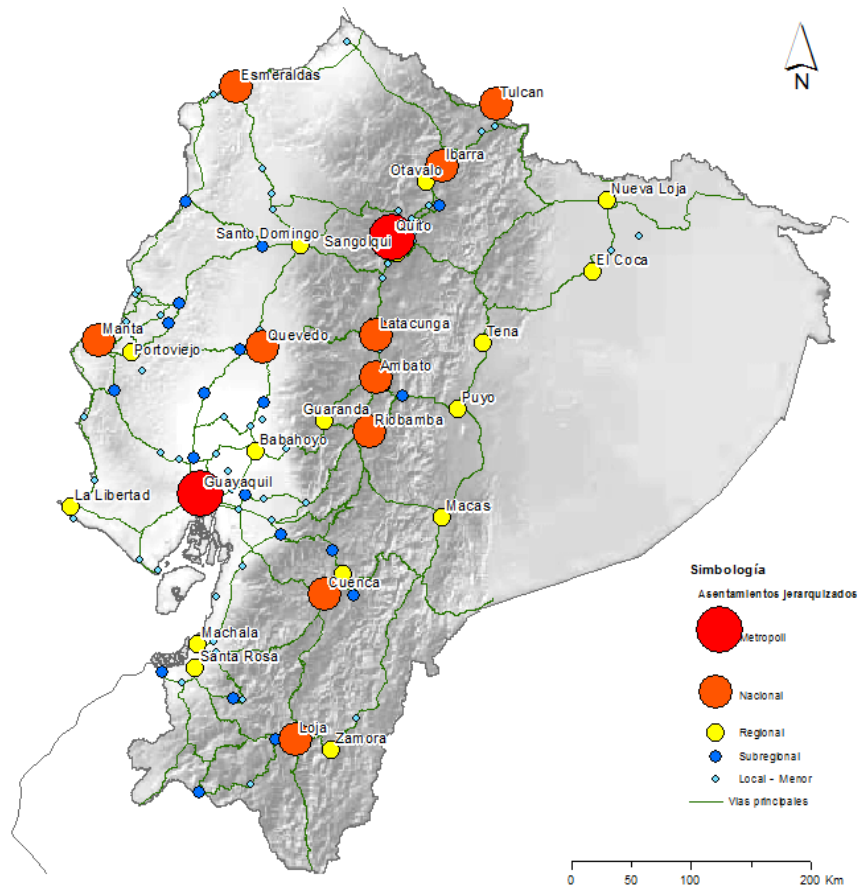
Tabla 2-3. Jerarquización de asentamientos según el PNBV 2013-2017: Metrópolis, Nacional y Regional. República del Ecuador

Jerarquía PNBV	Región	Asentamiento	Población en miles
Metrópolis	Costa	Guayaquil	2279
	Sierra	Quito	1608
Nacional	Costa	Esmeraldas	154
		Manta*	218
		Quevedo*	151
	Sierra	Ambato	165
		Cuenca	330
		Ibarra	132
		Latacunga	64
		Loja	170
		Riobamba	146
		Tulcán	54
Regional	Costa	Babahoyo	90
		Machala	231
		Portoviejo	207
		Santa Rosa*	49
		Santo Domingo	271
		La Libertad	40
	Sierra	Azogues	34
		Guaranda	24
		Otavalo*	39
		Sangolqui*	75
		El Coca (Fc de Orel)	41
	Amazonía	Macas	19
		Nueva Loja	49
		Puyo	34
		Tena	23
		Zamora	12

Elaboración propia: a partir de datos del PNBV 2013 y Censo INEC 2010

En definitiva, los 28 asentamientos jerarquizados como metropolitanos, nacionales y regionales de acuerdo al PNBV, corresponden a los tejidos urbanos con mayor jerarquía por lo cual para el desarrollo de esta investigación se considerarán a estos como los principales asentamientos del Ecuador.

Mapa 2-4. Jerarquización de asentamientos según PNBV 2009-2013. Ecuador



Elaboración: propia a partir de datos de Senplades - PNBV 2013

Además, se ha de tener en cuenta que estos asentamientos se encuentran distribuidos por todo el territorio ecuatoriano, lo cual nos permite disponer de una lectura general de lo que sucede en todas las regiones del país. Tal como se puede observar en el Mapa 2-4 y en la Tabla 2-3, las ciudades de la Sierra y la Costa alcanzan mayores niveles jerárquicos que las de la Amazonía, tal como se deriva de la descripción histórica sobre el proceso de urbanización en Ecuador más arriba ensayada.

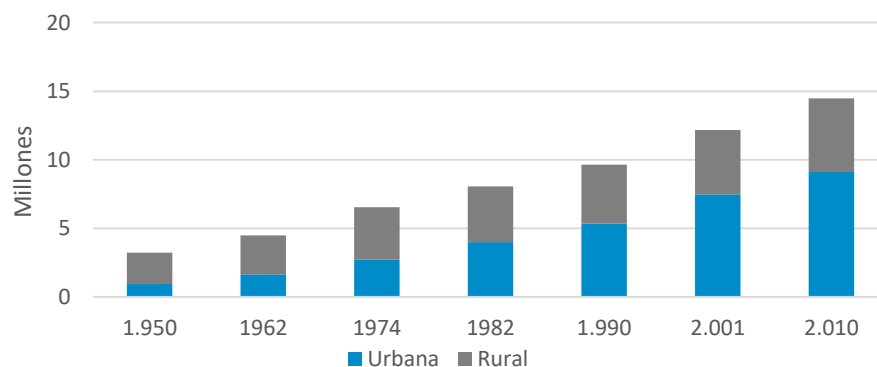
Esta red de asentamientos se encuentra articulada a través de infraestructuras viales compuestas por 4 corredores verticales: la carretera Troncal Amazónica que conecta los principales asentamientos urbanos de la Amazonía, la Panamericana que se desarrolla a lo largo de la Sierra, la vía Santo Domingo - Machala y la Ruta del Spondylus que conecta la mayoría de los asentamientos costeros. Luego a través de una red secundaria se conectan las diversas ciudades de las distintas regiones.

2.4.5. Dinámica Poblacional

En la República de Ecuador, las ciudades están lejos de las grandes cifras de población como las que se manejan en las mayores metrópolis latino americanas como México DF o Sao Paulo. Sin embargo, mantienen tasas de crecimiento poblacionales superiores a la media de América Latina. Según datos del Banco Mundial, en 1970, América Latina y el Caribe registraban una tasa de crecimiento poblacional de 2,5%, mientras que Ecuador alcanzaba el 2,9%. Incluso en la actualidad, a pesar de que estos indicadores han disminuido considerablemente, Ecuador sigue manteniendo tasas más elevadas. América Latina registraba en el 2018 una tasa de 1% y Ecuador registraba una tasa de un 1,4%. También al considerar únicamente la población urbana, Ecuador (1,7%) presenta mayores tasas de crecimiento que la media de América Latina (1,4%).

Para visualizar la dinámica poblacional ecuatoriana se presenta información de los Censos de Población realizados por el INEC. En el primer censo realizado en 1950, la población alcanzaba los 3,2 millones de habitantes, mientras que, en el último censo realizado en el 2010, se registró 14,5 millones de habitantes. De acuerdo a una proyección realizada por la misma institución para el año 2025, la población aumentará a aproximadamente 18,6 millones. La Figura 2-4 muestra la evolución demográfica en base a todos los Censos de Población realizados por el INEC correspondientes a los años de 1950, 1962, 1974, 1982, 1990, 2001 y 2010.

Figura 2-4. Evolución de la población urbana y rural. Ecuador 1950-2010

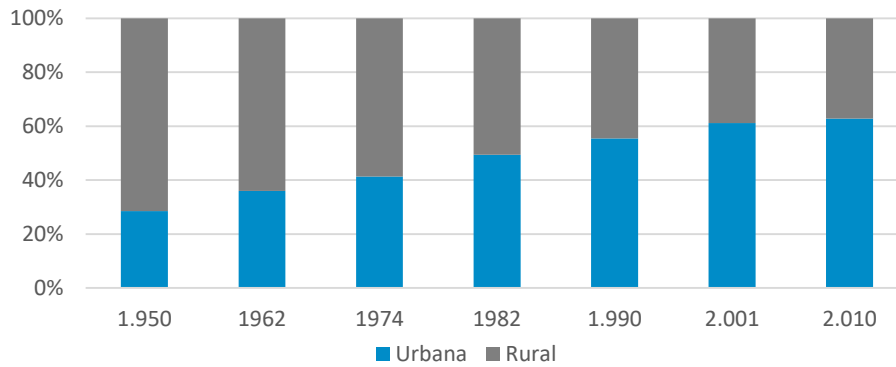


Elaboración: propia a partir de datos del Censo de Población del INEC 1950-2010.

A nuestros efectos resulta particularmente pertinente analizar la evolución diferenciada de la población que, según las definiciones del INEC, puede considerarse urbana y la que se clasifica como tal. Así, como puede verse en la Figura 2-5, según esta clasificación la población urbana había pasado de representar el 28,5% del total en 1950 al 62,8% en 2010. Asimismo, las tasas de crecimiento anual acumulativo de la población urbana se han

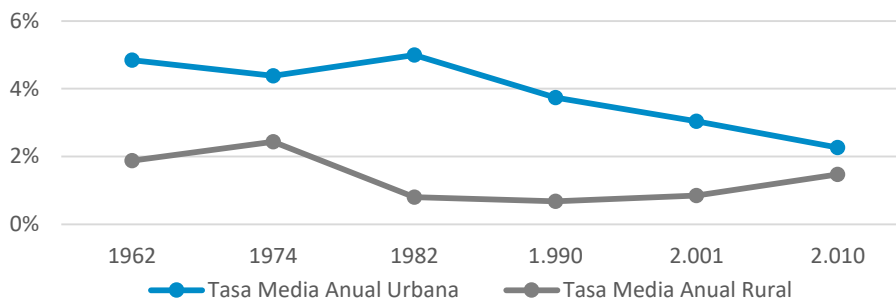
incrementado a lo largo de todo el periodo por encima de las tasas de la población rural. A pesar de esto, en el último periodo, esta preeminencia empieza a disminuir, lo cual constituye sin duda una muestra de la difusión de la urbanización (Figura 2-6).

Figura 2-5. Evolución de la representatividad de la población urbana y rural. Ecuador 1950 -2010



Elaboración: propia a partir de datos del Censo de Población del INEC 1950-2010.

Figura 2-6. Evolución de la tasa promedio anual intercensal. Ecuador 1962 -2010

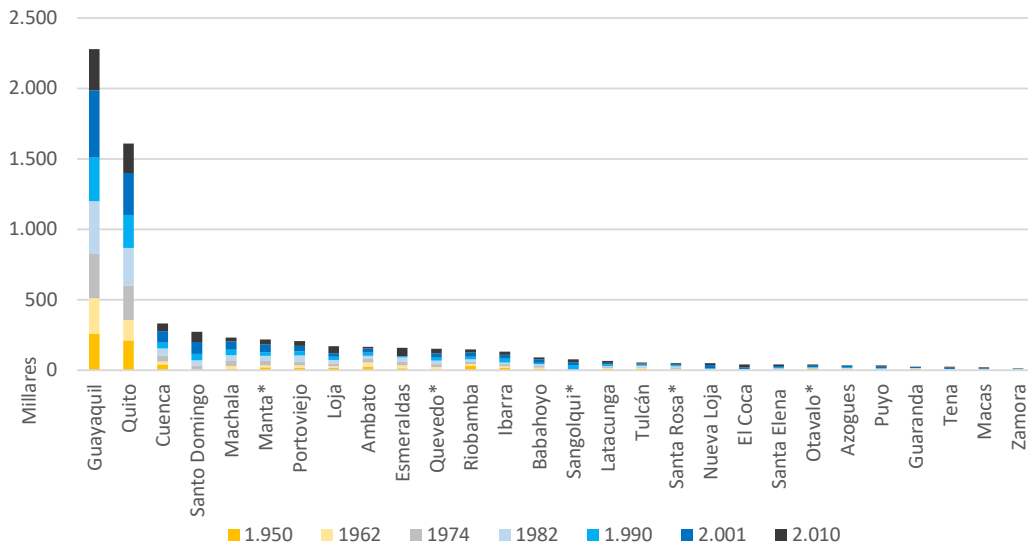


Elaboración: propia a partir de datos del Censo de Población del INEC 1950-2010.

Al considerar los datos empleados para el análisis de la evolución poblacional por asentamientos se debe mencionar que, debido a la creación de nuevas provincias, en algunos casos las cabeceras provinciales cambiaron de nombre dentro de los datos registrados en los Censos. En el caso de la ciudad de Macas, Puyo y Nueva Loja, los datos poblacionales en los Censos de 1950, 1962 y 1974, fueron levantados bajo el nombre de Cabecera Cantonal de Morona, Pastaza y Sucumbíos. En el caso de la ciudad de Tena, los datos poblacionales en los Censos de 1950 y 1962 están bajo el nombre de Cabecera Cantonal de Napo. La ciudad de Puerto Francisco de Orellana conocida como El Coca fue levantada en 1974 con el nombre de Orellana.

Tal como se reflejan en los datos, el crecimiento poblacional ha sido progresivo, aunque su distribución en el territorio no ha sido equilibrada. La hegemonía de Quito y Guayaquil se consolida al mantenerse como principales focos de atracción poblacional. Es así como estas dos ciudades, dentro de sus áreas delimitadas como urbanas, albergaban en el año 2010, el 27% de la población ecuatoriana.

Figura 2-7. Evolución poblacional por ciudades, Ecuador, 1950-2010.



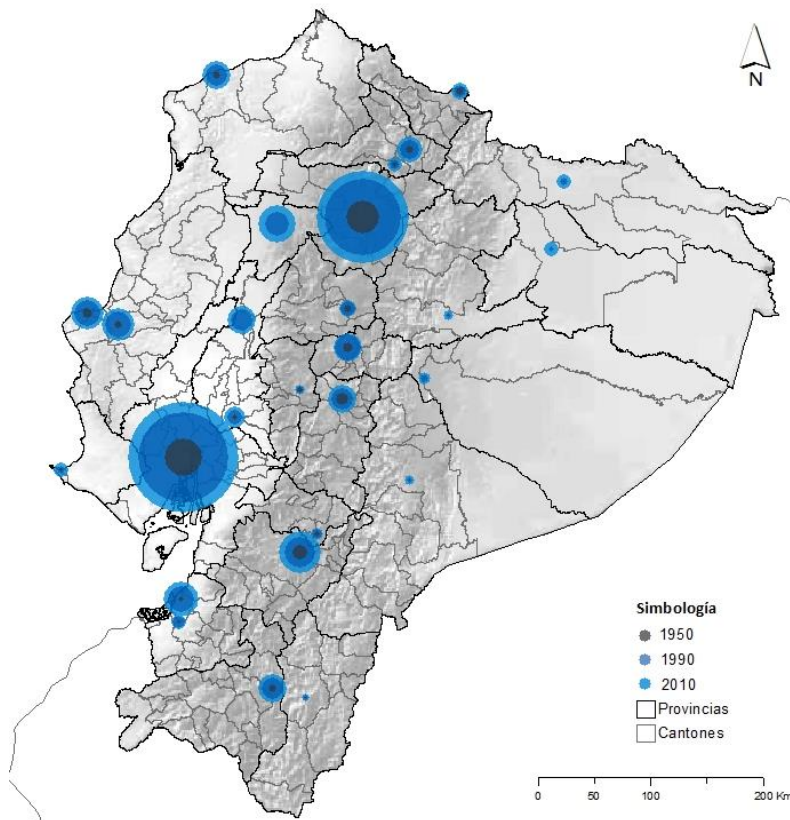
*Asentamientos que no son capitales de provincia

Elaboración: propia a partir de datos del Censo de Población del INEC 1950-2010.

Entrando más en detalle, se observa que la ciudad de Guayaquil es el mayor foco de atracción y crecimiento demográfico del país. En el año 1950, Guayaquil registraba un adicional de 24% de población con respecto a Quito, mientras que, en el año 2010, contiene un adicional de 42%, ampliando así la brecha entre estas dos ciudades. Sin embargo, Quito ha propiciado un proceso más expansivo generando así mayores áreas conurbadas que serán analizadas más adelante.

Al analizar al conjunto se aprecia una profunda brecha poblacional entre estas dos ciudades y el resto de asentamientos de menor jerarquía. En efecto, Quito y Guayaquil siendo las ciudades más pobladas del país, con 2,3 y 1,6 millones de habitantes, respectivamente, basándonos en datos del último censo (INEC, 2010) albergan cada una de ellas más de 4 veces la población de la tercera ciudad más poblada, Cuenca (330 mil habitantes).

Mapa 2-5. Evolución poblacional por asentamientos urbanos principales, Ecuador 1950-2010.



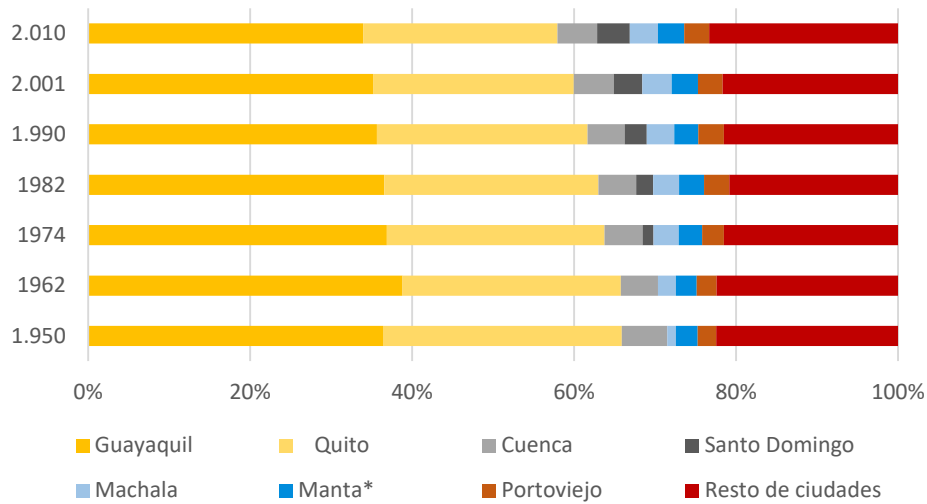
Elaboración: propia a partir de datos del Censo de Población del INEC 1950-2010.

Tomando en consideración datos del total de la población urbana, se ha elaborado la Figura 2-8 que presenta la distribución demográfica desde 1950 al 2010. Así, se evidencia que las dos principales ciudades del país albergan la mayor cantidad de población urbana, pero a la vez se aprecia como las ciudades de menor jerarquía han mantenido e incrementado su representatividad poblacional urbana, de este modo puede afirmarse que existe una tendencia de mayor crecimiento demográfico en las ciudades de escala intermedia, en términos relativos. Por ejemplo, Santo Domingo ha pasado de ser la onceava ciudad más poblada, a ser la cuarta en el periodo 1974- 2010.

Para la lectura de estos datos, se debe puntualizar que, debido al proceso de expansión urbano, algunos asentamientos, sobre todo Quito y Guayaquil, han promovido la dispersión de usos urbanos sobre territorios colindantes configurando periferias que se localizan en ámbitos administrativos distintos pero que constituyen áreas conurbadas o estrechamente vinculadas a la ciudad principal. Teniendo en cuenta esta consideración, las brechas en la distribución de la población son aún más evidentes al incluir estas áreas al proceso de urbanización de la ciudad principal. En este sentido, en base a los datos presentados en el PNBV 2013, Quito y Guayaquil junto con sus respectivas conurbaciones

concentran el 44,2% de la población urbana, Quito al 24,9% y Guayaquil al 19,3%¹⁷. Por su parte, Cuenca junto con sus conurbaciones concentra 3,7% de la población urbana nacional, estableciéndose en el tercer puesto en cuanto a población urbana.

Figura 2-8. Evolución de la distribución poblacional urbana por principales asentamientos, Ecuador 1950-2010.



Elaboración: propia a partir de datos del Censo de Población del INEC 1950–1962–1974–1982–1990–2001–2010.

Es importante resaltar que está marcada bicefalia conlleva una intensa concentración poblacional, lo cual exacerba los problemas relacionados con la dotación servicios básicos, contaminación del medio ambiente, ampliación de mancha urbana y consumo de suelo con vocación productiva y se reflejan claramente los desequilibrios en la red nacional.

2.4.6. Marco socio territorial

Como parte de las características del sistema territorial se ha buscado delinear un marco referencial sobre la sociedad ecuatoriana a través de la presentación algunos datos socioeconómicos. Este apartado, no pretende constituirse como una parte estructural de la investigación, sino dotar de un contexto general sobre algunos rasgos de la sociedad ecuatoriana útiles para la comprensión de la evolución del proceso urbanizador.

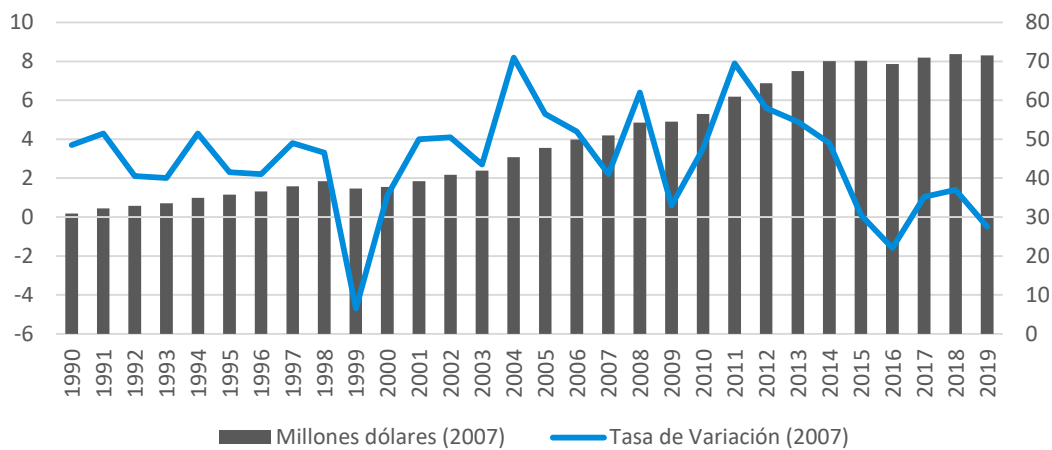
Es importante mencionar que los datos que se presentan en este apartado proceden de las estadísticas oficiales del INEC, a no ser que se indique otra fuente. Es necesario tener

¹⁷ Quito se encuentra conurbado con las localidades de La Joya, Zambiza, Cutuglahua, Llano, Chico, Nayón, Pomasqui, Calderón, mientras que Guayaquil presenta procesos de conurbación son Los Lojas, La Puntilla, Petrillo, La Aurora.

en cuenta de que varios de los datos presentados inducen a generalizaciones puesto que contemplan datos a escala nacional, de modo que esconden la heterogeneidad propia de ámbitos más reducidos, aun así, se consideran indicadores adecuados para reflejar parte de la realidad territorial.

En primer lugar, al identificar el PIB, se observa que desde 1992 hasta el 2019, este indicador se ha duplicado. En 2019, según el Banco Central, el PIB alcanzó los 71.517 millones de dólares, en precios constantes del 2007, que en términos de valores actuales (PIB nominal) es de 107.436 millones de dólares. Sin embargo, este incremento no ha sido constante, la tasa de variación anual ha presentado fluctuaciones considerables, la más relevante se produjo en 1999. En este año se registró un periodo de recesión que, en el marco de la coyuntura económica de ese momento, provocó la dolarización del país.

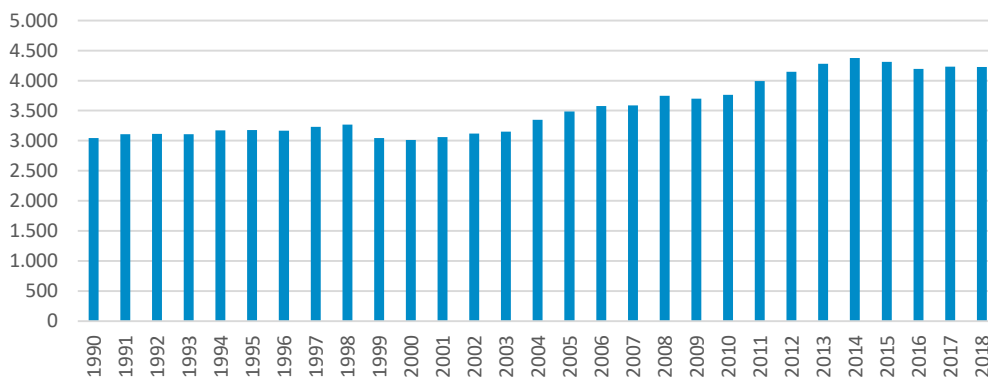
Figura 2-9. Evolución del PIB y tasa de crecimiento anual a precios constantes 2007. Ecuador 1990-2019



Elaboración: propia a partir de datos del Banco Central del Ecuador.

Además del incremento del PIB nominal, también se ha observado que el PIB per cápita se incrementa moderadamente, aunque con ligeros descensos en algunos años.

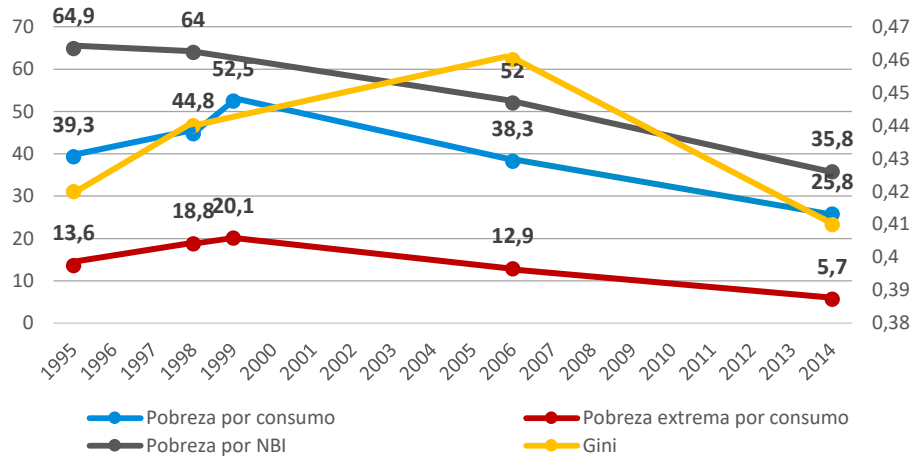
Figura 2-10. Evolución del PIB per cápita a precios constantes 2007 dólares. Ecuador 1990-2018



Elaboración: propia a partir de datos del Banco Central del Ecuador.

Desde la crisis económica de 1999, se ha observado como la pobreza y la pobreza extrema por consumo a nivel nacional se ha reducido de manera significativa. Hasta el 2014, fecha de la última Encuesta de Calidad de Vida, la pobreza se redujo prácticamente a la mitad en términos porcentuales desde 1999, es decir en un 29,4%, alcanzando así una representatividad a nivel nacional de un 25,8%. Mientras que logró reducirse la pobreza extrema en más de tres veces en el mismo periodo de tiempo, pasando de un 20,1% a un 5,7% entre 1999 al 2014.

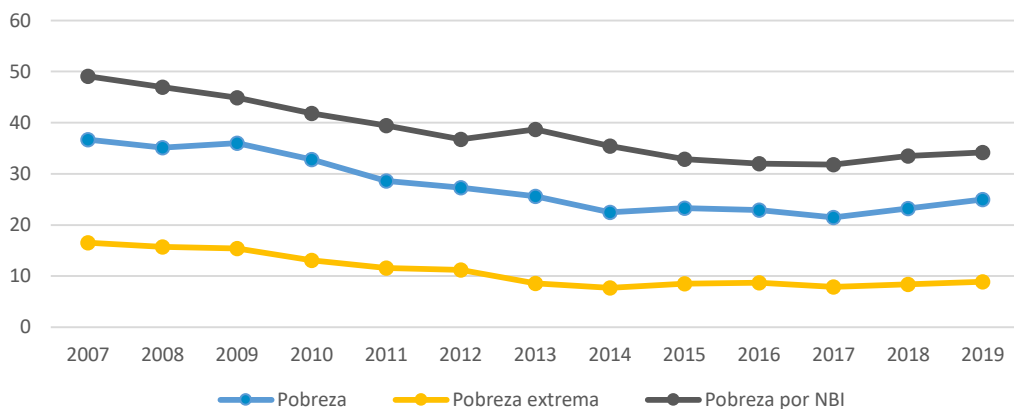
Figura 2-11. Evolución de la pobreza por consumo, pobreza extrema, por NBI, y Gini. Ecuador 1995-2014



Elaboración: propia a partir de datos de Encuestas de Condiciones de Vida, INEC 1995, 1998, 1999, 2006, 2014

Además, a fin de obtener indicadores de pobreza más actualizados se ha empleado información de la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU). A través de esta se ha podido verificar que a pesar de algunos periodos de estancamiento y recesión por los que ha atravesado el país, los porcentajes de pobreza, pobreza extrema y pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI) han disminuido considerablemente entre 2007 y 2019 (Figura 2-12).

Figura 2-12. Evolución de pobreza, pobreza extrema, y pobreza por NBI. Ecuador 2007-2019



Elaboración: propia a partir de datos del ENEMDU desde 2007 al 2019.

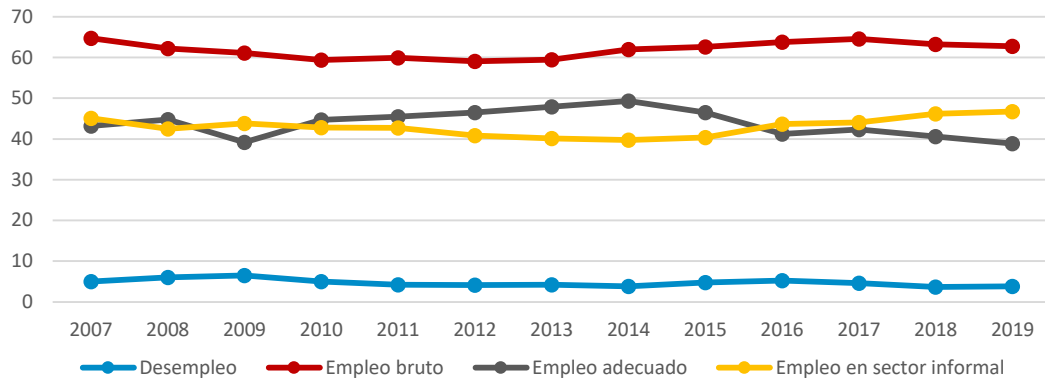
Otro aspecto relevante es la tasa de desempleo, la cual alcanzó el 6,1% en 1990 y se ha reducido a 3,8% en el 2019. Durante este periodo de tiempo, la tasa más elevada se registró en 1999 durante la crisis económica cuando el desempleo alcanzó 14,4%.

Además, se debe tener presente que el sector informal desde hace ya varios años tiene un rol que influye en gran medida en la dotación de empleo. Desde hace varias décadas este sector acoge a casi la mitad de la población trabajadora. Así, en 1990 se consideraba que un 41,8% de la población se encontraba empleada en el sector informal, mientras que en 2019 este porcentaje se incrementó hasta un 46,7%. Esta parte de la población trabajadora, en buena medida, presta sus servicios en microempresas o establecimientos que no cuentan con los registros que la ley exige. Además, en principio, este sector poblacional no está sujeto a los derechos de protección social ni derechos laborales.

Esta situación, en general, es vista como una forma de acceder a recursos económicos para satisfacer las necesidades básicas que requiere la población que no cuenta con un empleo formal. Por un lado, podría decirse que el sector informal atiende a la población que trata de subsistir frente al desempleo en condiciones de precariedad bajo condiciones inadecuadas e inseguras. Por otro lado, por su propia naturaleza, este sector conlleva a una evasión de impuestos. Así, al no recaudarse impuestos de estas actividades informales, se produce mayor presión al mercado formal lo que genera una disparidad competitiva y a la vez perjudica la capacidad de desarrollo de este último sector. En definitiva, el trabajo informal afecta profundamente la calidad de vida de la población y al desarrollo económico nacional.

Analizando la evolución del empleo y desempleo, en estos últimos años se ha observado que los indicadores registran ligeras fluctuaciones. Al referirnos al empleo adecuado, se puede identificar dos momentos, que se vinculan de manera directa con las tasas de variación del PIB, 2009 y 2016 que corresponden a los picos más bajos del periodo 2007-2019, aun así el desempleo y empleo se han mantenido relativamente estables.

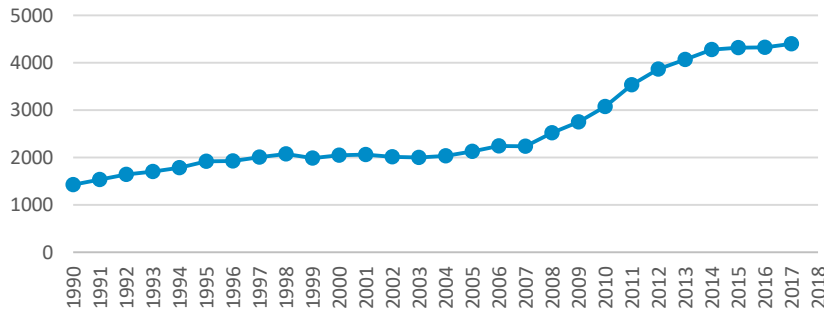
Figura 2-13. Evolución tasa de empleo bruto, empleo adecuado, empleo en el sector informal y desempleo. Ecuador 2007-2019



Elaboración: propia a partir de datos del ENEMDU desde 2007 al 2019.

A pesar de estos datos, el número de afiliados al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) se ha duplicado estos últimos años. Así, en el 2007 existían 2,2 millones de afiliados y una década más tarde, en el año 2017, este número se incrementó a 4,4 millones. Este incremento implicaría, en principio, un mayor número de puestos con contratos formales, aunque las tasas de empleo informal y empleo adecuado no han variado de manera significativa desde el 2007.

Figura 2-14. Evolución del número de afiliados al IESS en miles. Ecuador 1990 – 2018



Elaboración: propia a partir de datos del INEC

Además, a través de la revisión de los datos históricos sobre el número de afiliados al IESS se observa un incremento sustancial desde el 2008, fenómeno que coincide con el endurecimiento de la política laboral, en el cual el Estado central elimina la tercerización de trabajadores, y se establece la obligatoriedad por parte de los empleadores de afiliar al IESS a todos los empleados. De esta manera, se pretendía mejorar las condiciones laborales de la población.

Por otro lado, las tasas de hacinamientos también registraron disminuciones considerables. En el año 1990 se consideraba que un 34,3% de la población vivía en condiciones de hacinamiento según datos del Sistema de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE), la cual se redujo a 12,7% en 2014.

2.4.7. Educación

Según datos del Censo, la tasa de analfabetismo se redujo de 11,7% en el año 1990 a 6,8% en 2010. Mientras que la tasa de escolaridad ha aumentado de 6,61 a 9,04 desde 2001 al 2010, esta tasa refleja el promedio de años de escolaridad a nivel nacional. Por otro lado, la tasa neta de matrícula básica alcanzaba un 88,9% en el año 1990 frente al 95,2% en 2014. Este indicador hace referencia al porcentaje de niños entre 5 a 14 años matriculados en establecimientos educativos de nivel básico. Luego, al analizar la tasa de matrícula en educación media se aprecia un incremento de 43,1% a un 64,7% entre 1990 al 2014. Esta tasa de educación media corresponde al porcentaje de niños entre 14 y 17 años escolarizados. Finalmente, al considerar la tasa de matriculación superior, se observa un indicador de 10,9% en 1990, el cual se incrementó a un 21,3% en el año 2014.

En consecuencia, se puede inferir que la población ecuatoriana ha conocido importantes avances en cuanto a la educación. Sin embargo, sin menoscabo de los progresos expresados a través de estos indicadores, no se puede dejar de mencionar que los valores identificados siguen estando por debajo de los que han alcanzado países más desarrollados.

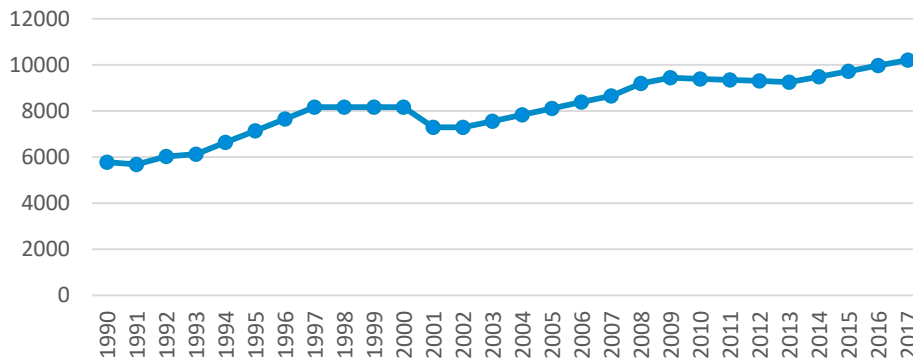
2.4.8. Infraestructura

En un afán de presentar el estado actual de la infraestructura ecuatoriana se ha realizado una recopilación de datos de diversa índole. Así que en este apartado se exponen indicadores vinculados a la infraestructura de transporte, energía, comunicaciones, agua y saneamiento.

Infraestructura de transporte

En primer lugar, la infraestructura de transporte puede ser analizada a través de los km de caminos pavimentados, los cuales se han incrementado un 77% en los últimos 27 años, generando una tasa incremento promedio anual de 2,2% y superando los 1.000 km en total. En principio, las fluctuaciones de este indicador están vinculadas con los recursos del estado, puesto que los recursos que se requieren para el mantenimiento de este tipo de infraestructura es proporcional al valor del stock existente (Grijalva, Ponce, & Rojas, 2017).

Figura 2-15. Evolución de km de caminos pavimentados. Ecuador 1990- 2017



Elaboración: propia a partir de datos del Grijalva et al., 2017.

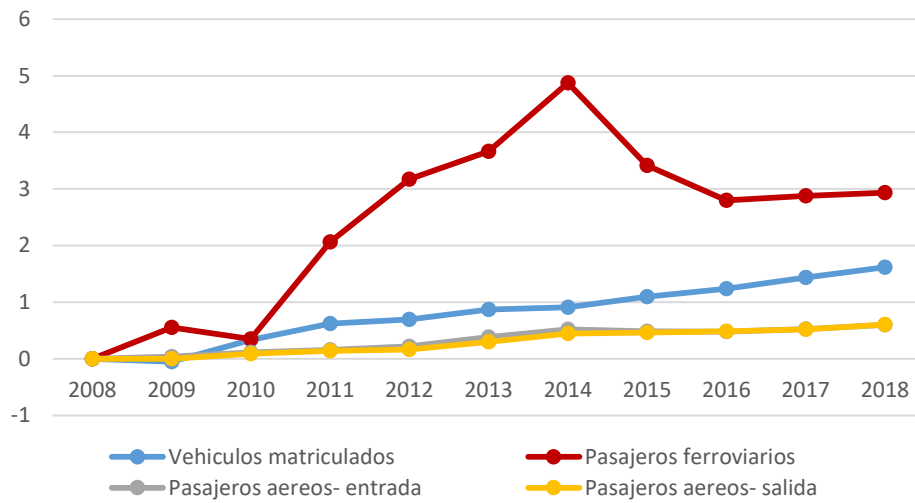
A pesar de que existe una tendencia de incremento, este indicador registra una reducción en el año 2001, dos años después de la fuerte crisis económica que atravesó el país. En este sentido, se puede intuir que este fue el resultado de una disminución de la inversión pública durante un par de años debido a la situación económica del País.

Además del análisis de caminos pavimentados, se presenta la evolución de otros indicadores vinculados a la infraestructura de transporte durante estos últimos 10 años. Estos datos han sido extraídos del documento tabulado del Anuario de Transporte del INEC, que es elaborado a partir de información de varios entes gubernamentales como la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), Empresa Pública de Ferrocarriles del Ecuador (FEEP), Dirección General de Aviación Civil (DAC), Autoridades Portuarias y Superintendencias Petroleras, lo que nos permite tener datos bastante actualizados sobre la evolución de algunas variables relevantes.

Teniendo en cuenta el número de vehículos matriculados y el número de pasajeros aéreos, se ha comprobado que desde el año 2008, estos indicadores se han incrementado de manera gradual multiplicándose por 2,4 y 1,5 respectivamente en estos 10 años. Mientras que el número de pasajeros ferroviarios ha registrado incrementos aún más significativos. Desde el año 2010 el número de pasajeros se cuadruplicó en solo 4 años, en este periodo el Gobierno central realizó cuantiosas inversiones en el sector ferroviario, para luego, registrar una reducción hasta el año 2016. Aun así, el número de pasajeros en 2018 sigue manteniéndose elevado en relación al año 2008.

Además, al estar ubicado junto al Océano Pacífico, Ecuador posee 6 puertos: Puerto Bolívar especializado en banano y cacao; Manta se lo considera turístico y pequero; Esmeraldas posee dos puertos, uno el de Balao especializado en petróleo y otro de carga general; San Lorenzo se dedica en gran parte a la madera; y Guayaquil moviliza carga general.

Figura 2-16. Variación acumulativa de variables de transporte. Ecuador 2008-2019

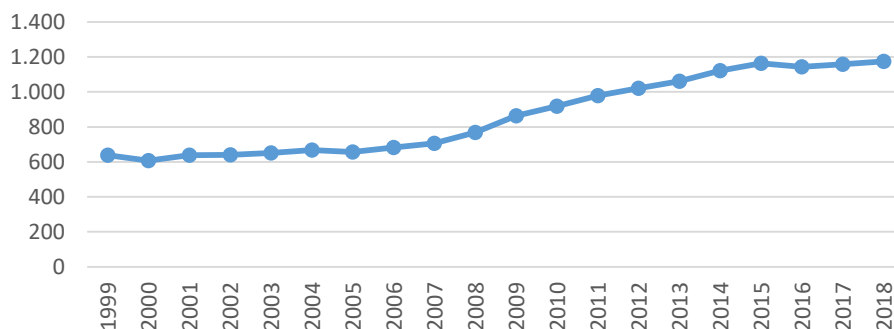


Elaboración: propia a partir de datos del anuario de transporte del INEC

Infraestructura de energía

Al analizar la infraestructura de energía eléctrica, se ha identificado el consumo de energía per cápita, el cual ha registrado un incremento gradual desde 1999, aunque con un ligero aumento en la tendencia de consumo desde el 2007. En principio, estos incrementos están vinculados a la construcción de proyectos estatales sobre todo de centrales hidroeléctricas, entre las más representativas destaca Coca Codo Sinclair (1500MW), la Sopladora (487 MW) y Mazar (21MW). Es así que, al existir mayor posibilidad de atender la demanda existente, la población puede acceder a este recurso y desarrollar las actividades que requiere.

Figura 2-17. Consumo de energía per Cápita (kW/hab). Ecuador 1999-2018



Elaboración: propia a partir de datos publicados por INEC

Infraestructura de comunicaciones

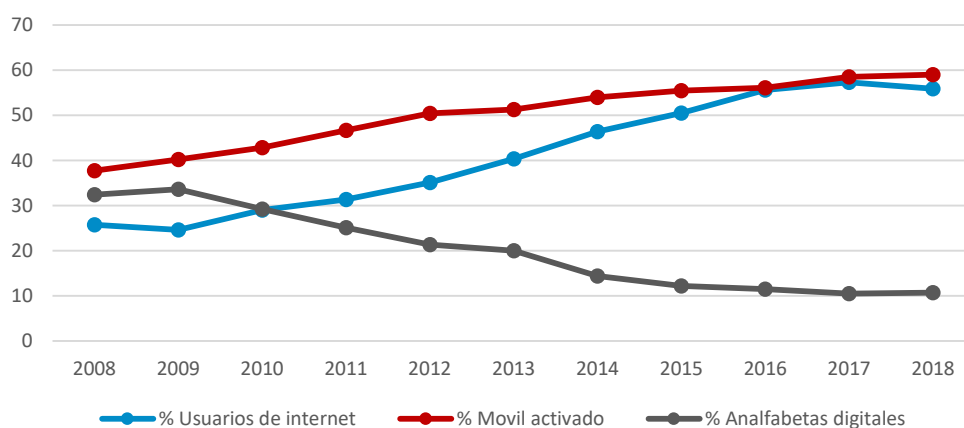
En cuanto a la infraestructura de comunicaciones se han observado significativos avances, aunque aún existe una amplia brecha en relación a países más desarrollados.

Para el desarrollo de este apartado se ha considerado tres indicadores: el uso del internet, el analfabetismo digital y la población con móvil activo. En primer lugar, el número de personas con acceso a internet se ha duplicado en estos últimos 10 años, desde el año 2008 al 2018, sin embargo, aún se registra un 44 % de población sin internet. Este indicador es de especial importancia debido a que el acceso a varios servicios públicos de salud y educación entre otros, requieren de tramitaciones vías telemáticas, lo cual supone una limitación para parte de la población.

Aun así, también es destacable que se ha registrado una reducción del analfabetismo digital a nivel nacional. Esta variable mide el nivel de desconocimiento de las nuevas tecnologías digitales, que impide que los ciudadanos puedan acceder a las posibilidades de interactuar con éstas. Según los datos obtenidos en el año 2008 el 38% de la población se consideraba analfabeto digital, indicador que se ha reducido a un tercio en el año 2018, registrándose en esta fecha un 10,7% de la población.

En referencia a la población que cuenta con teléfonos móviles activos, en el año 2018 el 59% de la población tenía un móvil activo, lo que implica un incremento de un 50% desde el 2008.

Figura 2-18. Porcentaje de población que usa internet, posee móvil activado, y analfabetas digitales. Ecuador 2008-2018



Elaboración: propia a partir de datos del ENEMDU del INEC.

De esta manera se puede afirmar que la población ecuatoriana ha presentado avances significativos en cuanto al acceso e interacción con la tecnología digital.

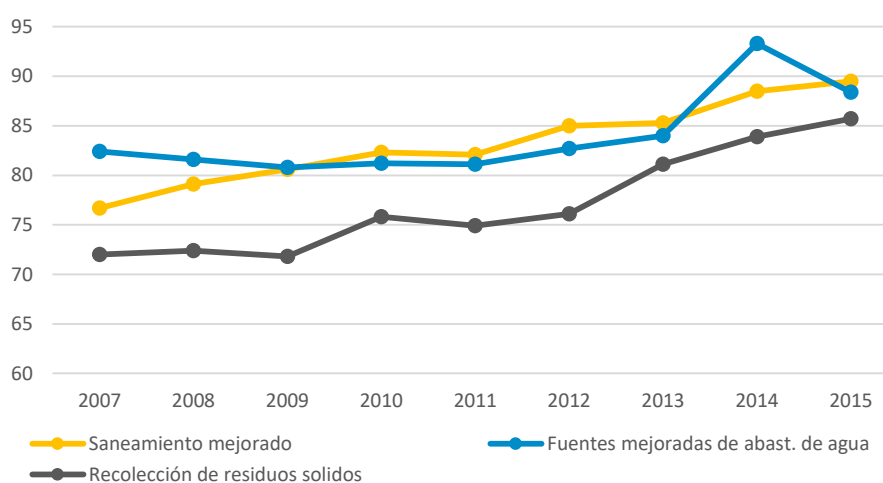
2.4.9. Dotación de servicios de agua, alcantarillado, residuos sólidos y electricidad

Los servicios básicos están vinculados a la infraestructura considerada como necesaria para las viviendas y por lo tanto son esenciales para determinar la calidad de vida de la población. Como indicadores resultan también de gran interés para evaluar la calidad del proceso de urbanización, puesto que un proceso de urbanización formal debería garantizar, en principio, el acceso a estos servicios básicos.

Para el análisis referente a los indicadores relativos a la dotación de servicios básicos se han empleado dos fuentes de información. En primer lugar, se ha empleado la encuesta anual del INEC, la ENEMDU, de la que se ha extraído el porcentaje de hogares con acceso a servicios mejorados de agua, saneamiento y residuos sólidos. En segundo lugar, se han utilizado los datos del Censo que abarcan un periodo temporal más amplio. A través de estos datos se pretende delinear un panorama general sobre el ámbito de estudio, y no prevé ser, en modo alguno, un análisis sobre la evolución de las coberturas de servicios públicos y las desigualdades regionales.

Cabe recordar que las encuestas como los censos son instrumentos que tienen en Ecuador, como en todas partes, características distintas. Por un lado, el Censo abarca a la totalidad de la población por lo que su cobertura es nacional, lo que supone levantar una gran cantidad de información. En Ecuador los censos se realizan en principio cada 10 años, por lo que la información a menudo no es actual. En cambio, las encuestas son aplicadas a una muestra representativa y se generalizan para la totalidad de la población con lo cual es más factible obtener datos con una mayor frecuencia.

Figura 2-19. Porcentaje de hogares con acceso a servicios mejorados de agua, saneamiento y residuos sólidos. Ecuador 2007-2015

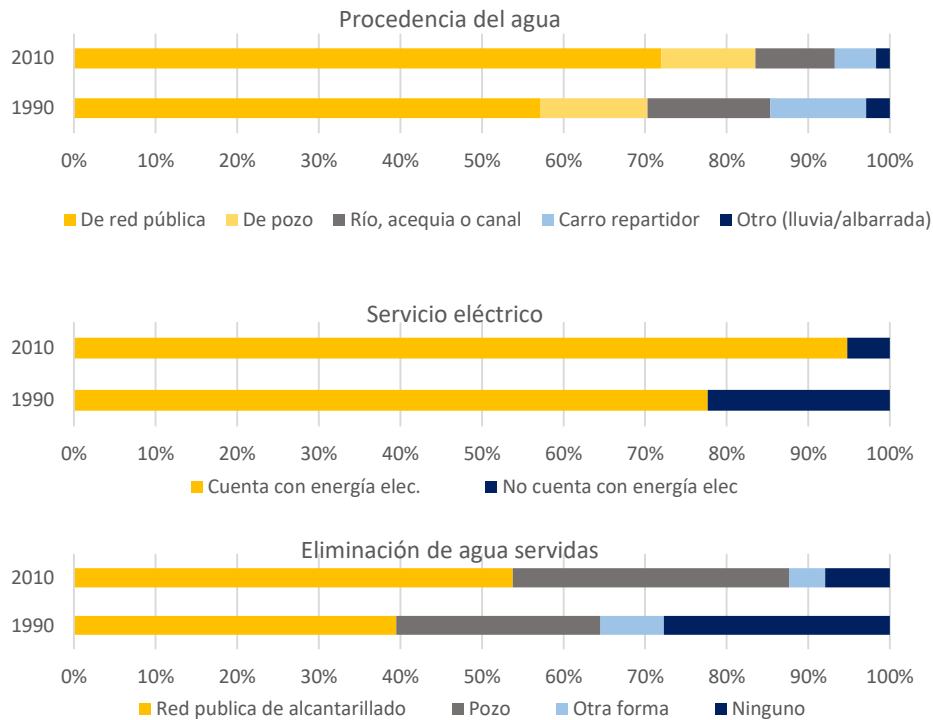


Elaboración: propia a partir de datos del ENEMDU del INEC.

Así, haciendo uso de los datos de la encuestas, se observa como entre 2007 y 2015 se produjo un incremento de 16,6% de hogares en cuanto al acceso al saneamiento, un 7,3% de hogares adicionales obtienen agua desde una fuente de abastecimiento mejorada y un 19% más de hogares cuentan con el servicio de recolección de residuos sólidos. De modo que se puede afirmar que en estos últimos años un mayor porcentaje de hogares han tenido acceso a los servicios básicos, agua, saneamiento y recolección de residuos sólidos, de tal forma que en 2015 el 83% de los hogares tenían acceso a estos tres servicios básicos.

Empleando datos referentes a la dotación de servicios básicos de los Censos 1990 y 2010, emergen resultados que nos permiten afirmar que a pesar de que toda la población no cuenta con el acceso a los principales servicios básicos, los indicadores sobre la cobertura de los servicios de agua, electricidad y eliminación de aguas servidas registran considerables mejoras en todo el país.

Figura 2-20. Evolución de la dotación de servicios básicos. Ecuador 1990-2010



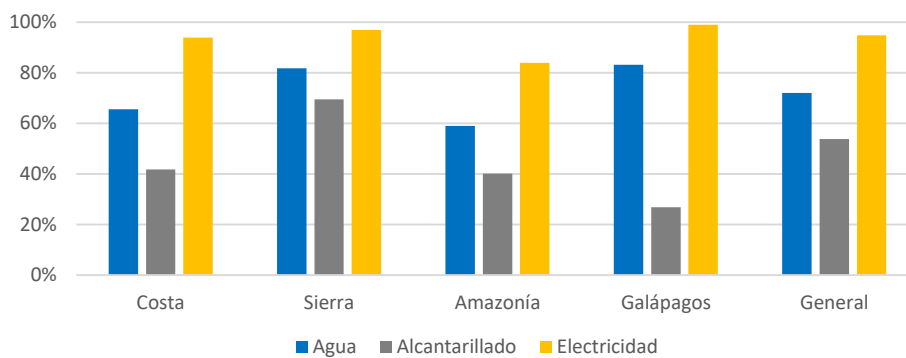
Elaboración: propia a partir de datos del Censo de Población del INEC 2010.

Al tener en cuenta que estos indicadores están relacionados a las necesidades básicas, es necesario mencionar que la pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI) pasó de 64,9% en 1995 a 34,2% en el 2019. El porcentaje de NBI se construye a través de variables tales como acceso a la vivienda, hacinamiento, acceso a servicios, acceso a educación y capacidad económica.

En definitiva, según los datos estadísticos, la población ecuatoriana ha conocido durante estas últimas décadas una disminución de la pobreza multidimensional y una mejora en el acceso a los servicios básicos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las NBI, junto con los servicios básicos reflejan solo una parte de las variables que influyen en la calidad de vida de la población.

Una vez analizada la infraestructura y las coberturas de servicios a nivel nacional se ha procedido a realizar un análisis más detallado, en el cual se visualizan los desequilibrios territoriales que se han gestado durante estos años. Para ello, se ha realizado una separación de datos referentes a los servicios básicos por regiones naturales. Considerando los últimos datos disponibles a través del Censo 2010, se ha elaborado la Figura 2-21 en la que se muestran los porcentajes de vivienda con acceso a las redes públicas de agua y electricidad y en el caso la evacuación de aguas se ha considerado el porcentaje de viviendas que cuentan con alcantarillado.

Figura 2-21. Dotación de servicios básicos por regiones. Ecuador 2010

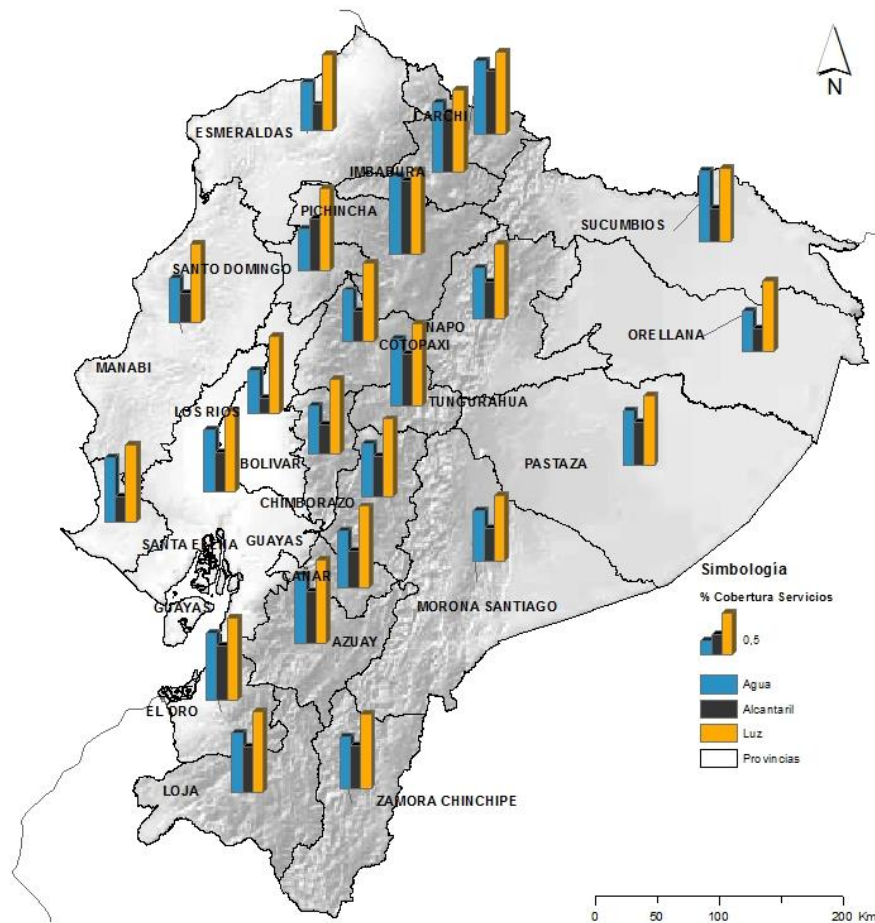


Elaboración: propia a partir de datos del Censo de Población del INEC 2010.

A la vista de estos datos se aprecian claras diferencias regionales en las coberturas de estos servicios públicos. La Amazonía registra los niveles más bajos en la dotación de agua y electricidad. Mientras que, Galápagos es la región peor servida en cuanto a cobertura de alcantarillado, pero registra los niveles más elevados en dotación de agua y electricidad. Galápagos es la región menos extensa y con un menor desarrollo urbano, de modo que alberga una menor cantidad de población localizada en su mayoría en áreas puntuales y controladas.

Esta tendencia regional se mantiene al analizar los datos por provincia, donde la Sierra es la mejor servida en términos generales, sobresaliendo Pichincha como una de las provincias con mejores coberturas.

Mapa 2-6. Dotación de servicios básicos por provincia. Ecuador 2010



Elaboración: propia a partir de datos del Censo de Población del INEC 2010.

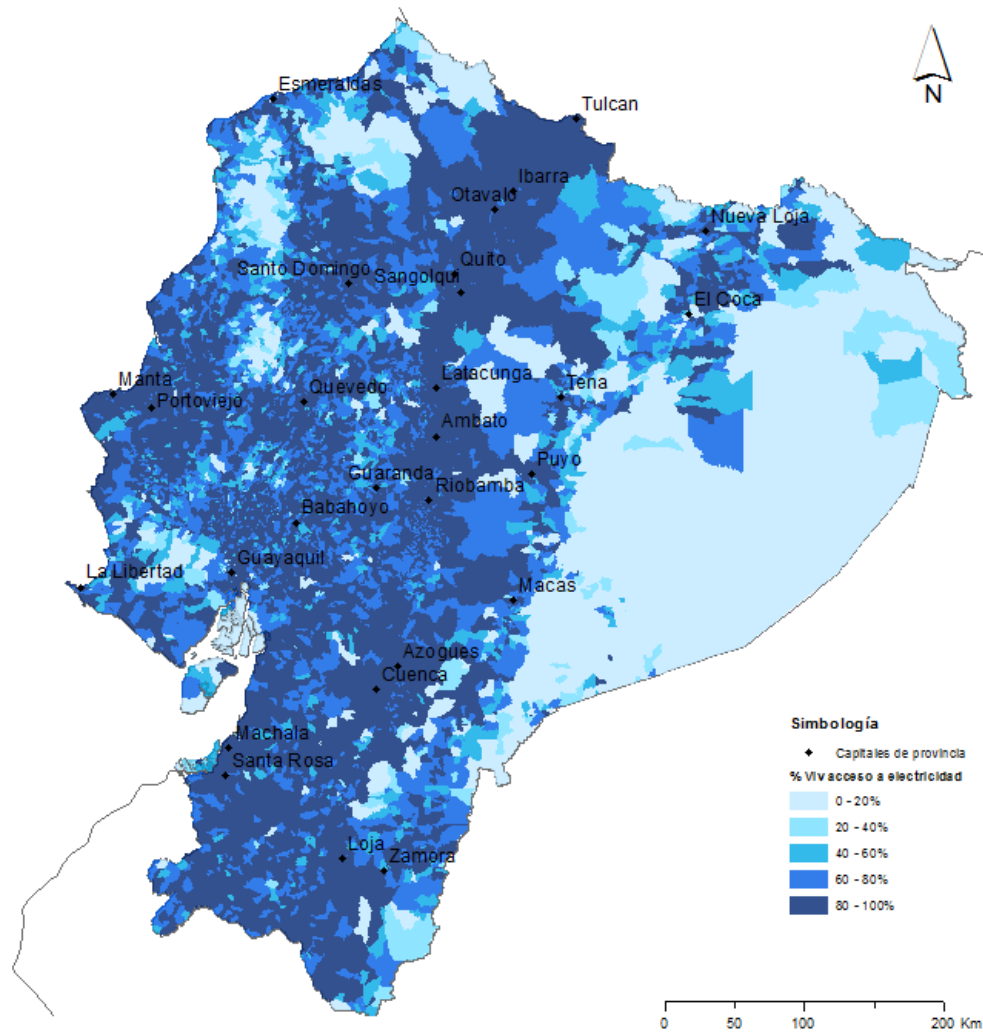
Debido al nivel de detalle de este tipo de información se puede presentar datos a nivel de sector censal. De manera que, considerando datos sobre la dotación de energía eléctrica, indicador que, en cierta forma, se vincula de manera más directa al tema central de este estudio, se vislumbran algunas disparidades presentes en el territorio.

En este sentido, se debe mencionar que de acuerdo a los datos del Censo 2010, el servicio de energía eléctrica posee una mayor cobertura con respecto al resto de servicios. La mayor parte de las viviendas (93,2%) obtienen electricidad de la red pública y en porcentajes mucho menores, la obtienen de paneles solares, generadores de luz y otros y un 5,2% de viviendas no tienen acceso a la electricidad. Además, si diferenciamos entre población urbana y rural, la población urbana está mejor servida, registrándose, en el ámbito nacional, un 2,2% de población sin acceso a energía eléctrica en las zonas urbanas frente a un 10,5% en áreas rurales.

Al segregar los valores por regiones naturales, la Sierra se encuentra mejor servida, pues registra un 3% de viviendas sin energía eléctrica, frente a un 6% en la Costa y un 16% en la

Amazonía. A nivel provincial, se ha podido determinar que Pichincha y Azuay, provincias de la Sierra, cuentan con mayor cobertura de luz eléctrica con un 99,3% y 97,6% de viviendas servidas respectivamente. En cambio, Morona Santiago, provincia de la Amazonía, presenta el porcentaje más alto en cuanto a deficiencia de cobertura ya que el 22,9% de viviendas no tiene conexión a la red eléctrica. En general, varios de los sectores localizados en la Amazonía registran valores muy bajos de cobertura, frente a valores más elevados de los sectores de la Sierra (Mapa 2-7).

Mapa 2-7. Porcentaje de viviendas con acceso a luz eléctrica por sector censal. Ecuador 2010



Elaboración: propia a partir de datos del Censo de Población del INEC 2010.

Es importante puntualizar que los sectores censales localizados al este de la Amazonía albergan una población muy reducida. En esta región gran parte de la población se encuentra dispersa sin conformar un núcleo consolidado y en los casos donde se observan asentamientos o aglomeraciones, las densidades son bastante bajas. Por otro lado, en las otras dos regiones se observan pocos sectores que cuentan con coberturas mínimas de este servicio. En este sentido, existe una amplia diferencia en la dotación de servicios a lo

largo del territorio, lo cual influye de manera directa en la capacidad de desarrollo de la población local y en su calidad de vida, sin embargo debe colegirse que los niveles de cobertura en las áreas urbanas son altos

2.4.10. Aspectos generales del marco normativo territorial en el Ecuador y su evolución

No fue hasta la época de los años 40 del siglo pasado que se inició en Ecuador un pensamiento crítico sobre las necesidades de la ordenación de la ciudad. Bien es verdad que existieron algunos antecedentes y que se suelen mencionar como precursores de la investigación urbana a dos arquitectos que marcaron la historia urbana en Ecuador, Gilberto Gatto Sobral y Guillermo Jones Odriozola. Estos dos arquitectos introdujeron las teorías del urbanismo moderno y funcionalismo impartidas en los Congresos de Arquitectura Moderna. Tomando estas teorías como base se formulan planes reguladores en algunas ciudades ecuatorianas, tales como Quito, Cuenca, Latacunga, e Ibarra. De este modo, las investigaciones realizadas en esta época proporcionan unos resultados que en lugar de dibujar la realidad urbana del territorio presentan modelos idílicos de la ciudad deseada originados en Europa. Sin embargo, se considera a esta etapa, como un primer intento por propiciar el análisis y las políticas urbanas, debe reconocerse su aporte significativo en esta materia, pues plantea la ciudad como un tema transcendental que debe ser estudiado. Además, concibe a la ciudad como un elemento que puede ser diseñado y construido a través de la planificación. Esta visión no logró difundirse a nivel nacional y tuvo representación únicamente en una escala local, dentro de los gobiernos municipales, que eran los que estaban más vinculados con los procesos urbanos que se producían en el territorio (Bermúdez et al., 2016; Carpio, 1987).

Hubo que esperar hasta los años 70, para que, con una visión tecnocrática, se produjera la aparición de una iniciativa por parte del Estado central por tratar de ordenar la vida urbana. Esta concepción desplaza el sentido de transformación hacia el fortalecimiento de las tendencias del proceso urbano. En esta etapa se realizan análisis aislados presentando una visión fragmentada del proceso urbano, perdiendo la concepción de la ciudad como una unidad (Carpio, 1987). Además, en esta misma época, según lo descrito en apartados anteriores, el crecimiento de la economía del país era lento y con profundas desigualdades sociales donde el Estado no intervenía de manera efectiva en el desarrollo económico, sino que era el libre mercado el que regía sobre el crecimiento local.

De esta manera, con un débil Estado, evidentemente la planificación nacional y regional prácticamente era inexistentes. Aun así, en un intento por mitigar la problemática general

a través de la planificación municipal se publica la derogada Ley Orgánica de Régimen Municipal, cuya primera versión entró en vigencia en 1971. De este modo, el planeamiento urbano se encontraba en vigencia, pero por temas de obligación legal. Se sancionaban y normaban temas relativos al uso y la ocupación del suelo, además se consideraban temas referentes a reservas de suelo para equipamientos y vialidad. Luego, a partir de este mismo año, se formularon planes de desarrollo cantonal o también denominados planes estratégicos cantonales, los cuales tuvieron poco alcance y con escaso impacto en el territorio. La falta de voluntad política, los recursos limitados, la falta de estructuración administrativa y la escasa cualificación del personal propiciaron que estos instrumentos no produjeran un impacto significativo en el territorio (Benabent & Vivanco, 2017; Pauta, 2014). De esta manera el planeamiento urbano y territorial se convirtió en una necesidad imperante.

En el contexto sociopolítico que surgió a inicios de presente siglo con el posicionamiento del gobierno de izquierda, se plantearon nuevas políticas de desarrollo. Estos gobiernos denominados progresistas, se enmarcan dentro de la ruptura con el neoliberalismo en América Latina (Leiva, 2008) que se produjo en aquellos como resultado de las luchas sociales, en los que se busca una política más inclusiva y con mayor sensibilidad social.

En este panorama, el Estado se propone retomar el papel rector sobre la economía y sus efectos territoriales, luego de pasar unas épocas de gobiernos inestables debido a los cambios presidenciales que sufrió desde 1997. Debe recordarse que Ecuador tuvo 7 presidentes entre 1997 y 2007.

Fue así, en un afán de lograr un desarrollo más equilibrado del territorio, que se originaron nuevos planteamientos. Hasta entonces varios asentamientos disponían de instrumentos de planificación denominados planes reguladores, pero no fue hasta el 2008 que la planificación del territorio se convierte en un tema trascendental en el país. En este año se aprueba una nueva Constitución, a través de la cual, el ordenamiento territorial deviene obligatorio para todos los niveles de gobiernos. De esta manera, se trata de atender a un proceso evidentemente desbordado a nivel nacional. Esta obligatoriedad ha promovido algunos cambios en términos de desarrollo y política territorial (Benabent & Vivanco, 2017).

Desde entonces, se han desarrollado importantes cuerpos legales referentes a la planificación territorial nacional, que tratan de encaminar las políticas públicas de los diversos territorios hacia la atención de la problemática urbana existente. Entre ellos destacan el Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización – COOTAD-, el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas publicados en el 2010,

Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales y la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo (LOOTUGS) que fue publicada en el registro oficial en julio del 2016.

Por otra parte, con la aprobación de la nueva Constitución del Ecuador, se busca un proceso de desconcentración de la función ejecutiva. Se pretende romper con el sistema tradicional que concentraba la presencia de esta función y la mayoría de proyectos de infraestructura y servicios en las grandes ciudades. Este nuevo marco legal busca fortalecer nuevos núcleos de desarrollo, y propone la desconcentración de ciertas facultades y atribuciones desde el nivel central hacia otros niveles.

Para este proceso se hacen efectivos los roles que cumplen los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), los cuales deben asumir las competencias y facultades que les corresponden de acuerdo a cada nivel, regional, provincial, cantonal y parroquial. Cada GAD gestiona, de manera obligatoria, las competencias que le corresponden dentro de su jurisdicción territorial. De este modo se propicia la consolidación de un proceso de cambio político, económico y social.

Además, con los cuerpos legales aprobados en el 2010, se instauran nuevos instrumentos de planificación, que sustituyen los Planes Reguladores y Planes de Desarrollo Físico Cantonal por Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Estos nuevos planes están vinculados con la inversión pública por lo que constituyen un requisito para acceder a los recursos financieros del Estado. Sin embargo, los cuerpos legales aprobados hasta entonces regulaban de manera precaria las competencias e incluso se puede decir que existían deficiencias legislativas (Pauta, 2014).

De igual manera, gran parte de los planes desarrollados por provincias, cantones y parroquias, debido a la inexperiencia y a la falta de formación de sus equipos, resultaron ser deficientes. Aunque, gran parte de estas deficiencias lograron ser mejoradas con las actualizaciones del 2015 (Benabent & Vivanco, 2017). Mientras que, en el 2016 con la LOOTUGS, se han establecido instrumentos de planificación urbanística lo que permite unificar el planeamiento y la gestión urbana.

También en el contexto de estos nuevos planteamientos, el Estado propone estrategias territoriales establecidas en el PNBV. Este establece lineamientos para el desarrollo de las ciudades en el Ecuador, tanto a nivel económico, social y político. Además, este plan propone un cambio en la matriz productiva donde se desea pasar de un modelo primario exportador a un modelo generador de un valor agregado. Además del plan inicial del 2007, se han realizado las sucesivas actualizaciones; PNBV 2009-2013, 2013-2017 y 2017-2021. El objetivo del Plan del 2007 contemplaba la recuperación del rol del Estado para velar por

el interés colectivo de la población. Luego el plan 2009-2013, planteaba nuevas alternativas de desarrollo, y la redefinición del Estado para la construcción de un estado plurinacional e intercultural. En el del 2013-2017 se propuso consolidar las capacidades de la población en un afán de reducir las brechas sociales y territoriales que se han consolidado en el País (Canelos, 2018) . Por último, el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 propone una visión integral de largo plazo para lograr equidad y justicia social, a la vez que se amplía las capacidades productivas y se fortalece el talento humano.

La incidencia de las estrategias locales en la aplicación del PNBV y el cambio de la matriz productiva dependen en su gran mayoría de la capacidad local para la implementación y desarrollo de los objetivos propuestos. El PNBV es una guía para las políticas de distintos ministerios y gobiernos locales pero su concreción en políticas puntuales no siempre logra visibilizarse al no existir la capacidad operativa ni una planificación adecuada para la aplicación de las mismas. En ciertos casos, se ha evidenciado una escasa capacidad operativa de las coordinaciones zonales de los ministerios para aplicar las políticas que establece el PNBV debido a la alta rotación de personal en las instituciones. Además, existe una falta de coherencia entre las políticas que plantea el Gobierno nacional directamente (equipamientos y servicios) y las que se realizan de manera vinculada a los objetivos del PNBV. Así, en el ámbito local y provincial se da un mayor énfasis en medidas tangibles como infraestructura y regeneración urbana frente a otras intangibles como lo son las capacitaciones y el empoderamiento de la población local. El peso de los factores locales que en ciertos casos presentan una alta resistencia al cambio y la escasa participación ciudadana en la toma de decisiones ha impedido un mayor desarrollo (Prada Trigo, 2016).

De manera sintética, a través de los nuevos planteamientos para atender la problemática urbana se pueden destacar algunos de los cambios más significativos que en el ámbito del planeamiento se han producido en las últimas décadas:

- La aprobación de la nueva constitución en el 2008 y demás cuerpos legislativo publicados en estos últimos años.
- Se estructura SENPLADES en 2007, la cual establece las directrices de desarrollo económico, urbano y de conexiones para el País con el objetivo de lograr el desarrollo económico y la cohesión social. Aunque desde 2019, en el marco de una reestructuración estatal, esta institución es reemplazada por la Secretaría Técnica Planifica Ecuador.
- Se invierten en infraestructuras viales, además de aeropuertos ferrocarriles, puertos, para mejorar la productividad de las empresas y mejorar la interconectividad interna y externa.

- Por último, se crea la Superintendencia de Ordenamiento Territorial enmarcada en la ley del LOOTUGS que se encarga de seguir y controlar los procesos de ordenamiento territorial, uso y gestión de suelo, hábitat, asentamientos humanos y desarrollo urbano.

En conclusión, durante los últimos años se ha plasmado mejoras que corresponden más a una visión tradicional de la gestión del territorio, como carreteras, vías, parques y servicios, mientras que algunos de los mayores cambios propuestos por el Gobierno central se encuentran aún relegados. Es así que, a pesar de los avances en términos de políticas, instrumentos, proyectos, y demás que trataron de mitigar la problemática urbana, aun se requieren mayores progresos para lograr un adecuado desarrollo.

2.5. CONCLUSIONES

En este capítulo se ha presentado un esbozo sobre las principales características del proceso de urbanización en América Latina y Ecuador con el objeto de enmarcar el punto de vista territorial y con la perspectiva del tiempo a lo largo de la historia de nuestra investigación. Las conclusiones que siguen a continuación compendian los aspectos principales de las dinámicas urbanizadoras en el ámbito de estudio.

1. Se ha podido destacar que, a pesar de que la expansión de los usos urbanos es un hecho generalizado en América Latina, al igual que en el resto del Planeta, el proceso por el que ha atravesado esta región presenta ciertas singularidades con respecto a los procesos originados en regiones más desarrolladas. Las fluctuaciones de la economía, los cambios políticos y el incremento demográfico han caracterizado en gran medida la dinámica territorial.
2. Se ha constatado como el proceso de urbanización contemporáneo en América Latina, tiene sus bases en el periodo colonial, pero que se acelera de forma muy acentuada con la plena implantación de la lógica capitalista en las dinámicas territoriales. En este sentido se puede distinguir dos grandes periodos referentes al proceso urbanizador en la región latinoamericana.

El *primer periodo* hace referencia a la etapa que estructuró el sistema urbano latinoamericano iniciado en la época de la conquista. A pesar de que las culturas indígenas poseían modelos urbanos complejos y valiosos, la conquista los alteró radicalmente a fin de que las nuevas estructuras respondieran a intereses de

índole económica y de control sobre la población indígena. Este modelo se consolidó y se mantuvo hasta la época de la independencia, cuando se modificaron las administraciones del territorio, pero sin producirse mayores reformas en las estructuras urbanas ya consolidadas. Así, este modelo se mantuvo hasta 1930, época en la que se produce un periodo de depresión económica del modelo agroexportador que afectó a la población iniciando así un incipiente proceso de industrialización.

En el *segundo periodo*, que inicia a mediados del siglo XX, se origina un incremento acelerado de la población urbana que contradecía determinados modelos económicos. El incremento demográfico en las ciudades se produce por olas migratorias hacia los centros urbanos mayores y más industrializados en busca de trabajo. Durante esta época se implantaron gobiernos que dan paso a modelos neoliberales como una estrategia de dinamizar el mercado. Así, la economía instaurada promovía por un lado el ingreso de capitales extranjeros que en términos urbanos intensificaron las transformaciones del suelo, y por otro lado, promovieron procesos de segregación e incrementos de la brecha social. A este escenario se debe incluir la inestabilidad política que junto a las débiles administraciones locales no pudieron atender las demandas de infraestructura y servicios, de modo que proliferaron asentamientos marginales y ocupaciones ilegales. En el siglo XXI surgieron gobiernos progresistas que plantearon reformas significativas con tintes sociales como respuesta a esta situación cada vez más difícil de controlar. Sin embargo, como se ha visto en estos últimos años, muchas de estas reformas no han logrado hacer frente a los profundos problemas sociales que siguen afectando las ciudades latinoamericanas.

3. El periodo relacionado principalmente al proceso de expansión urbana en Latinoamérica posee tres rasgos fundamentales según Castells (1973): el proceso urbano no se generó precisamente por el desarrollo económico; los grandes núcleos poseían una escasa capacidad para absorber la gran ola migratoria demandante de empleo; y las dinámicas implantadas provocaron un modelo urbano desarticulado.
4. De Mattos (2006) ha distinguido cinco tendencias que caracterizan este segundo periodo que se vincula con una fase de modernización capitalista: la descentralización productiva; el incremento de brechas sociales acentuadas por las políticas de liberalización económica; la presencia de los negocios inmobiliarios, el incremento de la movilidad, y la aparición de elementos arquitectónicos emblemáticos.

5. Al fijar la atención en el ámbito de estudio específico Ecuador, al igual que en el resto de Latinoamérica constatamos que efectivamente, la estructura urbana tiene su origen en la colonia, pero las subsiguientes etapas de desarrollo y declive se sustentan en las fluctuaciones del mercado internacional, los cambios políticos, la reactivación de la economía a través de las exportaciones y los incrementos demográficos.
6. Los procesos históricos de urbanización en el Ecuador están caracterizados por un continuo enfrentamiento entre las regiones de la Sierra y la Costa generadas por las dinámicas económicas que han influido de manera intermitente en el desarrollo o estancamiento de los asentamientos de estas dos regiones. Esta dinámica regionalista ha configurado la bicefalia ecuatoriana donde Quito es concebida como el centro político-administrativo, mientras que Guayaquil se posiciona como centro económico.
7. La región Amazónica presenta un proceso urbano más reciente debido a la desarticulación persistente desde la época de la colonia. Esta región selvática ha estado sujeta a distintas presiones que han influido de manera directa en el proceso de urbanización. Así, el inicio de su proceso de integración económica y urbana se produjo aproximadamente en 1980, un siglo después de aquello que aconteció en las otras dos regiones continentales. De igual manera es importante mencionar que la presión constante a la que está sujeto este territorio por los usos extractivistas han alterado las dinámicas de la población local.
8. En definitiva, el territorio ecuatoriano ha atravesado un proceso de transformación que ha dado como resultado un modelo de organización territorial en baja densidad con áreas urbanas poco articuladas y con profundas brechas territoriales, además de claras diferencias regionales.
9. Se han identificado momentos históricos que han provocado cambios significativos en las dinámicas territoriales. Entre los momentos más significativos destaca el periodo de recesión de 1999 que dio como resultado el proceso de dolarización, es decir la pérdida de la moneda local. Además, según los indicadores presentados se ha podido apreciar que en estos últimos años la población ecuatoriana ha conocido mejoras significativas en variables relacionadas con la calidad de vida.
10. Finalmente, se ha puesto en evidencia que los gobiernos en estos últimos años, con el afán de hacer frente a los problemas territoriales, han desarrollado diversos cuerpos normativos. Sin embargo, no es hasta inicios de este siglo que la planificación territorial y urbana ha tenido un mayor protagonismo en los

planteamientos de proyectos, planificaciones, políticas enmarcados en los nuevos cuerpos legislativos.

**CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO: LAS IMÁGENES
SATELITALES NOCTURNAS EN EL ANÁLISIS DE LOS
USOS URBANOS DEL SUELO**



Para comprender el proceso de urbanización planetaria y la difusión de la condición urbana resulta especialmente conveniente considerar la evolución de la generación y el consumo de energía. Como es bien sabido, la dotación de tecnologías aptas para la generación, distribución y consumo de energía tiene un papel clave en el ritmo de desarrollo de las ciudades y su forma de vida. Prácticamente todas las sociedades del planeta, y en particular las sociedades industrializadas, demandan grandes cantidades de recursos energéticos para mantener en funcionamiento las actividades antrópicas que se desarrollan en su territorio. Estas actividades no están obviamente restringidas solo a las horas del día, sino que también se desarrollan durante las horas de la noche.

Con la invención del alternador eléctrico en el siglo XIX, el ser humano adquirió el conocimiento apto para generar electricidad, de modo que en el siglo XX se pudo iniciar el uso generalizado de esta a través de grandes redes que se construyeron en todo el planeta. Así, en la actualidad se aprecia como las sociedades más desarrolladas han podido implementar sistemas para dotar de electricidad a la mayoría de su población mientras que en otras áreas del planeta, algunas de ellas intensamente urbanizadas,- el acceso a la electricidad resulta ser todavía un desafío. Aun así, se puede decir que la mayor parte de la población urbana del Planeta depende de la energía eléctrica para el desarrollo de las actividades que realiza.¹⁸

En este sentido, los países más industrializados y terciarios en los cuales prácticamente todo su territorio posee condiciones de vida urbanas, se produce también un mayor consumo de energía a través de las distintas actividades y servicios. Este consumo energético produce diferentes efectos sobre el medio entre ellos se quiere destacar la contaminación lumínica.

La emisión de flujo luminoso hacia la atmósfera proveniente de fuentes artificiales que produce distintos rangos espectrales e intensidades genera lo que se conoce como la contaminación lumínica. El tipo de flujo lumínico está asociado con diversos tipos de fuentes de emisión. Existen usos y tecnologías que generan emisiones lumínicas de mayor intensidad como las chimeneas de gas y otros que generan emisiones menos intensas como el alumbrado público. De esta manera, a través del análisis de los rangos lumínicos registrados se puede identificar los diversos de tipos de intensidades de uso y de actividades que se desarrollan en el territorio.

¹⁸ Por su especial referencia al tema de las redes y la morfología urbana en la red energética, pueden verse entre otros a Dupuy (2008; 1988), Hausman, Hertner & Wilkins (2008), Hencé (2012), Holden (1992), Jonnes (2004), Legendijk (2008), López (2016) y Schott (2003).

Por otro lado, como se ha mencionado anteriormente, la condición urbana ha promovido una mayor cantidad de demanda de servicios, lo que implica la aparición de nuevos usos del espacio y a su vez un mayor consumo energético. Según datos del Banco Mundial, en los países industrializados se gasta 1.000 veces más energía por ciudadano que en zonas del denominado tercer mundo. De este modo, el consumo energético y las emisiones lumínicas, en principio, se corresponden y permiten identificar desigualdades territoriales.

Al considerar una escala planetaria, se puede apreciar como los países más industrializados son los que mayores emisiones lumínicas generan. Este es el caso de Norteamérica, Europa y Japón. En estas zonas del Planeta el proceso de urbanización extendida se encuentra consolidado, de modo que a través de la luminosidad artificial se puede identificar las mayores concentraciones de distintas actividades, las cuales son típicamente de origen antrópico.

Junto con las nuevas formas de ocupación del territorio, han emergido nuevas tecnologías que han permitido estudiar el avance del uso de la energía sobre el espacio. Para la temática que compete a este estudio una tecnología clave es el desarrollo de satélites que permiten obtener imágenes diurnas y nocturnas de la Tierra. Es así que, a partir de la segunda mitad del siglo XX, la medición y el estudio de los procesos de dispersión de la urbanización se han basado en muy buena medida en las imágenes aéreas y la imagen satelital diurna de la Tierra (Potere, Schneider, Angel, & Civco, 2009). Partiendo de estas fuentes ha sido posible, por ejemplo, medir el alcance de las superficies artificializadas para usos urbanos y su progresiva expansión a lo largo del tiempo.

Sin embargo, en los últimos años se ha ido extendiendo el uso de la imagen satelital nocturna de la Tierra, la cual, como se verá, presenta, a nuestros efectos, algunas ventajas respecto a la imagen diurna. En general, estas imágenes, al captar la intensidad lumínica emitida por el territorio durante la noche, se convierten en herramientas adecuadas para el análisis de la contaminación lumínica. Esto es así, porque desde un punto de vista analítico permiten investigar, medir y monitorizar la evolución del paisaje nocturno. Es igualmente importante mencionar que las frecuencias de estas series de imágenes permiten analizar la evolución de las dinámicas lumínicas que están vinculadas a actividades antrópicas o factores ambientales, de modo que en periodos de tiempo adecuados se puede visibilizar los cambios que se han producido en el territorio. Como veremos, el uso de estas fuentes constituye una de las bases principales de la presente investigación. En concreto, a través de la aplicación de las metodologías establecidas, el presente trabajo pretende estudiar la evolución de los usos urbanos que se consideran la expresión física del proceso urbanización.

El presente capítulo presenta el marco metodológico establecido para el desarrollo de la investigación y se divide en 5 apartados. En primer lugar, se referencian brevemente algunos estudios vinculados al uso de las imágenes satelitales nocturnas como herramienta para el estudio del territorio. En este mismo apartado se describe una de las metodologías empleadas para realizar el análisis de la evolución de usos urbanos, la cual se emplea como base para el desarrollo de parte de la presente investigación. En un segundo apartado, se presentan las principales características de las dos series de imágenes satelitales nocturnas utilizadas para la obtención de los resultados, y se realiza una breve comparación entre estas a fin de destacar sus principales características. En el tercer y cuarto apartado, se detallan las metodologías empleadas para abordar el análisis de los usos urbanos a través de la luminosidad nocturna. En estos apartados se describen los procesos que se han realizado sobre las imágenes satelitales nocturnas, desde la descarga de las imágenes hasta el procedimiento para extraer el resultado final que se desea. Asimismo, se presentan las metodologías empleadas para el cálculo de la intensidad lumínica total y luminosidad media emitida, la identificación del umbral de luminosidad urbana y el tratamiento de las imágenes para el análisis de asentamientos urbanos mayores y menores. Además, en estos mismos apartados se ponderan las principales ventajas e inconvenientes derivadas de estas fuentes y la aplicación de los métodos empleados. Finalmente se exponen unas conclusiones sucintas sobre las metodologías empleadas.



3.1. ESTADO DE LA CUESTIÓN: ESTUDIOS PREVIOS REALIZADOS CON IMÁGENES SATELITALES Y PRINCIPALES RESULTADOS

En la última década, las imágenes satelitales nocturnas han sido empleadas para la realización de diversos estudios que abordan un amplio abanico temático. En este apartado se ha realizado una selección de estudios que muestran una panorámica con la variedad de resultados y aproximaciones que se pueden obtener empleando las imágenes satelitales nocturnas como herramienta de análisis. Los estudios que se presentan no pretenden ser una recopilación exhaustiva del acervo científico producido con el uso de las imágenes satelitales nocturnas, sino más bien un compendio de ejemplos que permiten generar una reflexión sobre la capacidad diversa de análisis que ofrece esta herramienta.

Además de referenciar algunas publicaciones, se detiene en particular en el análisis del estudio denominado “La Luz de la Ciudad” (Nel-lo et al., 2017b), que ha servido como base para el planteamiento metodológico que estructura el presente trabajo de investigación.

3.1.1. Diversidad de estudios publicados empleando imágenes satelitales nocturnas

El uso de las imágenes satélites nocturnas para el estudio de las dinámicas territoriales es una técnica relativamente reciente, que tiene sus primeros antecedentes en los trabajos de Elvidge (2001), Henderson (2003) y Sutton (2003). Desde entonces ha florecido un notable campo de estudio. Así en las investigaciones elaboradas en los últimos años que emplean las imágenes satelitales nocturnas destaca, en primer lugar, la diversidad de enfoques considerados.

Entre estos se pueden mencionar temas relacionados con la salud, como las fluctuaciones estacionales de enfermedades (Bharti et al., 2011), las posibles causas del desarrollo del cáncer (Garcia-Saenz et al., 2017). Desde un punto de vista enfocado a la fauna, se ha abordado el estrés en los ecosistemas marinos (Aubrecht, Elvidge, Ziskin, Rodrigues, & Gil, 2010). Estudios más recientes exploran la habilidad de las imágenes de luminosidad nocturna para localizar actividades antrópicas y sus impactos (Zhao, Cao, Zhang, Samson, & Chen, 2020) y otros buscan estimar los niveles de pobreza y desigualdad (Andreano, Benedetti, Piersimoni, & Savio, 2020).

Así, los estudios de la luminosidad artificial nocturna cuentan hoy con más de un cuarto de siglo de existencia y cubren una amplia variedad de campos, referentes tanto a factores antrópicos, tales como población, actividades económicas, usos de suelo, como también a

factores ambientales como las fluctuaciones estacionales. A continuación, se referencian algunos estudios elaborados en estos últimos años, los cuales se encuentran agrupados por temáticas.

Incrementos de radiancia y superficies iluminadas

La evolución de los niveles de radiancia han demostrado que en el Planeta prevalece una tendencia general del incremento de la intensidad y la magnitud de las áreas iluminadas (Kyba, Kuester, Sánchez de Miguel, et al., 2017). En efecto, a nivel global, entre 2012 y 2016, mientras el área iluminada presentaba una tasa de incremento anual de 2,2%, la radiancia de las áreas iluminadas incrementaba en un 1,8%. El estudio emplea un umbral mínimo de radiancia para cuantificar la evolución de las superficies iluminadas, el cual permite delimitar territorios y calcular la evolución de la intensidad lumínica. A través de estos datos se aprecia la diversidad de impactos que conoce el Planeta por la contaminación lumínica artificial, la cual se vuelve cada vez más relevante pues genera mayores presiones sobre el medio natural. De este modo a través de este estudio se aprecia el potencial de esta herramienta para evaluar la evolución de la radiancia en un periodo de tiempo.

También se han llevado a cabo interesantes estudios que analizan la contaminación lumínica en las áreas urbanas (Pipia et al., 2014) y la relación entre la luminosidad y el área artificializada (Checa & Nel-lo, 2018; Henderson et al., 2003; Liu & Leung, 2015; Ma, Zhou, Pei, Haynie, & Fan, 2012; Nel-lo, López, Martín, & Checa, 2017a). Es preciso resaltar que varios estudios relacionados a esta temática han tomado como ámbito de análisis ciudades latinoamericanas (Martín, 2016; Perez, Vizeu, Luchiari, & Small, 2014).

Evolución anual de variables urbanas

La urbanización es un proceso asociado con una gran diversidad de dinámicas que influyen en las actuaciones territoriales. Entre estas dinámicas, la población y variables socioeconómicas juegan un rol importante. En este sentido, una nutrida serie de estudios ha verificado que el uso de las imágenes satelitales nocturnas resulta de gran utilidad al momento de monitorear la evolución entre las dinámicas urbanas y las actividades económicas (Elvidge, Hsu, Baugh, & Ghosh, 2011; Elvidge et al., 2001; Florida, Mellander, & Gulden, 2012), además de las transformaciones demográficas y socio económicas (Levin & Duke, 2012; Liang, Tanikawa, Matsuno, & Dong, 2014). Así, se han establecido metodologías que permiten asociar la evolución de determinadas variables económicas

con la radiancia que puede ser captada por la imagen satelital nocturna (Chen, Xi; Nordhaus, 2010; Zhao, Currit, & Samson, 2011). También se han empleado modelos para estimar las tendencias de evolución del PIB y la evolución luminosidad, así como de indicadores económicas que se asocian al nivel de desarrollo de un país, (Elvidge, Baugh, Anderson, Sutton, & Ghosh, 2012; Marull, Farré, Boix, Palacio, & Ruiz-Forés, 2019; Shi et al., 2014; Sutton & Elvidge, 2015; Sutton, Elvidge, & Ghosh, 2007) identificando además niveles de pobreza (Pinkovskiy & Sala-i-Martin, 2014). La comprobación expuesta de las estimaciones con las correspondientes series estadísticas da buena muestra de las potencialidades de esta metodología. Además con el uso de imágenes de mayor calidad, se pueden obtener estimaciones aún más precisas de las variables socio económicas (Shi et al., 2014).

Población y poblamiento

La distribución espacial y temporal de la población por el territorio, fenómeno obviamente vinculado a los procesos de urbanización, también ha sido abordada por estudios basados en la observación de la luminosidad nocturna. Aquí, el método ha consistido en conseguir un ajuste estadístico comprobable con la población que realmente ocupa un territorio concreto, para posteriormente estimar la carga poblacional en otras áreas y otros momentos (Chowdhury, Maithani, & Dadhwal, 2011; Ma et al., 2012). También ha sido posible realizar el planteamiento de un método que combina datos de luz nocturna y coberturas de usos de suelo que tiene como finalidad estimar de manera precisa la distribución de la población total a lo largo un periodo de tiempo (Wang et al., 2018). Para ello, a través del uso de una malla se caracteriza cada fracción del territorio, y se considera el tipo de uso de suelo, identificando asentamientos urbanos, rurales e industrias y luego con los valores de la luminosidad se desarrolla una regresión geográficamente ponderada y una serie de procesamientos a través de los cuales se obtiene una malla con la densidad poblacional. Estudios similares han tomado como ámbito de análisis regiones de América Latina (Amaral, Vieira, Camara, & Quintanilha, 2006).

Usos antrópicos en espacios operacionales y eventos atípicos

Las intensidades y la situación geográfica de la luminosidad pueden aportar datos relevantes al tratar de identificar actividades antrópicas de otra índole. Uno de los campos más prometedores es el referente a la presencia de usos antrópicos en aquello que Neil Brenner (2014) ha denominado “espacios operacionales”, es decir áreas terrestres de muy

baja densidad o áreas marinas sujetas a usos humanos temporales o permanentes. Así, las elevadas intensidades de radiancia que se registran en las imágenes satelitales nocturnas permiten establecer un modelo que localiza y cuantifica el volumen de las llamaradas de gas (Elvidge, Zhizhin, Baugh, Hsu, & Ghosh, 2016), mientras en otro contexto y con niveles de radiancia inferiores, también es posible detectar de manera automática la presencia y la actividad de embarcaciones en alta mar (Elvidge, Zhizhin, Baugh, & Hsu, 2015).

De esta manera, las aportaciones realizadas por los diversos estudios resultan interesantes debido a la forma que emplean los valores lumínicos o de radiancia de las imágenes satelitales y así a través de distintos procesamientos obtienen datos concretos de índoles diversas. En el primero de los estudios mencionados, para la obtención de datos sobre la quema de gas natural, a través del empleo de bandas espectrales de la serie de imágenes, fue posible estimar la temperatura y el área de origen. Mientras en el segundo caso, para la detección de embarcaciones, el método plantea el uso de un algoritmo que detecta picos a través de un análisis de vecinos. Luego, con el uso de un segundo algoritmo, se caracteriza los picos para realizar segregaciones y así poder descartar puntos que provienen de partículas energéticas de la atmosfera. A través de este algoritmo se obtiene una lista de detecciones de embarcaciones fuertes o débiles. Al aplicar la metodología propuesta por los autores se logró detectar el 99,3% de los pixeles de referencia (Elvidge et al., 2015).

Estos métodos, pueden constituir herramientas básicas para las instituciones encargadas de la actividad pesquera y de las vinculadas al control de extracción petróleo y gas, entre otras, lo que les proveería información sobre la actividad y su evolución. De esta manera, se podría detectar, entre otras, actividades ilegales. En este sentido, la luminosidad artificial nocturna contribuye a generar datos sobre actividades que afectan el medio natural, de modo que se favorecería a un mayor control y gestión de las actividades antrópicas.

Otro uso de las imágenes satelitales nocturnas consiste en el seguimiento de fenómenos antrópicos episódicos. Así, la imagen nocturna de la Tierra se ha utilizado para el seguimiento de las confrontaciones bélicas y sus consecuencias (Li & Li, 2014; Li, Zhang, Huang, & Li, 2015).

Variaciones estacionales de las actividades

Gracias a la alta recurrencia de las imágenes es posible realizar análisis mensuales para identificar las fluctuaciones de luminosidad que se producen en un área a lo largo de un año. En este sentido, se han desarrollado estudios que buscan encontrar explicaciones a las variaciones lumínicas intraanuales a través de correlaciones con factores antrópicos.

En este sentido, al enfocar la atención en la variación lumínica anual desde factores antrópicos, se ha planteado un modelo para estimar la población estacional a través de la luz nocturna. El estudio de Stathakis & Baltas (2017) constituye un buen ejemplo de ello, los autores han empleado como ámbito de aplicación las islas griegas que tienen una alta fluctuación de población a lo largo del año. En este caso, se observa que los meses que registran mayores niveles de radiancia también registran los mayores incrementos de población estacional.

Además, a partir de un enfoque complementario se ha vinculado las fluctuaciones lumínicas anuales con las variaciones espaciales y temporales de la intensidad de la población, la actividad y la ocupación (Checa & Nel-lo, 2018). En un ámbito que incluye buena parte del territorio mediterráneo ibérico, se ha constatado que la luminosidad constituye un buen indicador para verificar la intensidad temporal de usos urbanos sobre todo en territorios destinados a usos turísticos y, que la intensidad luminosidad puede concebirse como una variable que permite caracterizar en parte las dinámicas urbanas.

Otro estudio incorpora variables relativas a factores físicos y climáticos para explicar las oscilaciones de las intensidades lumínicas mensuales (Levin & Zhang, 2017). En este trabajo se identifica la variación de la radiancia en varias ciudades del planeta entre enero y julio del 2014, y la compara con la variación que han sufrido otras variables durante el mismo periodo de tiempo. Para esta comparación se emplean datos sobre el PIB, rentas derivadas del gas y el petróleo, población, porcentaje de áreas urbana, densidad de carreteras, índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), capa de nieve y número de observaciones sin nubes. En general, el modelo planteado fue capaz de explicar más del 45% de la variabilidad del brillo de las ciudades, incluyendo factores físicos y socio-económicos. De acuerdo a los resultados expuestos, se determinó que territorios de mayores latitudes registran un mayor brillo en enero que en julio 2014, y que esta variación esta significativamente correlacionada con el NDVI, la capa de nieve y en las coberturas libres de nubes. Además, con los datos de correlación extraídos del estudio, se determinó que el brillo nocturno de las ciudades puede variar con las estaciones climáticas debido a los cambios de la vegetación y la cobertura de nieve. Estas dos variables pueden alterar el albedo y por lo tanto los niveles de radiancia que registran las

imágenes nocturnas. En este sentido, para comprender las variaciones espacio-temporales de la luminosidad nocturna es imprescindible identificar y separar las variaciones causadas por ciclos fenológicos de la vegetación, la cobertura de nieve y el brillo de la luna (Levin & Zhang, 2017).

Otro estudio realizado por Levin (2017), en un ámbito más reducido, emplea imágenes satelitales nocturnas mensuales de dos años para estudiar las fluctuaciones estacionales de los valores de radiancia y su correspondencia con las coberturas del suelo en el Norte y Centro América. A través de los resultados se determinó que los cambios mensuales en los valores de la luminosidad de las imágenes nocturnas están, por un lado, positivamente correlacionados con los cambios en las coberturas de nieve y el albedo, mientras que, por otro lado, están negativamente correlacionados con los cambios mensuales en el NDVI. Estos niveles de correlación son más extremos en áreas urbanas localizadas en las regiones con latitudes más altas. En este sentido, los dos estudios mencionados, muestran como los factores climáticos, además de los factores antrópicos, pueden influir en los registros de la luminosidad nocturna, sobre todo en regiones donde los cambios estacionales generan mayores alteraciones en el medio natural.

Estimación del consumo de energía

Por otra parte, a través de las tasas de electrificación calculadas a partir de la luminosidad artificial nocturna es posible establecer relaciones entre el consumo eléctrico y la distribución de la población (Townsend & Bruce, 2010), así como estudiar qué porcentaje de ésta tiene acceso a la electricidad (Elvidge et al., 2010). Debido a que el método se aplica de manera similar en el conjunto del Planeta, se generan algunos sesgos entre países con distintos niveles de desarrollo por las diversas características en cuanto a la dotación de energía eléctrica, aun así, los cálculos realizados permiten obtener una visión general sobre el acceso a la electricidad a nivel planetario.

Asimismo, se ha tratado de estimar el consumo eléctrico (Min, Gaba, Sarr, & Agalassou, 2013; Sánchez, Zamorano, Gómez, & Pascual, 2014) a partir de la relación existente entre la radiancia lumínica, los procesos urbanos y las dinámicas socioeconómicas.

También se ha planteado una metodología para predecir los cambios en el consumo de energía (Falchetta & Noussan, 2019). En este caso los resultados muestran que el método es bastante preciso al ser aplicado únicamente en países considerados de ingresos medios bajos, que incluyen regiones como Oriente Medio y África del Norte, América Latina y el Caribe y Asia Oriental. El estudio plantea una serie de coeficientes que buscan caracterizar

el consumo energético en cada región y país, de modo que la estimación de la evolución energética sea lo más precisa posible. En este caso, se observa que el método trata de proveer datos confiables sobre una variable específica considerando las diferencias económicas de cada territorio. Este estudio se ha centrado en la obtención de datos que en muchos casos no se encuentran disponibles de manera inmediata. Así, la utilidad de las imágenes satelitales nocturnas se deriva de la disponibilidad de versiones actualizadas, que pueden ser empleadas como indicadores para la obtención de otro tipo de datos.

3.1.2. “La Luz de la Ciudad”, un método para el estudio de la evolución de los usos urbanos

Una vez presentados algunos de los estudios que emplean imágenes satelitales nocturnas como fuente básica conviene, a nuestros efectos, presentar la metodología del estudio denominado “La luz de la Ciudad”. Este estudio es de especial interés, puesto que para cumplir con parte de los objetivos planteados en la presente investigación, se adopta parte de la metodología establecida por el Grupo de Investigación sobre Energía, Territorio y Sociedad (GURB) del Departamento de Geografía de la Universitat Autònoma de Barcelona para el estudio del proceso de urbanización en España (Nel·lo et al., 2017b). Así, resulta imprescindible presentar aquí algunas de las principales consideraciones y reflexiones extraídas de esta investigación.

A través de la aplicación del método, los autores aportan datos sobre la extensión del proceso de urbanización a partir de la luminosidad artificial, empleando series anuales de la imagen satelital nocturna de la Tierra. El estudio considera como ámbitos de análisis los territorios circundantes a las capitales provinciales, con un periodo temporal de los 20 años transcurridos entre 1992 y 2012. El método planteado consiste en determinar un valor referencial, considerado como el valor mínimo de luminosidad que puede identificarse como luminosidad urbana. Este valor es obtenido a través de un cruce de variables en el cual se contempla por un lado los píxeles con los distintos niveles de luminosidad de las imágenes satelitales nocturnas y por otro una base de datos cartográfica que delimita el suelo urbano. Con las variables cruzadas, se realiza un análisis de las superficies intersectadas considerando niveles de luminosidad y suelo artificializado, de modo que se puede identificar el nivel de luminosidad que mejor se adapta al suelo efectivamente transformado. Este nivel de luz es establecido como un indicador referencial que permite realizar un análisis de la evolución de las superficies que han alcanzado dicho umbral en un periodo de tiempo establecido.

A través de los resultados del estudio, se puede afirmar que existe una relación directa entre la luminosidad artificial obtenida a través de las imágenes satelitales nocturnas y la evolución de los usos urbanos en el territorio. También se destaca que no todos los asentamientos urbanos se han comportado de manera similar, de modo que se han podido determinar las diferencias en la expansión de la luminosidad y las realidades metropolitanas españolas. Por otro lado, a través de la aplicación del método es posible analizar la extensión, la forma y la evolución de las aglomeraciones urbanas. En consecuencia, se constató que las imágenes satelitales nocturnas pueden considerarse como una herramienta de gran utilidad al momento de cuantificar la magnitud e intensidad lumínica de las áreas urbanas. De esta manera esta fuente permite contribuir de manera relevante al estudio del proceso urbanizador.

3.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS SERIES DE IMÁGENES SATELITALES NOCTURNAS: EL ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL A TRAVÉS DE LAS IMÁGENES DMSP Y UN ABANICO DE POSIBILIDADES DE ANÁLISIS A PARTIR DE LAS IMÁGENES VIIRS

Para el desarrollo de la presente investigación se ha empleado como principal fuente de información dos series de imágenes satelitales nocturnas provenientes del National Geophysical Data Center (NGDC) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), del National Centers for Environmental Information (NCEI), del gobierno de los Estados Unidos de América.

En una primera fase de la investigación, se ha empleado la serie de imágenes satelitales nocturnas multitemporales provenientes del Defense Meteorological Satellite Program-Operational Linescan System (DMSP-OLS), la cual abarca una temporalidad de 22 años transcurridos desde el año 1992 al 2013. Y en una segunda etapa se emplean imágenes de la serie denominada Versión 1 VIIRS Day/Night Band Nighttime Lights images (VIIRS-DNB) obtenida de un nuevo satélite de la NASA y la NOAA, las imágenes de esta serie se producen desde el año 2012 hasta la actualidad.

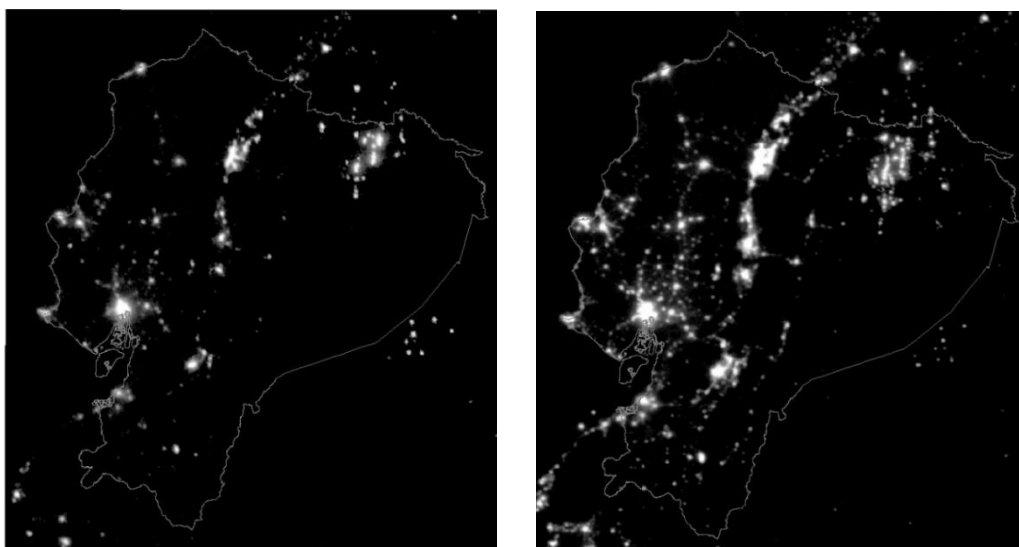
Estas dos series de imágenes a pesar de tener una naturaleza similar presentan profundas diferencias, sobre todo en cuanto a los datos que reflejan. De modo que es importante detallar los tipos de datos que maneja cada serie además de los factores que influyen en la composición de estas. Como complemento a la descripción y a manera de resumen, se ha elaborado una tabla comparativa que expone las principales características de cada una de las series de imágenes empleadas.

3.2.1. Defense Meteorological Satellite Program-Operational Linescan System (DMSP-OLS)

La versión 4 de la serie de imágenes satelitales nocturnas del Defense Meteorological Satellite Program-Operational Linescan System (DMSP-OLS) forma parte de los productos generados por el NOAA, cuyos satélites captan la sensibilidad lumínica en situaciones de poca luz, generando así productos que reflejan la iluminación artificial emitida desde la superficie terrestre (Elvidge, Baugh, Zhizhin, & Hsu, 2013; NOAA, n.d.-b).

El Earth Observation Group (EOG) procesa las imágenes, y las presenta en formato raster con una resolución de pixel de 30 segundos de arco. El tamaño de celda es aproximadamente de un kilómetro cuadrado en la línea ecuatorial. Las imágenes cubren la longitud total del planeta, mientras que en latitud abarcan desde 75 grados del hemisferio Norte hasta 65 grados del hemisferio Sur. Presentan una resolución radiométrica de 6 bits, que corresponde a 64 DN, los cuales contienen grados de intensidad lumínica que oscilan entre 0 y 63, siendo el 63 el valor máximo de luminosidad y 0 el de luminosidad mínima o máxima oscuridad, estos niveles de luminosidad corresponden a valores relativos de luz registrados por el satélite y posteriormente procesados.

Mapa 3-1. Imágenes satelitales nocturnas de la serie DMPS-OLS. Ecuador 1992, 2013



Elaboración: propia a partir de Imágenes de la serie DMSP-OLS

Del conjunto de imágenes que el EOG genera, se han empleado los archivos con la extensión `v4b_stable_lights.avg_vis.tif`. Estos ficheros contienen luces de las ciudades, pueblos y áreas con iluminación persistente, excluyen eventos efímeros como incendios y a la vez reemplazan el ruido de fondo por valores cero.

Para la producción de estas imágenes se tomó en consideración una serie de restricciones por lo que las imágenes generadas tienen las siguientes características:

- Cada uno de los sensores recolecta imágenes a través de una franja de 3.000 km a lo largo de toda la Tierra.
- La iluminación solar y el deslumbramiento se excluyen de acuerdo al ángulo de inclinación solar.
- Los datos por iluminación lunar se excluyen a través de cálculos sobre la iluminación de la luz.
- No se consideran observaciones con nubosidad.
- Se excluyen datos de iluminación generados por auroras boreales en el hemisferio Norte.
- Las imágenes fueron procesadas de imágenes libres de nubes y con todos los datos disponibles para el año calendario.
- Los datos provienen de la mitad central de las bandas OLS de 3.000 km de ancho, debido a la mejor geolocalización de las luces del centro, además son más pequeñas y su radiometría es más consistente.

De esta serie imágenes se encuentran disponibles productos anuales (NOAA, n.d.-b) en el portal web del NOAA en el siguiente link:

<https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>

A lo largo del periodo temporal se pusieron en órbita 6 satélites. La sustitución progresiva de los satélites, implica que en algunos años se dispone de imágenes provenientes de dos satélites distintos. En estos casos se ha empleado la imagen generada por el satélite más reciente.

3.2.2. Versión 1 VIIRS Day/Night Band Nighttime Lights – VIIRS - DNB

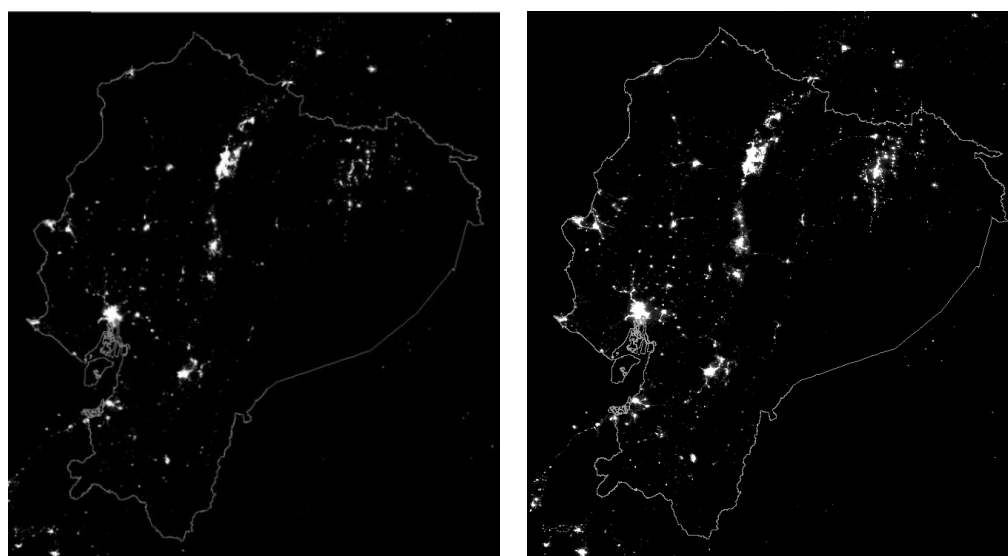
La segunda serie de imágenes empleada corresponde a la serie Versión 1 VIIRS Day/Night Band Nighttime Lights, la cual está compuesta por el promedio de los valores de radiancia de los datos de la banda día/noche (DNB), obtenidos a través del instrumento Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) colocado en el nuevo satélite, el Suomi National Polar-Orbital Partnership (SNPP) (Liao, Weiss, Mills, & Hauss, 2013).

El sensor DNB cuenta con 11 bandas espectrales de noche y 21 de día. Los productos están georeferenciados, y se encuentran disponibles en formato raster con un tamaño de pixel de 15 arco segundos (Elvidge et al., 2013).

Esta serie de imágenes presenta valores de radiancia en nanoWatts /cm²/sr (10^{-9} W·cm⁻²·sr⁻¹). Además, tiene una amplia gama de detección radiométrica con cuantificación radiométrica de 14 bits, lo que corresponde a 16.384 DN. De este modo se evita la sobresaturación de las zonas más iluminadas, lo cual permite estudiar los valores extremos. El valor 0 representa el valor más bajo de radiancia. La información que registran los píxeles de las imágenes en zonas artificializadas en Ecuador varían generalmente entre 0-200, aunque en algunas zonas se observan valores superiores a los 200 pero constituyen lecturas puntuales de usos específicos, no representativas en la lectura general de las áreas urbanas.

Las imágenes poseen una cobertura que abarca a casi todo el Planeta desde la latitud 75N a la 65S en un conjunto de 6 imágenes fraccionadas por la línea ecuatorial y por cada 120 grados de latitud. Es así que para analizar el ámbito del Ecuador fue necesario descargar dos grupos de imágenes que corresponden al hemisferio Norte y Sur, y comprenden longitudes de 60W a 180W.

Mapa 3-2. Imágenes satelitales nocturnas de la serie VIIRS. Ecuador 2012, 2019



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

La serie temporal disponible para estas imágenes comprende composiciones generadas por datos diarios y promedios mensuales y anuales.

Para la composición de imágenes anuales y mensuales, el EOG considera una serie de procesamientos, a través de los cuales se filtran datos del DNB para excluir valores afectados por la luz difusa, rayos, iluminación lunar y cobertura nubosa.

En primer lugar, entre las principales características de las composiciones mensuales se destaca que en estas imágenes no se eliminan luces provenientes de auroras, incendios, embarcaciones y otras fuentes temporales de luz. Además, se observa que algunas zonas no presentan una cobertura adecuada de datos. Este fenómeno está relacionado con dos factores: el primero se vincula a la nubosidad de tal modo que, los datos de áreas emplazadas en zonas tropicales se ven afectados por la presencia de nubes lo que impide de forma recurrente el registro de valores de radiancia; y el segundo se origina en el hecho de que en los polos la luminosidad se ve afectada por la iluminación solar en los meses de verano. De este modo, en las áreas donde no se han registrado lecturas validas, las imágenes reflejan un valor de 0. Estas áreas son identificables a través de los ficheros que contienen el número de observaciones.

Debido al tipo de procesamiento de datos, las imágenes mensuales se encuentran disponibles en dos configuraciones; la primera, denominada "vcm", excluye los datos afectados por luz dispersa; y la segunda, "vcmsl", incluye datos corregidos de luz difusa con una calidad reducida. Para este estudio se ha optado por el primer producto que cuenta con una mejor calidad.

En segundo lugar, en las composiciones de las imágenes anuales se eliminan luces temporales y ruido de fondo. Así, debido a los distintos procesamientos se encuentran disponibles 4 tipos de configuraciones: la primera considera los promedios de radiancia, la segunda contiene el promedio con un ruido de fondo con valores cero, la tercera presenta valores de radiancia con niveles atípicos corregidos donde se filtran incendios y luces efímeras, y la cuarta contiene los valores de radiancia similares al tercer producto, pero con el fondo con valores cero.

Las dos composiciones de imágenes anuales y mensuales (NOAA, n.d.-a) son el resultado de los promedios de los datos diarios, para lo que se considera cada uno de los píxeles del rango temporal después de ser procesados. Estos productos se encuentran disponibles para su descarga en el portal web del NOAA, al cual se puede acceder a través del siguiente link:

https://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_dnb_composites.html

Finalmente, las imágenes diarias, corresponden a una sola lectura por lo que no se encuentran promediadas (NOAA, n.d.-c). Reflejan el valor de radiancia de un día específico y en los casos en los que no haya podido obtenerse ningún registro refleja valores sin lectura. Estas imágenes se encuentran disponibles a través del siguiente link:

https://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_ut_mos.html

3.2.3. Contratación de la calidad de las series de imágenes satelitales nocturnas disponibles

A modo de resumen se ha elaborado un cuadro comparativo en el que se presentan las principales características de las dos series de imágenes (Tabla 3-1).

El rango dinámico mucho más amplio de las imágenes VIIRS, que pasa de 6 bits en las DMSP a 14 bits en las VIIRS, permite obtener valores de luminosidad que varían en 7 órdenes de magnitud, por lo que no registran valores saturados (Liao et al., 2013). Mientras que las imágenes DMSP presentan valores ponderados de luminosidad con un rango dinámico reducido puesto que sus valores se expresan en valores enteros que van desde 0 a 63. Así, debido a que las unidades de luminosidad difieren entre las dos series de imágenes, no existe una correspondencia entre los rangos lumínicos de cada serie de imágenes. Por otro lado, la resolución espacial pasa de 30 arcos segundos en las DMSP a 15 arcos segundos en las VIIRS con lo cual se pueden realizar análisis con mayor detalle.

Tabla 3-1. Cuadro comparativo de las series de imágenes nocturnas, DMSP-OLS y SNPP-VIIRS

SERIES	DMSP-OLS	SNPP-VIIRS
Serie Temporal	1992-2013 (anual)	2012-2020 (mensual, diaria)
Operador	Us. Air Force	NASA-NOAA Joint Polar Satellite System
Orbita	Polar – 850 km altitud, 98.8 grados de inclinación, 102 minutos	Polar – 827 km altitud, 98.7 grados de inclinación, 102 minutos
Banda	3000km	3000km
Hora de paso	~19:30	~01:30
Cobertura de banda - Anchura	Pancromático de 0.5 a 0.9 um	Pancromático de 0.5 a 0.9 um
Bandas espectrales adicionales	Infrarrojo térmico (10 um)	21 bandas adicionales que abarcan 0.4 a 13 um.
Cuantificación	6 bit/64DN	14 bit / 16.384 DN
Calibración radiométrica	Ninguna para poca luz	Con calibración a bordo
Saturación	En áreas urbanas	Sin Saturación
Límite inferior de detección de luz	~5E-10 Watts/cm ² /sr	~2E-11 Watts/cm ² /sr
Costado de pixel	30 arco segundos (Ecuador 928)	15 arco segundos (Ecuador 464m)
GIFOV (Ground instantaneous field of view) Resolución espacial	5 km x 5 km al nadir	742 x 742 m
Ámbito de Cobertura	Longitud 360 - Latitud 75N a 65S	Longitud 360 - Latitud 75N a 65S
Continuidad futura	Los últimos dos satélites probablemente volarán en órbitas de amanecer / anochecer.	JPSS está construyendo el segundo VIIRS y planea tercero. Ambos volarán después de medianoche en órbita.

Elaboración: propia a partir de Elvidge et al., 2013; Liao et al., 2013.

A diferencia de las imágenes DMSP, el satélite de las imágenes VIIRS incluye un sistema de calibración a bordo, de modo que la información capturada es más precisa. Cuenta con un mayor número de bandas que permiten realizar una mejor segregación de las intensidades más bajas, además de identificar y distinguir fuentes térmicas de iluminación (Elvidge et al., 2013). También se ha constatado que el procesamiento de las imágenes permite minimizar las afecciones generadas por la luz difusa, aunque la disminución de esta afectación depende en gran parte del ángulo del que procede la luz solar (Liao et al., 2013).

Estas características influyen en que a través de las nuevas imágenes se puedan analizar varios factores tales como: patrones morfológicos más precisos de áreas urbanas, variaciones de intensidades dentro de los asentamientos, asentamientos menores con bajas intensidades lumínicas, emisiones atípicas de luminosidad y demás. Es así que, entre los rasgos más remarcables destacan las considerables mejoras de las imágenes VIIRS con respecto a las imágenes DMSP sobre todo en cuanto a calibración, resolución espacial y cuantificación radiométrica (Elvidge et al., 2013; Small, Elvidge, & Baugh, 2013). Además, ofrecen una mayor posibilidad de análisis debido a la frecuencia temporal de sus productos. En cambio, las imágenes DMSP debido a su mayor rango temporal ofrecen como mayor ventaja la posibilidad de analizar a lo largo del tiempo los cambios y las tendencias en los procesos de expansión de usos urbanos.

3.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS EMPLEANDO INTENSIDADES LUMÍNICAS

La metodología considerada se basa en el método planteado para el análisis del proceso de urbanización en España (Nel-lo et al., 2017b), aunque ha sido aplicada con variantes a fin de adaptarla al sistema territorial urbano ecuatoriano.

En este apartado se presentan los principales procesos y consideraciones necesarias para la estructuración y adaptaciones a nuestros fines de la metodología aplicada. En primer lugar, fue necesario definir los ámbitos de análisis que en este caso corresponden a los principales asentamientos urbanos del territorio ecuatoriano. En segundo lugar, se procede a la obtención y extracción de la información lumínica de las imágenes satelitales nocturnas, para lo cual se realizaron una serie de operaciones que incluyen desde la descarga de los ficheros en formato raster hasta la generación del producto vectorial a través del cual se obtienen los datos de luminosidad. En tercer lugar, se describe la metodología empleada para el cálculo de la luminosidad total y la luminosidad media. En cuarto lugar, se realiza una detallada descripción de la metodología que permite determinar un valor referencial denominado umbral de luminosidad urbana a través del

cual se calcula la evolución de la superficie con luminosidad urbana. Y finalmente se realiza una breve discusión de las ventajas e inconvenientes que supone la aplicación del método.

3.3.1. Identificación de las principales áreas urbanas como ámbitos de estudio

De manera general, las áreas urbanas mayores, en tanto que se conciben como focos de atracción en los cuales se intensifican las actividades humanas, son las que emiten los mayores niveles de luminosidad artificial nocturna. Por ello es conveniente partir de la observación de estas áreas a la hora de estudiar el proceso de urbanización de un territorio o de un país.

En este sentido, para el desarrollo de la presente investigación se han identificado como principales asentamientos urbanos de la República de Ecuador las ciudades que gozan de la jerarquía de metrópolis, nacionales y regionales según el Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV) 2013-2017 (Ver Tabla 2-3). Estos asentamientos cumplen roles importantes en el territorio por lo que son focos de desarrollo económico y de atracción demográfica. Se trata en su mayoría de capitales de provincia, por lo que son asentamientos representativos del territorio en la que se emplazan. En conjunto albergan al 78% de la población urbana ecuatoriana. Los 28 asentamientos incluyen las dos ciudades más grandes del país y las ciudades de mayor jerarquía.

Como parte de estos principales centros urbanos no se ha incluido la capital de la provincia de Galápagos, la cual esta jerarquizada según el PNBV como un nodo local. Esta menor jerarquización se debe principalmente a su inferior concentración poblacional y de usos urbanos. Debe tenerse en cuenta que esta zona constituye un territorio donde los cambios de usos de suelo son sumamente controlados y restringidos en pro de la conservación de la flora y fauna endémica de gran valor ambiental. Es así que prácticamente toda la extensión de este territorio insular forma parte de un parque nacional. Además, su vinculación con el resto del territorio es limitada por su localización.

Para la identificación de los principales asentamientos urbanos no se ha considerado un umbral de población debido a que esta aproximación entraña algunos problemas al momento de definir un valor referencial. Si se tomara un umbral muy bajo, existe la posibilidad de identificar asentamientos conurbados o vinculados a asentamientos mayores que han aumentado de población justamente por la influencia de los asentamientos próximos con lo cual forman parte de un único proceso urbanizador que ha empezado a expandirse sobre asentamientos vecinos. Por otro lado, también se incluirían una gran cantidad de asentamientos menores. En cambio, si se tomara un

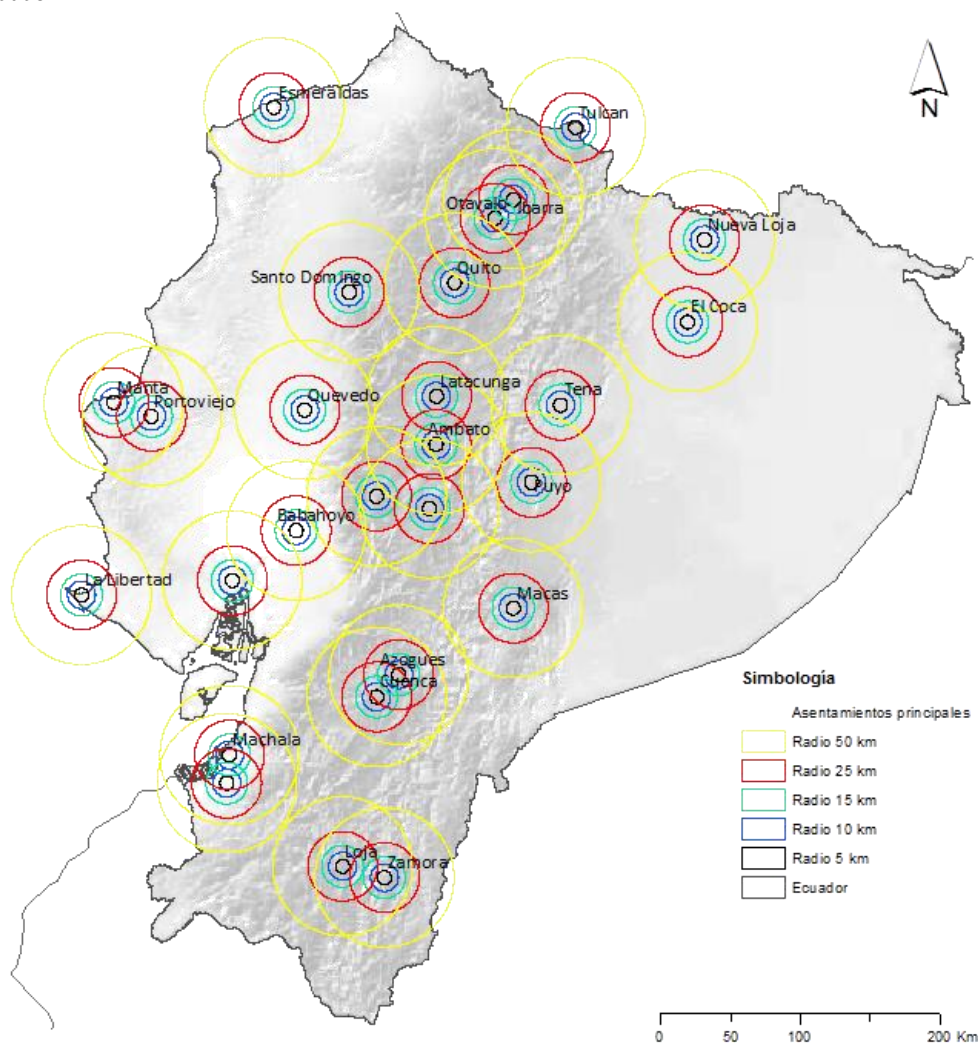
umbral muy alto seguramente quedarían fuera todas las ciudades de la región amazónica, donde el desarrollo urbano es menor que en el resto del país.

Una vez definidos los principales centros urbanos, se ha procedido a identificar el centroide de cada asentamiento seleccionado. Para este proceso se han empleado dos fuentes de información de manera que se pueda corroborar la localización de estos nodos. La primera fuente contiene los centroides generados por la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), órgano encargado de la elaboración del PNBV. Como segunda fuente se emplea la base de datos de los Mapas de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental 2013-2014 desarrollada por el Ministerio del Ambiente (MAE) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). Por medio de esta segunda fuente, se identificaron los polígonos categorizados como Zonas Antrópicas – Áreas Pobladas que correspondían a los 28 asentamientos antes mencionados, y se generaron 28 centroides. Con estas dos series de centroides, se busca garantizar que la localización de estos puntos sea precisa. En general, las dos series son prácticamente coincidentes a excepción de los casos de Otavalo, Esmeraldas, Quito y Sangolquí. Para estos asentamientos, el PNBV ha definido el centroide considerando áreas urbanas conurbadas o muy próximas con una fuerte vinculación a estas ciudades. En el caso de Esmeraldas, el centroide incluye el área de Vuelta Larga, en el caso de Otavalo se incluye el área de Peguche y los centroides de Quito y Sangolquí se influyen entre sí pues sus áreas urbanas se hallan conurbadas. Así, los desplazamientos identificados en los nodos generados por SENPLADES se deben a la influencia de un proceso urbano próximo ligado al asentamiento principal, por lo que se ha considerado adecuado emplear esta serie de nodos para la delimitación de los ámbitos de estudio.

A partir de los centroides identificados para los 28 asentamientos, se han trazado 5 anillos concéntricos con 5, 10, 15, 25 y 50 km de radio respectivamente, los cuales permiten observar los principales procesos urbanos en relación al centro del asentamiento. A través de la definición de estos anillos se estaría abarcando buena parte del proceso expansivo que se observa en el territorio ecuatoriano. Una de las variaciones que se ha tenido que adoptar con respecto al método aplicado para el estudio del territorio español, se encuentra el hecho de que los círculos de 25 km de radio generados a partir de los centroides abarcan prácticamente todo el suelo en el cual se observa un proceso urbanizador. Por otra parte, este radio evita, en la mayoría de casos, superposiciones entre los ámbitos de influencia de las localidades vecinas. De modo que para la mayoría de análisis comparativos se utilizan los datos extraídos en el ámbito generado por los radios de 25km. El uso de anillos concéntricos en los asentamientos permite generar ámbitos de igual extensión y a su vez realizar comparaciones entre asentamientos. De este modo, al

mantener una variable inalterada en todos los asentamientos se logra visualizar mejor las diferencias entre territorios.

Mapa 3-3. Principales asentamientos urbanos ecuatorianos, ámbitos de análisis con radios de 5, 15, 25 y 5 km. Ecuador



Elaboración: propia a partir de nodos de SENPLADES.

3.3.2. Pre procesamiento de las imágenes satelitales nocturnas

Para los procesamientos previos de las imágenes se han considerado las características de las fuentes empleadas, de manera que ha sido necesario emplear dos procesamientos distintos para cada una de las series de imágenes.

a) Serie de imágenes DMSP – composiciones anuales

Para esta serie de imágenes se procedió a la descarga de los ficheros a través del portal web del NOAA. Las imágenes que se encuentran disponibles corresponden al período 1992 al 2013, por lo que, de estos 22 años, se han identificado intervalos de 4 años, de

manera que se pueda visualizar de forma sintetizada la evolución de los procesos urbanos. Es así que se ha establecido los siguientes intervalos de tiempo: 1992 - 1996 – 2000 – 2004 – 2008 - 2012.

A partir de las imágenes descargadas fue necesario realizar una extracción de datos que correspondan a un ámbito más reducido, puesto que las imágenes originales abarcan prácticamente todo el Planeta. Así, para la extracción de datos se definió un ámbito de 720 x 780 km, el cual engloba al territorio del Ecuador continental.

A continuación, se convirtieron las imágenes de formato raster a un formato vectorial, lo que permite realizar algunos procedimientos de manera más ágil y extraer datos cuantitativos. Con estos productos vectorizados, se procedió a obtener la información correspondiente al ámbito del Ecuador continental. De este modo, para las siguientes operaciones únicamente se consideran los polígonos generados a partir de los píxeles de la imagen raster que se encuentran dentro del territorio ecuatoriano, excluyendo las áreas marítimas y las superficies terrestres de los países vecinos.

Finalmente, para manejar un lenguaje común con otras fuentes de información, a todas las bases de datos se les asignó un sistema de coordenadas proyectadas WGS-1984_UTM_ZONE_17S, que es el sistema que se emplea de forma generalizada en Ecuador. Así, todos los datos cartográficos presentados a lo largo de este trabajo utilizan este sistema de coordenadas, excepto Galápagos que emplea el 15S.

A través de este preprocesamiento de las imágenes se obtuvieron productos vectoriales que contienen información de luminosidad. Este proceso fue necesario realizarlo con las imágenes de 6 años distintos, correspondientes a los intervalos de tiempo identificados.

b) Serie de Imágenes VIIRS – composiciones anuales y mensuales multianuales

De acuerdo a las características de esta fuente fue necesario contrastar las imágenes mensuales que contienen datos de luminosidad con las imágenes que contienen datos del número de lecturas realizadas para no asumir niveles de luminosidad cero en áreas sin lecturas. Además, al momento de realizar la descarga de datos, la mayoría de composiciones anuales aún no se encontraban disponibles por lo que se obtuvieron los datos anuales directamente de los compendios de imágenes mensuales.

Así, en primer lugar, fue necesario realizar la descarga de las imágenes mensuales de todos los meses desde abril del 2012 a diciembre del 2019. En este caso, fue necesario descargar dos series de ficheros correspondientes a los dos hemisferios, debido al formato en el que

se encuentran disponibles las imágenes. Dentro de cada fichero se encuentran disponibles dos productos, uno de ellos corresponde al resplandor promedio Day/ Night Band (DNB) con una extensión de avg_rade9h.tif y el otro contiene el número de observaciones sin nubes con una extensión de cf_cbg.tif.

En segundo lugar, obtenidas todas las imágenes mensuales de los dos hemisferios, se procedió a unir las imágenes que corresponden al mismo mes y al mismo tipo de información. Es decir que se unieron las imágenes mensuales de los dos hemisferios con valores de radiancia y las que contienen el número de lecturas sin nubes. Las imágenes generadas contienen información localizada entre la latitud 75N y 65S y entre la longitud 60W y 180W.

Como tercer paso, a fin de obtener ficheros más ligeros se definió un ámbito de 720 x 780km para extraer parte de la información de las imágenes obtenidas anteriormente, dentro del cual se localiza Ecuador continental. Además, debido a las potencialidades de esta fuente por su mayor resolución espacial y radiométrica, es posible analizar asentamientos menores. Por lo cual resulta posible y oportuno analizar la provincia de Galápagos que contiene asentamientos urbanos de menor tamaño. Por ello en esta serie de imágenes también se extrajo un ámbito de 660 x 760 km que abarca la región insular del Ecuador. Considerando el ámbito de Ecuador continental e insular, para cada mes se obtuvieron dos productos, uno correspondiente al resplandor promedio y otro al número de observaciones.

En cuarto lugar, para evitar que los valores de luminosidad se alterasen por la presencia de nubes, se identificaron las áreas con luminosidad cero pero que corresponden a áreas sin lecturas. Para ello se delimitaron las áreas sin lecturas en la serie de imágenes que contienen el número de observaciones sin nubes. Luego se procedió a identificar estas mismas áreas en el fichero que contiene los valores de radiancia, donde se reemplazó el valor de luminosidad cero por el valor nulo. De este modo, al momento de realizar cálculos con los valores de radiancia quedan excluidas las áreas sin lecturas. Con este proceso, las imágenes con valores de radiancia quedan validadas pues no se asume valores de radiancia cero en zonas nubosas.

En quinto lugar, se procede a promediar los valores de radiancia de las imágenes mensuales validadas para generar imágenes anuales. A través de esta operación se obtiene el valor promedio de las imágenes disponibles desde enero a diciembre del mismo año. Es así que se logran generar 8 imágenes anuales con valores de radiancia promedio desde el 2012 al 2019.

Obtenida las series de imágenes mensuales y anuales promediadas, se procede a cambiar el formato. Las imágenes que se encuentran en formato raster fueron transformadas a un formato vectorial. Para este proceso se obtuvieron los valores enteros más próximos al valor de radiancia que registraban las imágenes. Luego, con los polígonos generados a partir de los píxeles, se extraen únicamente aquellos que se encuentran emplazados dentro del límite del Ecuador continental e insular (Galápagos). Con este paso, se generan productos vectoriales que contemplan únicamente la superficie ecuatoriana.

Finalmente se modifica el sistema de coordenadas para unificarlo con el resto de bases cartográficas a emplear. Es así como se obtiene una serie de productos vectoriales con datos de radiancia anuales y mensuales, que serán empleados para la obtención de los indicadores vinculados a usos del suelo urbano que nos permiten analizar nuestro ámbito territorial de estudio.

3.3.3. Metodología para el cálculo de la luminosidad total emitida y la intensidad lumínica media

Para el cálculo de la intensidad lumínica de los ámbitos de estudio se debe tener en cuenta los dos componentes esenciales: el ámbito de estudio definido por los 28 asentamientos con sus anillos concéntricos de 5, 10, 15, 25 y 50 km y los productos vectoriales de las imágenes satelitales nocturnas.

A través de los niveles de luminosidad y la superficie delimitada por ámbitos de estudio es posible identificar el valor total de la luminosidad registrada para dicho ámbito. A continuación, a través de esta se obtiene el valor de la intensidad lumínica total y media.

Para obtener el valor de la luminosidad total emitida (o intensidad radiante cuando se emplean valores de radiancia) se suma los productos de la relación entre superficie y valores de luminosidad.

Luego, el valor de la luminosidad media (o de la radiancia media en caso de que se trabaje con las imágenes VIIRS) se obtiene dividiendo el valor de la luminosidad total emitida para la superficie total del ámbito.

Las fórmulas empleadas para calcular la luminosidad total y luminosidad media son las siguientes:

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

$$Lm = \frac{\sum(L * S)}{ST}$$

LT=luminosidad total
Lm = luminosidad media
L= Luminosidad
S= superficie del pixel
ST= Superficie total (Nel-lo et al., 2017b)

Para calcular la luminosidad media o la luminosidad total de un ámbito determinado, es necesario realizar cortes de los productos vectoriales compuesto por polígonos (píxeles) de modo que únicamente se incluyan en el cálculo los polígonos o la parte de ellos que estén incluidos dentro del ámbito considerado.

Este procedimiento ha sido aplicado en la totalidad del territorio ecuatoriano, en cada asentamiento delimitado por los radios de 50, 25 y 5 km, en cada una de las coronas de 5, 10, 15, 25 y 50km y en el conjunto de los ámbitos generados por los asentamientos.

3.3.4. Metodología para la definición del umbral de luminosidad con intensidades urbanas

En base a la literatura antes mencionada, se considera que existe una correspondencia entre la luminosidad de las imágenes nocturnas y las áreas urbanas que son las que típicamente producen esta contaminación lumínica durante las horas nocturnas.

Es así que, a través de la metodología planteada por el GURB para el análisis del territorio europeo, se corrobora la correspondencia entre la luz y las áreas urbanas, y se identifica un nivel de luminosidad que se correlaciona de mejor manera con las áreas artificializadas. De este modo, a través de la aplicación del procedimiento establecido por estos autores es posible establecer un umbral de luminosidad urbana, el cual permite realizar un análisis de la evolución de las superficies que han alcanzado dicho umbral en el rango de tiempo determinado para el análisis (Nel-lo et al., 2017b). En definitiva, la importancia de este método yace en el hecho de haber sido concebido para el estudio de la evolución de los usos urbanos del suelo en un periodo determinado, así como para la monitorización de la evolución de la morfología urbana.

En este sentido, este umbral debe ser considerado únicamente como un valor referencial sobre la intensidad lumínica mínima que puede identificarse como la intensidad lumínica urbana. A través del uso de este umbral es posible delimitar las superficies que han alcanzado dicho nivel de intensidad lumínica, con lo cual el método se centra en detectar la presencia de una determinada intensidad de luz en el territorio. Sin embargo, no se debe suponer que el territorio que no alcanza estos niveles de intensidad lumínica no presenta procesos urbanos significativos, en todo caso su intensidad lumínica no se corresponde a las intensidades propias de espacios de suelo artificializado para usos urbanos.

Para la identificación del umbral es necesario contrastar los valores de luminosidad con datos ya existentes sobre coberturas de suelo delimitadas como urbanas empleando fuentes de información cartográfica. En nuestro caso, ha sido posible disponer de dos bases de datos referentes a coberturas y usos de suelo elaborados por procesos de teledetección y un mapa sobre la ocupación del suelo producida a través de información secundaria. Estas tres bases de datos, que a continuación se describen, han sido generadas por órganos estatales ecuatorianos. Su uso ofrece la posibilidad de comparar y discriminar los resultados y así lograr una mayor precisión al momento de definir el umbral de luminosidad urbana.

a) Descripción de fuentes información cartográfica secundarias

Las dos bases de datos con información cartográfica referente a coberturas y usos de suelo corresponden a proyectos distintos. La primera base de datos considera a la fuente base que genera el Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador elaborado por el MAE y el MAGAP, y la segunda fuente de información considera la Cartografía Temática del Ecuador, generada por el proyecto del Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructuras Tecnológicas (SIGTIERRAS), proyecto emblemático del MAGAP. Estas dos fuentes fueron elaboradas principalmente por procesos de teledetección. La tercera fuente considera la información del mapa de densidades generadas por Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca (GADMC), el cual fue elaborado a través un procesamiento de información territorial secundaria.

Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador - MAE-MAGAP

El Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador generadas por el MAE-MAGAP abarcan al Ecuador continental con una extensión de 249.000 km². Según su Protocolo Metodológico, presenta las siguientes características:

- Escala: 1: 100.000
- Sistema espacial de referencia: UTM – WGS-84 - Zonas 17S
- Temporalidad: 2013-2014
- Clasificación de coberturas con imágenes satelitales mediante técnicas de extracción y generación de información complementada con un sistema de información geográfica
- Insumos de información: imágenes satelitales LandSat8 y RapidEye

De la clasificación de coberturas establecidas por esta fuente, se han extraído únicamente las áreas definidas como Zonas Antrópicas - Áreas Pobladas, con una extensión de 2.031 km², la cual representa el 0,82% del área de estudio del MAE. Dentro del primer nivel de clasificación de la Zona Antrópica, también se distingue la categoría de Infraestructura, la cual ha sido descartada de este análisis puesto que corresponde a minas, canteras y en particular en la zona costera corresponde a camaroneras y demás.

Cartografía Temática del Ecuador - SIGTIERRAS

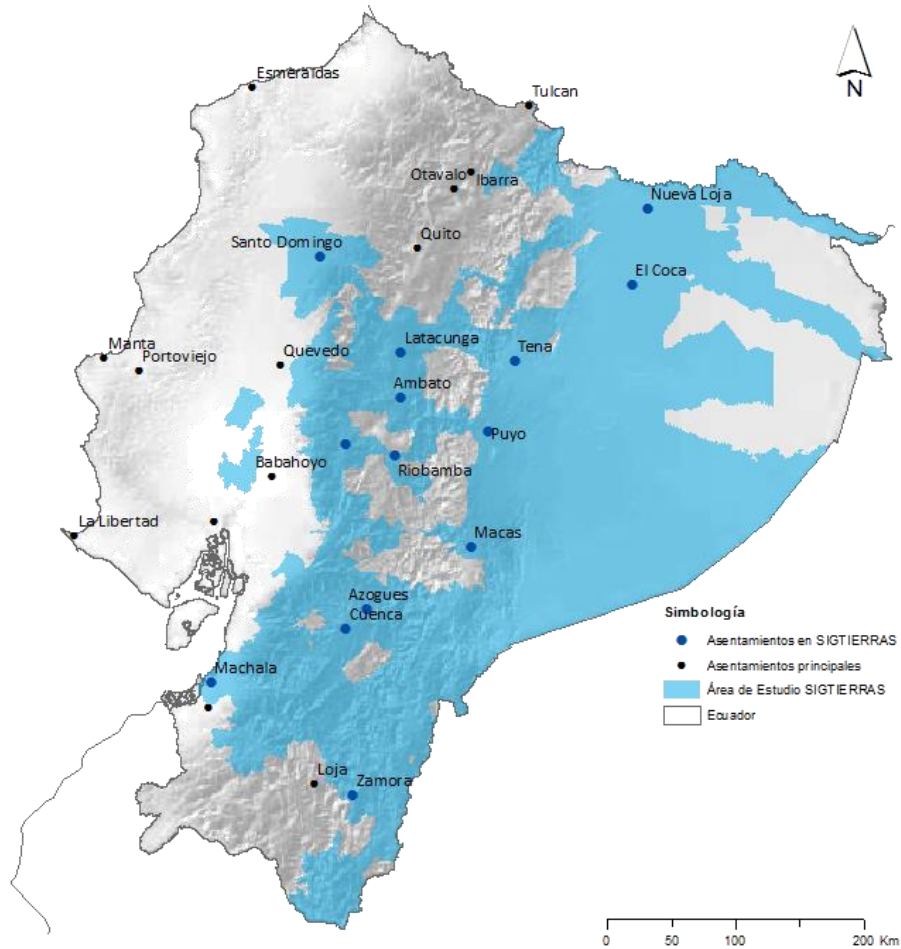
La segunda fuente de información empleada para contrastar la luminosidad registrada en las imágenes satelitales nocturna con las áreas urbanas es la base de datos generada por el proyecto SIGTIERRAS. Este proyecto realizó un levantamiento de información denominado Cartografía Temática del Ecuador. Entre la información generada destacan los datos sobre la cobertura y uso del suelo, con año de publicación 2015. El ámbito de estudio de este proyecto incluye 122.000 km², lo cual cubre la mayoría de la región amazónica, parte de la Sierra y un pequeño porcentaje de la región Costa, de manera que abarca 14 de los 28 asentamientos del estudio (Mapa 3-4).

Parte del territorio que no se encuentra contemplado en el levantamiento de información de este proyecto está a cargo de Instituto Espacial Ecuatoriano-IEE (94.200 km²) y el resto del territorio forma parte del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE) que tiene una extensión de 32.400 km².

Según la descripción del proyecto, la cartografía generada presenta las siguientes características:

- Escala: 1: 25.000
- Nivel de Estudio: Semi-detallado
- Unidad mínima de mapeo: 1 ha
- Sistema espacial de referencia: SIRGAS UTM Zonas 17S y 18S
- Insumos básicos: ortofotografía con 30, 40, 50 cm de resolución y el modelo digital del terreno con 3, 4, y 5m de resolución en Sierra, Costa y Amazonía respectivamente generados por SIGTIERRAS.
- Ortofotos y modelo digital del terreno generados por SIGTIERRAS; mapas geológicos, de paisaje, geomorfológicos y morfopedológicos disponibles.
- Información auxiliar: red de drenaje, mapas de pendientes y mapas de sombras con efecto 3D a partir del modelo digital del terreno.
- Campo: Comprobación de unidades interpretadas.
- Productos: Mapa temático, bases de datos espaciales, memoria técnica cantonal y metadatos.
- Temporalidad: publicado en el 2015, con mapas elaborados en el 2014

Mapa 3-4. Cobertura de la base de datos de SIGTIERRAS. Ecuador 2015



Elaboración: propia a partir de Cartografía temática del Ecuador, 2015, SIGTIERRAS

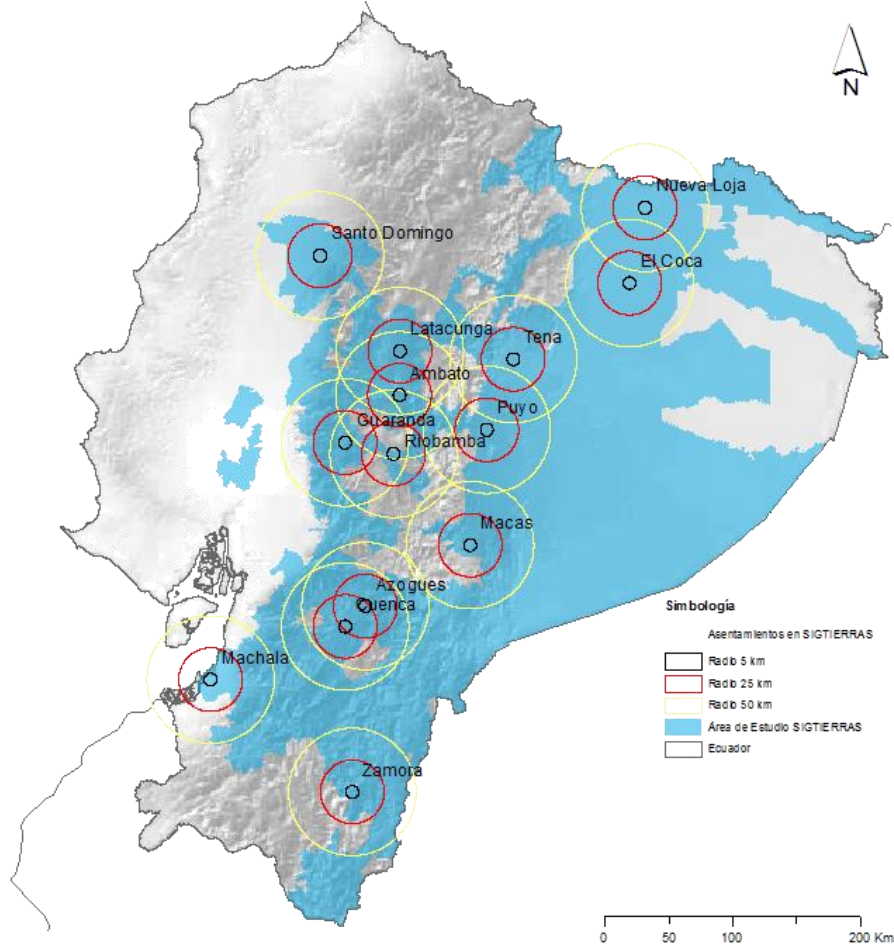
Esta fuente tiene un mayor nivel de detalle en la clasificación del territorio debido a la mayor resolución de los insumos empleados.

Para obtener la superficie de las áreas urbanas se ha considerado la información sobre Cobertura y Uso de la Tierra, de la cual se extrajo las áreas clasificadas como Áreas Pobladas e Infraestructura Antrópica. Dentro de las Áreas Pobladas se distinguen diversas categorías, de las cuales todas han sido incluidas para contrastar su extensión con la luminosidad pues albergan gran cantidad de usos urbanos. Estas categorías son:

- Poblado (núcleo urbano poblado)
- Zona edificada (núcleo urbano ciudad)
- Área periurbana
- Área en proceso de urbanización

Por otra parte, dentro de las áreas categorizadas como infraestructuras antrópicas se ha realizado un filtrado general para descartar algunas áreas que albergan usos que suponen características distintas a las de la mayoría de usos urbanos. En este sentido, se han descartado las áreas identificadas con uso bioacuático, energía, extractivo, pecuario avícola, pecuario porcino, tratamiento y depósitos de residuos. Estas áreas no se consideran parte de los tejidos urbanos y corresponden en su mayoría a camaroneras, canteras, minas, escombreras y vertederos de basura, granjas porcinas y demás.

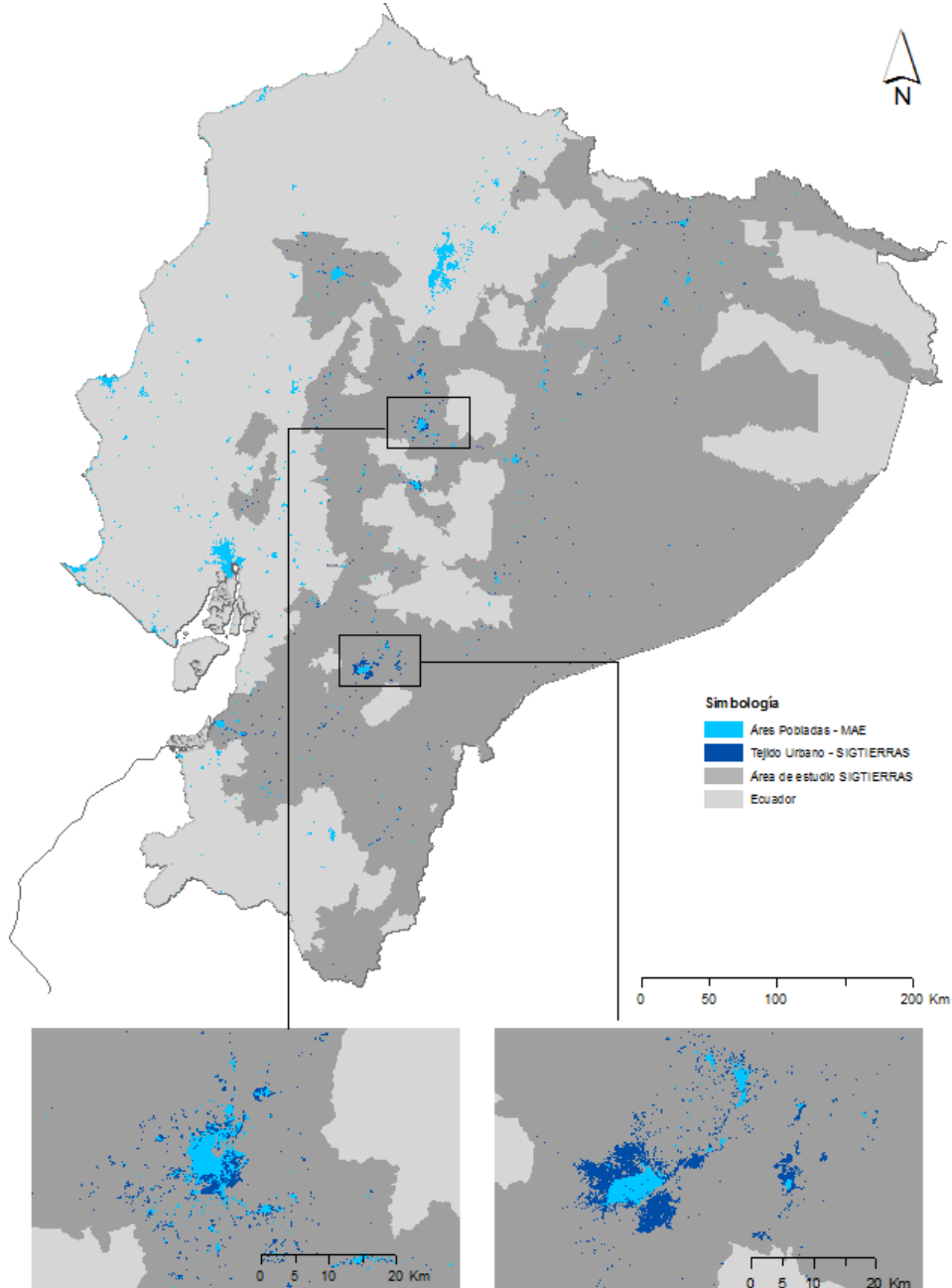
Mapa 3-5. Ámbitos de estudio considerando la cobertura de SIGTIERRAS. Ecuador



Elaboración: propia a partir de Cartografía temática del Ecuador, 2015, SIGTIERRAS

Debido a que el ámbito de esta fuente no abarca a todo el territorio continental, para la aplicación de la metodología y para los análisis que se refieren a los círculos y coronas, se consideran únicamente los que correspondan a los 14 asentamientos localizados dentro del ámbito de estudio de esta fuente.

Mapa 3-6. Áreas urbanas según MAE (2013) y SIGTIERRAS (2015). Ecuador.



Elaboración: propia a partir del Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG y Cartografía temática del Ecuador, 2015, SIGTIERRAS

Presentadas las características de cada una de ellas, se han identificado gráficamente las áreas urbanas de las dos fuentes de información empleadas de manera que se visualicen sus diferencias y similitudes (Mapa 3-6). En general, es lógica la coincidencia de las áreas urbanas, aunque debido a las características propias de cada fuente se observan ciertas diferencias. Estas disparidades no se deben únicamente a la variación temporal entre las fuentes, sino también a sus escalas de trabajo, en el sentido que la información de SIGTIERRAS incluye mayores extensiones de suelo urbano debido al detalle de la información que maneja.

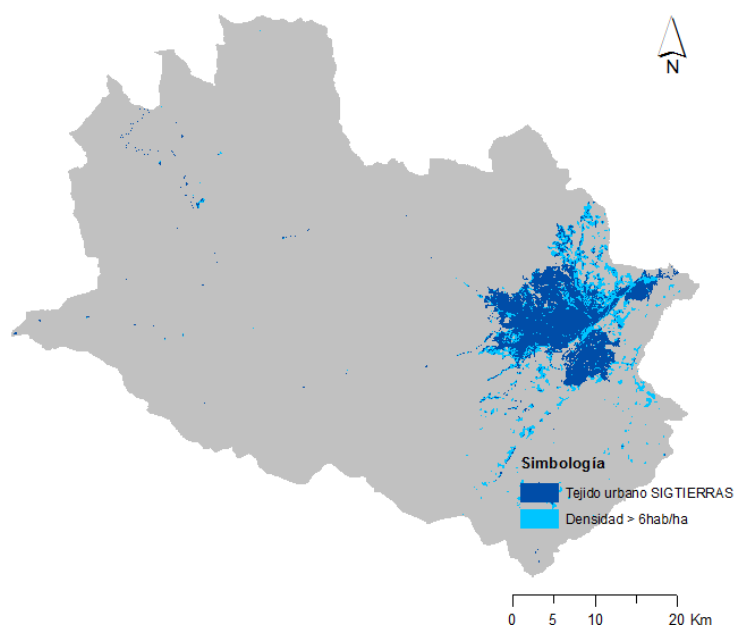
Mapa de densidades – GADMC

El mapa de densidades fue elaborado, como se ha indicado, por el gobierno local del cantón Cuenca. Fue construido a través de un procesamiento de información territorial secundaria, que toma como base la dotación de servicios eléctricos para el mapeo de la población sobre el territorio.

Para la generación de esta información se emplearon datos referentes a puntos de dotación de energía eléctrica a través de los medidores para usos habitacionales. En base a estos puntos y después de un procesamiento de información se determinó la densidad poblacional del Cantón.

Se debe tener presente que en el cantón Cuenca la dotación de energía eléctrica alcanza una cobertura del 98,4% de viviendas y dentro del área urbana cubre el 99,7% de las viviendas (GADMC, 2010) de forma que deviene un indicador fiable para la determinación de la densidad poblacional, debido a la elevada cobertura que posee este servicio.

Mapa 3-7. Localización de usos residenciales a través de la densidad. Cantón Cuenca, 2010



Elaboración: propia a partir del mapa de Densidades, del GADMC y Cartografía temática del Ecuador, 2015, SIGTIERRAS

A través de la densidad es posible identificar zonas con aglomeraciones de población que a pesar de que se encuentran en zonas consideradas como rurales han conformado pequeños núcleos urbanos. A través de la capa de densidad es posible delimitar áreas que, según se ha constatado con el uso de una imagen diurna, corresponden a suelo no

consolidado, donde existen edificaciones de vivienda dispersa. Al comparar esta fuente con la base de datos de SIGTIERRAS, se observa que las áreas son bastante coincidentes.

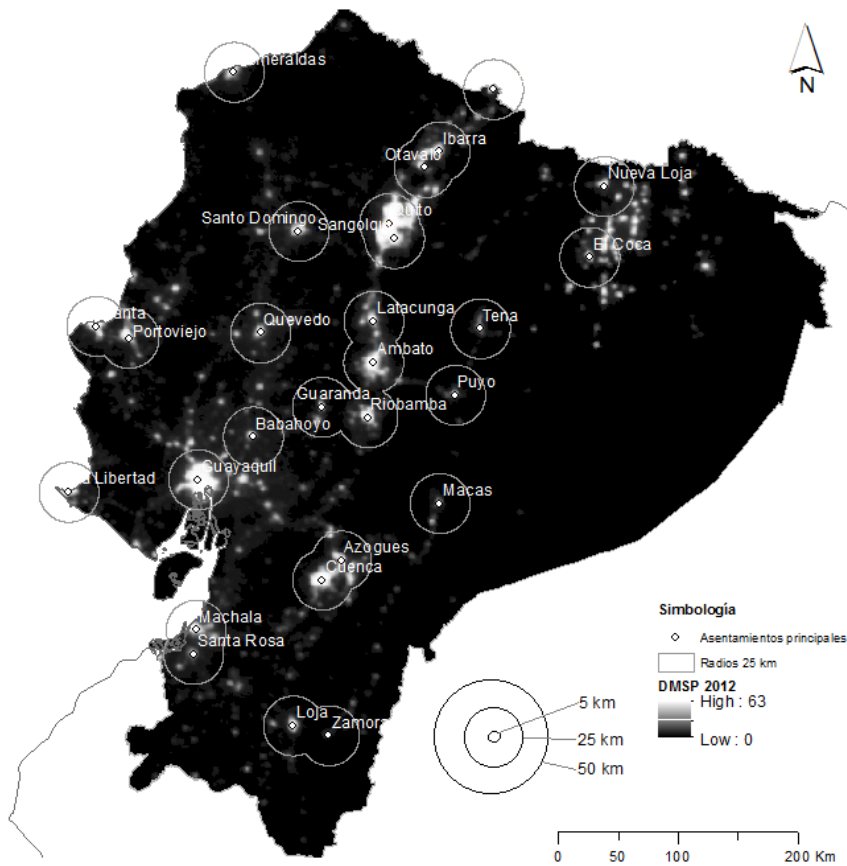
b) Descripción del método

Puesto que el objetivo del estudio es analizar el proceso de urbanización en el territorio, las superficies obtenidas a través de este método son consideradas como un indicador del proceso de dispersión de usos urbanos en el territorio.

Para nuestros fines ha sido necesario determinar en primer lugar el umbral de luminosidad urbana, de modo que el proceso se inicia con la superposición de las dos fuentes de datos vectoriales tomando por un lado la imagen satelital nocturna y por otro la fuente de información cartográfica con las áreas delimitadas como urbanas. Así, en este paso se cruza el producto vectorial generado a partir de la imagen satelital nocturna que contiene información con los distintos niveles de intensidad lumínica y los polígonos que delimitan las áreas urbanas. El producto de la imagen satelital empleada en el cruce corresponde al mismo año de las fuentes que delimita las áreas urbanas, o al año más próximo, de manera que, considerando la temporalidad de las tres fuentes de información secundaria, se han empleado los productos de las imágenes nocturnas de los años 2010 y 2013.

En segundo lugar, una vez efectuados los cruces de información, se ha extraído la información correspondiente al ámbito de estudio a considerar. En este caso se han contemplado circunferencias de radios de 25 km generados desde los centroides de los 28 asentamientos identificados. La longitud de este radio, como se ha mencionado, ha sido determinada por constituir una distancia que abarca los procesos urbanos vinculados a los principales centros poblados del Ecuador y evita que se generen demasiados solapamientos entre asentamientos que se encuentran muy próximos. Tomando este ámbito también se descartan asentamientos urbanos menores donde no existe una actividad antrópica intensa y no generan suficiente luminosidad para ser considerados dentro de este análisis, como gran parte de la Amazonía. El Mapa 3-8 muestra la imagen satelital nocturna con sus distintas intensidades donde se observa que las mayores intensidades lumínicas coinciden con los centros poblados a analizar y como la práctica totalidad de ellos quedan insertos dentro de los 25 km de radio. Únicamente con fines comparativos se ha realizado, asimismo, el cruce de información empleando ámbitos generados por las circunferencias de 50 y 5 km de radio.

Mapa 3-8. Imagen satelital nocturna y principales asentamientos urbanos. Ecuador 2012.



Elaboración: propia a partir de imagen DMSP, 2012.

En tercer lugar, con el cruce realizado y extraída la información para cada ámbito de estudio se procede con un análisis de las superficies intersectadas para determinar el valor del umbral. De esta manera se trata de identificar el valor mínimo de intensidad lumínica que pueda considerarse como luminosidad urbana. En este sentido, se contrasta las áreas artificializadas consideradas en los distintos niveles de luminosidad y las áreas artificializadas no consideradas, de modo que se logre identificar un nivel de intensidad lumínica que incluya un mayor porcentaje de áreas artificializadas y a la vez incluya un menor porcentaje de área no artificializadas, es decir, el que logre una mayor correspondencia.

En la Tabla 3-2 se presentan, a modo de ejemplo para la descripción de la metodología, los datos obtenidos con el cruce de información entre áreas urbanas del MAE-MAGAP y la imagen satelital nocturna del año 2013. Iniciando desde el pixel de luz 63 que es el de mayor luminosidad, la superficie que ha alcanzado este nivel de luminosidad (Área Iluminada) irá aumentando según se disminuya la intensidad lumínica, lo cual conlleva a un aumento de la superficie urbana incluida en la superficie iluminada (Área Intersectada).

Por su parte, la columna que contiene el cociente generado por el Área Intersectada y Área Total, muestra la relación entre el área urbana iluminada y el área total analizada, la cual incluye el área iluminada y el área urbana no intersectada. El valor máximo de esta columna permite identificar el nivel lumínico que incluye la mayor extensión de suelo artificializado y a la vez una menor extensión de suelo no artificializado. En esta tabla se observa como este cociente va ascendiendo desde el pixel 63, hasta llegar a un valor máximo en el pixel 56. Es decir que, dentro del ámbito de las 28 áreas consideradas, el nivel de luminosidad de 56 es el que tiene una máxima correspondencia con las áreas artificializadas. A partir de este nivel los incrementos de superficie correspondientes a niveles de luminosidad inferiores incluyen un mayor porcentaje de suelo no artificializado que artificializado. Es así que este nivel de luminosidad es el que determina lo que se ha denominado umbral de luminosidad urbana.

Tabla 3-2. Análisis de correspondencia entre intensidades lumínicas y áreas urbanas (MAE-MAGAP), en el conjunto de los 28 principales asentamientos. Ecuador 2013

Pixel	Área Urbana (km ²)	Área iluminada (km ²)	Área intersect (km ²)	Urbana no intersectada (km ²)	Luz no intersectada (km ²)	Área Total (km ²)	Intersect/ Área Total (%)	Área Urbana Considerada (%)
63	1550,1	422,5	338,8	1211,3	83,7	1633,7	20,7%	21,9%
62	1550,1	822	600,8	949,3	221,2	1771,3	33,9%	38,8%
61	1550,1	1064,1	717,2	832,8	346,9	1897	37,8%	46,3%
60	1550,1	1238,7	796,8	753,2	441,8	1991,9	40,0%	51,4%
59	1550,1	1391	852,3	697,7	538,7	2088,7	40,8%	55,0%
58	1550,1	1520,1	894,3	655,8	625,8	2175,9	41,1%	57,7%
57	1550,1	1634,5	934,2	615,9	700,3	2250,3	41,5%	60,3%
56	1550,1	1768,4	975	575,1	793,5	2343,5	41,6%	62,9%
55	1550,1	1890,8	1006,4	543,6	884,4	2434,4	41,3%	64,9%
54	1550,1	2008,4	1039,5	510,6	968,9	2519	41,3%	67,1%
53	1550,1	2103	1063	487,1	1040	2590,1	41,0%	68,6%
52	1550,1	2195,9	1086,1	464	1109,8	2659,9	40,8%	70,1%
51	1550,1	2302,3	1104	446,1	1198,3	2748,4	40,2%	71,2%
50	1550,1	2407,9	1126,2	423,9	1281,8	2831,8	39,8%	72,7%
49	1550,1	2509	1144,2	405,9	1364,8	2914,9	39,3%	73,8%
48	1550,1	2608,6	1159,9	390,2	1448,7	2998,8	38,7%	74,8%
47	1550,1	2707,3	1176,1	374	1531,2	3081,2	38,2%	75,9%
46	1550,1	2810,1	1187,9	362,1	1622,2	3172,2	37,4%	76,6%
45	1550,1	2913,4	1206,9	343,1	1706,5	3256,6	37,1%	77,9%
44	1550,1	3011,2	1222,3	327,8	1789	3339	36,6%	78,9%
43	1550,1	3126,1	1235,3	314,7	1890,8	3440,9	35,9%	79,7%
42	1550,1	3248,1	1253,3	296,8	1994,8	3544,9	35,4%	80,9%
41	1550,1	3347,1	1264,5	285,6	2082,6	3632,7	34,8%	81,6%

Elaboración: propia a partir de imagen DMPS- OLS y Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG

Finalmente, con los resultados obtenidos a través de la aplicación del método haciendo uso de las distintas fuentes, se compara y valida los resultados a fin de establecer un valor normativo que será considerado como el umbral de luminosidad urbana para el análisis de la evolución de los usos urbanos a través de las intensidades lumínicas emitidas. Este dato es clave para el análisis de la evolución de la urbanización considerando tanto la magnitud como la intensidad de la luminosidad nocturna.

3.3.5. Discusión ventajas e inconvenientes de la metodología empleada

A través del uso de las imágenes satelitales nocturnas es posible realizar varios análisis territoriales referentes a la contaminación lumínica, lo cual supone aportaciones relevantes para la caracterización de diversos fenómenos. En este caso específico, los usos de las imágenes satelitales nocturnas aportan datos relevantes sobre el proceso de urbanización en cuanto a la evolución del proceso de dispersión de usos urbanos, estacionalidad, dinámicas socioeconómicas y demás, sin embargo, el uso de esta fuente también plantea una serie de problemas y limitaciones.

Tabla 3-3. Principales ventajas e inconvenientes de las metodologías aplicadas.

Ventajas	Desventajas
Análisis más complejo de usos: escala radiométrica, análisis por intensidades	Factores que alteran los datos de luminosidad
Escala espacial permite análisis morfológicos	Procesamiento
Frecuencias temporales	Diversidad de efectos de una variable socioeconómica
Datos actualizados	Discontinuidad temporal
Cobertura global	Series temporales distintas
Datos de fácil acceso	Nubosidad mensual
	Dispersión lumínica

Elaboración: propia

Ventajas

Entre las principales ventajas derivadas de la metodología se debe mencionar la posibilidad de una aproximación más compleja de los usos de suelo. Así, mientras la delimitación del suelo artificializado comporta una visión de carácter binario de la urbanización (urbanizado/ no urbanizado), la imagen nocturna de la tierra permite observar no solo la extensión de los usos urbanos sino también la intensidad de los mismos (Nel-lo et al., 2017b).

En segundo lugar, debido a la escala espacial es posible realizar análisis morfológicos de los asentamientos urbanos. A través del uso de la luz se delimitan las áreas con intensidades lumínicas vinculadas a usos urbanos, de modo que se puede analizar la evolución de la forma urbana.

Además, la frecuencia de las imágenes permite estudiar las variaciones temporales de las intensidades de usos urbanos (Nel-lo, López, Martín, Checa, 2017). Las imágenes se encuentran disponibles a lo largo de un periodo temporal considerable donde es posible visualizar la evolución de la luminosidad en el tiempo. Además, las nuevas imágenes

permiten analizar la variación lumínica con datos diarios, mensuales y anuales, ampliando así el abanico de posibles análisis.

La información se encuentra disponible prácticamente para la totalidad del Planeta, excepto en los Polos, lo cual hace posible realizar estudios de escala global o local.

Los datos se encuentran disponibles en los portales web del EOG, con lo cual son de fácil acceso para todos los investigadores, pudiendo así replicar las metodologías descritas en cualquier ámbito del planeta.

Inconvenientes

Existe una serie de limitaciones asociadas al uso de las imágenes satelitales nocturnas. En primer lugar, debido a la naturaleza de la fuente, existe una serie de factores que influyen en el registro de la información capturada por los satélites, los cuales pueden ser de orígenes antropogénicos, físicos, climáticos. En este sentido, la influencia generada por las actuaciones humanas es la que nos ocupa de manera particular, sin embargo, en las imágenes no se diferencia la luminosidad que está influenciada por el resto factores físicos, climáticos y demás. El albedo, los cambios de vegetación, la nubosidad, las fumarolas y emisiones de cenizas de volcanes, son algunos de los factores que influyen en el registro de la luminosidad con lo que es complejo identificar el grado de influencia de cada uno de los diversos factores en el valor registrado por el satélite (Falchetta & Noussan, 2019).

En segundo lugar, los datos que exhiben las imágenes satelitales nocturnas atraviesan una serie de procesamientos a partir de los datos registrados por los satélites que en general mejoran su calidad, pues eliminan el resplandor lunar, la iluminación y el deslumbramiento solar y contemplan el problema de la nubosidad. Sin embargo, en algunos casos, estos cálculos generalizados podrían alterar en cierto grado el registro de la luminosidad emitida por el territorio. Este hecho se pone en evidencia con las imágenes satelitales VIIRS, en donde existen territorios que registran valores de radiancia negativa, en los cuales, debido a los procesamientos de datos, se generan demasiadas compensaciones y producen resultados ilógicos pues obviamente una superficie terrestre no es capaz de emitir un nivel de radiancia inferior a cero.

Se ha demostrado ampliamente a través de una serie de estudios que las variables socioeconómicas están vinculadas con la luminosidad, pero estas influyen solo hasta cierto grado en las variaciones lumínicas que se registran. Por otra parte, una variable puede tener efectos distintos de acuerdo al territorio debido a la diversidad de dinámicas que

influyen en el sitio y que afectan la emisión lumínica. Así, la luminosidad es capaz de reflejar las fluctuaciones de variables socioeconómicas solo hasta cierto punto.

Por otro lado, debido a la falta de correspondencia entre los valores de luminosidad entre las dos series de imágenes nocturnas empleadas, no es posible generar un análisis continuo del proceso de urbanización desde 1992 al 2019. Es decir que los valores obtenidos con las dos series de imágenes en términos absolutos no son coincidentes, de modo que no se puede construir una serie continua. Por lo cual, se debe analizar el proceso urbanizador en dos periodos de tiempo, uno que abarque desde 1992 al 2012 tomando como fuente base las imágenes DMSP-OLS, y luego otro que transcurra desde 2012 al 2019 empleando las imágenes VIIRS.

La diferencia en el rango temporal de las dos series de imágenes, DMSP-OLS y VIIRS, genera resultados que resaltan en mayor o menor grado la tendencia. En un primer momento, con las imágenes DMSP, se ha contemplado un periodo que transcurre desde 1992-2012, lo cual nos permite tener un rango bastante adecuado para visualizar las transformaciones, sin embargo, en un segundo momento cuando se considera las imágenes VIIRS que disponen de un periodo de tiempo más reducido, desde el 2012 hasta la actualidad, las variaciones que se registran pueden resultar menos significativas debido al menor tiempo contemplado.

En relación a la localización del ámbito de estudio, la nubosidad es un factor relevante que ha incidido en los registros lumínicos. La nubosidad recurrente, en determinados meses, genera un menor registro de lecturas validas o incluso áreas sin lecturas a lo largo del mes o de un año. De modo que, al considerar en particular las imágenes mensuales, existen meses en los cuales se distinguen zonas con un menor compendio de valores lumínicos disponibles para generar las medias e incluso áreas sin valores de luminosidad. De este modo, la nubosidad puede inferir en parte de los registros lumínicos haciendo de estos menos consolidados.

Finalmente, el grado de dispersión de la luz está vinculado con el grado de intensidad lumínica y la localización del foco emisor. En este sentido al analizar la intensidad, se puede deducir que un foco de gran intensidad genera una mayor dispersión de luz que un foco lumínico menos intenso. En cambio, al analizar la localización, se suele asumir que una mayor dispersión de puntos emisores provoca que la luz se disperse sobre una superficie más extensa en comparación a un conglomerado más compacto. De modo que el tipo de fuente de emisión y el tipo de distribución de los usos influyen en las intensidades lumínicas registradas y deben ser tomadas en cuenta al momento de analizar un territorio específico.

3.4. MÉTODO PARA EL PREPROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES A TRAVÉS DE UN ANÁLISIS DE VECINOS PARA MITIGAR LAS BRECHAS LUMÍNICAS ENTRE TERRITORIOS

Tomando como base las reflexiones generadas en torno a la luminosidad y las áreas urbanas, el método para determinar el umbral de luminosidad urbana que acabamos de describir constituye un instrumento útil para el estudio del proceso de urbanización de las principales áreas urbanas. Sin embargo, para el estudio de los asentamientos menores ha sido necesario recurrir a un pretratamiento de las imágenes que, gracias a la resolución radiométrica de las imágenes satelitales VIIRS, permite registrar niveles lumínicos más bajos.

En este sentido, se ha desarrollado una metodología para el preprocesamiento de las imágenes que pondera los valores de radiancia, y una vez efectuada esta ponderación se procede a aplicar el método para determinar un umbral que permita analizar la evolución de las superficies con usos urbanos inclusive en asentamientos urbanos menores.

La aplicación del método para el pre procesamiento de la imagen propicia un doble efecto sobre los niveles de radiancia. Por un lado, busca reducir el efecto de dispersión de luminosidad en las zonas con elevados niveles de luminosidad y, por otro, destacar las áreas iluminadas en las zonas oscuras. Es decir que trata de equiparar los niveles lumínicos entre asentamientos urbanos mayores y menores.

Para el diseño y la aplicación del método se ha tomado como referencia diversos estudios: la identificación automática de embarcaciones (Elvidge et al., 2015) en el cual se realiza un análisis de vecinos para destacar algunos puntos; el análisis de estructuras urbanas (Small et al., 2013) en el que se observa que al cambiar la escala de los valores de las imágenes VIIRS a través de la función logarítmica destacan luces más pequeñas y tenues; y el estudio sobre superficies iluminadas (Kyba, Kuester, De Miguel, et al., 2017) que emplea el uso de una escala logarítmica y un filtro para los valores extremos.

3.4.1. Tratamiento previo de las imágenes: el análisis de vecinos como herramienta para la ponderación de los niveles de radiancia

Después de una serie de análisis y comprobaciones, se ha establecido una serie de pasos para ponderar los valores de radiancia que serán empleados para el análisis de la evolución de los usos urbanos. A este método se lo considera una propuesta que trata de abordar la complejidad planteada por el proceso de urbanización y a la vez exponer las

potencialidades que supone el uso de las imágenes satelitales nocturnas. De este modo, se busca contribuir al análisis del territorio y generar un proceso reflexivo sobre el tipo de organización territorial que se ha instaurado en el ámbito de estudio. El método no está, en modo alguno, exento de carencias, pero aun así a través de los resultados obtenidos, se reflejan importantes aportaciones al conocimiento del proceso urbanizador que se genera en el territorio analizado.

En este sentido, el método contempla los siguientes procedimientos:

1. En primer lugar, para mejorar el contraste de los valores de luminosidad se toma los valores logarítmicos de la imagen VIIRS para acomodar el amplio rango dinámico, ya que esta serie de imágenes registra pequeñas y tenues luces y grandes luces brillantes sin atenuar o saturar como las DMSP.
2. Luego, estos valores se multiplican por 100, para obtener por lo menos dos decimales de la escala logarítmica en el momento de que se extraiga de esta imagen solo los números enteros. La obtención de la escala de valores en números enteros es necesaria para el posterior cambio de formato, de raster a vector.
3. Debido a la conversión logarítmica, la escala de valores comprende valores positivos y negativos, de modo que en este paso se procede a convertir la escala de valores logarítmica a valores positivos, para ello se suma a los valores obtenidos el valor mínimo de la imagen, que corresponde a un valor negativo. De este modo, al mínimo valor le corresponderá un valor 0 en esta nueva escala y el resto de valores lumínicos obtendrán valores únicamente positivos. Este proceso facilita la capacidad de entender los valores y trabajar de manera más fácil con los procesos que siguen a continuación.
4. Con esta nueva escala, se realiza un análisis de vecinos, lo que permite caracterizar cada pixel de acuerdo al sitio en el que se localiza. Este proceso compara cada pixel de la imagen con sus vecinos, para ello considera un ámbito de 3 x 3 pixeles. De este proceso se obtiene en un raster los valores mínimos y en otro los valores máximos.
Para evitar valores extremos que puedan sesgar el valor final se debe tener en cuenta que los valores mínimos deben estar por encima del límite inferior de detección de luz establecido en $2E-11$ Watts/cm²/sr, ya que valores inferiores pueden ser el resultado de interferencias por los efectos de ruido o valores de fondo del propio satélite.
5. Se continúa con la aplicación de un filtro de ponderación, que considera los máximos y mínimos. Para ello se requiere calcular coeficientes de ponderación

haciendo uso de los raster de los valores máximos y mínimos, de acuerdo a las definiciones que figuran en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4. Pretratamiento de la imagen satelital nocturna, coeficientes y formula aplicada.

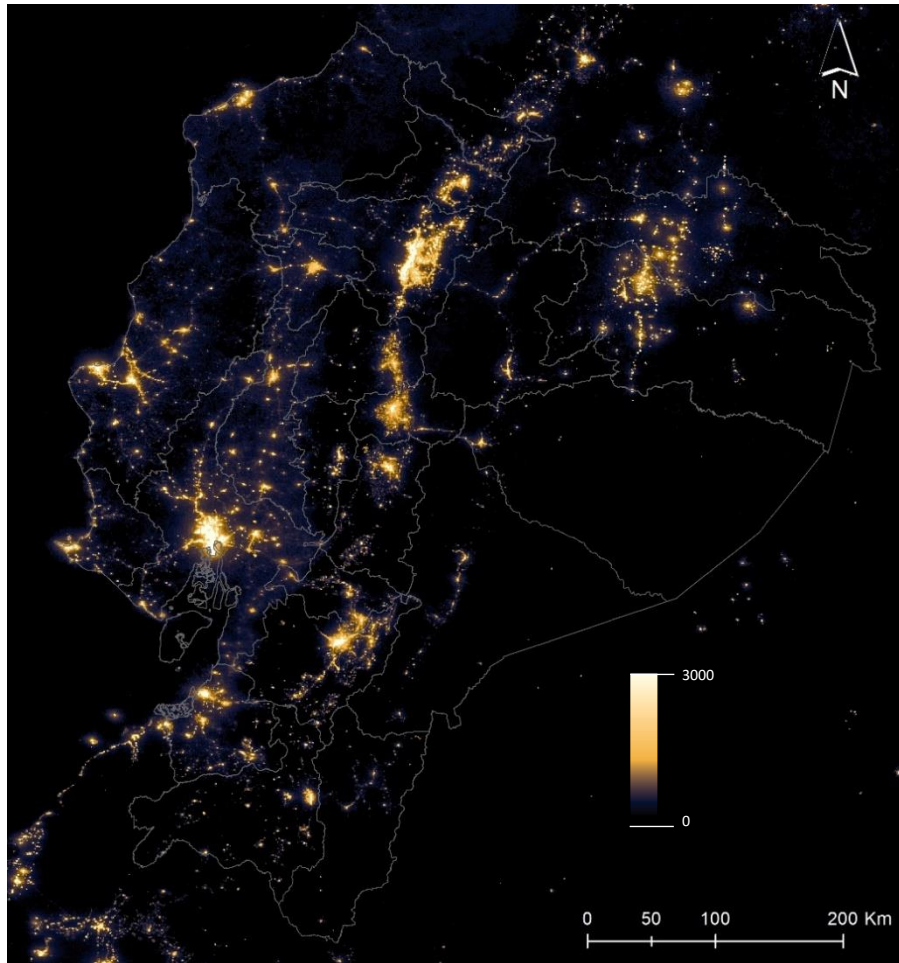
Coeficiente Max (CMax):	
	Al calcular el coeficiente entre el valor inicial y el valor máximo entre sus vecinos, se obtiene un valor que está dentro de rango 0 y 1. Con lo cual al multiplicar el valor inicial por este coeficiente los valores que están rodeados por valores inferiores se mantienen y los que están rodeados por valores mayores disminuyen, resaltando así los valores máximos.
Cmax:	V_i/Max
Rango Cmax:	(0;+1)
	Si $V_i = V_{Max}$; $V_i * 1 = V_i$
	Si $V_i < V_{Max}$; $V_i * 0, \dots = V_i$ disminuye
Coeficiente Min (CMin):	
	Al calcular el coeficiente entre el valor inicial y el valor mínimo se obtiene un rango de valores superiores a 1. Al multiplicar este valor por el valor inicial los valores superiores al mínimo aumentan y los mínimos se mantienen.
Cmin:	V_i/Min
Rango Cmin:	(1; + ∞)
	Si $V_i = V_{Min}$; $V_i * 1 = V_i$
	Si $V_i > V_{Min}$; $V_i * 1, \dots = V_i$ aumenta
Fórmula aplicada	
	Una vez obtenidos los coeficientes de ponderación, estos se multiplican por el valor inicial y así se obtiene un valor ponderado.
	$V_f = V_i * C_{Max} * C_{Min} = V_i * (V_i/Max) * (V_i / Min) = V_i^3 / (Max * Min)$
Vi:	Valor inicial
Vf:	Valor final
VMax:	Valor máximo
VMin:	Valor Mínimo

Elaboración: propia

Debe hacerse énfasis en que los niveles de luminosidad obtenidos después del procesamiento de la imagen corresponden a valores de radiancia ponderados.

En el Mapa 3-9 se presenta la imagen procesada, donde se evidencian la gran cantidad de asentamientos menores destacados con la aplicación de este método sobre todo a lo largo de los principales sistemas viales.

Mapa 3-9. Imagen satelital nocturna VIIRS, con valores de radiancia ponderados. Ecuador 2012



Elaboración: propia a partir de imagen VIIRS, 2012

Una vez obtenida la imagen con valores ponderados se procede a aplicar la metodología descrita en el apartado anterior para determinar el umbral de luminosidad urbana, mediante el cruce de la imagen generada con las áreas urbanas identificadas en las fuentes de información secundarias.

3.4.2. Consideraciones generales sobre la metodología planteada: Factores condicionados por la ponderación de las intensidades de radiancia

Al analizar los resultados derivados de la aplicación de la metodología se destacan tres reflexiones referentes a los valores ponderados, al umbral y a las superficies iluminadas.

Valores ponderados

Al establecer una escala de valores logarítmicos y ponderar los valores con respecto a la luminosidad emitida por áreas vecinas se obtiene una escala de valores más plana, donde la disparidad entre territorios no es tan amplia y a la vez se mantiene el suficiente contraste de valores para identificar áreas con mayores niveles de radiancia.

Para la obtención de estos valores ponderados, ha sido clave considerar que los asentamientos urbanos más pequeños emiten menores niveles de luminosidad, por lo que los niveles de luz en su entorno se encuentran menos influenciados por estos asentamientos, y generalmente presentan niveles de luminosidad aún más bajos que podrían considerarse como zonas oscuras. En cambio, los niveles de radiancia en asentamientos mayores, en principio, tiene un mayor grado de difuminación lo cual puede afectar los niveles de radiancia que emiten las áreas colindantes. De este modo, al aplicar un filtro que considera el análisis de vecinos, se destacan los píxeles con niveles de luminosidad rodeados por zonas oscuras, mientras que píxeles próximos a zonas más iluminadas, quedan atenuados, de tal modo que se consigue equiparar valores de luminosidad en territorios diversos, como los son los asentamientos mayores y menores.

Umbral

Debido a las diferencias propias de cada asentamiento se ha constatado que el umbral de luminosidad urbana varía en cada uno de ellos, sin menoscabo de la posibilidad de establecer un umbral válido para el conjunto de los ámbitos considerados. Sin embargo, con el procesamiento de la imagen se ha logrado identificar un umbral general para todo el territorio que presenta menores variaciones con respecto a los umbrales específicos de cada asentamiento. El hecho de emplear un umbral general hace posible el análisis global del territorio sin delimitar o fragmentar el suelo en ámbitos más específicos, puesto que ya la delimitación de procesos urbanos ligados a un determinado nodo puede resultar ser complicada e imprecisa.

Superficie iluminada

Ecuador es un territorio con profundas desigualdades territoriales y una marcada bicefalia, donde Quito y Guayaquil, junto con sus conurbaciones, concentran el 44% de la población del país, generando así una amplia brecha con el resto de asentamientos en términos de dotación de servicios, concentración demográfica, desarrollo urbano y demás. Por ello, al

definir un umbral general de luminosidad urbana para el conjunto de territorio con los valores de radiancia de las imágenes satelitales nocturnas se observó que algunas ciudades principales, en particular las que se localizan en la región amazónica, presentaban valores de luminosidad por debajo del umbral establecido, puesto que la concentración de usos urbanos es sumamente inferior a la de otros centros urbanos. Así, la disparidad lumínica calculada a través de las imágenes constata la brecha de desarrollo urbano entre asentamientos.

Sin embargo, haciendo uso del gran potencial de las imágenes VIIRS, las cuales logran captar niveles de radiancia bastante bajos, ha sido posible identificar asentamientos urbanos menores que no emiten suficiente luminosidad en comparación con el resto de asentamientos urbanos principales. De este modo, se ha constatado que con la ponderación de los valores de radiancia de las imágenes nocturnas es posible analizar todo el territorio nacional, identificando tanto asentamientos urbanos como mayores.

En general, a través de la ponderación de los valores de radiancia se ha conseguido delimitar de manera más precisa las áreas con usos urbanos, generando así más similitud entre las áreas delimitadas como urbanas por los mapas de coberturas y usos. Se ha observado que con la ponderación de los valores de radiancia se corrige el efecto de la difuminación de luz originada en áreas próximas que emiten mayores niveles de radiancia, de modo que las diferencias entre el mapa de usos de suelo y la superficie iluminada disminuyen, logrando así estimar de manera más precisa la evolución del suelo con usos urbanos.

A pesar de las mejoras generales en la estimación de las superficies con usos urbanos, se debe precisar que con la ponderación de los valores de luminosidad se logran efectos distintos de acuerdo a la escala del asentamiento: en el caso de asentamientos urbanos mayores la superficie delimitada mediante el uso del umbral presenta un mejor encaje con la delimitación de las áreas urbanas extraídas de los mapas de cobertura. En el caso de asentamientos de escala intermedia se observa una ligera mejora en la delimitación de las áreas ocupadas. Finalmente, que en asentamientos urbanos menores se observa que las superficies urbanas con bajos niveles de luminosidad quedan delimitadas dentro del umbral, aunque en algunos territorios muy pequeños se observa un cierto sobredimensionamiento debido a la resolución de la imagen empleada.

3.5. CONCLUSIONES

En el presente capítulo se han presentado las fuentes y la metodología que se seguirá para caracterizar la evolución del proceso de urbanización en el territorio ecuatoriano, de las cuales se extraen las siguientes conclusiones:

1. A partir de la revisión de los estudios que emplean imágenes satelitales nocturnas, se ha sustentado que la luminosidad artificial nocturna está vinculada a una serie de factores y puede resultar útil como herramienta base para el desarrollo de investigaciones de una amplia gama temática. Es así que, a través de los estudios realizados hasta la fecha se ha logrado constatar que la luminosidad artificial es un indicador adecuado para detectar actividades antrópicas puesto que hasta cierto grado se corresponde a las fluctuaciones de variables demográficas y socioeconómicas. Además, a través de la tendencia de las variaciones lumínicas es posible realizar estimaciones y predicciones de algunas de las variables a las cuales está vinculada.
2. A través de la caracterización de las imágenes se han identificado las principales diferencias que existen entre las fuentes. Las imágenes DMSP, al tener una extensa serie temporal permiten identificar las tendencias sobre la evolución de los procesos urbanos. Por su parte, las imágenes VIIRS, debido a su mayor calidad en cuanto a resolución espacial y radiométrica, y su frecuencia, hacen posible el análisis del territorio con un mayor detalle y precisión. De este modo, es necesario tener claro las características de cada serie para entender con qué tipo de información se ha trabajado.
3. Con la descripción metodológica, se ha presentado los distintos procedimientos realizados para la extracción de los datos a partir de las imágenes satelitales nocturnas. La primera metodología descrita, presenta un proceso sencillo para determinar la intensidad lumínica media y la luminosidad total emitida del ámbito de estudio. También se describe la metodología para el cálculo del umbral de luminosidad urbana, que constituye una base para analizar la evolución del proceso urbano. Generalmente, las áreas con intensidades lumínicas urbanas están vinculada con una alta concentración de usos urbanos que generan una determinada emisión lumínica. En base a estas metodologías se realizan las principales conjeturas de la investigación.
4. Finalmente, el último método planteado busca escalar los valores lumínicos a fin de aplanar la escala y a la vez ponderar la luminosidad en relación a las

intensidades lumínicas de su entorno. La aplicación de este método busca detectar las áreas iluminadas en zonas oscuras y disminuir las intensidades de radiancia en áreas rodeadas de valores de mayor intensidad con lo cual se mitiga el efecto de difuminación de la luz. El preprocesamiento de la imagen necesario para la aplicación de este método permite analizar el proceso de urbanización en todo el territorio, considerando asentamientos mayores y menores a la vez.

Todos los procesos planteados en el presente capítulo muestran la versatilidad de la fuente para la obtención de diversos indicadores aunque, como se ha indicado, no están exentas de notables limitaciones. En todo caso, cada uno de los métodos propuestos permite construir una aproximación a las dinámicas territoriales que se generan en el territorio y sobre todo analizar la tendencia general de la evolución de los usos urbanos, lo cual será abordado en los próximos capítulos.

**CAPÍTULO 4. EL PROCESO DE URBANIZACIÓN EN ECUADOR
(1992-2012): UNA APROXIMACIÓN A TRAVÉS DEL
UMBRAL DE LUMINOSIDAD URBANA**



Presentado el marco conceptual y territorial de nuestra investigación y descrita la metodología que nos proponemos seguir, podemos entrar a presentar los resultados obtenidos. Como se ha expuesto, procedemos en primer lugar al análisis del proceso de urbanización en Ecuador utilizando las imágenes satelitales nocturnas procedentes de los satélites DMPS-OLS para el periodo 1992-2012. A ello dedicamos el presente capítulo.

El capítulo consta de dos grandes secciones. En la primera parte (apartado 4.1, 4.2, 4.3, 4.4) se aplica la metodología expuesta para definir el umbral de luminosidad urbana, a través del contraste entre las imágenes satelitales DMSP-OLS y los mapas de coberturas de suelo del Ministerio del Ambiente (MAE) y el Ministerio de Agricultura y Pesca (MAGAP) y el del Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructuras Tecnológicas (SIGTIERRAS). El análisis es refinado a través de la comparación con el mapa de densidades generado a través de información secundaria por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca (GADMC). Finalmente, en base a los resultados obtenidos se determina el umbral de luminosidad urbana que será empleado para el resto del análisis que conforma este capítulo.

La segunda parte del capítulo (apartados 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9) estudia la evolución del proceso de urbanización en Ecuador para el periodo 1992-2012 a través del uso del umbral de luminosidad aquí definido. En esta parte del estudio, en primer lugar se presenta la evolución de la luminosidad media. En segundo lugar, se expone un análisis de la superficie cubierta por el umbral de luminosidad urbano establecido en la primera parte de este capítulo, y su evolución desde 1992 a 2012. En tercer lugar, se presenta la variación de las áreas con luminosidad urbana por periodos de cuatro años. En cuarto lugar, se presenta la evolución de las superficies iluminadas con las superficies de los mapas de cobertura y se compara con la evolución poblacional y económica. Finalmente se presentan los principales patrones morfológicos observados en los principales asentamientos urbanos.



4.1. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Tal como se ha explicado, el ejercicio consiste en realizar un cruce de información entre los productos generados a partir de las imágenes satelitales nocturnas y las áreas urbanas de los mapas de cobertura, con el fin de identificar el nivel de intensidad lumínica que tiene una mayor correspondencia con las cubiertas urbanas. Veamos cómo se procederá a hacerlo.

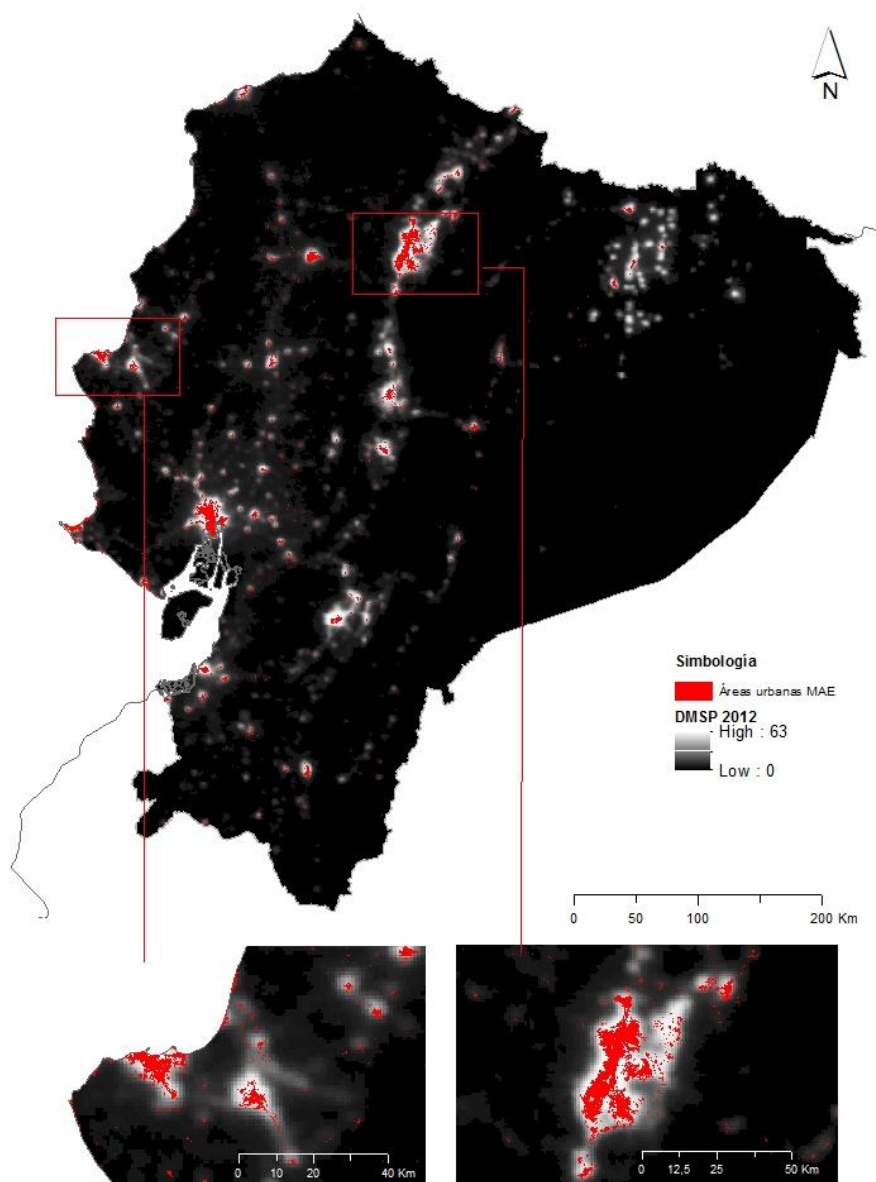
En primer lugar, se han obtenido los datos relativos a la luminosidad y a continuación los datos relativos a los usos del suelo para el conjunto del territorio ecuatoriano continental. Para los primeros datos se clasifica el territorio según el rango de luminosidad emitido. Para los segundos se diferencia entre las áreas urbanas, según la definición del MAE-MAGAP y SIGTIERRAS y las que no lo son.

El procedimiento consiste en contrastar los datos de luminosidad con las superficies de las áreas definidas como urbanas por nuestras dos fuentes cartográficas principales, MAE-MAGAP y SIGTIERRAS, con la finalidad de definir el umbral de luminosidad que mayor corresponde a la condición de área urbana.

A continuación, como ejemplo, se ha realizado el cruce de información proveniente de las imágenes satelitales nocturnas y del mapa de coberturas del MAE, considerando como ámbito de análisis todo el territorio continental. Con estos datos se procede a calcular las superficies intersectadas por cada nivel de intensidad lumínica y por las áreas urbanas. Los resultados se pueden leer en la Tabla 4-1, ordenados de acuerdo con las intensidades lumínicas (en un rango que, como se ha expuesto, oscila entre 0 y 63).

En el Mapa 4-1 se presenta la correspondencia entre las áreas más iluminadas y las áreas delimitadas como urbanas según el MAE-MAGAP.

Mapa 4-1. Áreas pobladas según MAE-MAGAP 2013-2014 en contraste con la imagen satelital nocturna DMSP-OLS. Ecuador 2013



Elaboración: propia a partir de imagen DMSP- OLS 2013 y Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG.

Tabla 4-1. Análisis de correspondencia entre intensidades lumínicas y áreas urbanas (MAE-MAGAP). Ecuador 2013.

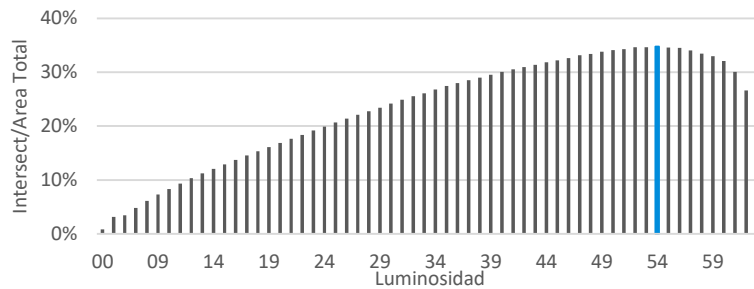
Pixel	Área Urbana (km ²)	Área iluminada (km ²)	Área intersect (km ²)	Urbana no intersectada (km ²)	Luz no intersectada (km ²)	Área Total (km ²)	Intersect/Área Total (%)	Área Urbana Considerada (%)
63	2031	424	339	1692	85	2116	16,0%	16,7%
62	2031	830	602	1429	228	2259	26,6%	29,6%
61	2031	1075	718	1313	357	2388	30,1%	35,4%
60	2031	1254	798	1233	456	2487	32,1%	39,3%
59	2031	1411	854	1177	557	2588	33,0%	42,0%
58	2031	1545	897	1134	648	2679	33,5%	44,2%
57	2031	1667	939	1092	728	2758	34,0%	46,2%
56	2031	1809	985	1046	824	2855	34,5%	48,5%
55	2031	1943	1022	1009	921	2952	34,6%	50,3%
54	2031	2072	1058	973	1015	3045	34,7%	52,1%
53	2031	2182	1085	946	1098	3128	34,7%	53,4%
52	2031	2288	1111	920	1178	3208	34,6%	54,7%
51	2031	2413	1134	896	1278	3309	34,3%	55,9%
50	2031	2546	1163	867	1382	3413	34,1%	57,3%
49	2031	2667	1187	844	1480	3511	33,8%	58,5%
48	2031	2788	1206	825	1582	3613	33,4%	59,4%
47	2031	2904	1228	803	1676	3707	33,1%	60,5%
46	2031	3028	1244	787	1784	3815	32,6%	61,2%
45	2031	3160	1264	766	1896	3926	32,2%	62,3%
44	2031	3280	1283	747	1996	4027	31,9%	63,2%
43	2031	3428	1303	728	2125	4156	31,4%	64,2%
42	2031	3584	1328	702	2256	4287	31,0%	65,4%
41	2031	3726	1346	685	2380	4411	30,5%	66,3%
40	2031	3874	1365	666	2509	4540	30,1%	67,2%

Elaboración: propia a partir de imagen DMPS- OLS y Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG

Al observar los resultados expuestos en la Tabla 4-1, es fácil constatar la escasa superficie de áreas urbanas que alcanza el máximo nivel de luminosidad (63), apenas 339 de los 2031km² de las áreas urbanas del territorio ecuatoriano continental. Ahora bien, a medida que incluimos superficies con menores niveles de intensidad, la superficie considerada va aumentando progresivamente. Estos valores se presentan en la columna denominada Área Intersectada. Es así como según se disminuye el nivel de luminosidad la relación entre el Área Intersectada y el Área Total analizada se incrementa, tal como muestran los valores que figuran en la columna denominada Intersect/Área Total (%). Sin embargo, esta tendencia cambia al llegar al valor de 54. A partir de este nivel de luz, si continuamos disminuyendo la intensidad, se observa que la relación entre Área Intersectada y el Área Total también disminuye. (Figura 4-1). Así, a partir de este nivel (54), los incrementos de superficie correspondientes a niveles de luminosidad inferiores incluyen un mayor porcentaje de suelo no artificializado, que suelo artificializado. En definitiva, el valor máximo de esta columna (Intersect/Área Total) permite identificar el umbral que incluye la mayor extensión de suelo artificializado y, a la vez, una menor extensión de suelo no

artificializado. Es así como este nivel de máxima correspondencia es el que determina lo que se ha denominado umbral de luminosidad urbana.

Figura 4-1. Relación en niveles de luminosidad y áreas urbanas. Ecuador 2013



Elaboración: propia a partir de imagen DMPS- OLS y Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG

A continuación, procedemos a aplicar esta metodología para el conjunto del territorio ecuatoriano continental a través de la fuente MAE-MAGAP, y para una parte del mismo, a través de la utilización del SIGTIERRAS. En este sentido es conveniente recordar que la fuente secundaria SIGTIERRAS abarca un territorio que cubre aproximadamente la mitad del área continental, y que a su vez contempla 14 de los 28 asentamientos principales antes identificados. Además, las series temporales de las imágenes DMSP se encuentran disponibles desde 1992 hasta el 2013, de modo que se empleó la imagen de este último año para el cruce de información con la fuente SIGTIERRAS cuya fecha de publicación es 2015, puesto que corresponde al año más próximo disponible.

4.2. EXPLORACIÓN DEL UMBRAL DE LUMINOSIDAD URBANA A PARTIR DE LA IMAGEN SATELITAL NOCTURNA Y LAS CAPAS DE COBERTURA DE SUELO

Como se ha expuesto en el capítulo anterior, a través del solapamiento de las imágenes satelitales nocturnas y las áreas urbanas delimitadas por fuentes de información secundaria, se logra inferir la relación entre las intensidades lumínicas y las intensidades del uso del suelo.

La disponibilidad de dos bases cartográficas que delimitan las áreas urbanas, hace posible la obtención de diversos resultados a través de la aplicación de un solo método. Esta variedad de resultados permite realizar comparaciones al momento de determinar un umbral único, y así poder definir de manera más precisa un valor lumínico útil para el análisis de la evolución de los usos urbanos.

En un análisis más detallado, se puede observar las diferencias entre asentamientos en relación a la luminosidad que emiten. Estos valores permiten una aproximación a los modelos de ocupación y al desarrollo del proceso de urbanización que se han producido en cada región y en cada uno de los principales asentamientos considerados. Es decir que, hasta cierto punto, se puede observar el tipo de organización territorial y el grado de dispersión de los usos urbanos.

En este apartado se exponen los resultados obtenidos contrastando la imagen satelital nocturna y las dos fuentes de información cartográfica relativas a las cubiertas del suelo en Ecuador, MAE-MAGAP y SIGTIERRAS. Estas fuentes contienen datos generados a partir de procesos de teledetección y presentan información sobre diversos asentamientos localizados en el conjunto del territorio continental ecuatoriano.

Además, según lo expuesto en la metodología como principal ámbito de análisis se contempla circunferencias de radios de 25 km generados desde los centroides de los 28 asentamientos urbanos identificados, debido a que este radio abarca los procesos urbanos vinculados a los principales centros poblados del Ecuador y evita que se generen demasiados solapamientos entre asentamientos que se encuentran muy próximos. Además para el desarrollo de este capítulo, se ha excluido de los mapas y tablas los valores obtenidos para el asentamiento de Sangolquí, que en buena medida hacen referencia a la luz emitida por su ciudad vecina, Quito, dado que sus centroides se encuentran muy próximos.

Sin embargo, a fin de comparar y validar los resultados obtenidos con los radios de 25 km alrededor de las principales áreas urbanas, se han calculado los umbrales de luminosidad urbana en diferentes ámbitos de estudio: el conjunto del área del Ecuador continental, los espacios conformados por circunferencias de 50 km, considerando así un territorio más amplio, y otro de 5 km de radio que abarca los núcleos centrales de los asentamientos. De este modo se han obtenido los umbrales de luminosidad urbana que se derivarían en la consideración del conjunto del territorio nacional en el continente, desde una delimitación más amplia de los entornos urbanos hasta otra más restringida.

4.2.1. Los usos urbanos y la luminosidad en el conjunto del territorio

En primer lugar, se ha procedido al análisis del umbral de luminosidad urbana para el conjunto del territorio ecuatoriano continental, utilizando como se decía los dos mapas de cubiertas de suelo, MAE-MAGAP y SIGTIERRAS.

La Tabla 4-2 muestra los resultados obtenidos, identificándose valores referentes al pixel de máxima correspondencia entre áreas intersectadas y área total (umbral de luminosidad urbana) para cada uno de los ámbitos considerados y las dos fuentes utilizadas. Como puede verse, el umbral de luminosidad urbana oscila, según los casos, entre los pixeles 50 y 56. Aunque es evidente que los valores de máxima correspondencia obtenidos con la fuente de información de SIGTIERRAS son inferiores. Esto se debe a que con un nivel inferior de luminosidad se abarca más suelo, lo que resulta acorde con los datos de esta fuente, puesto que ella incluye mayor cantidad de suelo con usos urbanos, por la escala y el nivel de detalle que presenta.

Tabla 4-2. Niveles de luminosidad de máxima coincidencia entre luminosidad y áreas urbanas en el conjunto del territorio. Ecuador

Pixel	MAE-MAGAP				SIGTIERRAS			
	Continente	50km	25km	5km	Continente	50km	25km	5km
Pixel	54	54	56	52	50	50	50	52
Área Urbana (km ²)	2030,7	1848,2	1550,1	654,7	992,2	817,0	678,0	330,2
Área iluminada (km ²)	2072,3	2071,4	1768,4	939,4	749,5	744,3	692,1	386,1
Área intersect (km ²)	1057,8	1057,8	975,0	528,4	341,8	341,7	338,0	238,3
Urbana no intersectada (km ²)	972,9	790,4	575,1	126,4	650,4	475,3	340,0	91,9
Luz no intersectada (km ²)	1014,5	1013,6	793,5	411,0	407,7	402,6	354,1	147,8
Área Total (km ²)	3045,2	2861,8	2343,5	1065,7	1399,9	1219,6	1032,1	478,0
Intersect/ Área Total (%)	35%	37%	42%	50%	24%	28%	33%	50%
Área Urbana Considerada (%)	52%	57%	63%	81%	34%	42%	50%	72%

Elaboración: propia a partir de imagen DMPS- OLS y Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG y de Cartografía temática del Ecuador, 2015, SIGTIERRAS.

En términos generales, al observar los resultados expuestos, puede afirmarse que cuando menor es el ámbito de estudio, mayor resulta la correspondencia con el área urbana considerada. Esto significa que el umbral de luminosidad establecido con el radio de 5 km abarca un mayor porcentaje de suelo urbano, tanto si lo comparamos con el área iluminada como si lo hacemos con el total del área urbana establecida por las fuentes antes mencionadas. Por otro lado, al considerar los ámbitos de 25 km, se estaría incluyendo suelos más vinculados con los procesos de urbanización próximos a los asentamientos analizados. En cambio, al considerar los ámbitos de 50 km de radio, se abarca un territorio bastante extenso, en el cual se incluyen procesos de urbanización menores que se desarrollan en áreas más alejadas de los principales centros; en este caso, sin embargo, la correspondencia con el Área Intersectada y el Área Total disminuye considerablemente. Finalmente, al considerar todo el territorio continental, se observa que los datos referidos al umbral de luminosidad urbana, los porcentajes de suelo urbano con respecto al porcentaje de área urbana considerada y el porcentaje de Área Intersectada con respecto al Área Total, son similares a los obtenidos en el ámbito de 50 km. Ello permite concluir

que la existencia de asentamientos menores que se encuentran fuera del ámbito de 50 km no afecta de manera significativa la relación entre las variables de luz y las áreas urbanas.

4.2.2. Las diferencias regionales en términos lumínicos

También se ha querido explorar si el umbral de luminosidad varía según las áreas geográficas. A estos efectos se han agrupado los datos por regiones naturales —Costa, Sierra y Amazonía— tratando de identificar las posibles variaciones derivadas de las condiciones físicas, la evolución histórica y las condiciones socioeconómicas de cada ámbito. Según los datos que se presentan en la Tabla 4-3, la Sierra posee un umbral de luminosidad urbana superior al del resto de regiones, lo que indicaría que las áreas urbanas de la Sierra emiten más luz, en términos medios, por superficie ocupada, y las áreas urbanas de la Amazonía emiten menos luz.

Además, en la Tabla 4-3, también se presenta el máximo nivel de luminosidad que alcanzan las áreas urbanas en cada región, con lo cual se evidencia que en las regiones de la Costa y Sierra existen áreas urbanas que han alcanzado el máximo nivel de luminosidad (63). En cambio en toda la región Amazónica la máxima luminosidad que alcanzan las áreas urbanas es de 61. Por lo cual se puede concluir que los asentamientos urbanos analizados de la Amazonia emiten niveles de luz inferiores, pudiendo ser esta una característica vinculada a su menor desarrollo urbano. En el capítulo 7 volveremos sobre esta cuestión.

Tabla 4-3. Niveles de luminosidad de máxima coincidencia entre luminosidad y áreas urbanas por regiones.

Ámbito	Región	MAE-MAGAP		SIGTIERRAS	
		Máx.	Pixel (Umbral)	Máx.	Pixel (Umbral)
50km	Costa	63	51	62	43
	Sierra	63	60	63	52
	Amazonía	61	52	59	44
25km	Costa	63	54	62	43
	Sierra	63	60	63	53
	Amazonía	59	44	59	37
5km	Costa	63	51	62	49
	Sierra	63	59	63	58
	Amazonía	59	37	59	37

Elaboración: propia a partir de imagen DMPS- OLS y Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG y de Cartografía temática del Ecuador, 2015, SIGTIERRAS.

4.2.3. Caracterización lumínica por asentamiento

La Tabla 4-4 permite constatar cómo, sin menoscabo de la posibilidad de establecer un umbral válido para el conjunto de los ámbitos considerados, el umbral de luminosidad

urbana varía en cada uno de ellos. Eso se debe a que los asentamientos se encuentran en distintas zonas del territorio y a que cada uno posee características diversas. Así, en términos generales, los asentamientos con mayores extensiones producen una mayor intensidad lumínica y cubren más áreas de luz que los asentamientos menores. La luminosidad también depende de otros factores, como la cobertura de energía eléctrica, hábitos de consumo energético, calidad de infraestructura pública, densidad del asentamiento y estado del proceso de urbanización, entre otros.

Así, utilizando los datos del MAE, de manera general se mantiene la relación existente a nivel regional, donde los asentamientos de la Sierra presentan los umbrales más elevados, los cuales varían entre 50 y 63, seguidos de los de la Costa, que varían entre 40 y 59, y luego los de la Amazonía, que varían entre 18 y 53. Quito y Guayaquil, las ciudades más extensas del país, han alcanzado umbrales de luminosidad más o menos similares, 60 y 59. Por otro lado, los asentamientos más pequeños —Macas, Puyo y Zamora, emplazados en la región amazónica—, presentan los umbrales más bajos, 33, 18 y 26 respectivamente. De esta forma, con los datos presentados en la Tabla 4-4 se determinaría que el umbral de luminosidad urbana está vinculado con la extensión de suelo artificializado de cada asentamiento.

En la misma tabla se han identificado los niveles máximos de luminosidad que alcanzan las áreas urbanas de cada asentamiento, donde se observa que, dados los resultados obtenidos con la fuente del MAE, son varios los asentamientos que alcanzan el nivel máximo de luminosidad (63), lo que implica que en estas áreas urbanas se ha producido una saturación lumínica en las imágenes empleadas. La mayoría de las ciudades, donde ocurre este fenómeno superan los 300.000 habitantes. Por otro lado, las ciudades que concentran poblaciones inferiores a los 70.000 habitantes alcanzan un nivel máximo de luminosidad de 50.

Tabla 4-4. Niveles de luminosidad de máxima coincidencia entre luminosidad y áreas urbanas por regiones con el uso de áreas urbanas del MAE. Ecuador 2013

Ámbito	50 km				25km				5km				
	Lumin - Pixel		km2	%	Lumin - Pixel		km2	%	Lumin - Pixel		km2	%	
Asentamientos	Máx.	Máx. Coinc	A. Urban	A. Urban consid	Máx.	Máx. Coinc	A. Urban	A. Urban consid	Máx.	Máx. Coinc	A. Urban	A. Urban consid	
Costa	Babahoyo	62	49	98,4	42%	55	49	17,4	34%	55	49	8,9	66%
	Esmeraldas	60	54	36,7	41%	60	43	31,6	72%	60	52	18,6	85%
	Guayaquil	63	55	367,4	79%	63	59	314,8	84%	63	61	68,8	100%
	La Libertad	62	46	96,8	45%	62	46	74,3	58%	62	53	33,8	91%
	Machala	62	42	82,9	54%	62	57	55,8	49%	62	59	28,6	78%
	Manta	63	53	137,3	54%	63	53	82,9	67%	63	55	46,7	89%
	Portoviejo	63	55	152,8	46%	61	46	51,0	56%	61	55	20,1	88%
	Quevedo	60	34	57,8	61%	60	40	40,9	61%	60	48	21,1	84%
	Santa Rosa	62	42	89,2	50%	62	57	58,0	47%	44	34	9,1	76%
S. Domingo	57	36	101,0	65%	57	42	72,3	74%	57	35	56,5	98%	
Sierra	Ambato	63	61	112,5	55%	63	61	61,8	49%	63	58	35,6	93%
	Azogues	63	63	53,6	52%	63	63	42,0	47%	61	58	9,7	52%
	Cuenca	63	63	54,8	51%	63	63	46,8	59%	63	63	32,8	83%
	Guaranda	63	61	62,6	38%	56	52	7,4	39%	56	52	4,5	64%
	Ibarra	63	47	79,5	46%	62	56	35,9	40%	62	61	13,8	63%
	Latacunga	63	61	84,6	45%	62	61	18,0	42%	62	61	9,0	84%
	Loja	61	51	36,7	60%	61	51	36,7	60%	61	51	26,4	84%
	Otavalo	63	61	248,5	53%	62	51	61,1	41%	58	50	7,2	50%
	Quito	63	60	465,5	70%	63	60	408,6	80%	63	63	45,2	98%
	Riobamba	63	61	104,3	51%	63	61	40,3	58%	63	62	27,0	83%
Amazonia	Tulcán	59	50	18,3	38%	59	50	11,5	60%	59	50	9,2	75%
	El Coca	59	54	46,7	46%	59	53	34,2	55%	56	48	15,8	75%
	Macas	43	33	14,1	46%	43	33	11,4	57%	43	33	7,1	68%
	Nueva Loja	59	54	50,5	52%	59	52	22,7	60%	59	47	19,8	81%
	Puyo	50	26	37,5	43%	50	18	28,2	75%	50	31	18,9	65%
	Tena	45	30	27,2	40%	45	30	20,9	52%	45	38	11,8	53%
	Zamora	61	51	44,9	49%	29	25	0,9	74%	29	25	0,7	85%

Elaboración: propia a partir de imagen DMPS- OLS y Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG

También a fin de corroborar que el ámbito de 25 km es el más adecuado para el análisis de procesos urbanos de los principales asentamientos, se realizó una comparación de los umbrales de luminosidad urbana correspondientes al ámbito de 50 km radio y al de 5 km. Es así como se ha validado que, si se disminuye del ámbito de 50 km al de 25 km, se excluye suelo que corresponde al asentamiento próximo y se obtiene un umbral más propio del asentamiento considerado, tanto en los casos donde aumenta el umbral como en aquellos donde disminuye. En cambio, cuando se considera las variaciones entre los umbrales de 25 km a 5 km, es lógico pensar que, al tomar únicamente las zonas centrales de los asentamientos, los umbrales sean superiores. En la mayoría de los casos esto es lo que sucede, obteniéndose umbrales con valores más elevados. En los pocos casos en los que disminuye el umbral de luminosidad, ello se debe a dos factores. El primero es que el círculo de 25 km está superpuesto al núcleo del asentamiento vecino, lo que sucede con Sangolqui, que prácticamente está conurbado con Quito; Otavalo, que está próximo a Ibarra; Azogues, próximo a Cuenca; y Santa Rosa, próxima a Machala. Estas cuatro ciudades, de las 28 consideradas, disminuyen sus umbrales, debido a que sus ciudades vecinas generan una mayor luminosidad. Al momento de considerar únicamente los 5 km

de radio, se evita esta superposición y se obtienen valores del núcleo del asentamiento. El fenómeno opuesto se evidencia en la región norte de la Amazonía, donde las ciudades de El Coca y Nueva Loja poseen niveles de luminosidad inferiores en el ámbito de 5 km, debido a que, al disminuir de 25 a 5 km, se excluyen áreas con mayores niveles de luminosidad, pero que corresponden a infraestructuras antrópicas vinculadas a complejos petroleros y de investigación. Estos usos son puntuales en el territorio; y por el tipo de actividades que allí realizan, generan mayores niveles de luminosidad que los asentamientos que analizamos para el estudio de los procesos urbanos. Los valores obtenidos en zonas próximas a los asentamientos de El Coca y Nueva Loja corresponden usos vinculados a la extracción petrolera. Por lo cual se debe considerar la singularidad de estas dos ciudades, pues corresponden a casos particulares y cuya situación ha propiciado un estudio específico referente a áreas petroleras que, como se ha indicado, será abordado en un capítulo posterior.

En los casos de Zamora, Macas y Tena los bajos niveles lumínicos registrados parecen estar vinculados con sus menores concentraciones poblacionales. Ante estos resultados se evidencia que el umbral propio de estos asentamientos menores, es mucho menor que el establecido para el resto de asentamientos. De este modo, para considerar una extensión de superficie de estos tejidos urbanos dentro de un umbral conjunto de luminosidad urbana, se debería determinar un nivel de intensidad inferior a 19. Pero si se determinase un umbral tan bajo, se estaría abarcando grandes extensiones de suelo no artificializado en territorios que tienen un mayor desarrollo urbano y que presentan características diferentes frente a asentamientos amazónicos. Por lo cual resulta fundamental, al elegir el umbral de luminosidad urbana, definir un valor que represente de mejor manera la correspondencia con los tejidos urbanos de la mayoría de asentamientos del país. En consecuencia, debido al análisis hasta aquí realizado, una vez que se establezca un umbral de luminosidad urbana para el conjunto de asentamientos analizados, estas áreas urbanas menores no registrarán, para el año 2013 valores de superficie para el análisis de evolución del proceso urbanizador.

Además, a través de las diferencias de los umbrales obtenidos empleando la base de datos de SIGTIERRAS y la base de datos del MAE se puede convenir que existe una relación entre el nivel máximo de correspondencia y el tipo de datos que se emplea. Por lo cual es importante seleccionar una base de datos acordes con los objetivos planteados en la investigación que se pretende realizar.

Tabla 4-5. Niveles de luminosidad de máxima coincidencia entre luminosidad y áreas urbanas por regiones con el uso de áreas urbanas de SIGTIERRAS. Ecuador 2013

Ámbito	50 km				25km				5km				
	Lumin - Pixel		km2	%	Lumin - Pixel		km2	%	Lumin - Pixel		km2	%	
Asentamientos	Máx.	Máx. Coinc	A. Urban	A. Urban consid	Máx.	Máx. Coinc	A. Urban	A. Urban consid	Máx.	Máx. Coinc	A. Urban	A. Urban consid	
Costa	Machala	62	54	67,2	42%	62	54	56,4	50%	52	59	28,3	77%
	S. Domingo	57	36	88,3	54%	57	42	70,0	58%	57	38	43,4	96%
	Ambato	63	55	193,9	54%	63	55	106,0	56%	63	58	46,8	93%
	Azogues	63	52	192,8	65%	63	52	133,4	67%	61	55	13,4	57%
	Cuenca	63	55	196,1	57%	63	55	163,9	66%	63	55	62,4	100%
Sierra	Guaranda	63	52	80,7	40%	56	45	14,6	31%	56	52	6,8	42%
	Latacunga	63	55	151,7	49%	62	41	57,3	53%	62	56	19,0	78%
	Riobamba	63	53	149,9	59%	63	60	45,8	56%	63	60	30,4	84%
	El coca	59	54	53,1	25%	59	53	28,3	42%	56	48	14,1	77%
	Macas	43	20	36,1	24%	43	20	25,9	34%	43	33	11,7	47%
Amazonía	Nueva Loja	59	52	63,7	34%	59	47	34,5	44%	59	43	21,4	78%
	Puyo	50	26	48,5	30%	50	31	32,5	34%	50	31	17,1	64%
	Tena	45	30	40,3	24%	45	30	25,6	38%	45	38	11,0	51%
	Zamora	29	18	23,0	22%	29	19	10,1	23%	29	23	4,4	47%

Elaboración: propia a partir de imagen DMPS- OLS y de Cartografía temática del Ecuador, 2015, SIGTIERRAS.

4.3. DEFINICIÓN DEL UMBRAL DE LUMINOSIDAD URBANA A PARTIR DE LA IMAGEN SATELITAL NOCTURNA Y EL MAPA DE DENSIDADES DEL CANTÓN CUENCA

Finalmente, con el fin de incorporar datos de diferente índole que puedan ser contrastados con los ya obtenidos, y corroborar la relación que existe entre la luminosidad y los tejidos urbanos a partir de otras fuentes, se ha tomado como muestra el cantón Cuenca. Para este cruce de variables, se ha considerado la base de datos referentes a densidad poblacional elaborada por el GADMC. Esta fuente emplea un método distinto de la teledetección para la localización de usos residenciales, por lo que se incluyen áreas con usos urbanos que no están consideradas en las otras fuentes, por el nivel de detalle o la falta de continuidad con los centros urbanos mayores. Esta fuente corresponde al año 2010, por lo cual la imagen satelital nocturna con la que se ha realizado el cruce corresponde al mismo año. Se observó que la máxima coincidencia entre luminosidad y áreas urbanas se encuentra en el pixel 44, coincidencia que implica una relación entre área urbana iluminada con respecto al área total de 55,2% y abarca un 75,6% del área considerada con usos urbanos.

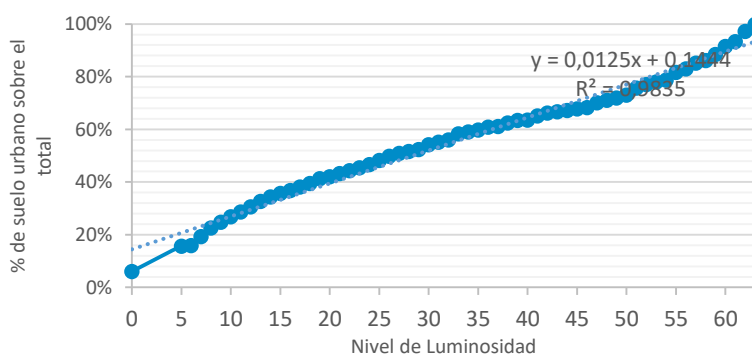
Tabla 4-6. Correspondencia entre niveles de luminosidad y áreas urbanas. Cantón Cuenca, 2010

Pixel	Área Urbana (km2)	Área de Luz (km2)	Intersección (km2)	Urbana no intersectada (km2)	Luz no intersectada (km2)	Área Total (km2)	Intersect /Área Total (%)	Área Urbana Considerada (%)
63	188,2	46,1	46,0	142,2	0,1	188,3	24,4%	24,5%
62	188,2	75,2	73,0	115,2	2,2	190,4	38,4%	38,8%
61	188,2	91,4	85,2	103,0	6,2	194,4	43,9%	45,3%
60	188,2	99,1	90,6	97,6	8,5	196,7	46,1%	48,1%
59	188,2	114,4	101,2	87,0	13,3	201,5	50,2%	53,7%
58	188,2	121,3	104,4	83,8	16,8	205,0	50,9%	55,5%
57	188,2	126,4	107,6	80,6	18,8	207,0	52,0%	57,2%
56	188,2	137,5	114,1	74,1	23,4	211,6	53,9%	60,6%
55	188,2	142,6	116,5	71,7	26,2	214,4	54,3%	61,9%
54	188,2	151,2	119,0	69,2	32,2	220,4	54,0%	63,2%
53	188,2	155,4	121,2	67,0	34,3	222,5	54,5%	64,4%
52	188,2	158,9	122,3	65,9	36,6	224,8	54,4%	65,0%
51	188,2	163,1	123,4	64,8	39,8	228,0	54,1%	65,5%
50	188,2	175,1	127,7	60,5	47,3	235,5	54,2%	67,9%
49	188,2	180,2	129,6	58,6	50,6	238,8	54,3%	68,9%
48	188,2	187,0	132,9	55,3	54,2	242,4	54,8%	70,6%
47	188,2	191,4	134,2	54,0	57,2	245,4	54,7%	71,3%
46	188,2	200,1	136,5	51,7	63,6	251,8	54,2%	72,5%
45	188,2	206,4	139,8	48,4	66,5	254,7	54,9%	74,3%
44	188,2	212,1	142,3	45,9	69,8	258,0	55,2%	75,6%
43	188,2	214,6	143,0	45,2	71,6	259,8	55,1%	76,0%
42	188,2	217,2	143,8	44,4	73,3	261,5	55,0%	76,4%
41	188,2	224,9	146,4	41,8	78,4	266,6	54,9%	77,8%

Elaboración: propia a partir de imagen DMSP-OLS y Densidades, GADMC.

Además los datos obtenidos al contrastar los niveles de luminosidad la cantidad de suelo urbano que albergan reflejan que los niveles de luminosidad más bajos alcanzan porcentajes de suelo artificializado menos urbanizados, mientras que los pixeles de mayor luminosidad (63) se encuentran completamente urbanizados. En la Figura 4-2 se observa una relación constante entre nivel de luminosidad y nivel de urbanización, la cual alcanza un R2 de 0,98. Con ello se confirma de manera fehaciente la relación según la cual, a mayor luminosidad, mayor nivel de urbanización.

Figura 4-2. Relación entre la luminosidad y porcentaje de suelo urbano. Cantón Cuenca, 2010



Elaboración: propia a partir de imagen DMSP-OLS y Densidades, GADMC.

4.4. DETERMINACIÓN DE UN UMBRAL DE LUMINOSIDAD COMO VALOR NORMATIVO PARA EL ANÁLISIS DE LA OCUPACIÓN URBANA DEL SUELO

Una vez obtenidos los valores de los cruces de información con las fuentes consideradas, corresponde definir finalmente el umbral de luminosidad urbana que se utilizará de forma normativa para el estudio del conjunto de las áreas urbanas incluidas.

Analizando los niveles de máxima coincidencia obtenidos con la fuente MAE-MAGAP, se observó que estos no contemplan gran parte del suelo que se encuentra en proceso de consolidación. Por su parte, los umbrales derivados de SIGTIERRAS a pesar de la gran precisión de esta fuente —que incluye núcleos de población, áreas en proceso de urbanización, áreas periurbanas y demás infraestructura inmersa en estos tejidos urbanos—, no abarcan pequeñas zonas que claramente tienen usos urbanos, pero que según esta base de datos se categorizan como áreas verdes, zonas de cultivos y similares (Figura 4-3). Por lo que el umbral definido por esta fuente en ciertos casos no incluye parte de suelos con gran intensidad de usos urbanos.

Figura 4-3. Contraste entre la delimitación de las áreas urbanas y la ocupación del suelo según imágenes diurnas. Ricaurte, noreste de Cuenca y Sur de Latacunga. Ecuador 2015

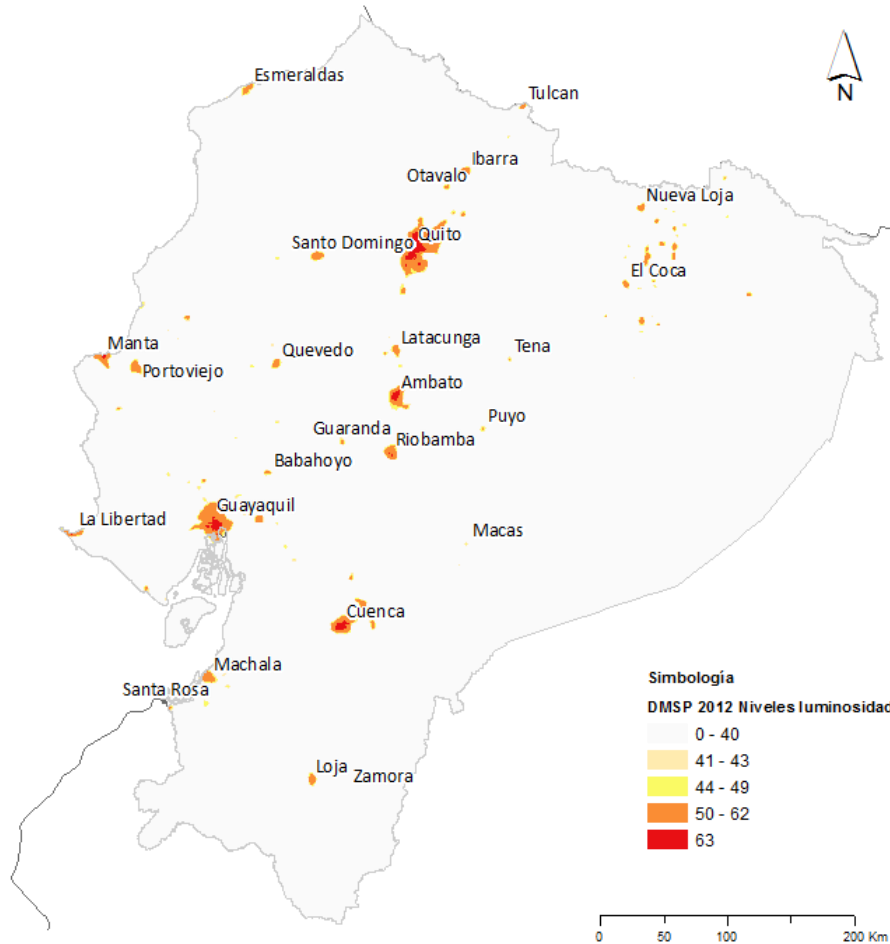


Fuente: Google Earth y Cartografía temática del Ecuador, 2015, SIGTIERRAS

Finalmente, con la información del GADMC se obtiene un nivel de luminosidad más bajo, con lo que se abarca más suelo, sobre todo en áreas con edificaciones de vivienda dispersa que corresponden a zonas con usos urbanos que no se encontraban identificadas en las anteriores fuentes de información. A la vista de estos datos, se ha adoptado el valor 44 como umbral de luminosidad urbana e indicador para determinar la evolución del proceso de urbanización en el periodo establecido (1992-2012). Como se ha visto, dicho valor se corresponde exactamente con el derivado de la información del GADMC y no se encuentra lejos de la media de los valores obtenidos para el conjunto de las áreas consideradas a partir de las fuentes MAE-MAGAP (56) y de SIGTIERRAS (50).

Con fin de evidenciar la correspondencia entre los niveles de luminosidad con los principales centros urbanos se ha elaborado un mapa en el que se distinguen diversos rangos lumínicos (Mapa 4-2).

Mapa 4-2. Rangos de luminosidad y localización de los principales centros urbanos. Ecuador 2012



Elaboración: propia a partir de imagen DMPS- OLS.

4.5. EVOLUCIÓN DE LA LUMINOSIDAD EN LAS ÁREAS URBANAS (1992-2012)

Establecido el umbral de luminosidad urbana más adecuado para el análisis del proceso de urbanización en Ecuador, puede procederse con la segunda parte de este capítulo, que hace referencia la evolución temporal del proceso de urbanización en Ecuador a través del análisis de la luminosidad. A ello se dedica los siguientes apartados. De este modo se presenta en primer lugar la evolución de la luminosidad de las áreas urbanas, para lo cual se han elaborado dos análisis: en el primero se expondrá los valores de la luminosidad total emitida y los valores medios de luminosidad nocturna en el radio de 25 km alrededor del centroide de las 28 áreas urbanas seleccionadas y su variación en el periodo 1992-

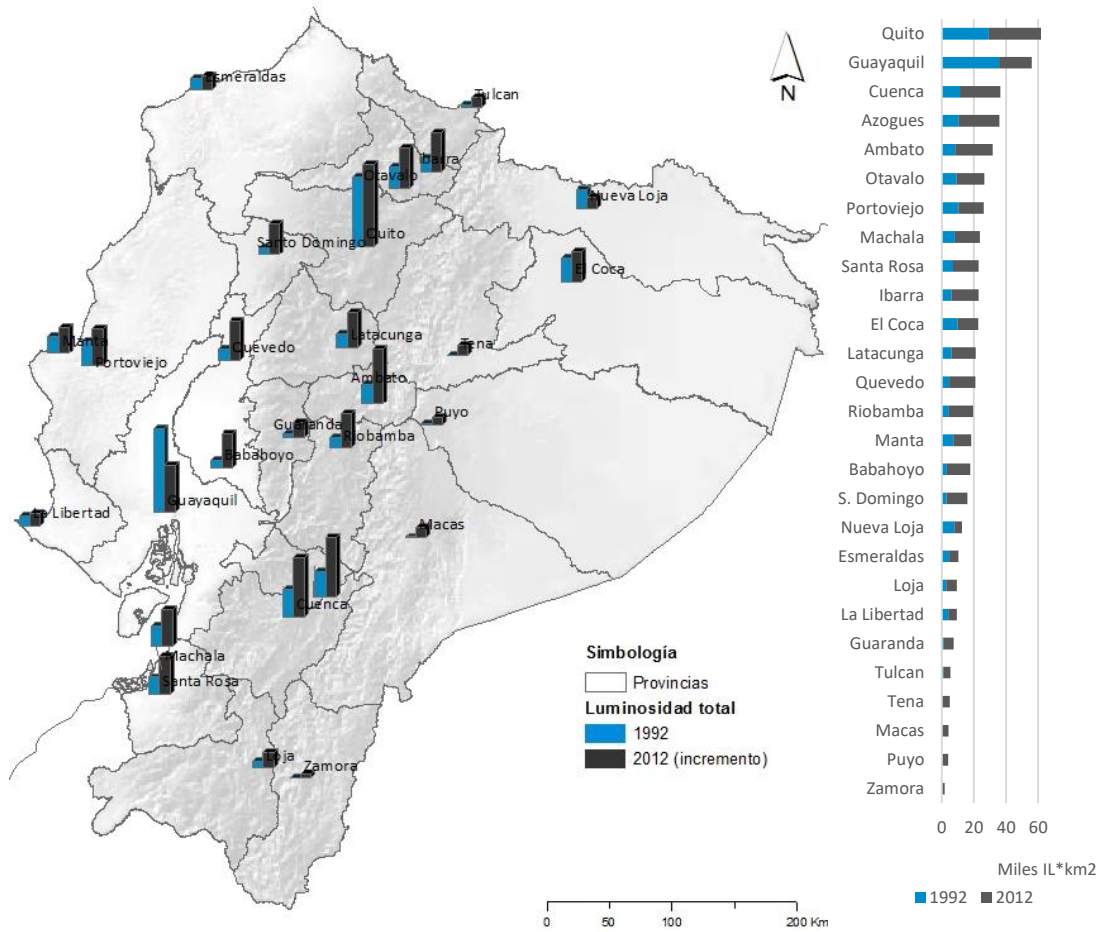
2012; en el segundo se presenta un análisis de distribución lumínica por coronas conformadas por los radios de 5, 10, 15 y 25 km generados a partir de los centroides de los 28 asentamientos urbanos .

4.5.1. El incremento lumínico: en 20 años se triplica la magnitud e intensidad lumínica en los principales asentamientos ecuatorianos.

Veamos, en primer lugar, cuál ha sido la evolución de la luminosidad total emitida en el conjunto de los 28 principales centros urbanos del país. Se recordará que para el cálculo de la luminosidad total emitida se suma lo productos generados entre los diferentes niveles de luz por la superficie del pixel. Es así que en las imágenes DMSP se multiplicaron grados de intensidad lumínica (IL) por la superficie de cada pixel en km² y se sumaron los resultados. En el año de 1992 se registró una luminosidad total emitida de 174.606 y en 2012 este valor se incrementó a 484.667 (IL*km²), es decir que se multiplicó por 2,8. Esta evolución nos muestra que en Ecuador la intensidad lumínica ha aumentado de manera considerable, a un ritmo muy superior al de la población, que se multiplicó por 1,5, según los censos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de 1990 y 2010, pasando de 9,6 millones a 14,4 millones. El incremento relativo de la luminosidad también es muy superior al del PIB per cápita, que, a precios constantes en miles, según el Banco Mundial pasó de \$3.782 en 1992 a \$5.140 en 2012; es decir, un incremento de 35%.

Al obtener datos de luminosidad total por regiones, se observa que en el año 2012, la Costa y la Sierra registran volúmenes lumínicos similares, la Costa prácticamente llega a los 200.000 y la Sierra a los 240.000 (IL*km²) de luminosidad total emitida. Por su parte, la Amazonía apenas alcanza un volumen lumínico de 50.000, lo cual coincide con el menor desarrollo urbano y la menor concentración demográfica de esta región. En el Mapa 4-3 se presentan los valores detallados por asentamientos, en los que destacan, como era de esperarse, Quito y Guayaquil. Estas ciudades metropolitanas representan únicamente el 8% de la superficie del ámbito analizado, pero concentran el 25% de la luminosidad emitida por el conjunto de los 28 asentamientos. En el otro extremo como las ciudades con menores volúmenes de emisión lumínica se ubican Tena, Macas, Puyo y Zamora, todas ellas localizadas en la Amazonía.

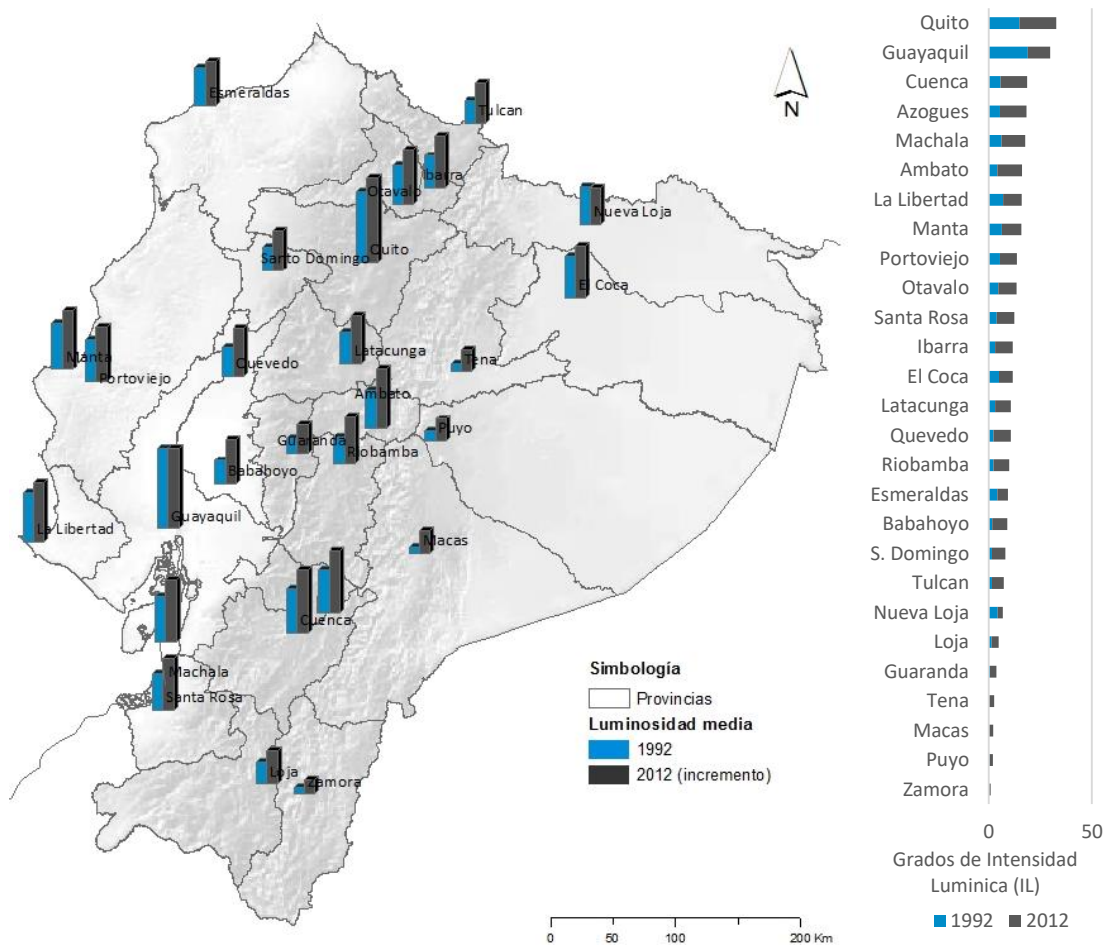
Mapa 4-3. Nivel de luminosidad total emitida en el ámbito de 25km, por asentamiento urbano. Ecuador 1992 - 2012



Elaboración: propia a partir de imágenes DMSP-OLS

Calculada la luminosidad total emitida conviene continuar con el cálculo de la luminosidad media, que corresponde a un valor obtenido mediante el cociente de la suma de los valores de luminosidad por cada unidad de superficie (luminosidad total emitida), dividido por la superficie total del ámbito considerado, lo que implica que la luminosidad total y la luminosidad media son dependientes por lo que presentan ritmos de evolución paralelos. Así, la luminosidad media obtenida de manera general para todos los asentamientos pasó de 3,95 en el año 1992 a 11,04 grados de intensidad lumínica en 2012, es decir se multiplicó por 2,8 veces su valor en dos décadas al igual que la luminosidad total.

Mapa 4-4. Nivel de luminosidad media en el ámbito de 25km, por asentamiento urbano. Ecuador 1992 - 2012.



Elaboración: propia a partir de imágenes DMSP-OLS

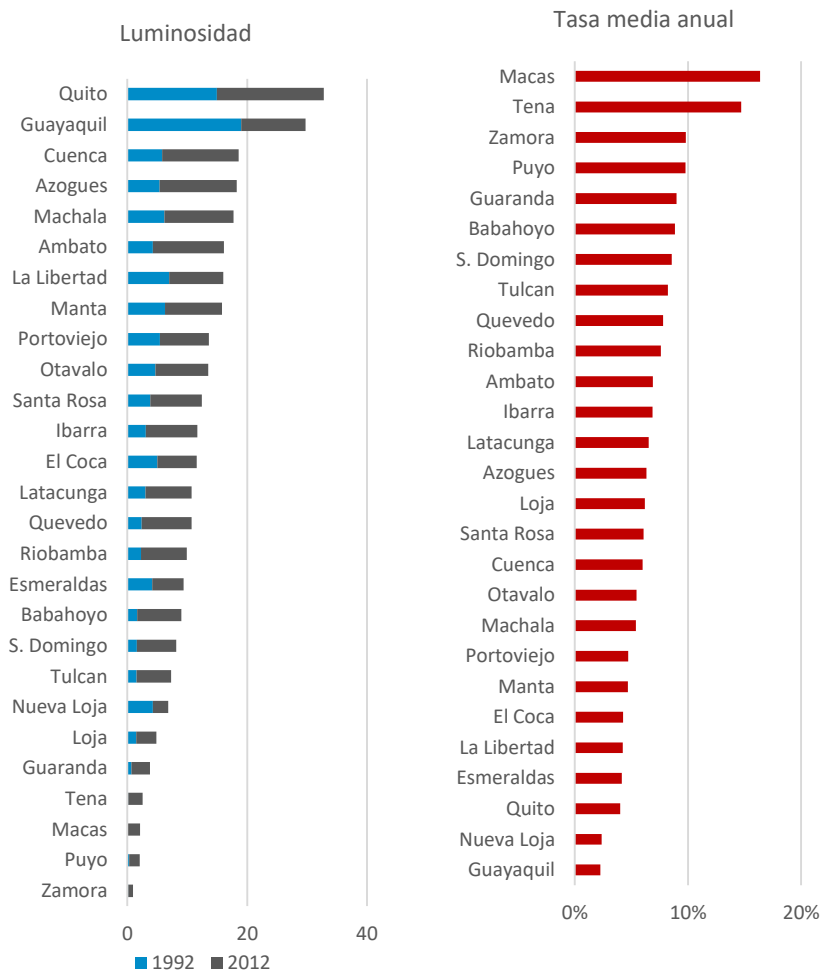
En cuanto regiones naturales, tanto la Costa (14,6) como la Sierra (15) mantienen niveles de luminosidad media similares para el año 2012, las dos regiones contienen los dos grandes centros de atracción de población y presentan procesos de urbanización más extensos. Estas dos regiones partían de valores similares en 1992 (6,08 y 5,13 respectivamente). Por su parte, en el 2012 la Amazonía (4,3) presenta la luminosidad media más baja en relación a las otras regiones, siendo esta aún más baja en 1992 (1,65).

A través de estos datos se puede extraer una conclusión similar a la obtenida anteriormente, la prevalencia lumínica de la Sierra y la Costa. Estas dos regiones superan en más de tres veces los valores obtenidos para la Amazonía, evidenciándose así la brecha existente entre las regiones del Ecuador.

Una vez establecida la luminosidad media para las regiones naturales, se ha determinado de manera específica la luminosidad media para cada asentamiento, con el objetivo de visualizar las diferencias territoriales existentes. De manera general, el aumento de la

intensidad lumínica en el periodo de tiempo analizado de la mayoría de asentamientos supera el 200%. Así, el asentamiento con mayor luminosidad media para el año 2012 es Quito (32,8) superando ligeramente a Guayaquil (29,7). Estos partían ya en 1992 de unos niveles de luminosidad media elevados, por lo que sus incrementos, en términos relativos, no han sido tan acentuados como en otras áreas. Mientras que las ciudades amazónicas, a pesar de registrar los incrementos relativos más significativos, son las que mantienen los umbrales de luminosidad media más bajos, a excepción de Nueva Loja y El Coca que, como hemos dicho, constituyen casos especiales. Por ejemplo, Macas y Tena mantienen sus luminosidades medias extremadamente bajas (2,1 y 2,6 respectivamente), a pesar de haber incrementado su luminosidad media en 19 y 14 veces respectivamente.

Figura 4-4. Evolución de luminosidad media por principales centros urbanos, incrementos absolutos y tasa media anual acumulativa. Ecuador 1992 – 2012.



Elaboración: propia a partir de imágenes DMSP-OLS

4.5.2. Luminosidad por coronas: la dispersión gradual de los usos urbanos desde el centro de los asentamientos a través de la luz.

Establecida la luminosidad media para el conjunto de áreas estudiadas y por asentamiento, resulta ahora conveniente estudiar su evolución territorial a lo largo del periodo en consideración, para observar si el incremento de la luminosidad tiene lugar de forma más o menos continuada. Para ello es útil recurrir a un análisis por coronas, que permite determinar la continuidad y dispersión de las manchas de luz, para lo cual se han identificado cuatro coronas: la primera constituida por un radio de 5 km, y el resto compuesto por la superficie de la circunferencia del radio que se indica, menos la superficie de las coronas inferiores. El resto de las coronas tiene un radio de 10, 15 y 25 km.

Este análisis permite observar donde se concentran las mayores intensidades lumínicas y como esta varía territorialmente según se aleja del centro. Además, al obtener datos por asentamientos se vislumbran las diferencias interurbanas.

De manera general, en base a los resultados obtenidos y según se presenta en la Figura 4-5 se evidencia como tendencia general la reducción gradual de los niveles de luminosidad media a medida que nos alejamos de la corona central, variando desde 41,1 en la corona central a 4,4 en la quinta corona.

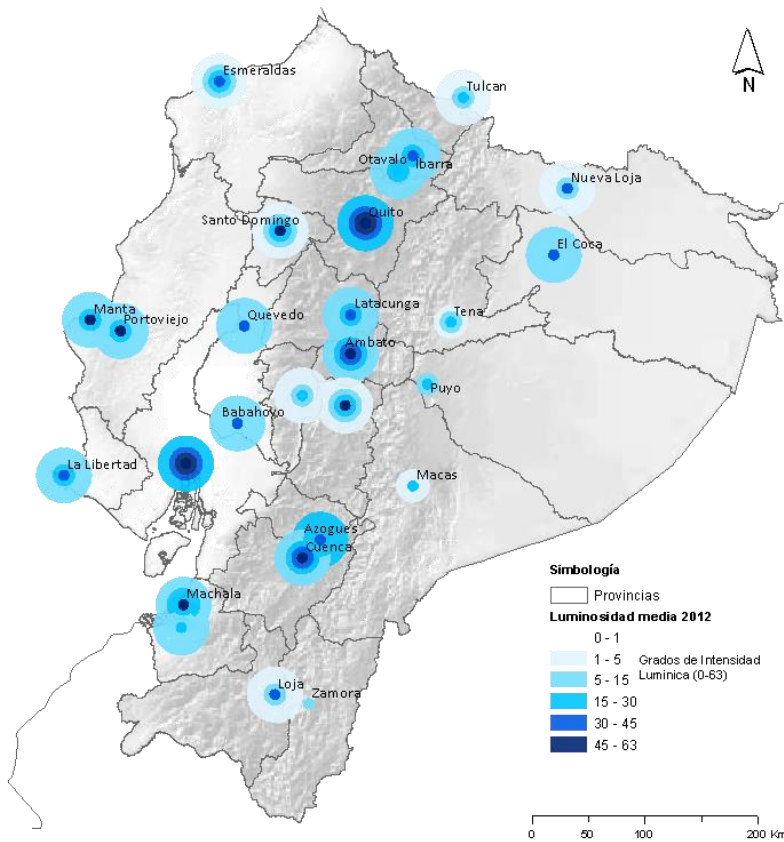
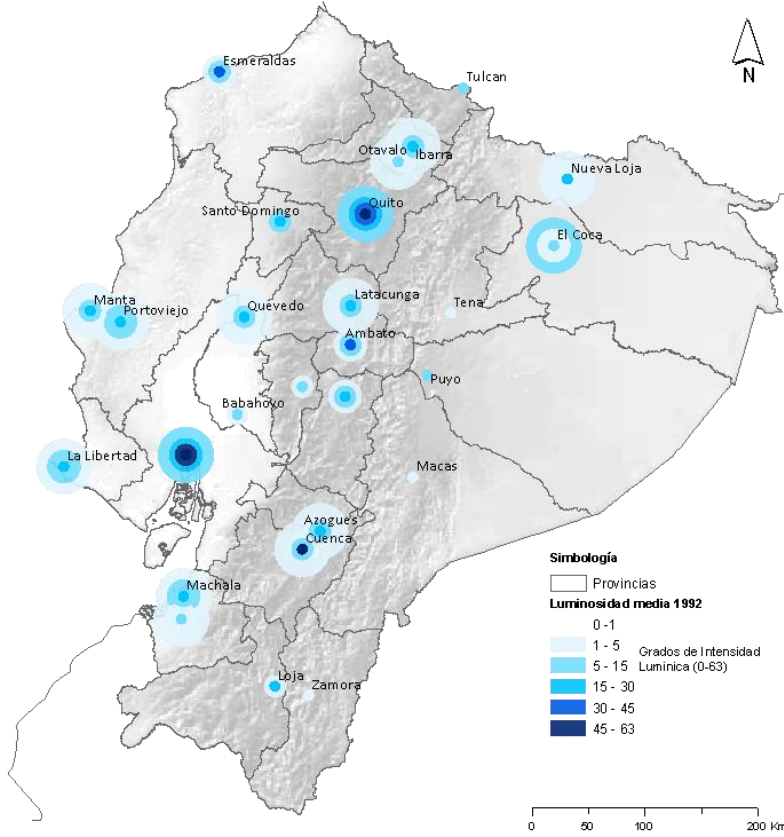
Figura 4-5. Luminosidad media de los principales asentamientos por coronas. Ecuador 1992-2012



Elaboración: propia a partir de imágenes DMSP-OLS

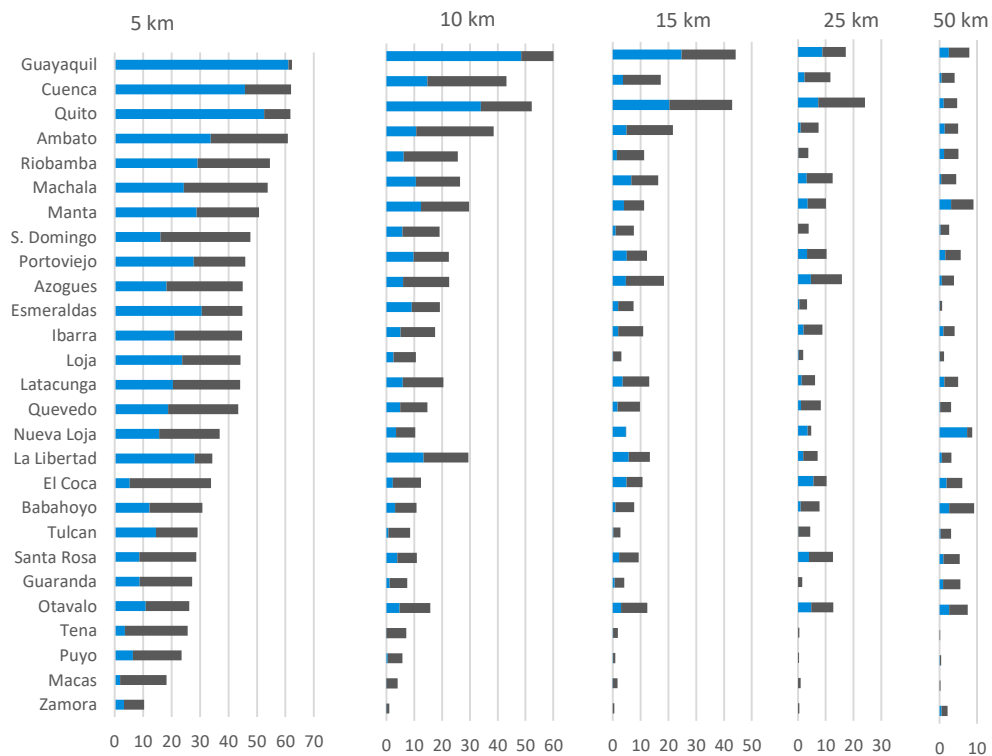
Esta tendencia general también se aprecia al analizar cada asentamiento (Mapa 4-5 y Figura 4-6), donde las intensidades medias más elevadas se concentran en las coronas centrales, mientras que la última corona obtiene valores inferiores. En el Mapa 4-5 se ha omitido la última corona (50 km), puesto que genera solapamientos excesivos y dificulta la lectura general de la luminosidad en el territorio.

Mapa 4-5. Nivel de luminosidad por coronas en los 28 asentamientos. Ecuador 1992 - 2012



Elaboración: propia a partir de imágenes DMSP-OLS

Figura 4-6. Nivel de luminosidad media por coronas en los 28 asentamientos. Ecuador 1992 – 2012



Elaboración: propia a partir de imágenes DMSP-OLS

Al considerar los asentamientos más poblados, Quito y Guayaquil, se observa que alcanzan luminosidades medias superiores al resto de asentamientos tanto para el año 1992 como para el 2012. Estas dos ciudades, al ser tan extensas, mantienen niveles de luminosidad elevados en todas las coronas, aunque también con reducciones graduales según nos alejamos del centro. En 2012, Quito alcanzó un nivel de luminosidad media en la primera corona de 61,7; y en la cuarta corona, un nivel de 24,1. Guayaquil, en tanto, pasó de 62,2 en la primera corona a 17,2 en la cuarta. Son estos valores los más elevados en comparación con el resto de asentamientos. Así, al comparar estas dos ciudades, se puede inferir que el centro de Guayaquil presenta una mayor intensidad lumínica, mientras Quito registra niveles de luminosidad superiores en la cuarta corona (25 km), lo que implica que el proceso de urbanización en la capital es más extensivo que el de Guayaquil.

Por el lado contrario, al considerar las ciudades que abarcan menor volumen de población —Zamora, Macas, Puyo y Tena, todas localidades amazónicas— se observa que los niveles de luminosidad disminuyen de manera considerable, ya que en la primera corona presentan niveles inferiores a 25, mientras en la segunda están por debajo de 7, con lo cual se evidencia que la mayor intensidad lumínica se concentra en un ámbito de 5 km de radio.

Luego, al considerar asentamientos de escala intermedia, como Cuenca, cuyo centro es el segundo más iluminado, se registran descensos lumínicos considerables en la tercera corona (15 km). Con lo cual se constata que hasta la segunda corona (10 km) se concentra la mayor cantidad de usos urbanos.

Al realizar comparaciones entre asentamientos resaltan diferencias significativas. Por ejemplo, al comparar dos asentamientos de diversas escalas, como Quito y Tena, se logra apreciar la amplia desigualdad lumínica que caracteriza al sistema territorial urbano ecuatoriano. Al analizar las primeras coronas, es decir los centros urbanos, Quito registra un valor superior por 2,4 veces al que registra Tena. La diferencia lumínica aumenta aún más al considerar la última corona (50 Km) en donde Quito registra niveles lumínicos 49 veces superiores a Tena, comprobándose así, la mayor extensión de los usos urbanos que se aglomeran en Quito.

El análisis por coronas, además de mostrar la reducción gradual de la luz desde el centro de los asentamientos, permite constatar la existencia de procesos de urbanización consolidados discontinuos. Así, se visualiza que algunas ciudades que no siguen la tendencia general —la tercera y cuarta coronas de Babahoyo y Quevedo, por ejemplo— mantienen niveles de luminosidad superiores a las de la segunda corona. Igualmente, en el ámbito de El Coca y Nueva Loja, las coronas externas mantienen luminosidades medias elevadas por áreas artificializadas próximas al centro de los asentamientos, que están vinculadas con infraestructuras de carácter extractivo

4.6. EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE CON INTENSIDAD LUMÍNICA URBANA (1992-2012)

Para analizar la evolución de las superficies vinculadas a los procesos urbanos en el territorio a través de la evolución de la luminosidad, se considerará el umbral de luminosidad urbana establecido anteriormente, el cual delimita las superficies que han alcanzado un nivel de luminosidad igual o superior a 44. Este nivel, según el método aplicado, es el que tiene una mayor correspondencia con los suelos de usos urbanos; el cual ha sido verificado para el conjunto de los asentamientos estudiado dentro de los radios de 25 km de manera general y para cada uno de ellos.

Considerando que el objetivo del estudio es analizar el proceso de urbanización en el territorio, las superficies obtenidas a través de este método son consideradas un indicador del proceso de dispersión de usos urbanos en el territorio.

4.6.1. Superficie: cuadruplicación de superficie con luminosidad urbana en el conjunto de los principales asentamientos urbanos

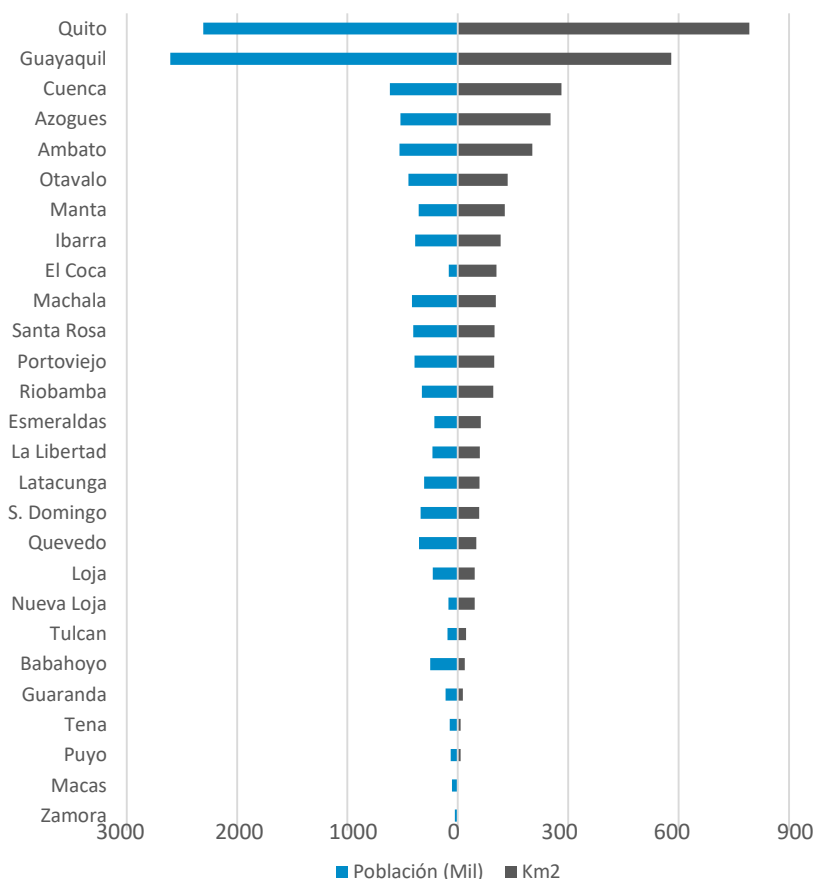
Tomando en conjunto los asentamientos analizados, para el año 2012 existe una superficie de 2.982 km² con niveles de luminosidad urbana, lo cual corresponde a un 6,01% del suelo considerado para este análisis. En términos comparativos, el estudio realizado por Nel-lo et al. (2017) para 48 ciudades españolas detectaba niveles de luminosidad urbana en el 5,9% del territorio comprendido dentro del radio de 50 km alrededor de los centroides urbanos, porcentaje similar al que se ha obtenido para los principales asentamientos de Ecuador.

En un análisis por ciudades, se observa que las superficies con niveles de luminosidad urbana abarcan mayores extensiones en el ámbito de Quito (792 km²) y Guayaquil (579 km²). Estas representan en conjunto el 46% de la superficie con luminosidad urbana del ámbito analizado.

Para el resto de ciudades, con poblaciones que, dentro de sus ámbitos de estudio, abarcan entre 600.000 y 200.000 habitantes, las superficies con intensidades de luminosidad urbana varían entre 250 km² y 40 km². Los asentamientos menores con menos de 200.000 habitantes presentan superficies iluminadas inferiores a los 40 km² (Figura 4-7). Se ha determinado que existe una relación entre superficie con luminosidad urbana y población del ámbito de R² de 0,92, lo cual es obviamente un valor significativo, con lo que se puede concluir que la superficie iluminada está vinculada de manera directa con la población que abarca el área urbana.

Definidas las superficies con luminosidad urbana para el año 2012 por asentamiento, se ha analizado la evolución de la luminosidad desde el año 1992, lo cual ofrece una perspectiva temporal adecuada para visualizar el crecimiento de las ciudades y las posibles desigualdades territoriales que se han generado entre ellas (los valores por ciudades se presentan en el Mapa 4-6). Desde 1992, se observa un incremento sustancial de las áreas con niveles de luminosidad urbana, la cual se ha multiplicado prácticamente por cuatro hasta el año 2012.

Figura 4-7. Población urbana y extensión de suelo con luminosidad urbana por asentamientos. Ecuador 2012

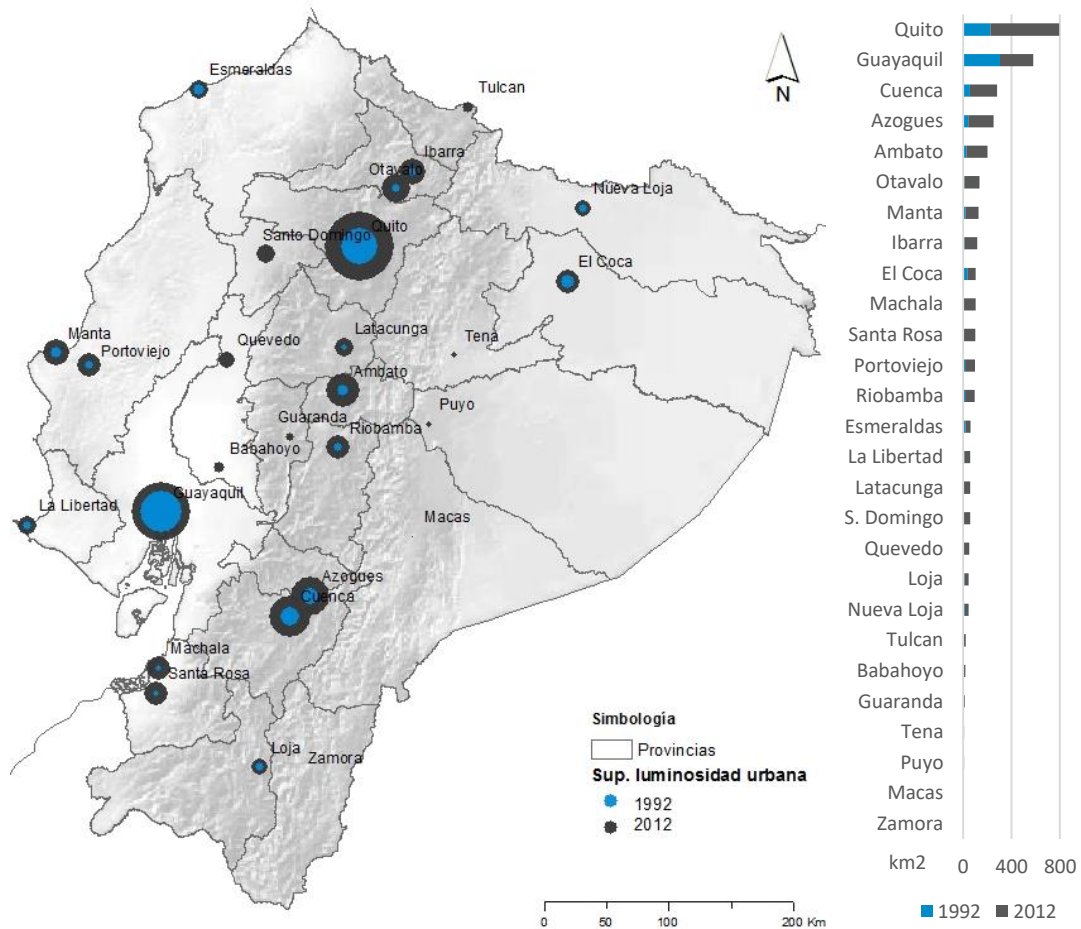


Elaboración: propia a partir de imágenes DMSP-OLS e INEC, 2010.

En 1992 existían 785,4 km² con un valor de luminosidad superior o igual a 44 (umbral definido como de luminosidad urbana para Ecuador), el cual se ha incrementado hasta 2012, cuando alcanza una extensión de 2.982 km²; es decir, que la superficie con niveles de luminosidad urbana se ha multiplicado por 3,8 (6,9% media anual).

Considerando cada asentamiento, se observa que existe un incremento de la superficie en cada uno de ellos (Mapa 4-6 y Figura 4-8). Si consideramos ciudades como Quito y Guayaquil, en valores absolutos, registran los mayores incrementos de superficie, con 276 y 568 km² respectivamente. Aunque, de manera general, se ha observado que las ciudades de escala intermedia son las que porcentualmente han aumentado más su superficie con luminosidad urbana en los veinte años que se analizan. Así, en términos relativos, desde 1992 al 2012 Guayaquil ha duplicado el área de su luminosidad urbana y Quito ha multiplicado su extensión por 3,5, en cambio Machala multiplicó su superficie por 16, pasando de 6 km² en 1992 a 97 km² en 2012.

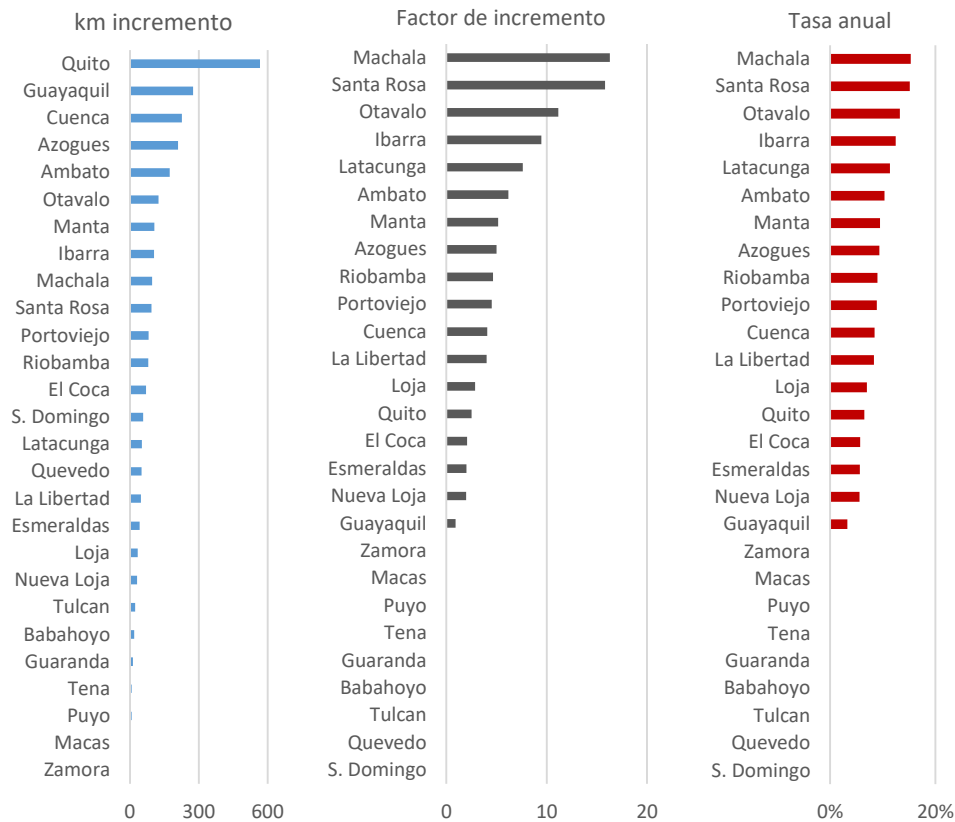
Mapa 4-6. Superficie de suelo con niveles de luminosidad urbana. Ecuador 1992-2012



Elaboración: propia a partir de imágenes DMSP-OLS

También se evidencia que ciudades como Macas, Puyo, Tena, Guaranda, Babahoyo, Quevedo y Tulcán, que en 1992 no contaban con superficie con luminosidad urbana, en el año 2012 han elevado sus respectivos niveles de luminosidad hasta alcanzar este umbral. Un caso singular constituye el de la ciudad de Santo Domingo, que en 1992 no alcanzaba los niveles de luminosidad urbana, y que actualmente es una de las ciudades más pobladas y extensas del país, lo cual da cuenta de las transformaciones urbanas intensas que ha conocido a lo largo de estos años.

Figura 4-8. Incrementos en términos absolutos y relativos de la superficie con luminosidad urbana por asentamientos. 1992- 2012



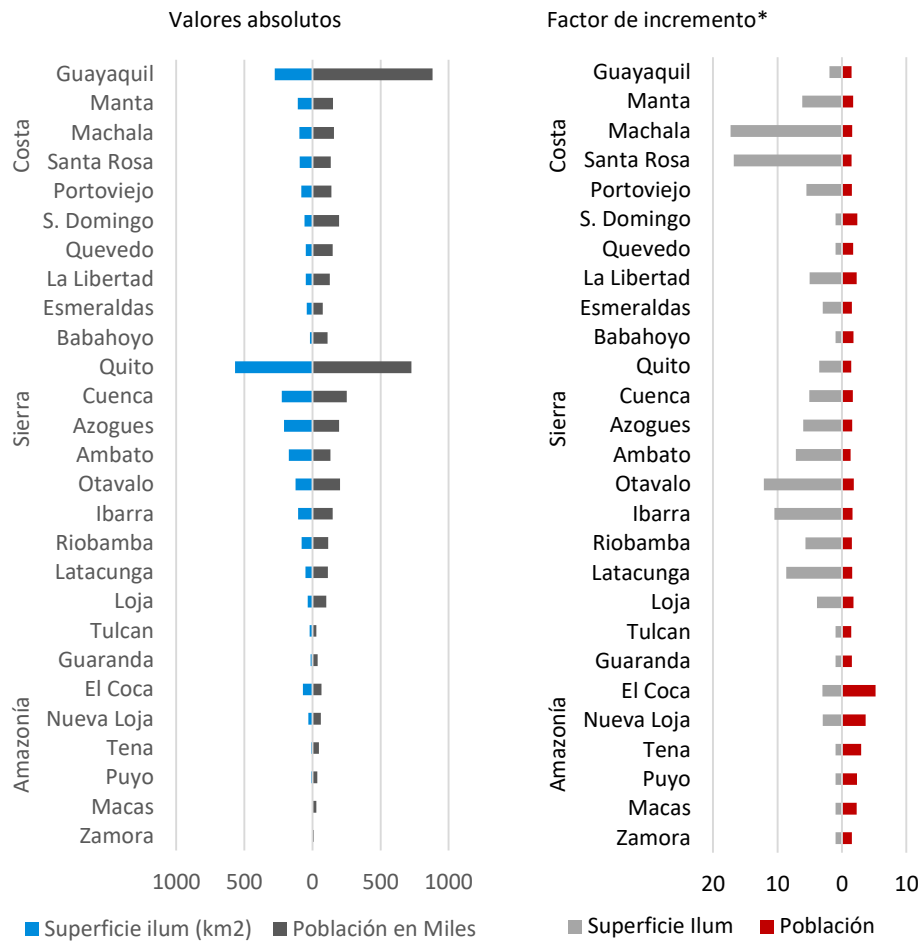
Elaboración: propia a partir de imágenes DMSP-OLS

4.6.2. Incrementos de superficie y población: mayor incremento porcentual de las ciudades de escala intermedia

Se ha comprobado a través de varios estudios que una de las principales variables que afecta de manera directa al desarrollo urbano es el crecimiento demográfico. Así, al analizar la evolución demográfica en Ecuador, se ha podido determinar que entre 1990 al 2010, la población urbana se multiplicó por 1,7. Así, en este periodo de tiempo, esta población pasó de representar un 55% (5,3 millones) a un 63% (9,1 millones) de la población total debido a la migración campo – ciudad y al crecimiento vegetativo, incorporando cada vez más habitantes en las ciudades.

Este proceso de crecimiento demográfico urbano influyó en el incremento lumínico de los asentamientos, sin embargo, este aumento lumínico no se produjo de manera proporcional con respecto a los incrementos demográficos, sino que el ritmo de incremento de la luminosidad fue mayor que el del incremento demográfico.

Figura 4-9. Incremento y factor de incremento de superficie de suelo con niveles de luminosidad urbana entre 1992-2012 y de la población urbana entre los censos 1990-2010.



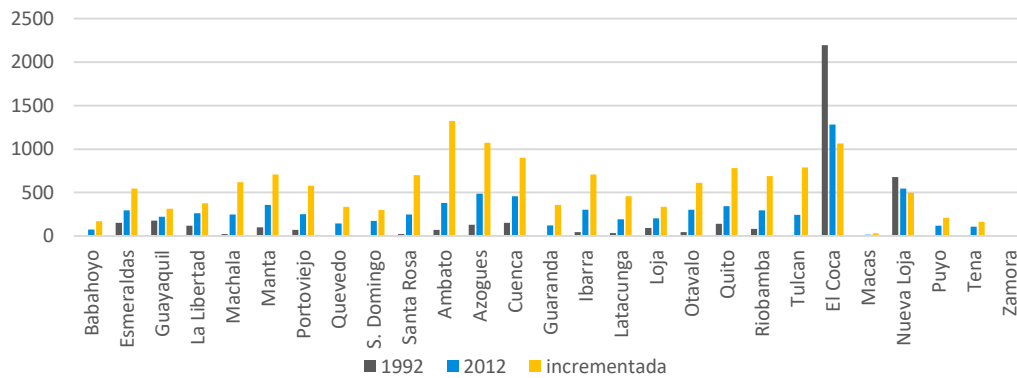
*. Coeficiente multiplicador

Elaboración: propia a partir del Censo de Población y Vivienda INEC, 1990-2010 e imagen DMSP-OLS

Así, al comparar la superficie con luminosidad urbana y la población se obtuvo que, a nivel nacional en el año 1992, se iluminaba 147 m² de suelo por persona y para el año 2012 este valor se incrementó a 328 m². Es decir que la población urbana en el 2012 genera una contaminación lumínica que afecta a más del doble del suelo que lo que generaba el habitante urbano de 1992. A la luz de los datos se puede corroborar que, el modelo de ocupación en baja densidad se ha acentuado durante estos años, debido al mayor ritmo de dispersión e incremento de la intensidad lumínica frente a los ritmos de incrementos demográficos.

Este incremento lumínico se ha producido con distintas intensidades dependiendo del territorio específico. En términos generales, en el año 2012, la mayoría de asentamientos registraban entre 200 y 400 m² de superficie con luminosidad urbana por habitante, sin embargo, el rango general comprendía desde 17 a 490 m², sin considerar El Coca y Nueva Loja.

Figura 4-10. Superficie iluminada por habitante 2012 e incrementos desde 1992 por asentamientos principales. Ecuador 1992-2012



Elaboración: propia a partir del Censo de Población y Vivienda INEC, 1990-2010 e imagen DMSP-OLS

Al analizar las variaciones por cada nuevo habitante, se ha obtenido que entre 1992 y 2012, por cada nuevo habitante a nivel nacional, se incrementan 587m² de suelo con luminosidad urbana. Sin embargo, al obtener estos datos a nivel de asentamientos se observan resultados que se distribuyen en un rango bastante amplio. Por un extremo sobresale Ambato que ha incrementado 1.324m² su superficie con luminosidad urbana por cada nuevo habitante urbano, y por otro Macas que registra un valor 29 m² por cada nuevo habitante, lo cual comporta una profunda disparidad en la evolución lumínica entre asentamientos.

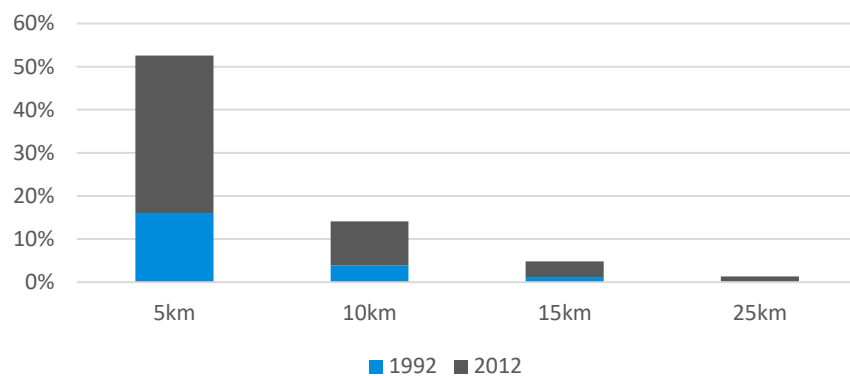
Estos datos pueden vincularse con la eficiencia de la intensidad lumínica en relación a la concentración poblacional. Los asentamientos que más suelo han iluminado han provocado una mayor contaminación lumínica. En este sentido se podría hablar de un eficiente consumo de suelo si se logra incorporar nueva población urbana sin generar incrementos en las superficies con intensidades lumínicas urbanas (Nel-lo et al., 2017b). Es decir que, en principio, las mayores extensiones de suelo con intensidades lumínicas urbanas por habitante se relacionan con procesos urbanos menos eficientes.

Sin embargo, esta reflexión supone unas ciertas consideraciones, pues tal y como se observa en la Figura 4-10, ciudades como El Coca y Nueva Loja registran valores de 1.282 y 546 m²/hab respectivamente para el año 2012, lo cual supondría un modelo urbanización extremadamente disperso, sin embargo, resulta que los valores lumínicos que están inmersos en estos dos ámbitos se encuentran influenciados por la presencia de usos extractivos lo cual modifica la lectura sobre el proceso urbano. Por lo cual es importante, considerar que la luminosidad que emite un territorio depende de algunas variables que condicionan los registros de las intensidades lumínicas.

4.6.3. Superficie por coronas: concentración de usos urbanos en la corona central.

Una vez obtenidos los datos relativos a las superficies del conjunto de asentamientos y por asentamientos, se ha analizado la localización de estas áreas por coronas (Mapa 4-7). En valores generales del conjunto de asentamientos, al examinar la relación entre superficie con luminosidad urbana y superficie de coronas, resulta evidente que la relación disminuyen desde la primera corona hasta la última. En el conjunto de los asentamientos, esta relación disminuye del 53% en la primera corona, a 14% en la corona de 10 km, 5% en la de 15 km y 1% en la cuarta corona, la de 25 km. Es decir, al igual que la luminosidad media ponderada, la superficie se concentra en la primera corona y disminuye de manera gradual hasta la última corona.

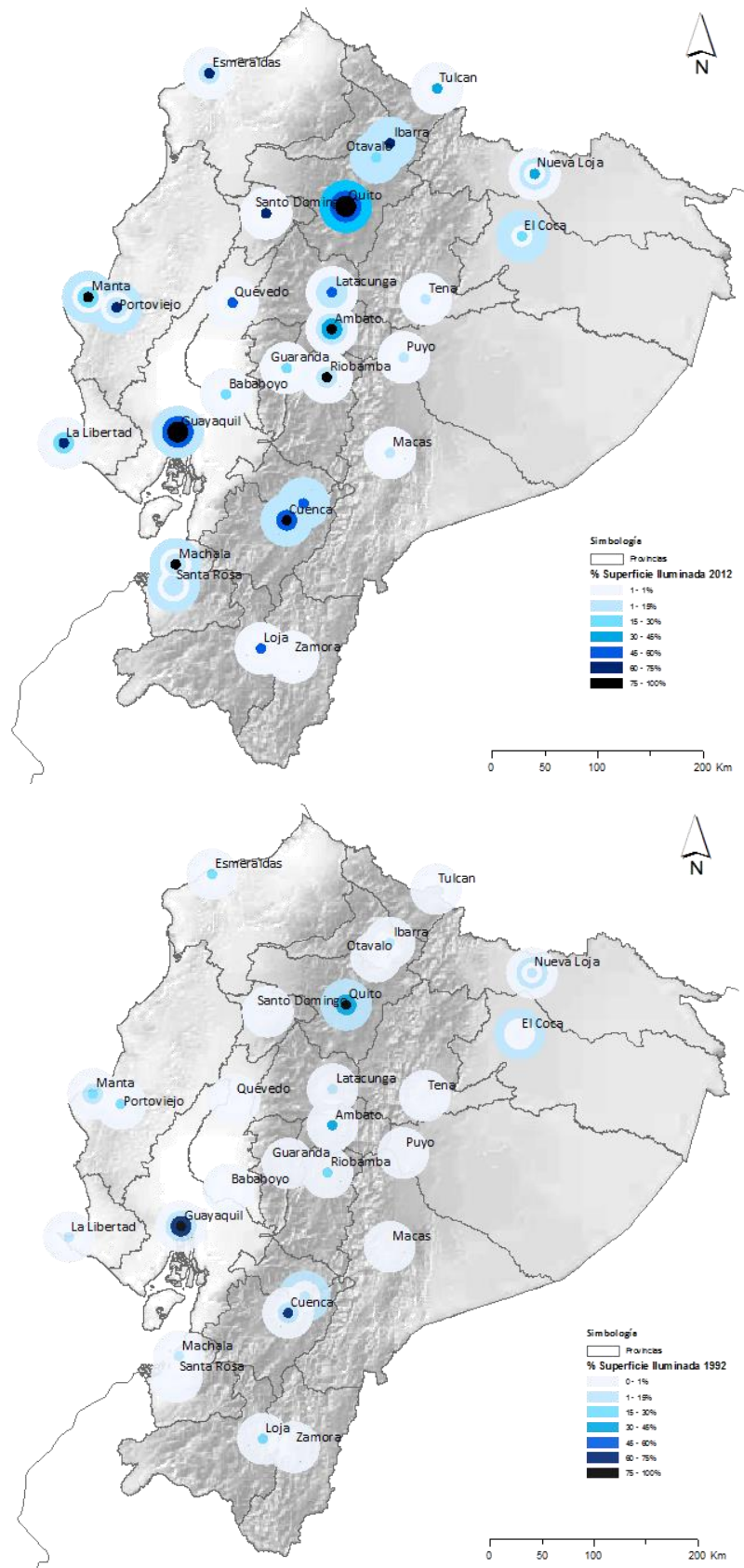
Figura 4-11. Porcentaje de superficie de con luminosidad urbana por corona en el conjunto de asentamientos principales. Ecuador 1992-2012



Elaboración: propia a partir de la imagen DMSP-OLS

A través de un análisis más detallado, se observa que las coronas de Quito y Guayaquil reflejan claramente esta tendencia generalizada en la cual disminuye de manera progresiva la superficie iluminada desde el centro hasta las coronas más externas. Ahora bien, al analizar los valores del resto de asentamientos ha sido posible distinguir tres escenarios distintos. En primer lugar, se hace referencia a un escenario singular que se produce en los ámbitos de El Coca y Nueva Loja que como se ha mencionado anteriormente se encuentran afectadas por usos extractivos. En estos ámbitos, la superficie con luminosidad urbana se encuentra distribuida de manera discontinua. Las coronas centrales registran una extensión de superficie iluminada de 22 y 34 km² respectivamente, las segundas coronas prácticamente no registran superficie iluminada, y finalmente sumando los valores de la tercera y cuarta corona se obtienen 82 y 12 km² de superficie con luminosidad urbana en cada asentamiento. Así, entre el núcleo urbano y los usos dispersos existe un área no iluminada que se emplaza entre los 5 y 10 km del centro del asentamiento.

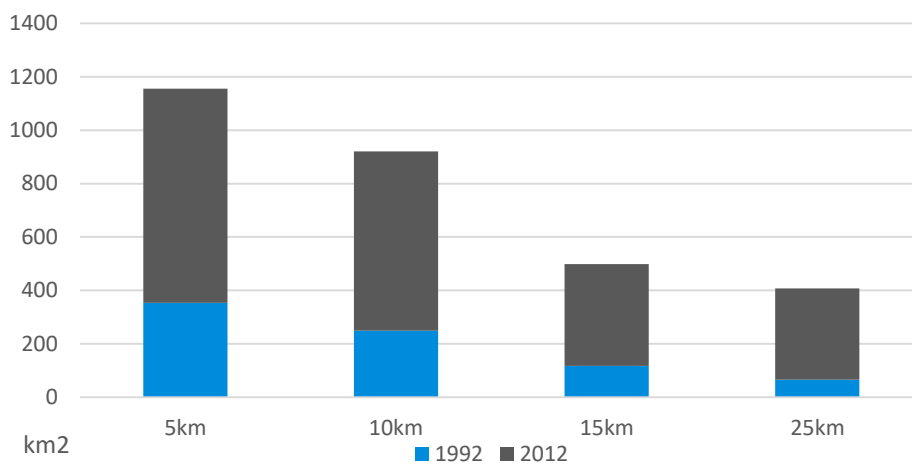
Mapa 4-7. Porcentaje de superficie con luminosidad urbana por corona en los principales asentamientos. Ecuador 1992-2012.



Elaboración: propia a partir de imágenes DMSP-OLS

Luego, el segundo escenario está conformado por un fenómeno de solapamiento de la corona de 25 km producida en los asentamientos de Azogues, Santa Rosa, Portoviejo y Otavalo, donde los porcentajes de superficies de luminosidad urbana registran un ligero repunte en la cuarta corona. Y, por último, se ha observado que gran parte de los asentamientos de escala intermedia concentran su superficie con luminosidad urbana en la primera corona, registrando valores inferiores a 1% en su tercera y cuarta corona. Por ello, se puede afirmar que, estos asentamientos concentran sus usos urbanos en un radio que varía entre 5 y 10 km de longitud.

Figura 4-12. Superficie con luminosidad urbana por coronas en el conjunto de asentamientos principales. Ecuador 1992-2012



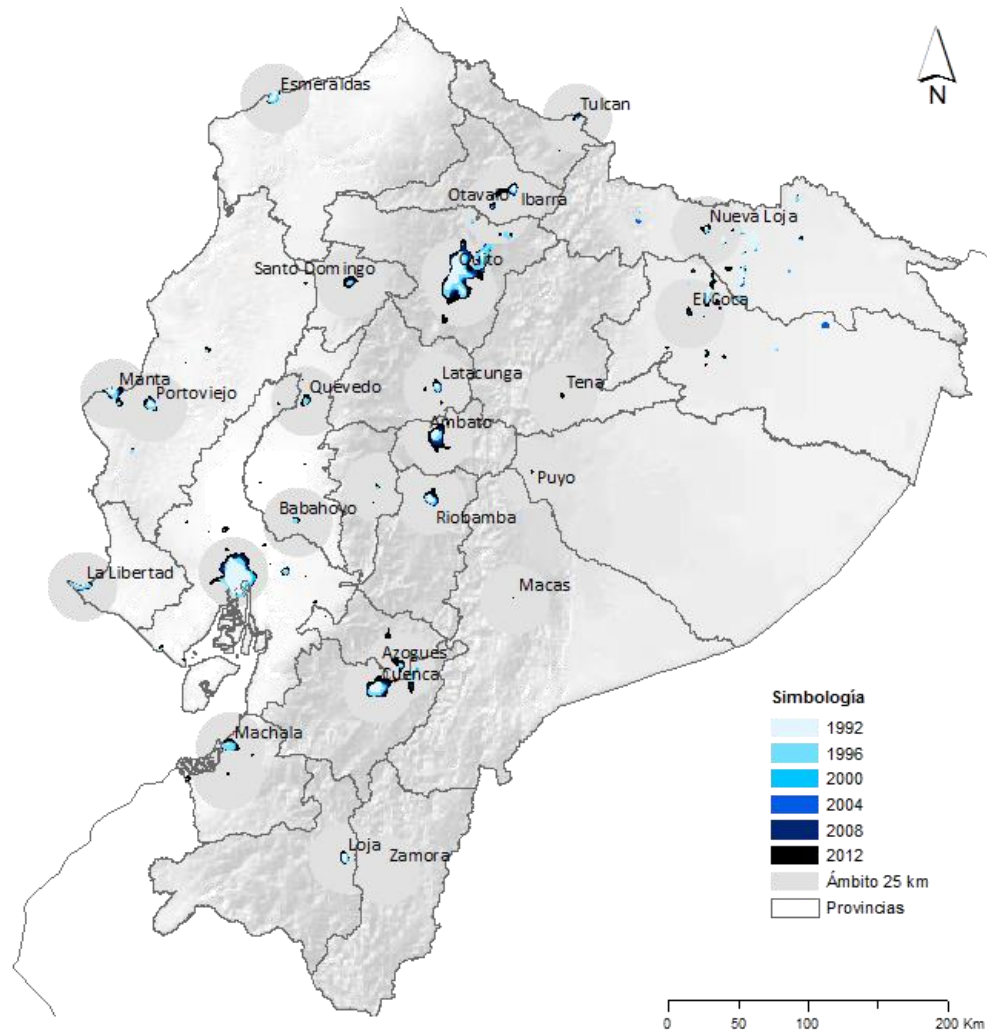
Elaboración: propia a partir de la imagen DMSP-OLS

A través del análisis de las superficies contenidas en cada corona se ha podido observar que el incremento relativo en cada una de ellas es distinto. Así, en el conjunto de coronas centrales que corresponden a los primeros 5 km generados a partir de los centros de los 28 principales asentamientos se registran 353 km² de superficie con luminosidad urbana en 1992, habiendo incrementado en 3,28 veces este valor durante el periodo 1992 al 2012. En cuanto, a las coronas periféricas se ha podido constatar que estas registran menores extensiones de superficie. En 1992, la segunda corona registraba 249 km², la tercera 118 km² y la cuarta 66 km², sin embargo estos valores se han multiplicado por 3,69, 4,24 y 6,21 respectivamente durante el tiempo de tiempo analizado. En definitiva se puede afirmar que si bien es cierto que las coronas centrales concentran la mayor cantidad de usos urbanos y por lo tanto de superficie con luminosidad urbana, debido al proceso expansivo urbano, las coronas periféricas son las que han registrado mayores incrementos relativos de superficie que superan el nivel de luminosidad urbana.

4.7. VARIACIÓN DE SUPERFICIES DE SUELO CON NIVELES DE LUMINOSIDAD URBANA EN LOS AÑOS 1992-1996-2000-2004-2008 Y 2012: DEL DECREMENTO DE LAS CIUDADES A SU POSTERIOR EXPANSIÓN A PARTIR DE LA DOLARIZACIÓN

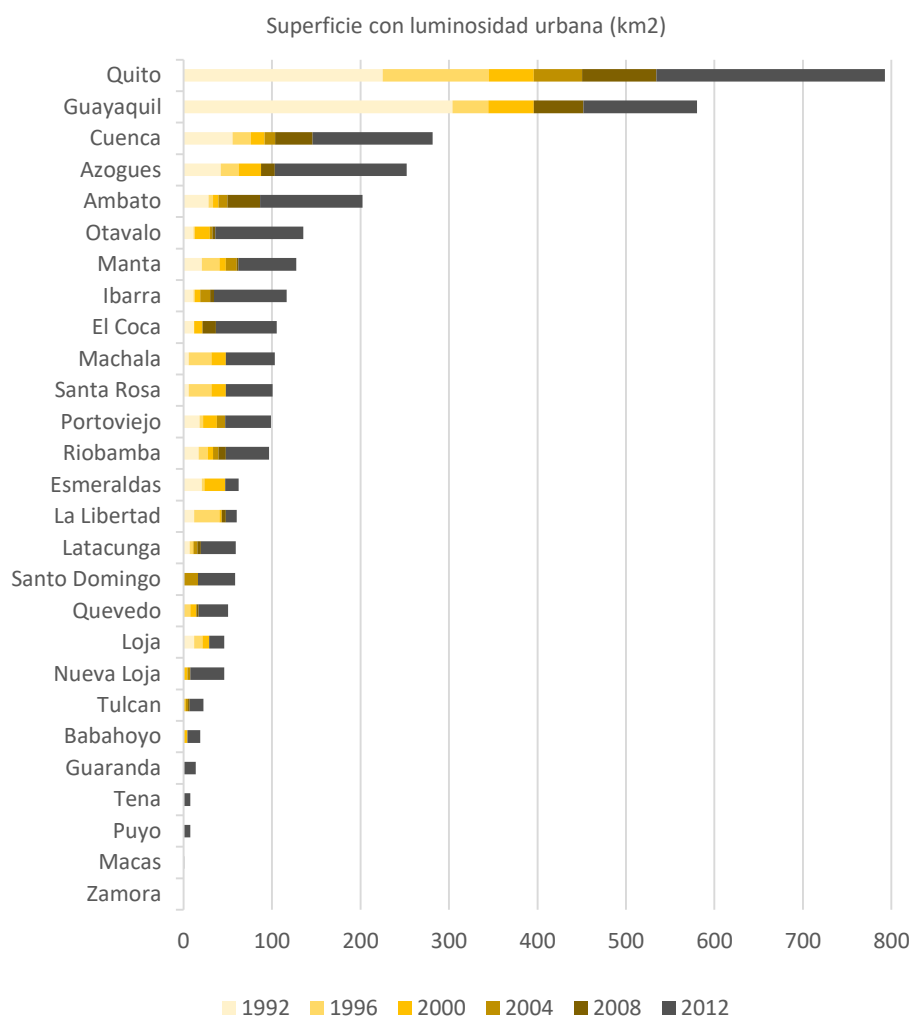
Analizada la evolución general de la superficie durante el periodo de veinte años establecido para este estudio, se ha examinado la variación experimentada por las superficies con luminosidad urbana a lo largo de esos años, considerando periodos de cuatro años. Este intervalo fue definido por ser adecuado para visibilizar los posibles procesos evolutivos territoriales nacionales, y a la vez los intervalos estables de tiempo permiten comparar la evolución de los procesos urbanos en distintos momentos.

Mapa 4-8. Variación de superficies con niveles de luminosidad urbana en los años 1992-1996-2000-2004-2008 y 2012. Ecuador 1992-2012



Elaboración: propia a partir de la imagen DMSP-OLS

Figura 4-13. Luminosidad media y variación de superficies con niveles de luminosidad urbana en los años 1992-1996-2000-2004-2008 y 2012. Ecuador 1992-2012

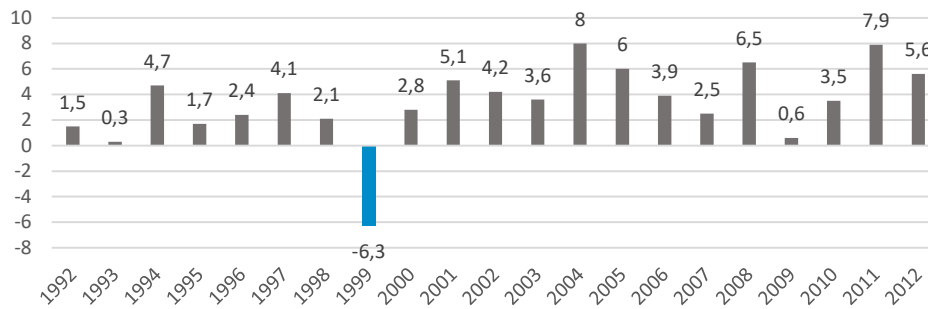


Elaboración: propia a partir de la imagen DMSP-OLS

En este sentido, se debe mencionar que el periodo con menor variación es 1996-2000, ya que, según el análisis realizado para este lapso, varias ciudades redujeron su intensidad lumínica, generando así una disminución de la superficie con luminosidad urbana. Tal es el caso de las ciudades de Loja, Esmeraldas, Santa Rosa, Machala y Azogues. Tomando el conjunto de los 28 asentamientos, se obtuvo una merma de 98 km² de superficie con luminosidad urbana, la cual pudo haber sido ocasionada por diversos factores: la calibración del satélite del año 2010, variaciones demográficas, cobertura o funcionamiento del servicio eléctrico o la coyuntura económica de los asentamientos, como han descrito otros estudios que han vinculado la evolución de la luminosidad con la estimación del producto interno bruto y nivel de desarrollo de los países (Shi et al., 2014). Es así que esta disminución de superficie puede estar vinculada con un fenómeno económico de gran envergadura que tuvo lugar en el país en 1999: la dolarización. Ese año

se produjo una disminución de la tasa de variación anual del PIB, que llegó a un valor negativo de 6,3%, según el Banco Central del Ecuador (con valores constantes al año 2000).

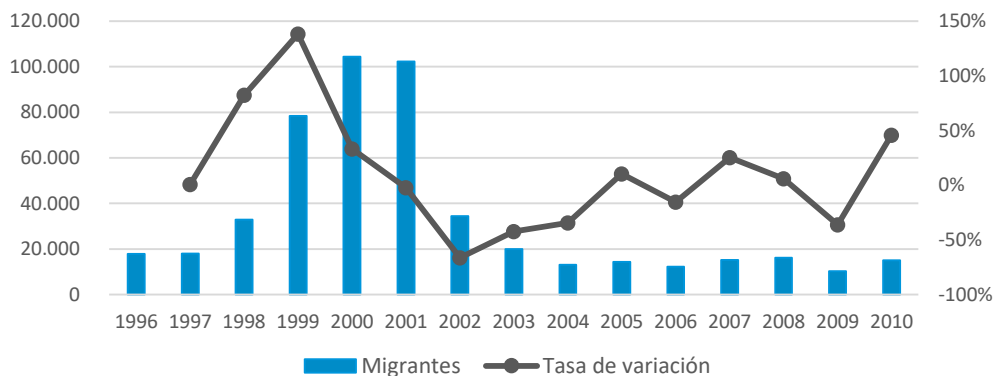
Figura 4-14. Tasa de variación anual del PIB, con valores constantes 2000. Ecuador 1992-2012.



Elaboración: propia a partir de datos del BCE.

Este fenómeno generó graves repercusiones en el desarrollo económico de Ecuador afectando de manera significativa a la población y sus actividades económicas. Esta situación impulsó una ola migratoria significativa hacia el exterior. Los datos oficiales manejan cifras concebidas a través de un marco limitado, puesto que buena parte de la migración se produjo de manera ilegal. Aun así, empleando datos oficiales se visualiza claramente como entre 1999 y 2001 el proceso migratorio mantiene valores elevados (Figura 4-15). En este sentido, resulta razonable suponer que la crisis económica propició una disminución de actividades económicas que se reflejaron en la disminución de la emisión lumínica.

Figura 4-15. Migración poblacional hacia el exterior. Ecuador 1996 – 2010.



Elaboración: propia a partir de datos del INEC (Tomalá, 2016).

Luego en el periodo 2000-2004 se observa un incremento de 57 km², pero la cifra global aún se encuentra por debajo de la obtenida para el año 1996. En este sentido se puede intuir que el país aún estaba en proceso de reconstrucción luego de la crisis.

Por otro lado, se ha observado que el periodo con más incremento de superficie es el último del rango temporal aquí considerado, 2008-2012. La superficie bruta con luminosidad urbana aumentó en este periodo en 1.324 km², es decir, que prácticamente se duplicó la superficie con luminosidad urbana, ya que, en el periodo anterior, 2004-2008, se obtuvo una extensión de 1.658 km². Desde 2008, el Gobierno central realizó una serie de inversiones en infraestructuras viales, de servicios, equipamientos, lo cual pudo influir en este incremento significativo de intensidad lumínica urbana. También en términos porcentuales el periodo comprendido entre 1992 y 1996 tuvo un incremento similar (79%), la superficie paso de 785 a 1.409 km².

En base a estas distintas evoluciones se pudieron definir tasas acumulativas medias anuales de las superficies con intensidad lumínica urbana para los distintos rangos temporales, así a cada periodo de tiempo le corresponde de manera sucesiva las siguientes tasas medias anuales acumulativas, 15,8%, -1,8%, 1,1%, 4,9% y 15%. Es decir que la superficie con luminosidad urbana ha registrado fluctuaciones a lo largo de estos años, que parecen ser el reflejo de las dinámicas sociales que se generaron en el territorio.

4.8. RELACIÓN ENTRE EL INCREMENTO DE SUPERFICIES CON NIVELES DE LUMINOSIDAD URBANA Y SUELO ARTIFICIALIZADO SEGÚN EL MAE ENTRE 1992-2012: LA LUMINOSIDAD URBANA SE EXPANDE A UN RITMO SUPERIOR AL DOBLE QUE EL DE LAS ÁREAS ARTIFICIALIZADAS

Como una forma de corroborar la relación entre luminosidad y procesos de urbanización se ha comparado los incrementos de las superficies con niveles de luminosidad urbana con las coberturas de suelos urbanos definidas por el MAE para los años de 1990-2013, que son los años con los que se cuenta información referente a coberturas de suelo y son equiparables a los años con los que se está realizando el análisis de la superficie que alcanza la intensidad lumínica urbana.

Así, al considerar los incrementos de las áreas con luminosidad urbana y los de las áreas delimitadas como urbanas por el MAE, se ha observado que a pesar de que los incrementos de las superficies con luminosidad urbana, en números absolutos, son superiores, el coeficiente de determinación es bastante elevado ($R^2 = 0,78$). De acuerdo con los resultados obtenidos, la superficie de suelo con cobertura urbana, en cifras del MAE, pasó de 568,5 km² en 1990 a 1.550,1 km² en 2013; es decir, que se expandió por 2,7 veces. Por su parte, las áreas con luminosidad urbana prácticamente se cuadruplicaron. En definitiva, las coberturas urbanas se incrementaron en 981,5 km², mientras que la superficie iluminada se incrementó en 2.196,6 km²; esto es, 2,23 veces más que las áreas

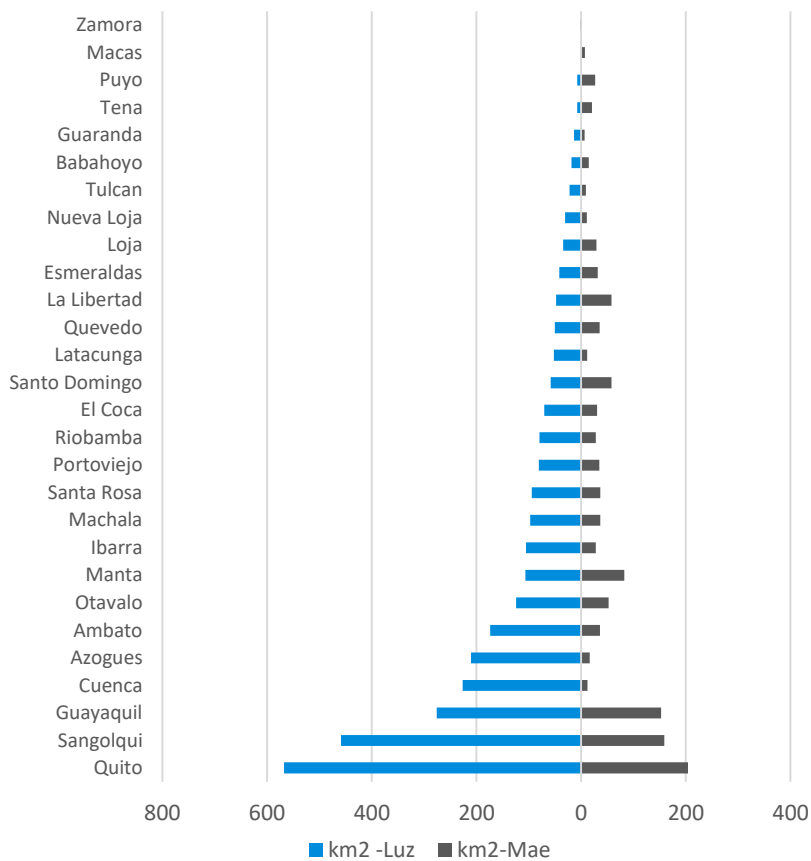
con coberturas urbanas. Se puede afirmar así que, en Ecuador en los veinte años estudiados, la superficie con luminosidad urbana ha crecido más del doble que las áreas delimitadas como urbanas.

Tabla 4-7. Superficies con luminosidad urbana y áreas urbanas según el MAE. Ecuador 1990-2013

DMSP- OLS		MAE	
1992 (km2)	785,4	1990 (km2)	568,5
2012 (km2)	2.982,0	2013 (km2)	1.550,1
Incremento km2	2.196,6	Incremento km2	981,5
Proporción	3,8	Proporción	2,7
Incremento %	280%	Incremento %	173%

Elaboración: propia a partir de imagen DMSP-OLS y Mapa de Coberturas MAE 1990 y 2013.

Figura 4-16. Incrementos de superficie con luminosidad urbana 1992-2012 y áreas urbanas según MAE 1990-2013, por ciudades. Ecuador



Elaboración: propia a partir de imagen DMSP-OLS y Mapa de Coberturas MAE 1990 y 2013.

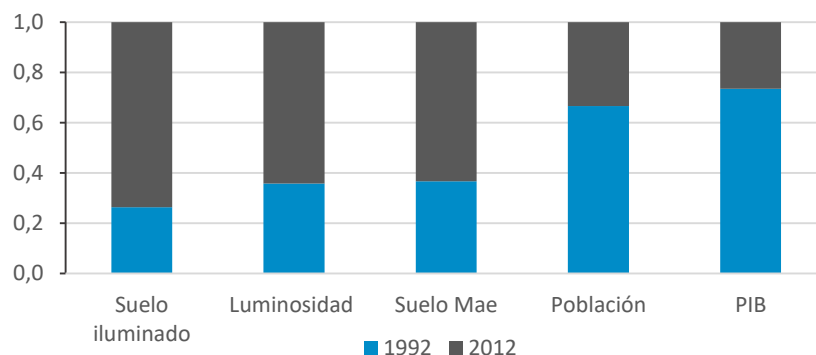
Es oportuno mencionar que los distintos niveles de intensidad lumínica que genera el asentamiento se encuentran influenciados por la localización y el tipo distribución de las fuentes de luz. En principio la luz genera un efecto de difusión hacia su entorno, por lo que las zonas más próximas a un foco de luz generalmente estarán afectadas por este, sin

embargo, un asentamiento compacto genera menos difusión de luz y mayor intensidad que un asentamiento disperso (Nel-lo et al., 2017b). Entonces en el análisis del proceso urbanizador es evidente que la ocupación dispersa propicia una mayor dispersión de luz, ampliando de esta manera la mancha de luminosidad urbana.

Además, se debe recalcar que en este contexto las áreas con luminosidad urbana obtenidas en este estudio son un indicador del proceso de urbanización en el cual se refleja la dispersión de los usos urbanos del suelo, a diferencia de las áreas delimitadas por el MAE que delimitan suelos artificializados. En definitiva, la extensión de suelo con luminosidad urbana se considera una aproximación de la dispersión real de los usos urbanos, incluyendo la gran cantidad de zonas urbanas discontinuas, las cuales en muchos casos son difíciles de incluir dentro de áreas delimitadas como coberturas urbanas, o más difícil aun, incluirlas dentro de los regímenes urbanos de los tejidos de los asentamientos con los que podrían estar vinculados.

A fin de identificar las características de este proceso expansivo, se ha analizado la densidad en estos suelos iluminados. Considerando datos del Censo y el MAE, se identificó que en 1990 existían 4 millones de personas en 568 km² y en el 2010 se registraron 6,7 millones de habitantes en 1.550 km², es decir que se pasó de una densidad de 7.450 hab/km² a una de 4.327 hab/ km². Así, a nivel nacional la densidad poblacional urbana disminuyó en un 40% desde 1990 al 2013. En este sentido, se puede afirmar que el modelo de baja densidad instaurado en el territorio ha propiciado durante estos 20 años un modelo de organización territorial aún menos de denso.

Figura 4-17. Variación de variables lumínicas y socioeconómicas, Ecuador 1992-2012.



Elaboración: propia a partir de imagen DMSP-OLS y Mapa de Coberturas MAE 1990 y 2013, INEC, BCE.

A manera de resumen, se observa que los incrementos de la intensidad lumínica y la superficie del suelo con luminosidad urbana, es superior a los experimentados por otras variables consideradas. Estas dos variables han multiplicado su valor inicial por de 2,8 y 3,8 respectivamente. Por su parte, los suelos delimitados por el MAE se han multiplicado por

2,7, la población por 1,5 y el PIB por 1,35. Así, en base a estos datos, queda en evidencia que el proceso de dispersión de usos urbanos crece a un ritmo más acelerado que el resto de variables que influyen en las dinámicas urbanas, configurando un proceso ineficiente desde el punto de vista económico y poco sustentable desde un punto de vista ambiental.

4.9. TIPOLOGÍAS MORFOLÓGICAS URBANAS 1992 -2012

De acuerdo al análisis realizado con las imágenes satelitales nocturnas, todas las ciudades han incrementado su superficie de luminosidad urbana a lo largo de estos 20 años, incluso muchas de ellas han multiplicado varias veces su tamaño inicial, configurando morfologías cada vez más extensas. Por lo cual se ha procedido a caracterizar los distintos procesos de urbanización identificados a través de la luminosidad de las imágenes nocturnas en términos morfológicos, a fin de visualizar la forma que han adoptado las ciudades y como estas han evolucionado a lo largo de estos años.

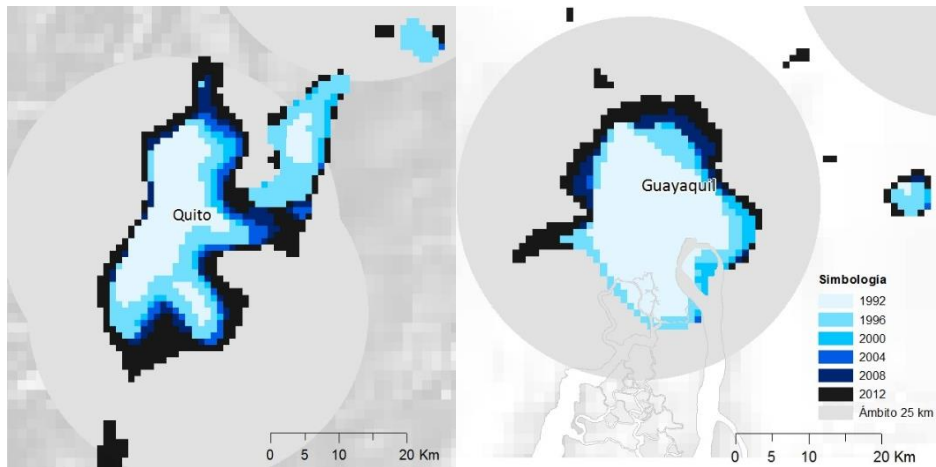
En el ámbito de estudio se observa que, de manera general, los asentamientos han conocido una expansión de usos urbanos de manera continua desde el centro, adoptando, en la mayoría de los casos, formas que incluían el suelo más apto para receptor asentamientos humanos en términos orográficos. En este sentido se han identificado 4 tipologías para clasificar a los asentamientos analizados: tentacular, expansión, archipiélago e isla.

Urbanización tentacular

En primer lugar, es necesario hacer referencia a las dos principales ciudades ecuatorianas, Quito y Guayaquil, las cuales han atravesado por procesos similares de desarrollo generando extensos procesos expansivos hacia sitios donde el territorio mejor se los permitía, puesto que ambos casos presentan limitaciones debidas a su emplazamiento. Quito presenta una orografía compleja por la presencia de dos cordilleras, una occidental y una oriental, de manera que la ciudad se ve forzada a crecer hacia el Norte y Sur, y además se ha visto que en los últimos años se expande por las faldas de las montañas localizadas al este. A pesar de las determinantes orográficas, la superficie con luminosidad urbana de Quito, en el periodo de 20 años, se ha extendido de manera considerable (3,5 veces). Por su parte, Guayaquil al ser una ciudad costera tiene la presencia del golfo hacia el sur y suelos propios de manglares, de manera que se ha visto forzada a expandirse hacia el Norte. En el periodo de tiempo analizado, esta ciudad ha duplicado su superficie iluminada inicial. Además, en ambos casos se observa que, en los últimos años, la

superficie con luminosidad urbana ha tendido a localizarse en los principales puntos de acceso de las ciudades.

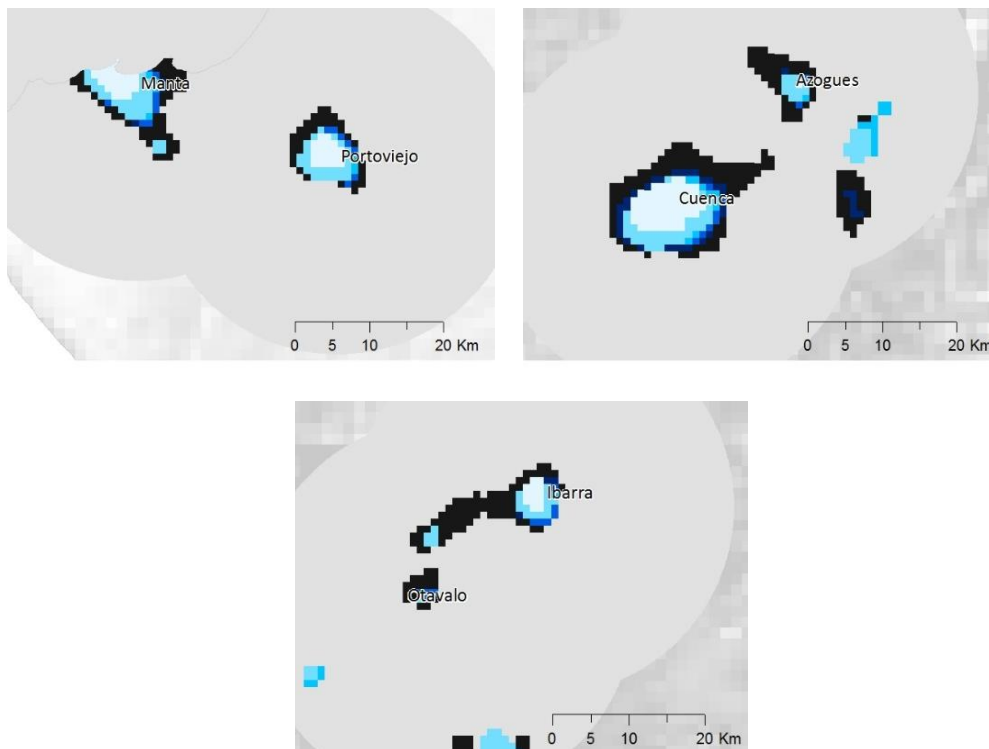
Figura 4-18. Evolución morfológica de Quito y Guayaquil, 1992-2012



Elaboración: propia a imágenes DMSP

Luego al considerar ciudades de escala intermedia como Manta, Cuenca e Ibarra, se observa que los incrementos se han realizado hacia distintos ejes, donde la mayoría de estas nuevas superficies se localizan entre el asentamiento principal y asentamientos vecinos de menor jerarquía.

Figura 4-19. Evolución morfológica tentacular, Manta, Cuenca e Ibarra 1992-2012

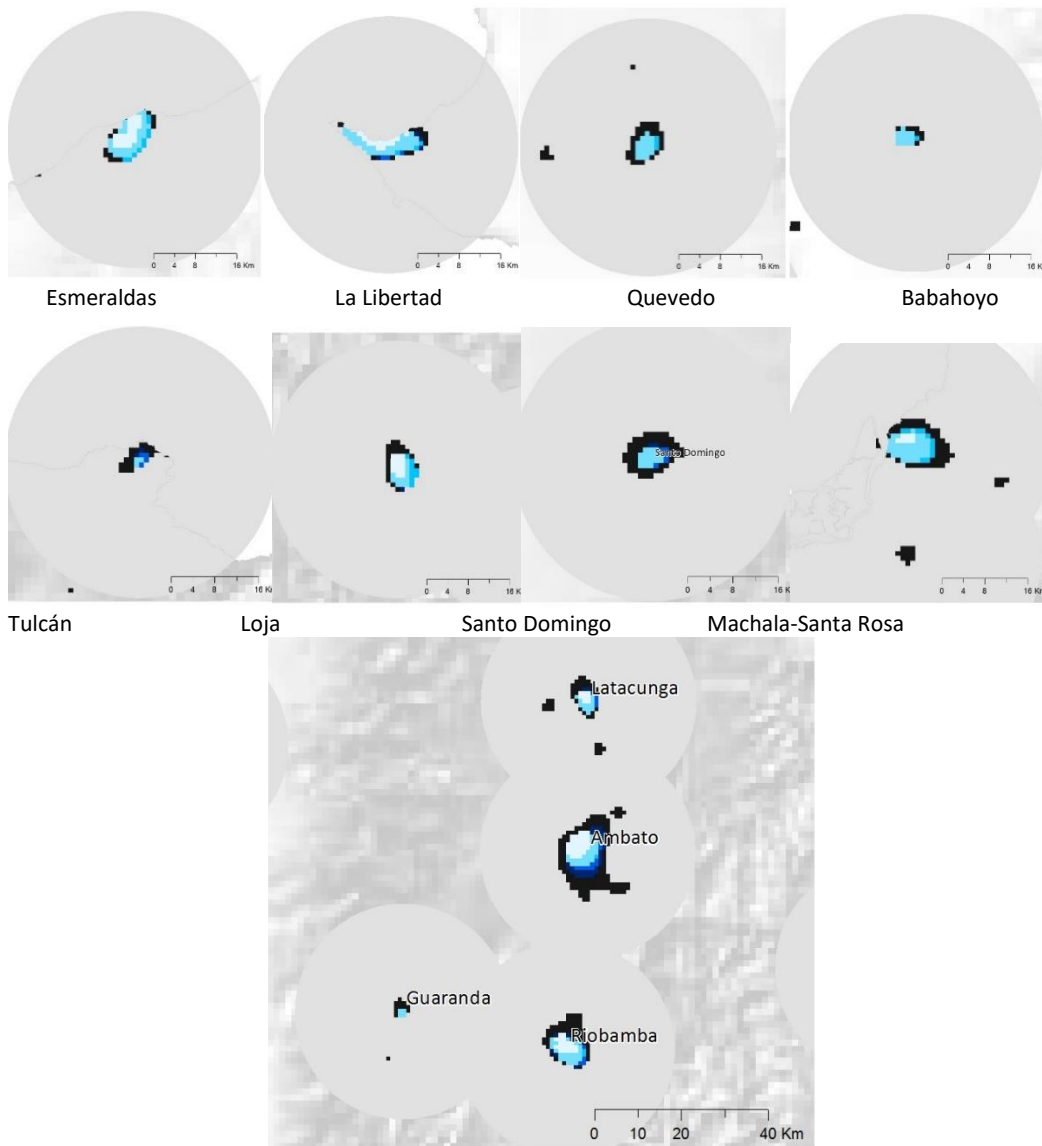


Elaboración: propia a imágenes DMSP

Expansión

Todas las ciudades asignadas a esta tipología presentan escalas mucho menores que las dos ciudades principales de Ecuador, pero han presentado incrementos lumínicos muy elevados. Estas ciudades en muchos casos han multiplicado por varias veces su superficie inicial y se han expandido de manera generalizada hacia la periferia. Aquello que distingue estos crecimientos de las anteriores es que, en vez de tomar una disposición más o menos lineal sobre los ejes viales, tienen lugar aquí circundando, en mayor o menor medida, el núcleo preexistente.

Figura 4-20. Evolución morfológica en expansión, ciudades intermedias 1992-2012

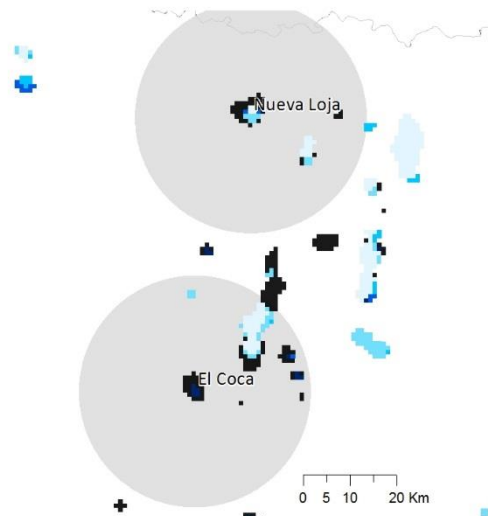


Elaboración: propia a imágenes DMSP

Archipiélagos

Existen dos ciudades, que a lo largo del estudio han requerido cierta atención especial, Nueva Loja y El Coca. Estas han incrementado sus niveles de luminosidad, particularmente, en áreas aledañas, por lo que han surgido superficies iluminadas segregadas en el territorio. La superficie iluminada en este territorio se ha triplicado en estos 20 años. Este hecho es sumamente relevante puesto que estos asentamientos se encuentran inmersos en un área con una abundante vegetación y la expansión de usos antrópicos puede promover una significativa degradación del medio.

Figura 4-21. Evolución morfológica en archipiélago, Nueva Loja y El Coca 1992-2012

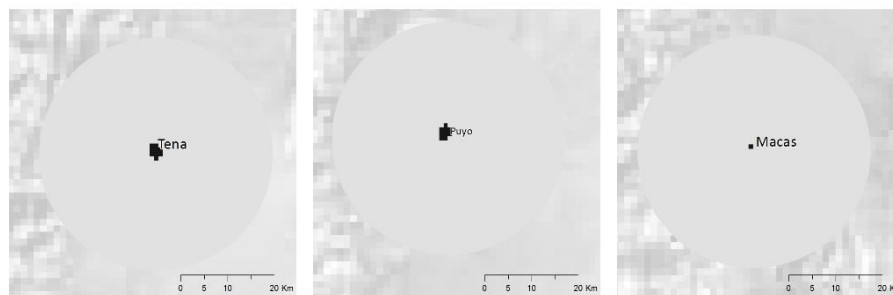


Elaboración: propia a imágenes DMSP

Islas

Macas, Puyo y Tena, localizadas en la Amazonía, son las ciudades de menor tamaño y han configurado una tipología de islas, puesto que en sus inmediaciones no se han generado procesos de urbanización. Estos asentamientos apenas alcanzan el umbral de luminosidad urbana establecido para el conjunto de asentamiento de Ecuador.

Figura 4-22. Evolución morfológica en ciudades amazónicas 1992-2012



Elaboración: propia a imágenes DMSP

4.10. CONCLUSIONES

El capítulo ha mostrado la relación existente entre el proceso de urbanización y la evolución de la luminosidad artificial nocturna. Además, ha permitido corroborar la utilidad de la metodología empleada a la hora de medir la evolución de las dinámicas territoriales.

Las conclusiones principales derivadas del estudio son las siguientes:

1. Se ha corroborado la posibilidad de aplicar la metodología empleando varias bases cartográficas y en diferentes ámbitos, de esta manera se ha podido analizar el territorio a través de los diversos datos obtenidos por cada fuente y para cada ámbito.
2. Se ha establecido la factibilidad de definir un umbral de luminosidad urbana para el conjunto de las principales ciudades de Ecuador. El contraste entre la imagen satelital nocturna y las diversas fuentes relativas a la cobertura de los suelos artificializados ha permitido establecer que el umbral más adecuado a estos efectos es el valor 44 del rango 0-63 de las imágenes satelitales del DMSP.
3. Establecido el umbral, se ha procedido a definir la evolución de la luminosidad media ponderada en un radio de 25 km alrededor de los centroides de las 28 principales áreas urbanas ecuatorianas. De acuerdo con los resultados obtenidos, esta se multiplicó entre 1992 y 2012 por 2,8 veces, pasando de un valor medio de 3,95 a 11,04.
4. Se ha podido determinar que en el ámbito descrito de 25 km alrededor de los centros urbanos, la superficie con nivel de luminosidad urbana ha pasado de 785 km² en 1992 a 2.982 km² en 2012. Se puede afirmar así que mientras la intensidad de la luminosa media se ha triplicado, la superficie con luminosidad urbana se ha cuadruplicado: el suelo con luminosidad urbana se incrementa, pues, a un ritmo más acelerado que la intensidad lumínica.
5. La comparación de la luminosidad urbana con las superficies artificializadas permite cuantificar que mientras en el año 2012 la superficie cubierta por luminosidad urbana alcanzaba los 2.982 km², el suelo artificializado comprendía 1.550 km², según datos MAE. Los datos procedentes de la fuente SIGTIERRAS confirmaban, asimismo, la extensión muy superior de la luminosidad respecto del suelo delimitado como urbano, aun considerando un ámbito más reducido. Además, se ha podido constatar que, en los veinte años estudiados, la superficie de las áreas con luminosidad urbana aumentó 2,23 veces más que las áreas con coberturas urbanas.

6. Ha sido posible identificar un fenómeno singular instaurado en el norte de la Amazonía ecuatoriana, que es la extracción petrolera. Este genera intensidades lumínicas iguales e incluso superiores a las que emiten los centros urbanos próximos.
7. También a través del análisis morfológico de las superficies con luminosidad urbana ha sido posible identificar distintas tipologías adoptadas por los asentamientos analizados, donde se ha observado que la mayoría de ciudades se han expandido de manera continua desde el centro hacia la periferia, generando una mancha que consume cada vez más suelo.
8. Finalmente, los resultados aquí obtenidos pueden ser considerados como un indicador para cuantificar la evolución de los procesos urbanos a escala nacional. Los datos respectivos no han dado lugar hasta el momento a un estudio general, aun cuando han sido abordados por la literatura y los órganos administrativos locales. En términos generales, estas aproximaciones consideran que la expansión de los usos urbanos constituye una materia de gran envergadura que debe ser atendida de manera perentoria.

En conjunto, los datos relativos a la luminosidad a partir de la imagen satelital nocturna permiten constatar el vigor del proceso urbanizador en Ecuador, la tendencia a la expansión de las áreas urbana y la dispersión de la urbanización, la emergencia de nuevas centralidades y la extensión de los usos urbano sobre el territorio mucho más allá de las áreas de suelo delimitadas como urbanas.



CAPÍTULO 5. EVOLUCIÓN DE LOS USOS URBANOS A PARTIR DE LA INTENSIDAD DE LA LUMINOSIDAD NOCTURNA DE LAS IMÁGENES SATELITALES (2012-2019)



Analizada la evolución del proceso de urbanización en Ecuador en el periodo 1992-2012 a través de los datos del satélite DMSP-OLS, podemos dar ahora un paso más en nuestra investigación. Para ello estudiamos la evolución de los usos del suelo en el periodo 2012-2019 utilizando otra fuente, más potente y más precisa.

Así, en este capítulo se empleará como fuente base la serie denominada Versión 1 VIIRS Day/Night Band Nighttime Lights, la cual por sus características permite detectar la luminosidad con un mayor grado de sensibilidad, tiene el doble de resolución que las DMSP y no posee problemas de saturación. Se ha constatado que esta serie proporciona datos con mucho más detalle, de modo que se obtienen resultados precisos sobre los niveles de radiancia que emite el territorio y por lo tanto de la contaminación lumínica proyectada en el entorno.

Es importante recordar que esta serie de imágenes presenta las intensidades lumínicas en valores de radiancia, con lo cual al aplicar las metodologías descritas en el capítulo 3 para el cálculo de la luminosidad total emitida, la luminosidad media y el umbral de luminosidad urbana, se estaría trabajando con valores de radiancia ($nW/cm^2/sr$). Además, el periodo de análisis de este capítulo coincide con el rango temporal de las imágenes VIIRS, es decir desde el año 2012 al 2019.

De esta forma, a continuación, empleando las imágenes VIIRS, se procede a exponer los resultados extraídos al aplicar las metodologías descritas en el capítulo 3. En primer lugar, se establece un umbral para el conjunto de áreas urbanas, a través del cual podemos analizar la evolución de los usos urbanos en los principales centros urbanos del país. En segundo lugar, se presentan los umbrales de luminosidad urbana por asentamientos, lo que permite verificar algunas de las proposiciones establecidas anteriormente a través del uso de las imágenes DMSP. En este sentido, los valores de los umbrales permiten visibilizar las diferencias en los desarrollos urbanos de las principales áreas urbanas ecuatorianas. En tercer lugar, se presentan los resultados obtenidos sobre la evolución de la intensidad radiante, radiancia media y las superficies con radiancia urbana, los cuales constituyen un aporte fundamental sobre el modelo de organización territorial ecuatoriano. En cuarto lugar, se identifican los rendimientos de los usos del territorio a través del análisis de densidades y superficies iluminadas. En quinto lugar, se ha determinado la relación entre las extensiones de suelo con intensidad lumínica urbana y la población que albergan, a fin de presentar una aproximación sobre la eficiencia del consumo del suelo en las áreas urbanas analizadas. En el sexto apartado se indaga sobre la relación entre la luminosidad y las coberturas de suelo. En el séptimo apartado se realiza una breve caracterización de los patrones morfológicos de los principales asentamientos urbanos. En octavo lugar, se procede a realizar una reflexión sobre los resultados obtenidos con las dos series de

imágenes satelitales nocturnas en relación a la extensión del suelo con intensidades lumínicas urbanas. Finalmente en el noveno y último apartado se presentan los resultados obtenidos al aplicar la metodología para el tratamiento previo a las imágenes que nos permite analizar la totalidad del territorio. A través de estos datos es posible estudiar la evolución de la ocupación de los usos urbanos tanto en asentamientos urbanos mayores como en menores. De esta manera se puede analizar la totalidad del territorio sin realizar segregaciones entre asentamientos de mayor o menor escala. Cierran el capítulo unas breves conclusiones sobre los resultados obtenidos.

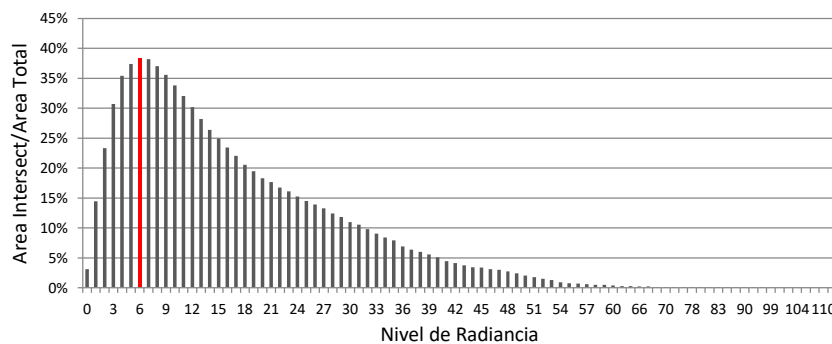
5.1. VALOR NORMATIVO PARA EL ANÁLISIS DE LA OCUPACIÓN URBANA: NIVEL DE INTENSIDAD LUMÍNICA CON MAYOR CORRESPONDENCIA CON LAS ÁREAS URBANA

Corresponde en primer lugar, como se ha hecho en el capítulo anterior, establecer el umbral de luminosidad urbana, que con carácter general utilizamos para el análisis del conjunto de las áreas urbanas.

Para la realización de este capítulo se emplea el rango temporal en el que se encuentran disponibles las imágenes VIIRS es decir 2012 – 2019, por lo cual en términos temporales la fuente de información de SIGTIERRAS es la que contiene datos de coberturas urbanas que mejor se ajusta a la temporalidad de los datos de las imágenes a emplearse.

Así, contrastando ambas fuentes la relación entre área urbana considerada y área total analizada muestra una mayor coincidencia en $6 \text{ nW/cm}^2/\text{sr}$. Esto significa que este umbral incluye el mayor porcentaje de área artificializada a la vez que un menor porcentaje de área iluminada no artificializada. Según se ha constatado de manera visual, este umbral delimita adecuadamente los asentamientos abarcando la mayoría de usos urbanos presentes en el territorio.

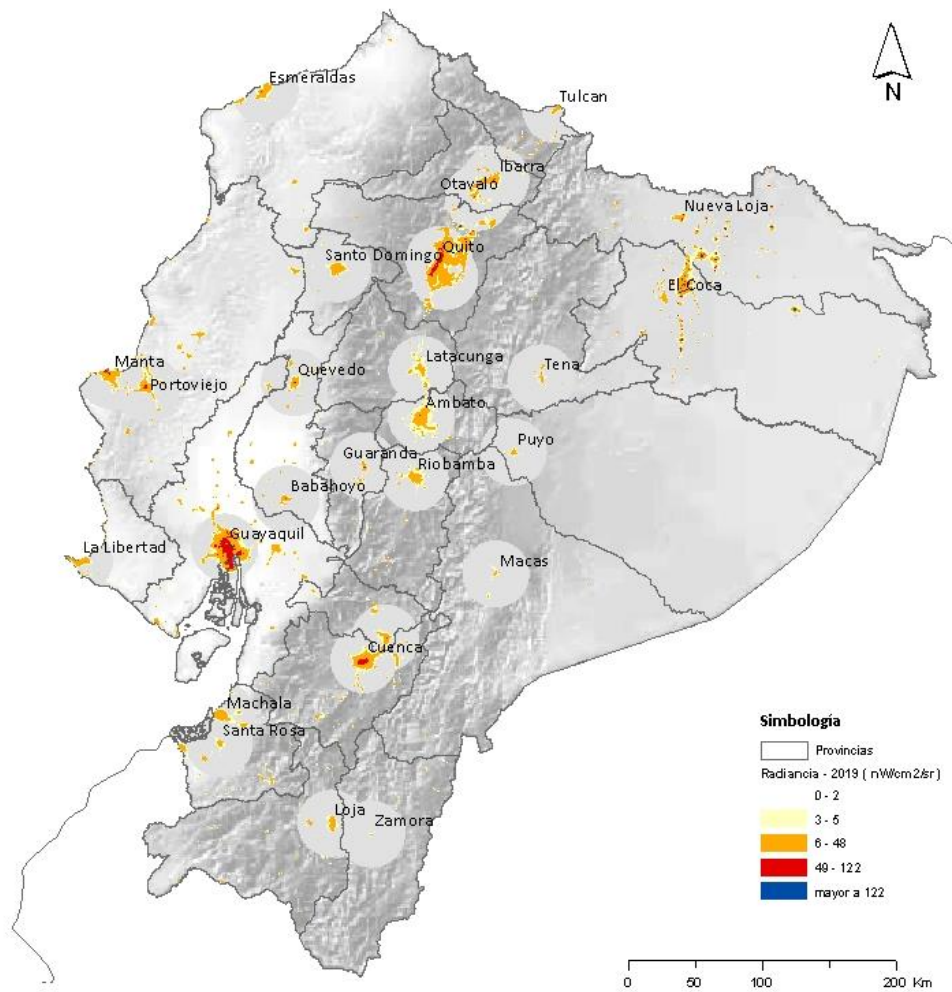
Figura 5-1. Relación entre área urbana intersectada y área total analizada en los principales asentamientos. Ecuador 2013.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS 2013 y Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG

A fin de visualizar en el territorio los distintos niveles de luminosidad se ha elaborado el Mapa 5-1, donde se aprecia que los niveles de radiancia que varían entre 6 y 122 coinciden con los principales centros urbanos del país, y las lecturas que superan este rango lumínico prácticamente son ilegibles por su escasa representatividad en el territorio.

Mapa 5-1. Rangos de radiancia según las VIIRS y principales asentamientos. Ecuador 2019

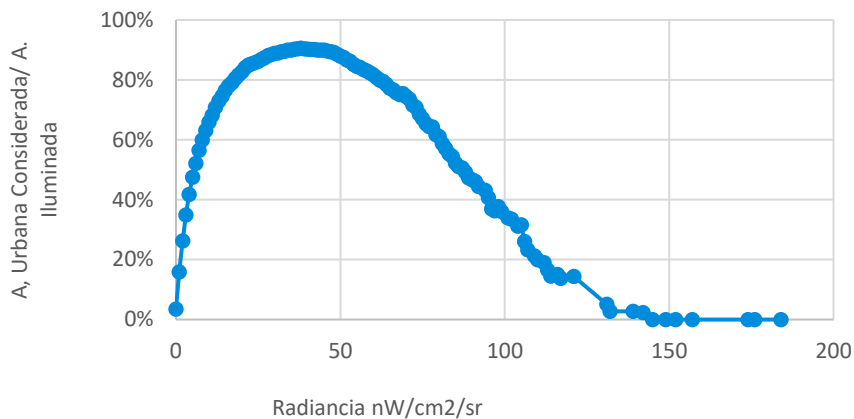


Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS 2019

Para comprender los resultados alcanzados debe recordarse algunas de las características de la fuente utilizada. Así, conviene tener en cuenta que la serie de imágenes VIIRS tiene un amplio rango dinámico, pues mientras el rango de luminosidad en el caso de las imágenes DMSP oscila entre 0 y 63, la radiancia en las imágenes VIIRS varía en 7 órdenes de magnitud por lo que no produce saturaciones en áreas con intensidades lumínicas muy elevadas.

De este modo, al analizar la relación entre intensidades lumínicas y porcentaje de suelo artificializado, no se genera una relación directa como se producía con las imágenes DMSP, en donde a una mayor luminosidad, le correspondía un mayor porcentaje de suelo urbano. Así, al establecer la relación entre intensidades de radiancia y porcentaje de suelo urbano se observa que desde el nivel de radiancia 0, la relación entre estas variables aumenta hasta el nivel de radiancia 46, desde este punto la curva empieza a descender (Figura 5-2).

Figura 5-2. Relación entre área urbana intersectada y área iluminada por niveles de radiancia. Ecuador 2013



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS 2013 y Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG

Se ha identificado que las áreas urbanas han registrado como máximo valores lumínicos que alcanzan los 421 nW/cm²/sr, pero prácticamente desde la intensidad de 122 las intersecciones con las áreas urbanas son mínimas y puntuales, las cuales en su mayoría están localizadas en el norte de la Amazonía. En consecuencia, con este tipo de imágenes los mayores niveles de intensidad lumínica no corresponden a superficies que contienen usos urbanos clásicos, sino que se encuentran asociados, más bien, a actividades extractivas en espacios operacionales. Aun así, no se ha definido un límite superior de luminosidad para el análisis de la evolución lumínica puesto que la mayoría de estas áreas con intensidades lumínicas extremas son escasamente representativas y cubren un 0,001% del territorio analizado. Además, los valores extremos lumínicos quedan en su mayoría excluidos al considerar los ámbitos de 25 km de radio, con lo cual estos valores no influyen en los cálculos del umbral de luminosidad urbana.

5.2. LAS BRECHAS LUMÍNICAS ENTRE ASENTAMIENTOS: DIFERENCIAS EN LOS MODELOS DE OCUPACIÓN POR ASENTAMIENTOS

Establecido a efectos generales el umbral de luminosidad urbana podemos pasar al análisis de las diferencias entre asentamientos y áreas geográficas. Como ocurría con el uso de las imágenes DMSP, también en el caso de las imágenes VIIRS los principales asentamientos urbanos presentan características distintas, las cuales se evidencian a través de los umbrales de luminosidad urbana.

Por lo que se refiere al ámbito territorial del análisis empleado, se considera que el ámbito definido por un radio de 25km delimitado a partir del centroide de los 28 asentamientos

principales es el que mejor delimita los principales procesos urbanos vinculados a los asentamientos considerados en este estudio. Sin embargo, se han empleado también, a efectos comparativos, ámbitos de 50 y 5 km de radio.

Los resultados pueden verse en la Tabla 5-1, en la cual iniciando desde un análisis más general a uno más específico se exponen en primer lugar los resultados obtenidos para el Ecuador continental, el conjunto de los 28 asentamientos y las regiones naturales. Los resultados son similares en términos comparativos a los obtenidos con las imágenes DMSP.

En primer lugar, al comparar los umbrales entre ámbitos se observa que cuando se disminuye el ámbito pasando de uno de 50 km de radio a uno de 25 km o a uno de 5 km, el valor se mantiene o se incrementa. En los pocos casos en los que el umbral disminuye cuando se reduce el radio, se debe a que se está excluyendo un territorio próximo con niveles de luminosidad superiores a los del centro urbano. Este fenómeno se registra al norte de la región amazónica cuyos centros poblados mantienen umbrales más bajos. Como se ha mencionado, en zonas próximas a los asentamientos de esta región existen usos extractivos que emiten mayores niveles de radiancia que los centros urbanos analizados, por lo que los ámbitos con radios más amplios abarcan estos usos.

También se observa como el porcentaje de Área Urbana Considerada y el de Área Intersectada con respecto al Área Total aumenta cuando se disminuye el radio del ámbito. Esto sucede puesto que en ámbitos más reducidos la mayor parte del suelo presenta características urbanas, que son las que emiten una mayor intensidad de luz.

Tabla 5-1. Niveles de radiancia de máxima coincidencia entre luminosidad y áreas urbanas por regiones. Ecuador 2013

Ámbito	País	Conjunto			Costa			Sierra			Amazonía		
		50 km	25 km	5 km	50 km	25 km	5 km	50 km	25 km	5 km	50 km	25 km	5 km
MAE-MAGAP (Ámbito 248.743 km²)													
Máx. Coincide	9	10	10	10	8	9	9	12	12	15	7	7	5
Área Urbana km ²	2031	1848	1550	655	949	727	312	764	705	268	191	118	74
Intersec /Área Total	43%	46%	52%	61%	50%	56%	66%	50%	54%	64%	24%	30%	52%
Área Urb. Considera	62%	64%	71%	81%	66%	73%	83%	66%	71%	80%	54%	55%	75%
SIG TIERRAS (Ámbito 122.274 km²)													
Máx. Coincid	6	6	6	7	5	5	8	6	7	8	5	6	4
Área Urbana km ²	992	1106	678	330	155	126	72	432	395	179	234	157	80
Intersec /Área Total	27%	31%	38%	59%	42%	47%	62%	43%	45%	65%	13%	20%	45%
Área Urbana Considera	44%	51%	59%	81%	59%	68%	80%	62%	61%	88%	34%	38%	72%

Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS y Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG

Por lo que se refiere a las diferencias entre grandes regiones geográficas, se observa que la Sierra mantiene en todos sus ámbitos niveles de máxima coincidencia entre la luminosidad y las áreas urbanas superiores al resto de regiones, mientras que la Amazonía presenta los umbrales más bajos.

Es importante recalcar que una de las principales diferencias que se observan es la variación que presentan los umbrales definidos debido a las dos bases de datos empleadas. Al comparar los resultados se debe recordar que cada una de estas fuentes responde a criterios y características distintas al momento de delimitar áreas urbanas; la fuente del MAE delimita áreas consolidadas, mientras que SIGTIERRA delimita a mayor detalle el área consolidada junto con el área en proceso de consolidación. Estas diferencias también responden a la escala de cada una de ellas, SIGTIERRAS, tiene una mayor escala, con lo que se obtiene mayor detalle de las coberturas del suelo.

Una vez considerada la generalidad del territorio, se ha realizado un análisis más detallado que permite constatar la brecha lumínica entre los ámbitos identificados y caracterizar en parte el proceso de urbanización de cada asentamiento (Tabla 5-2).

Así al centrarnos en cada asentamiento se observan comportamientos que difieren de la tendencia general observada al analizar el conjunto de asentamientos, donde los núcleos urbanos registran umbrales más elevados en sus centros. Por ejemplo, con respecto a su área circundante, se ha podido determinar que el centro urbano de Machala presenta mayores niveles de luz, en cambio el centro urbano de Cuenca registra una menor intensidad lumínica. Esta disminución en la intensidad lumínica en el centro urbano de Cuenca puede estar vinculada con la intensidad de uso del espacio durante la noche. Según datos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de Cuenca, la población tiende a abandonar el centro histórico, debido al hecho de que este constituye un espacio de comercio y servicios, pero con escaso uso residencial (GADMC, 2009).

Ahora bien, considerando el conjunto del territorio, los umbrales identificados en los diferentes ámbitos calculados con SIGTIERRAS difieren entre 6 y 7 $nW/cm^2/sr$ (Tabla 5-1), sin embargo, los umbrales propios de cada asentamiento registran valores diversos (Tabla 5-2). Gran parte de los asentamientos de la Sierra y Costa presentan, umbrales elevados. Asentamientos como Guayaquil, Machala, Quito, Cuenca, Guaranda, Riobamba entre otras que presentan áreas urbanas bastante consolidadas, registran umbrales que superan los 10 $nW/cm^2/sr$. En cambio, asentamientos de la región Amazónica registran umbrales extremadamente bajos. Así, por ejemplo, en los casos de Zamora y Macas, las superficies artificializadas emiten intensidades lumínicas que varían entre de 1 y 2 $nW/cm^2/sr$, por lo

cual, estos asentamientos alcanzan umbrales mínimos en comparación con los umbrales calculados para el resto de ciudades y el conjunto de asentamientos.

Tabla 5-2. Niveles de radiancia de máxima coincidencia entre luminosidad y áreas urbanas por ciudades. Ecuador 2013

Región	Fuente	MAE – MAGAP						SIGTIERRAS				
		Ámbito Ciudades	50km	5km	25 km	50km	5km	25km	50km	5km	25km	
		Máx. Luz	Máx. Coinc	Máx. Coinc	Máx. Coinc	A. Urban km2	A. Urban consid	Máx. Coinc	Máx. Coinc	Máx. Coinc	A. Urban km2	A. Urban consid
Costa	Babahoyo	31	8	9	6	17	62%					
	Esmeraldas	72	9	15	11	32	63%					
	Guayaquil	91	15	19	15	315	83%					
	La Libertad	41	5	7	5	74	71%					
	Machala	43	9	12	10	56	67%	8	13	8	56	65%
	Manta	43	7	6	6	83	81%					
	Portoviejo	51	6	20	7	51	67%					
	Quevedo	28	6	9	6	41	72%					
	Santa Rosa	43	10	5	10	58	70%					
	S. Domingo	19	4	3	4	72	81%	4	5	5	70	59%
	Ambato	42	11	11	8	62	77%	7	8	7	106	65%
	Azogues	66	28	9	28	42	62%	6	8	6	133	68%
	Cuenca	66	29	32	29	47	72%	6	4	6	164	71%
Sierra	Guaranda	67	11	19	15	7	73%	7	18	13	15	41%
	Ibarra	52	11	23	16	36	49%					
	Latacunga	36	10	15	10	18	64%	7	7	5	54	52%
	Loja	42	7	9	7	37	76%					
	Otavalo	52	10	13	10	61	53%					
	Quito	121	10	26	10	409	84%					
	Riobamba	43	11	15	11	40	66%	7	11	11	46	59%
Amazonía	Tulcán	32	9	12	9	12	67%					
	El Coca	365	8	10	7	34	76%	10	10	12	28	44%
	Macas	16	4	4	5	11	52%	1	2	1	26	48%
	Nueva Loja	158	7	7	7	23	77%	7	7	6	34	54%
	Puyo	21	3	3	3	28	71%	3	3	1	32	70%
	Tena	31	4	6	5	21	57%	4	6	4	26	47%
Zamora	12	7	8	7	1	48%	1	2	1	10	41%	

Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, 2013 y Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG.

5.3. EVOLUCIÓN DE LOS USOS URBANOS A PARTIR DE LA LUMINOSIDAD NOCTURNA

Definido el umbral de luminosidad urbana y presentadas las diferencias lumínicas entre asentamientos se procede a presentar los resultados correspondientes a la evolución de la luminosidad tanto en intensidad como en magnitud considerando al conjunto de los asentamientos, regiones naturales y cada asentamientos.

En este apartado se exponen en primer lugar los resultados obtenidos sobre la evolución de la radiancia presentando los niveles de intensidad radiante y radiancia media a nivel general y luego a nivel de asentamientos en los años 2012 y 2019. Se continúa presentando los datos sobre la distribución de la luminosidad a través de un análisis por coronas. Luego, empleando el umbral de luminosidad urbana, se procede a calcular los datos sobre la

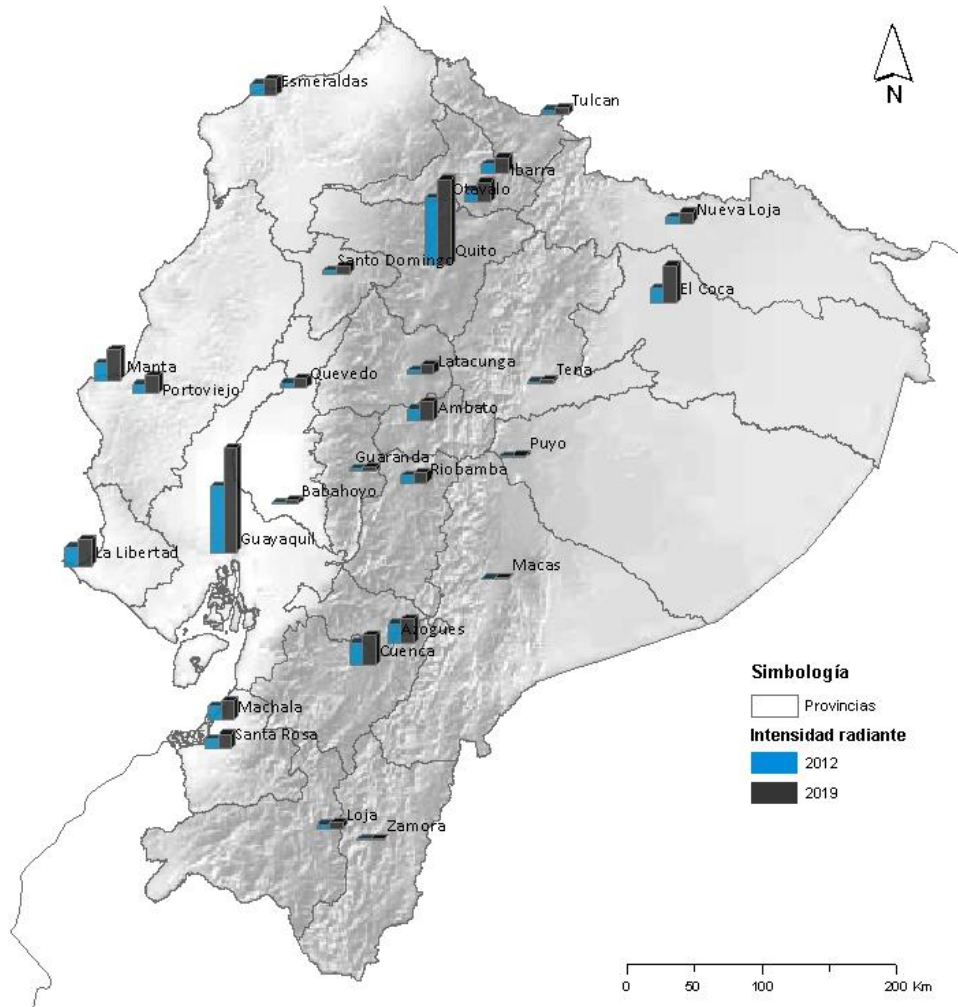
evolución de la superficie con luminosidad urbana desde el año 2012 hasta el 2019 y su distribución por coronas.

El periodo temporal de análisis de estas variables es relativamente corto, pero aun así permite visualizar algunas de las tendencias recientes del proceso urbanizador en las ciudades ecuatorianas.

5.3.1. Intensidad radiante: la emisión de radiancia incrementa en 67% en 7 años

Considerando en primer lugar el conjunto de los 28 asentamientos principales, se ha calculado el total de radiancia que emiten. Así, para el año 2012 se ha obtenido un valor de 583 kW/sr de intensidad radiante, el cual se incrementa a 972 kW/sr en el año 2019. Es decir que la radiancia total en los principales centros urbanos se ha incrementado en un 67% (5,27% media anual).

Mapa 5-2. Evolución de la intensidad radiante en los principales asentamientos. Ecuador 2012-2019

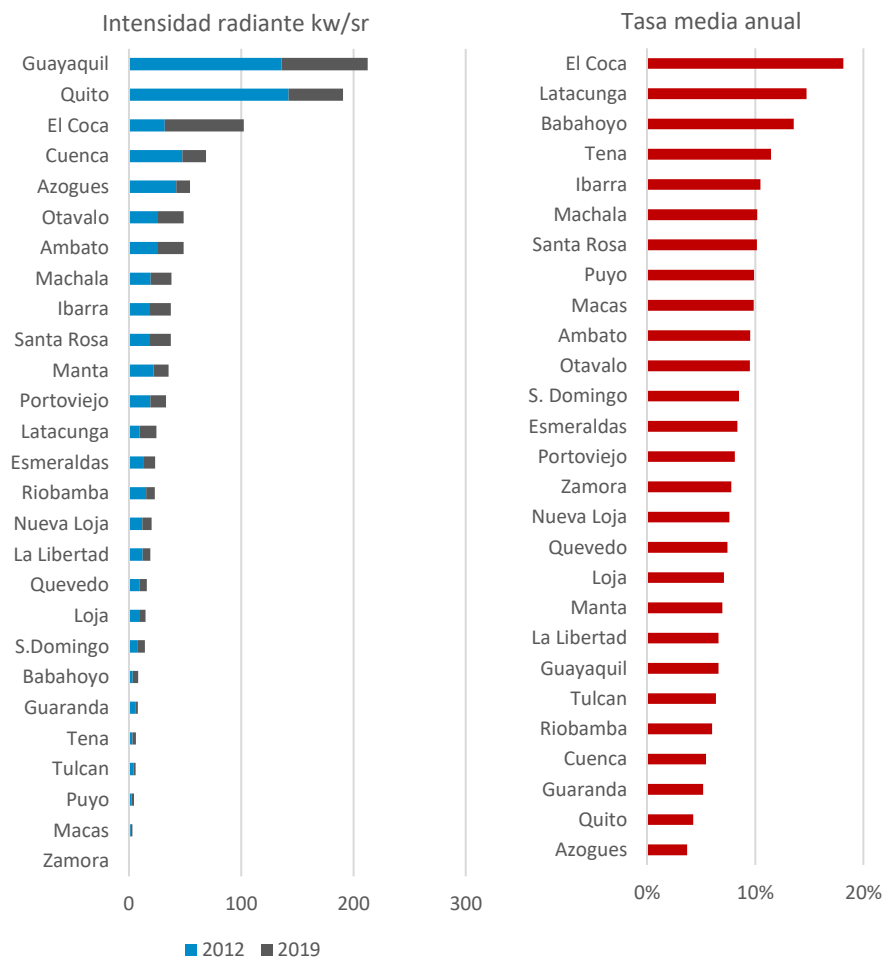


Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

En cuanto a las regiones naturales se obtuvo que, la región Sierra se ha mantenido con las intensidades radiantes más elevadas alcanzando los 296kW/sr en el año 2012 y 443kW/sr en el 2019, le sigue la región Costa con valores que alcanzan los 240 kW/sr en 2012 y 392 kW/sr en 2019. Finalmente, la Amazonía mantiene emisiones lumínicas muy por debajo de las otras regiones, alcanzando apenas intensidades radiantes de 52 kW/sr en el año 2012 y 137 kW/sr en 2019.

Al considerar las emisiones de radiancia por centros urbanos, se ha podido constatar la primacía de las ciudades metropolitanas, además de identificar los distintos ritmos de incremento a lo largo de estos 7 años. En el año 2019, por un extremo destacan, Guayaquil y Quito registrando las mayores intensidades radiantes, 213 y 191 KW/sr respectivamente, seguidas de El Coca, con 102 kW/sr, en cambio por el otro extremo se observan a tres ciudades amazónicas, Zamora, Macas y Puyo, que exhiben las intensidades radiantes más bajas. Por ejemplo, Zamora registra una intensidad radiante de 0,83 kW/sr.

Figura 5-3. Nivel de intensidad radiante por asentamiento, tasa de media anual. Ecuador 2012 – 2019.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

En cuanto a ritmos de incremento, ciudades de escala media y pequeña registran las tasas de variación media anual más elevadas. Por ejemplo, a Latacunga y Babahoyo (15 y 14%) les corresponde las tasas más elevadas registradas luego de la registrada para El Coca, mientras que Guayaquil (7%) y Quito (4%) registran tasas inferiores. Se ha de considerar que la situación especial de El Coca ha influido en el aumento acelerado de la luminosidad registrando la tasa media anual de incremento máxima (18%).

Para enfatizar las desigualdades lumínicas se debe resaltar que con los mencionados niveles de radiancia, Quito y Guayaquil concentran la mayor cantidad de intensidad radiante del Ecuador continental. En el 2012 contenían el 47,7% de la radiancia detectada del total de los ámbitos de los principales asentamientos ecuatorianos y en el 2019 este valor alcanzó el 41,5%. Esta menor concentración de radiancia no se debe a una distribución lumínica más homogénea en el sistema urbano, sino más bien al incremento de los impactos lumínicos de las actividades extractivistas vinculadas al petróleo. En el año 2012 las dos ciudades localizadas al norte de la Amazonía, Nueva Loja y El Coca, concentraban el 7,5% de la intensidad radiante calculada para el conjunto de asentamientos analizados, incrementándose este valor a 12,5% en el 2019. En este sentido es oportuno señalar que estas ciudades amazónicas albergan el 1,7% de la población que se asienta dentro de los ámbitos considerados para este estudio, con lo que el impacto lumínico por persona en este territorio es sumamente elevado, tal como se detallará más adelante (Figura 5-12).

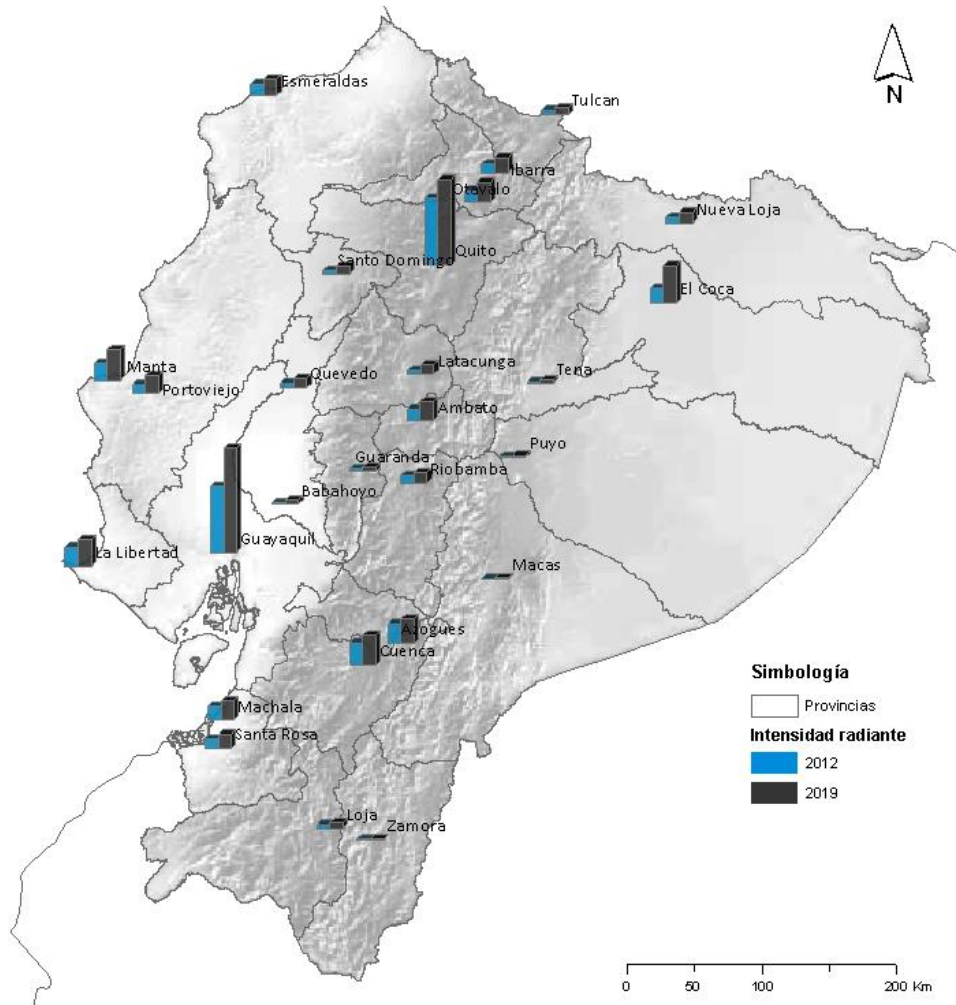
5.3.2. Radiancia media: mayor intensidad lumínica en asentamiento los principales asentamientos urbanos

Empezando por un análisis general, se ha considerado los ámbitos generados por los 25 km de radio del conjunto de los 28 asentamientos, para los cuales se ha podido determinar que en el año 2012 la luminosidad media registraba un valor de 1,33 nW/cm²/sr y para el 2019 de 2,21 nW/cm²/sr, es decir que este indicador se ha multiplicado por 1,67 en estos 7 años (5,27% media anual). Los datos para el cada asentamientos analizado pueden leerse en la Figura 5-4.

Por su parte, las regiones naturales registran intensidades lumínicas que sitúan a la región Costa como la de mayor radiancia media entre el año 2012 y 2019, pasando de 1,67 a 2,74 nW/cm²/sr, incrementado así su radiancia media en un 65%. A continuación, encontramos a la Sierra con intensidades medias que alcanzan 1,59 nW/cm²/sr en el año 2012 y 2,40 nW/cm²/sr en el 2019, lo que implica un incremento de un 51%. Finalmente, la Amazonía que a pesar de registrar un aumento de 168% en su radiancia media, mantiene aún valores

muy bajos. Entre 2012 y 2019, esta región pasa de registrar un radiancia media de 0,44 a 1,17 nW/cm²/sr.

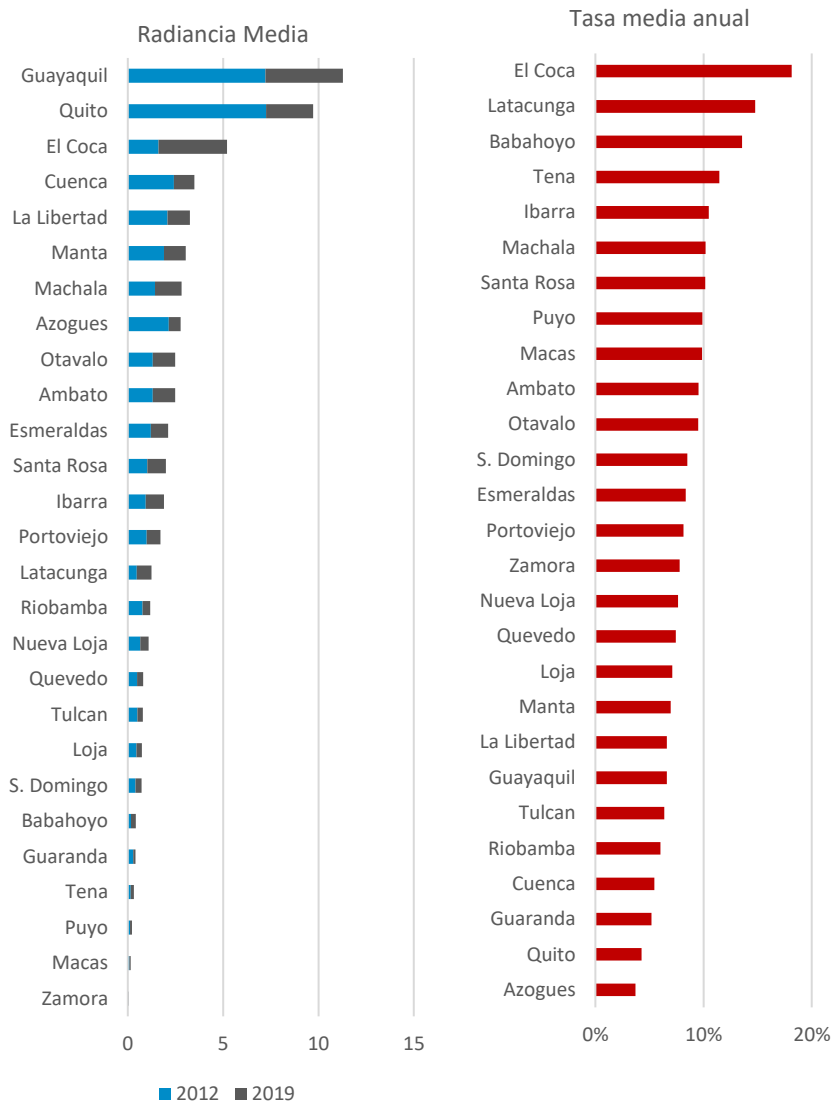
Mapa 5-3. Evolución de la radiancia media en los principales asentamientos. Ecuador 2012-2019



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

A través de la evolución de la radiancia de cada asentamiento se puede destacar las diferencias entre ellos y determinar los patrones de incremento. Así, los resultados muestran que todos los asentamientos han aumentado la radiancia que emiten aunque con intensidades distintas. La mayoría de ellos han incrementado sus valores de radiancia media con tasas medias anuales que varían entre 4 y 12%, aunque pueden distinguirse algunos, como El Coca donde en estos últimos 7 años se ha observado un aumento de la intensidad lumínica de 221%, es decir una tasa media anual de 18% (Figura 5-4).

Figura 5-4. Nivel de radiancia media por asentamiento, tasa de incremento anual. Ecuador 2012 – 2019.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

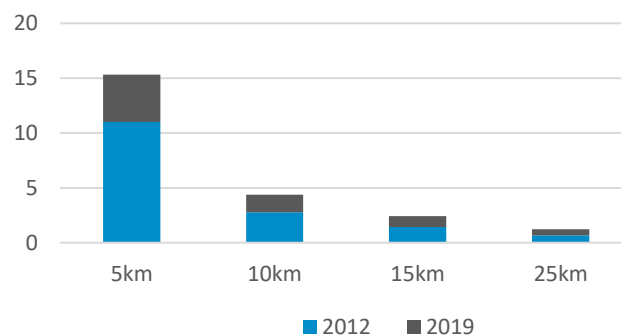
A pesar de que Quito y Guayaquil han registrado incrementos porcentuales relativamente bajos, de 34 y 56% respectivamente, en términos absolutos ostentan los niveles de intensidad lumínica más elevados que prácticamente quintuplican la luminosidad media del conjunto de asentamientos (2,21 nW/cm²/sr). Estos dos asentamientos registran niveles lumínicos de 9,72 y 11,28 nW/cm²/sr respectivamente en el año 2019.

El resto de ciudades han obtenido intensidades medias que no sobrepasan los 3,5 nW/cm²/sr, de modo que registran luminosidades inferiores a la tercera parte de la luminosidad de Quito, evidenciándose nuevamente la amplia brecha lumínica entre las ciudades metropolitanas del Ecuador y el resto de asentamientos urbanos.

5.3.3. Radiancia media por coronas: los centros urbanos registran más del triple de intensidad lumínica que las coronas periféricas

Al igual que con los valores obtenidos a partir de las imágenes DMSP, del análisis de las imágenes VIIRS emergen resultados que permiten dilucidar la distribución de la radiancia en el territorio. Las coronas centrales cuentan con luminosidades medias superiores, y de manera general esta va descendiendo hasta alcanzar niveles más bajos en las coronas más externas de los asentamientos analizados. Las coronas centrales alcanzan en general una radiancia media que supera en 3,5 veces la radiancia de la segunda corona, es decir que las mayores de intensidades se localizan en el centro de las áreas urbanas.

Figura 5-5. Evolución de radiancia media por coronas en el conjunto de asentamientos. Ecuador 2012 – 2019



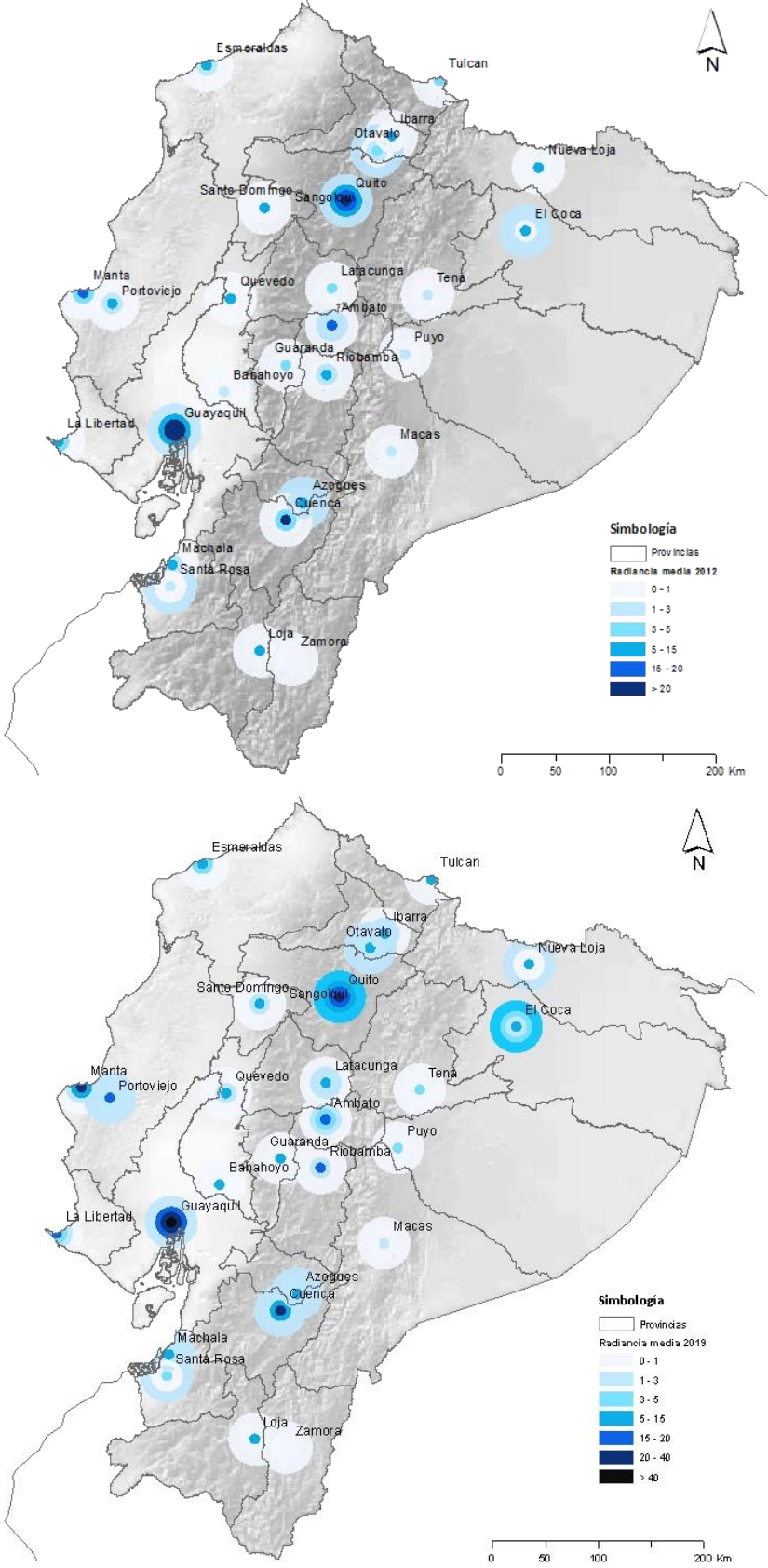
Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

Los resultados por asentamiento pueden observarse en el Figura 5-6. Debe tenerse en cuenta que la corona de 50 km de radio considerada en otros análisis ha sido omitida en este apartado puesto que genera demasiados solapamientos entre las ciudades próximas.

Tal como sucedió con los resultados obtenidos con las imágenes DMSP, Quito y Guayaquil presentan niveles de luminosidad media elevados en todas las coronas en comparación con el resto de asentamientos, aunque Quito mantiene un mayor nivel de luminosidad en su cuarta corona, lo que nos indica que los usos urbanos ocupan una mayor extensión de suelo en este asentamiento que en Guayaquil (Figura 5-5).

Destaca también El Coca, asentamiento amazónico, que en la última corona presenta un valor de luminosidad media superior al obtenido para la ciudad de Quito en la misma corona, por lo que resulta evidente suponer la presencia de usos que emite intensos niveles de radiancia. En otros casos, entre asentamientos muy próximos, se observa un incremento lumínico en la última corona, lo cual está vinculado con solapamientos entre las últimas coronas.

Mapa 5-4. Niveles de radiancia media por coronas en los principales asentamientos, 2012-2019

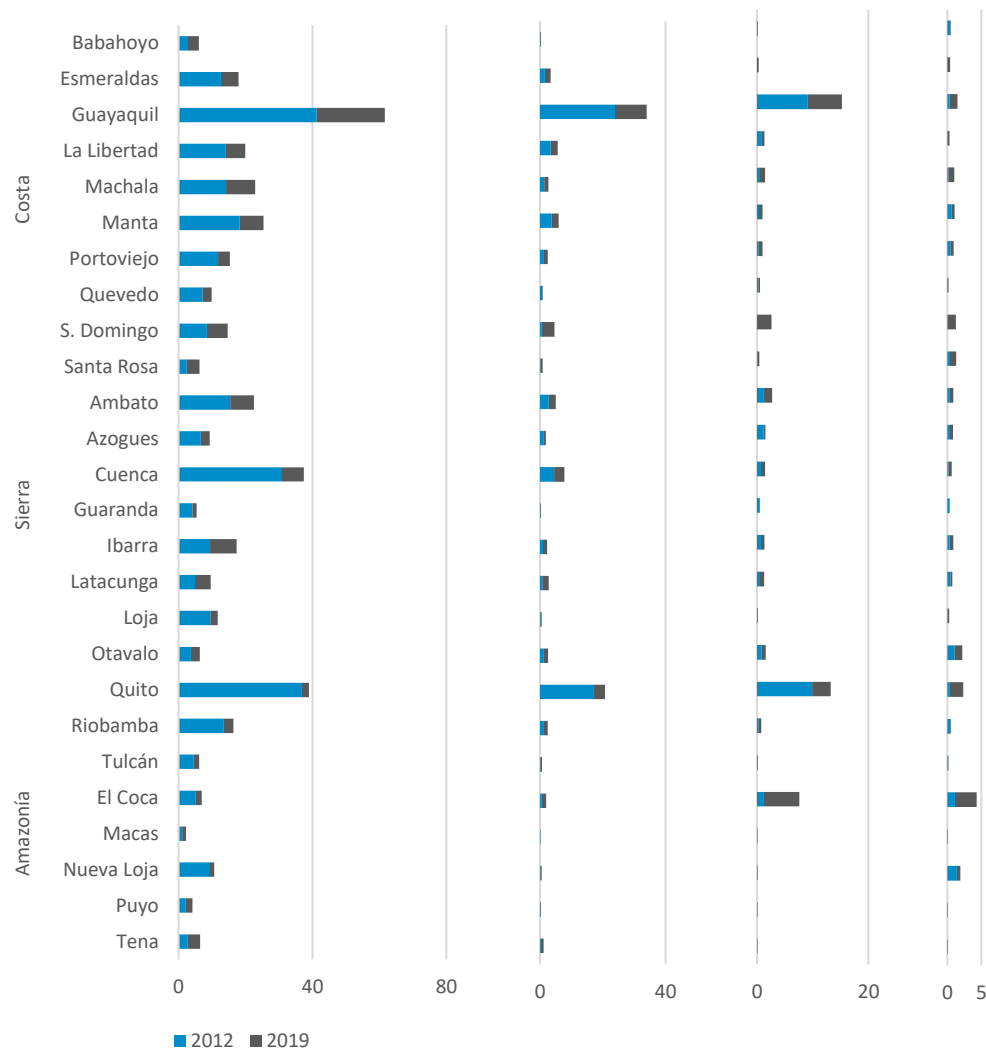


Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

A excepción de las dos ciudades metropolitanas, prácticamente todos los asentamientos considerados en este estudio concentran la mayor parte de su luminosidad en la primera corona, la segunda registra un descenso lumínico considerable o valores próximos a cero. De modo que se puede afirmar que en asentamientos de escala intermedia y pequeña la primera corona concentra la mayor intensidad de usos urbanos, y a partir de este ámbito se genera una dispersión significativa de los usos urbanos.

La evolución de la radiancia media por coronas en el periodo 2012-2019 puede observarse en el Mapa 2-1 Mapa 5-4 y la Figura 5-6, destacan los incrementos de Guayaquil y Quito y las áreas, ya mencionadas, de la Amazonía.

Figura 5-6. Evolución de radiancia media por coronas por principales asentamiento. Ecuador 2012 – 2019



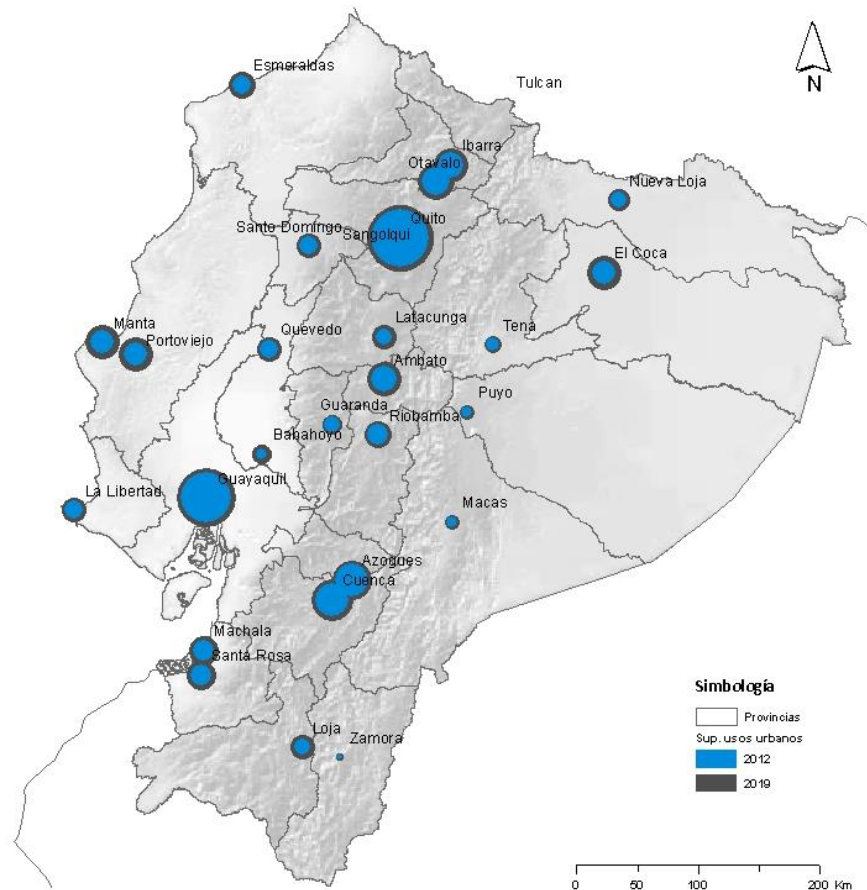
Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

5.3.4. Evolución de la superficie de suelo con intensidad lumínica urbana entre el año 2012- 2019 en km2: Quito y Guayaquil como ciudades hegemónicas acentúan la brecha con el resto del territorio.

Tomando como base el umbral de luminosidad urbana definido en el apartado 5.1 se ha procedido al cálculo de la superficie de suelo con luminosidad urbana para el conjunto de asentamientos estudiados y para cada uno de ellos. Debe tenerse en cuenta que esta superficie es un indicador de la dispersión de los usos urbanos calculado mediante los niveles de radiancia que emite cada asentamiento. Este permite tener una noción del proceso de expansión que se ha observado en el Ecuador durante estos últimos años.

Por medio del uso del umbral se ha podido delimitar 3.469 km² de superficie con intensidad lumínica urbana en el 2019, los cuales se emplazan dentro del ámbito generado por los 25 km de radio de los 28 asentamientos. Los resultados pueden leerse en el Mapa 5-5, Mapa 5-6 y Figura 5-7.

Mapa 5-5. Evolución de la superficie con luminosidad urbana. Ecuador 2012- 2019

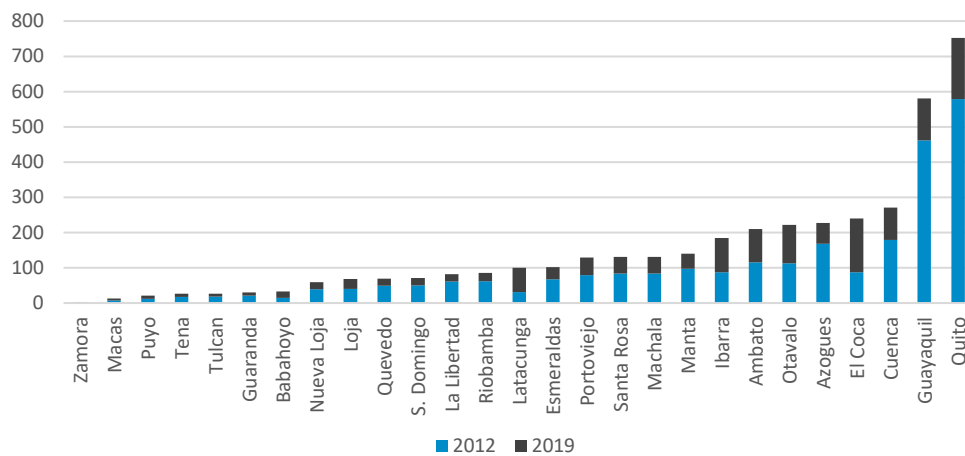


Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

A la luz de los resultados expuestos en el apartado anterior, resulta esperable que las dos ciudades metropolitanas destaquen por su extensión concentrando el 40% del total de la superficie con intensidad lumínica urbana. Por su parte, ciudades de escala intermedia

como Ambato, Riobamba, Manta registran superficies con luminosidad urbana que varían entre 200 y 100 km². Estas constituyen asentamientos con áreas urbanas consolidadas y con gran cantidad usos urbanos que se encuentran dispersos por el territorio. En el otro extremo, se observa a Zamora, con la mínima extensión de suelo con luminosidad urbana (3,2 km²), como corresponde a un asentamiento menor, con una menor concentración de usos urbanos y con un proceso urbano menos desarrollado. Estas superficies se conciben como indicadores trascendentales para determinar el estado actual del proceso de urbanización en cada ciudad.

Figura 5-7. Evolución de la superficie con luminosidad urbana en km², por asentamientos. Ecuador 2012-2019



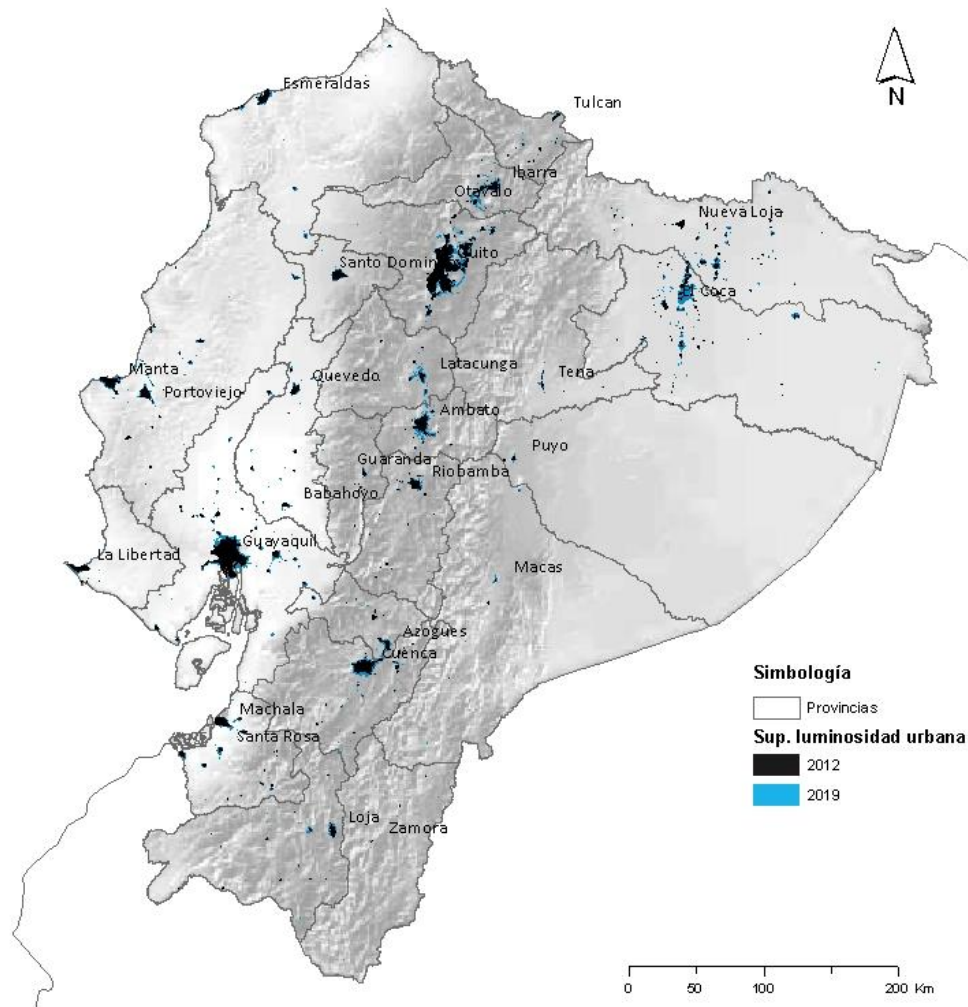
Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 – 2019.

Ahora bien, con el uso de las imágenes del 2012 y 2019 se puede dilucidar el proceso evolutivo que han registrado las superficies con usos urbanos durante estos últimos años. Teniendo en cuenta que en 2012 la superficie con luminosidad urbana era de 2.311 km² y en 2019 alcanzaba, como se ha dicho, los 3.469km², el incremento ha sido de 50% en los últimos 7 años (6% media anual).

Al realizar un análisis de los principales asentamientos por regiones naturales se observa que la Sierra concentra una mayor extensión de superficie con intensidad lumínica urbana (1.807 km²) para el año 2019 y a la vez ha tenido un mayor incremento en términos relativos (50%) desde el 2012 en relación con las otras regiones. Le sigue la Costa con superficies con intensidad lumínica urbana que en 2019 alcanzan los 1.300 km², los cuales han conocido un incremento de 38% desde el 2012. Por su parte, las ciudades ubicadas en la región amazónica concentran apenas 362 km² de superficie con intensidad lumínica urbana en el 2019, la cual duplica el valor registrado en 2012 (165 km²).

Ahora bien, cada asentamiento presenta incrementos porcentuales y absolutos distintos. Así, tal como puede verse en la Figura 5-8, en términos absolutos, El Coca, junto a Quito y Guayaquil son las áreas urbanas que más aumentan su superficie con luminosidad urbana. En cambio, en términos relativos, Latacunga es la ciudad con mayor ritmo de incremento, con una tasa media anual de 18%, triplicando su superficie en apenas 7 años. En segundo lugar, se localiza El Coca que multiplica por 2,75 su superficie con intensidades lumínicas urbanas. Sin embargo, en general la mayoría de asentamientos han aumentado su superficie iluminada entre un 30 y 80%.

Mapa 5-6. Evolución morfológica de los asentamientos según la superficie con luminosidad urbana. Ecuador 2012- 2019.

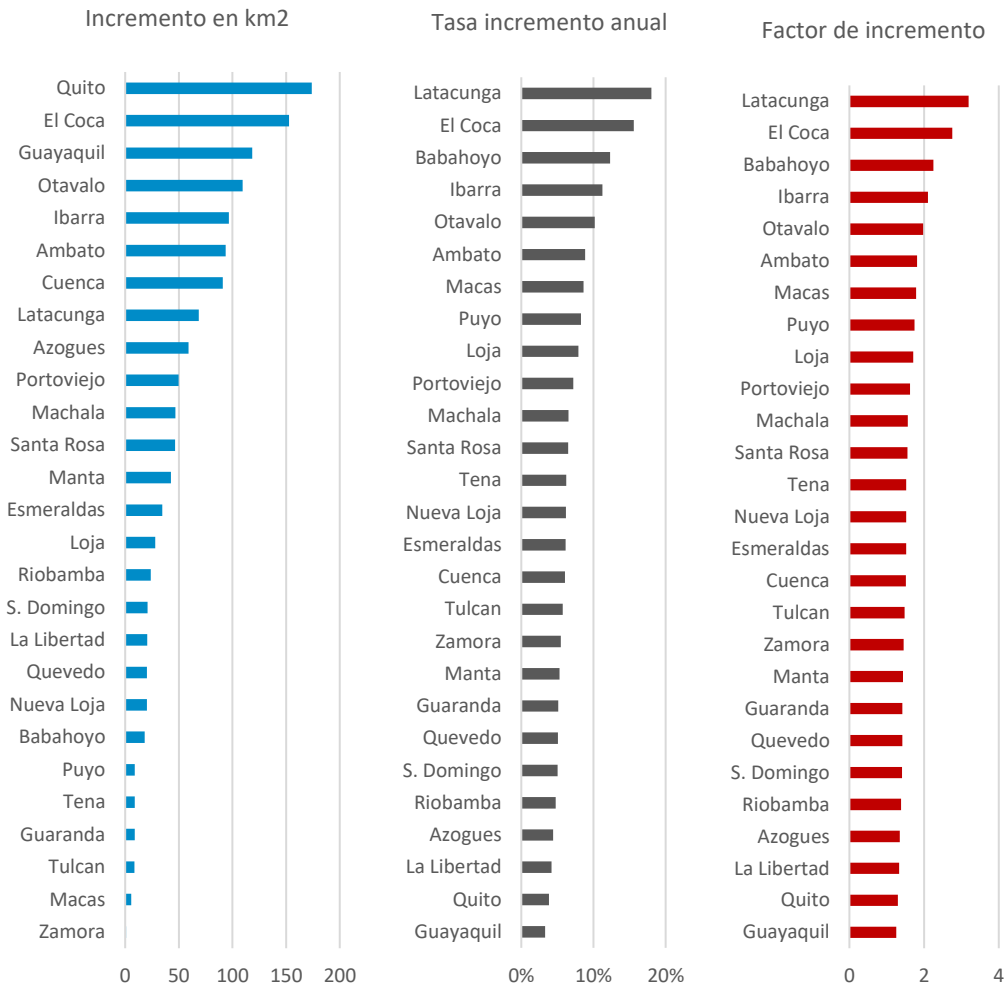


Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 – 2019.

Teniendo en cuenta los incrementos en términos absolutos y porcentuales de los ámbitos analizados, conviene fijar la atención en El Coca. Los incrementos en cuanto a intensidad y superficie con intensidad lumínica urbana entre 2012 y 2019 ostentan valores elevados que ponen en evidencia el incremento de la contaminación lumínica en este territorio

vinculado sobre todo a la presencia de infraestructuras petroleras localizadas en la proximidad de este asentamiento.

Figura 5-8. Variación de la superficie con luminosidad urbana en km², tasa media anual y factor de incremento. Ecuador 2012- 2019



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 – 2019.

En resumen, haciendo uso de la metodología presentada han surgido resultados que indican que la radiancia media en las áreas urbanas en Ecuador, se incrementó de manera general en un 67% desde el 2012 al 2019 (7,68% media anual), por su parte, la superficie con luminosidad urbana aumentó en un 50% (6% media anual). Así, puede afirmarse que la intensidad lumínica en estos últimos años registra un incremento ligeramente superior al de las superficies con luminosidad urbana.

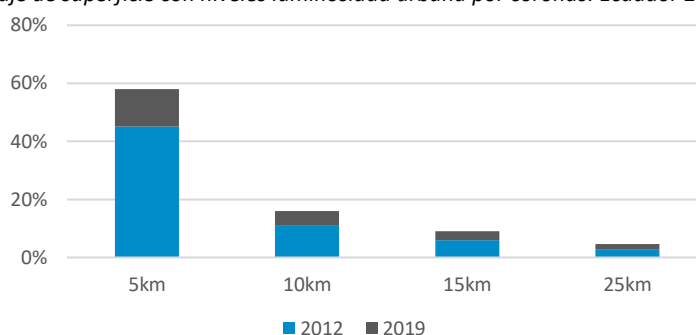
Al comparar la evolución lumínica con otras variables vinculadas al proceso de urbanización entre 2012 y 2019, se ha podido determinar que la radiancia media y la superficie con luminosidad urbana se han incrementado a un ritmo mucho más elevado que el resto de variables. Así, en el periodo analizado, la población se ha incrementado en

un 11%, el PIB a precios constantes aumentó en un 11% y la energía eléctrica registró un incremento en el consumo de 56%. Resulta pues razonable convenir que los usos urbanos en estos últimos años siguen expandiéndose a ritmos mucho mayores que algunas variables socioeconómicas. Esta reflexión será abordada con mayor detalle en el capítulo 6.

5.3.5. Superficie iluminada por coronas: los centros como áreas con mayor intensidad de usos urbanos.

Al analizar la superficie con luminosidad urbana por coronas se observa la continuidad y la discontinuidad de las superficies consideradas como urbanas por la luminosidad que emiten, además se constata como los centros urbanos concentran una mayor intensidad de usos. En efecto, para el año 2019, se ha podido determinar que en el conjunto de asentamientos el 58% de la superficie incluida en las coronas hasta 5km del centroide emite niveles de radiancia que superan el umbral de radiancia urbana. Luego, en la segunda corona (hasta los 10 km) este porcentaje disminuye a menos de la tercera parte (16%), entre los 10 y 15 km la superficie con luminosidad urbana representa el 9% de la superficie de esta corona hasta llegar a un 5% en la corona de 25 km de radio.

Figura 5-9. Porcentaje de superficie con niveles luminosidad urbana por coronas. Ecuador 2012-2019



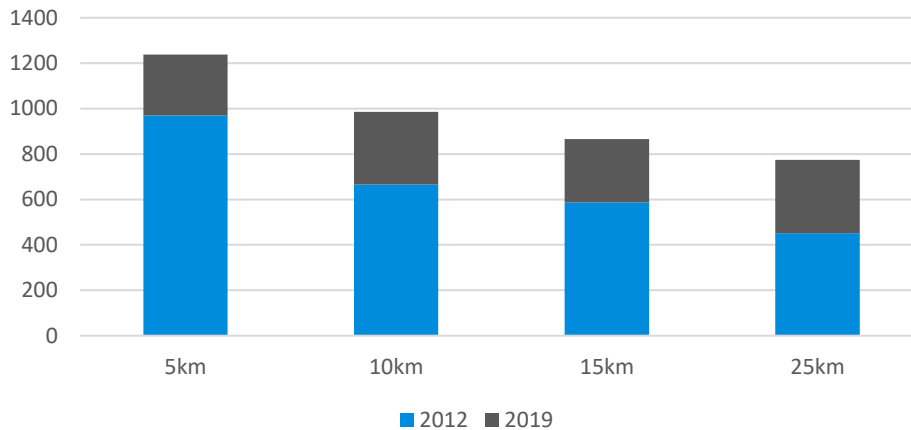
Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

Esta disminución progresiva se reproduce en la mayoría de asentamientos, pero en porcentajes distintos. Por ejemplo, Quito registra una disminución progresiva de la superficie con luminosidad urbana desde el centro hasta la periferia, es decir desde la primera corona hasta la cuarta: los porcentajes de superficie con radiancia urbana son 84%, 66%, 52% y 26%. Sin embargo, ciudades menos extensas como Ambato, registran un 95% de la superficie de la corona central con niveles lumínicos urbanos, este valor desciende a un 31% en la segunda corona (10 Km), 11% en la tercera (15 km) y un 1% en la cuarta (25 km), lo cual se evidencia que los usos urbanos se concentran en la primera corona y se rarifican a partir de los 5 km hacia la periferia.

Una minoría de ciudades, como Santo Domingo, Quevedo, Babahoyo, presenta una cierta singularidad en los datos obtenidos. La tercera o cuarta corona registran un incremento del porcentaje de la superficie con luminosidad urbana, lo cual indica procesos de urbanización discontinuos.

En todo caso, la importancia de los datos yace en el hecho de que permiten analizar donde se localizan los procesos expansivos y como estos evolucionan con el paso del tiempo.

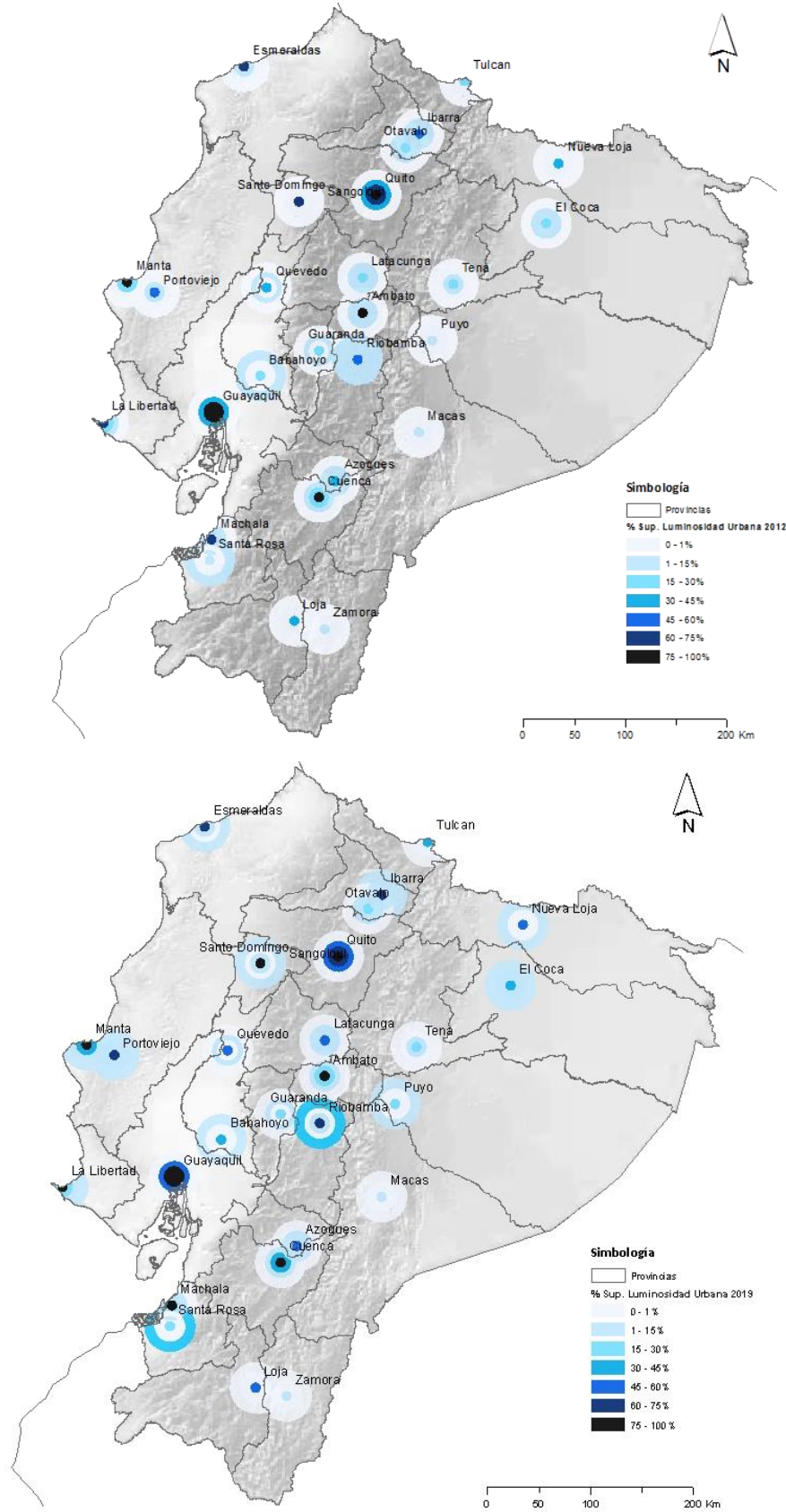
Figura 5-10 Superficie con niveles luminosidad urbana por coronas. Ecuador 2012-2019



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

A través de los datos de evolución de superficie con luminosidad urbana se aprecia que pese a que las coronas centrales concentran mayores extensiones de suelo iluminado, las coronas periféricas registran mayores incrementos en términos porcentuales. La primera corona entre 2012 y 2019 incrementa su superficie un 28%, mientras que la segunda y tercer corona incrementan cada una de ellas en 48% su superficie, finalmente la cuarta corona registra el mayor incremento porcentual con un 72%. Estos resultados muestran los ritmos más acelerados de transformación de suelo de las periferias, es decir que estos datos logran hacer visible el intenso proceso expansivo que se produce en las ciudades ecuatorianas.

Mapa 5-7. Porcentaje de superficie con niveles luminosidad urbana por coronas. Ecuador 2012-2019.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 – 2019.

5.4. CONSOLIDACIÓN DEL MODELO DE OCUPACIÓN EN BAJA DENSIDAD: INCREMENTO EXACERBADO DEL SUELO OCUPADO POR CADA NUEVO HABITANTE URBANO

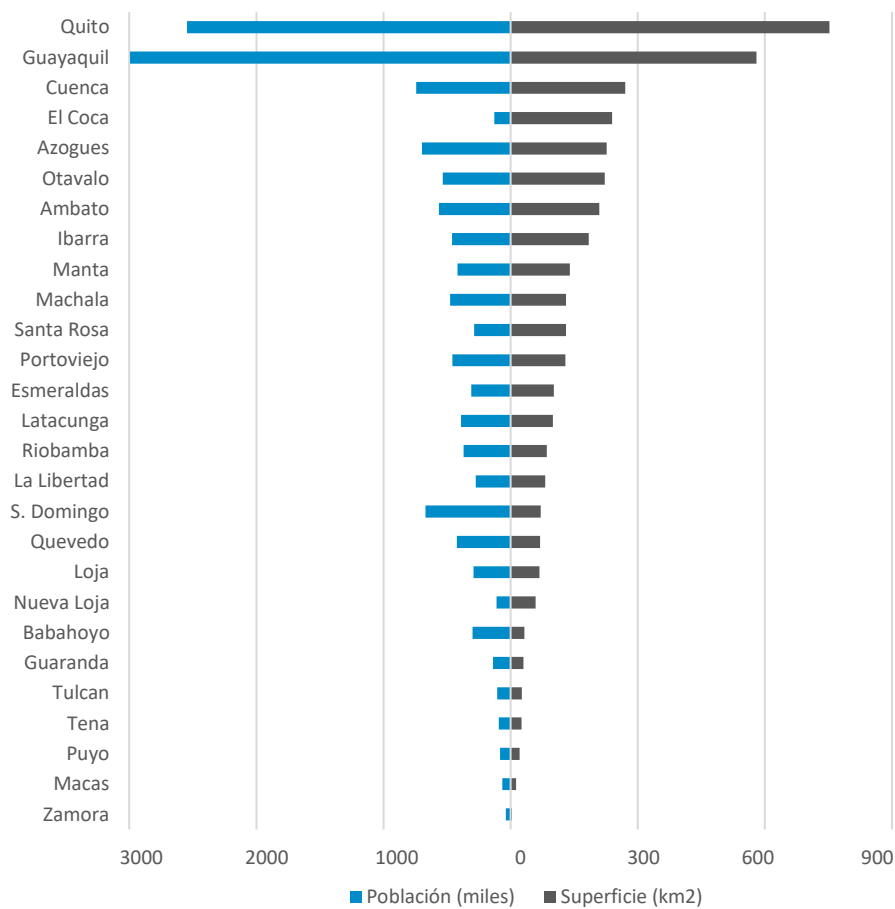
Tal como se ha reiterado varias veces, los asentamientos urbanos concentran el mayor volumen de población y a su vez emiten importantes niveles de radiancia. Ahora bien, resulta conveniente establecer la relación entre la luminosidad que emite el asentamiento y la población que alberga. Es oportuno recordar que hay varios factores que influyen en la emisión de la radiancia, aun así, la concentración poblacional es uno de los que tiene mayor incidencia debido a que una mayor cantidad de personas, en principio, conllevan a una mayor cantidad de usos urbanos, actividades económicas, demandas de servicios y demás.

El presente apartado contiene una aproximación sobre la eficiencia de la luminosidad en términos demográficos del modelo territorial instaurado, considerando este término desde la perspectiva de uso de un recurso de manera más sostenible: en este caso los recursos analizados son el suelo y la energía, y la eficiencia se mide en términos de los km² de superficie con niveles de luminosidad urbana en función del volumen de población albergada en cada área urbana. Para ello se extraen datos relativos a la superficie con intensidad lumínica urbana y se contrasta con el volumen de la población que se localiza dentro de estos espacios, de este modo se obtiene el rendimiento de utilización del suelo en términos de población. La eficiencia en cuanto a ocupación del suelo en base a la intensidad lumínica es considerada como un factor importante que aporta datos relevantes para la construcción del escenario generado por el proceso urbanizador.

Los datos empleados para el periodo de tiempo que aborda este capítulo (2012-2019) corresponden a las proyecciones de población realizadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y se basan en los datos de la población correspondientes al Censo de Población y Vivienda del 2010. De la base de datos se ha extraído información sobre la población residente en los ámbitos de estudio de cada asentamiento. Para el cálculo de población se ha tomado como referencia datos de los sectores censales y se ha realizado un cálculo en relación al porcentaje del sector censal incluido en cada ámbito. Así, se ha podido estimar que dentro de los 28 ámbitos de 25 km de radio la población se ha incrementado de 10,8 a 12 millones de habitantes entre 2012 y 2019.

La relación entre la población de cada asentamiento y los valores calculados de radiancia media y la superficie con luminosidad urbana muestran un coeficiente r^2 de 0,91 y 0,92 respectivamente. Es decir que el tamaño de la población y los indicadores lumínicos guardan una estrecha relación.

Figura 5-11. Población urbana y extensión de suelo con luminosidad urbana por asentamientos. Ecuador 2019

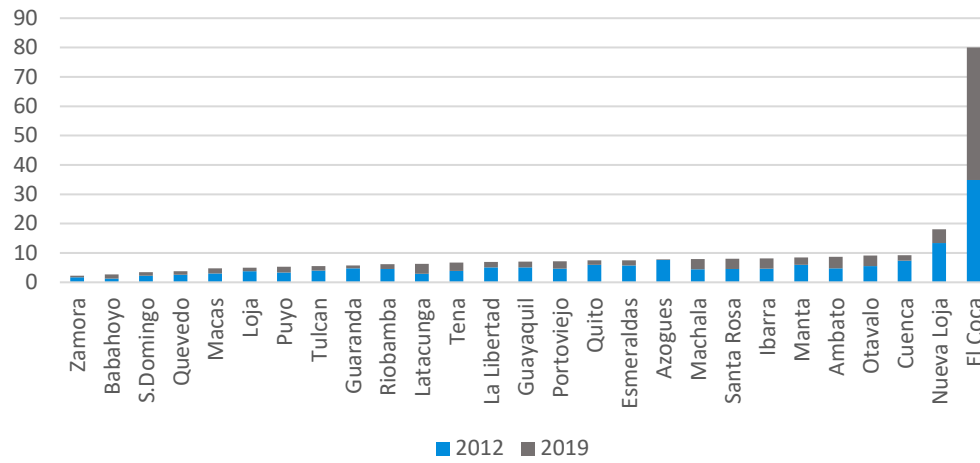


Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS 2019, y población proyectada INEC.

Pese a la estrecha relación entre población y emisión de luminosidad, se observan ciertas disparidades que se vuelven evidentes a través del cálculo de la luminosidad por habitante. Para calcular este indicador se ha obtenido el cociente entre intensidad radiante de cada área urbana y la población.

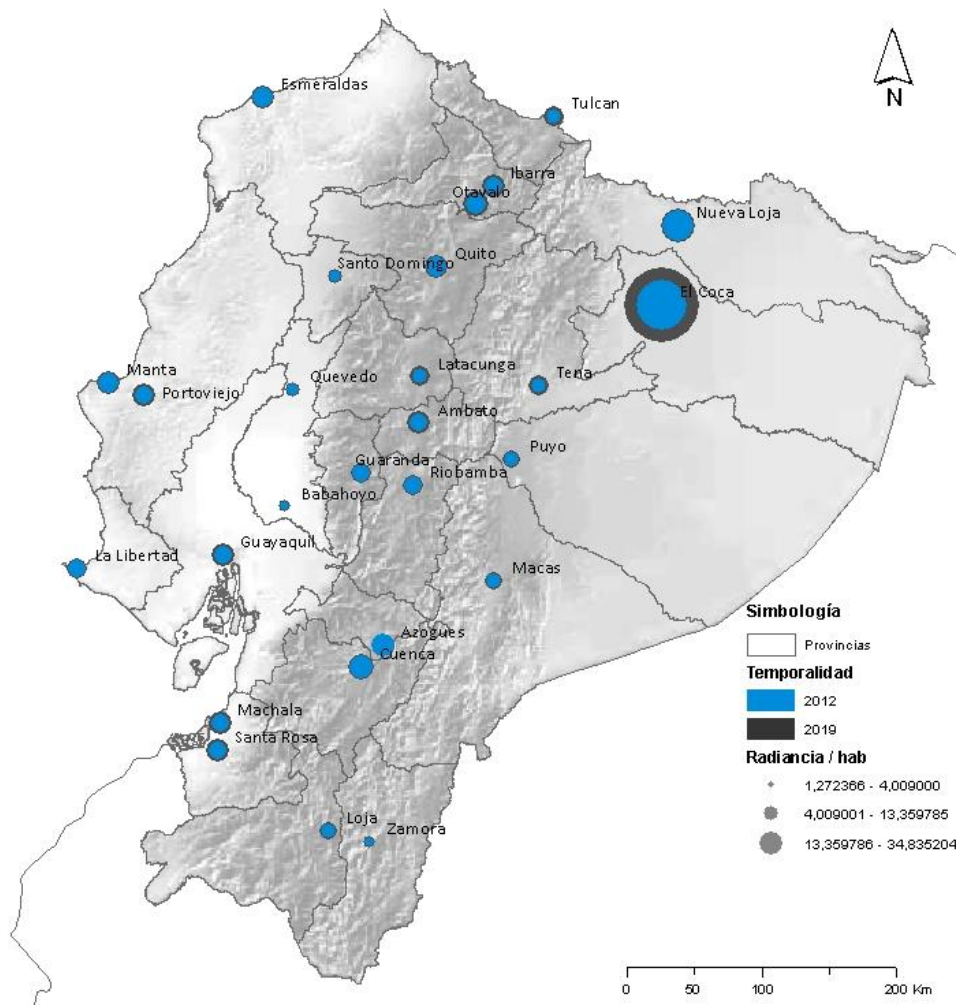
El valor calculado para el conjunto de asentamientos para el 2012 es de $5,36 \mu\text{W}/\text{sr}/\text{hab}$ y para el 2019 es de $7,91 \mu\text{W}/\text{sr}/\text{hab}$. Luego, al analizar los valores por asentamientos se ha determinado que, en el año 2019, la mayoría registra indicadores que se mueven en un rango de entre 5 y $9 \mu\text{W}/\text{sr}/\text{hab}$. Sin embargo, El Coca y Nueva Loja, por sus características particulares, exhiben valores que se localizan fuera del rango general, registrando niveles de intensidad radiante por habitante de 80 y $18 \mu\text{W}/\text{sr}/\text{hab}$ respectivamente. Sin considerar las dos ciudades amazónicas, se puede afirmar que de manera general la eficiencia de la luminosidad en términos demográficos en los asentamientos es más o menos similar en todo el territorio ecuatoriano.

Figura 5-12. Evolución de la Intensidad radiante por habitante ($\mu\text{W}/\text{sr}/\text{hab}$) en cada asentamiento. Ecuador 2012-2019.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 – 2019, INEC.

Mapa 5-8. Evolución de la Intensidad radiante por habitantes ($\mu\text{W}/\text{sr}/\text{hab}$) en los asentamientos principales. Ecuador 2012-2019

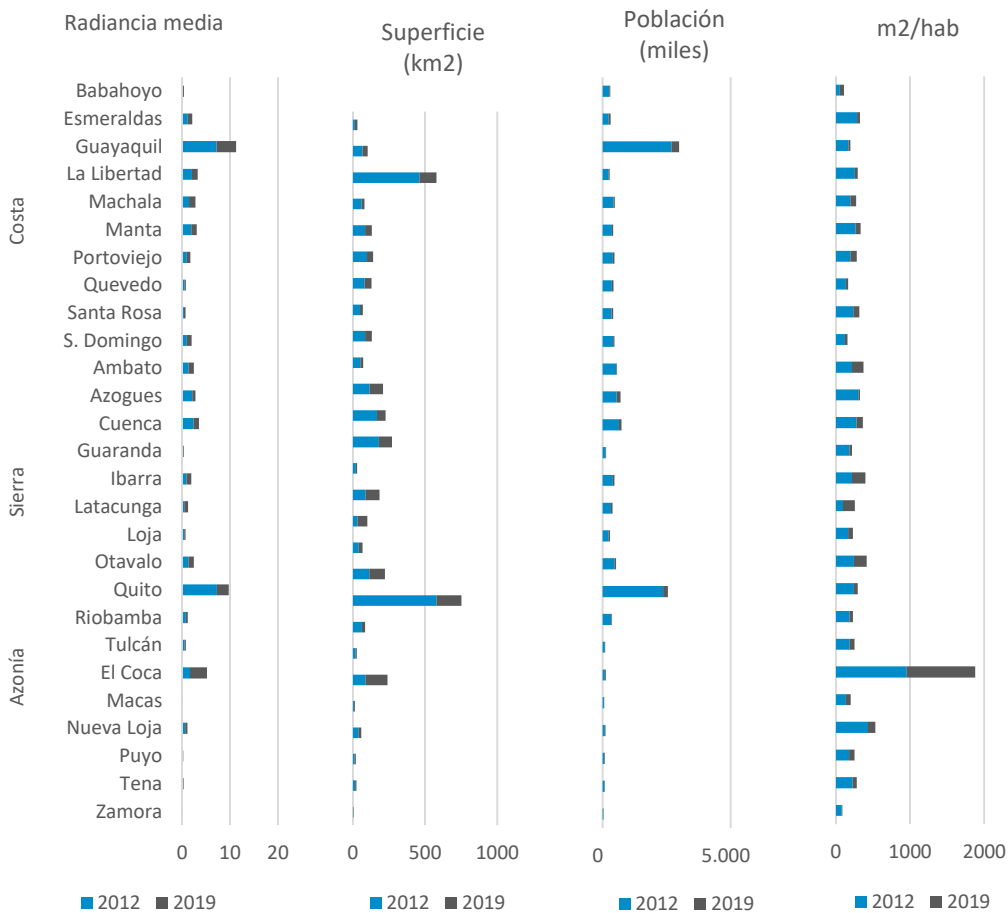


Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 – 2019, INEC.

Asimismo, conviene prestar atención a los datos relativos a las superficies calculadas con intensidad lumínica urbana y los datos de población, para obtener la extensión de suelo con intensidad urbana por habitante, lo cual aporta, como se ha dicho, un indicador vinculado con la eficiencia del uso de un recurso. Este indicador refleja los metros cuadrados de suelo con intensidades urbanas que registra cada asentamiento por cada persona que habita dicho ámbito.

Al emplear datos extraídos a partir de imágenes del 2012 y 2019 emergen resultados que convergen con las afirmaciones realizadas a partir de las imágenes DMSP. Así, tal como puede verse en la Figura 5-13, parece ser que el paradigma de organización territorial con usos urbanos cada vez más dispersos prevalece y se ha acentuado durante estos últimos años.

Figura 5-13. Evolución de la luminosidad media, superficie con luminosidad urbana, proyección de la población y m² de superficie iluminada por habitante, por asentamiento. Ecuador 2012 – 2019.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 – 2019, INEC.

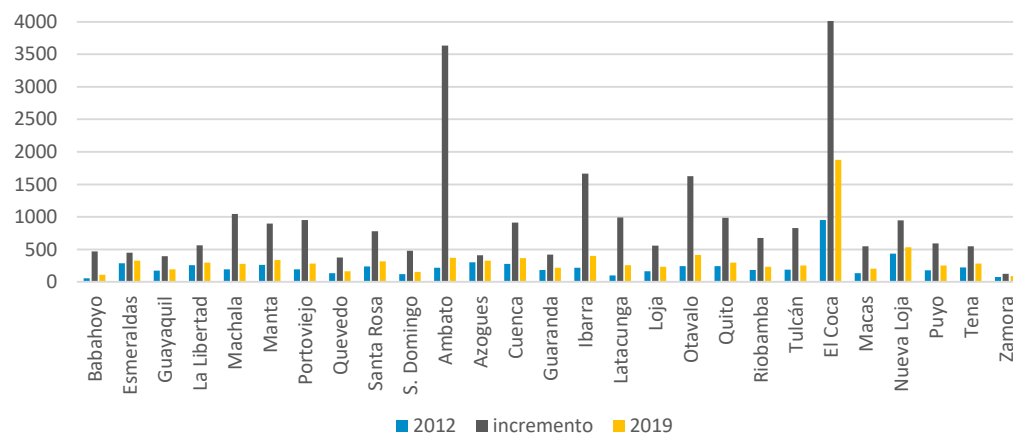
Al fijar la atención en los datos obtenidos para el conjunto de asentamientos, se evidencia claramente la expansión de la huella lumínica. En el 2012 a cada habitante urbano le correspondía 213 m² de superficie con luminosidad urbana. Al final del periodo

establecido, en 2019, la superficie con luminosidad urbana por habitante alcanzaba ya 288 m². Así, al considerar los incrementos de estos últimos 7 años, se ha identificado que por cada nuevo habitante urbano se ha incrementado 950 m² la superficie con intensidad lumínica urbana. Lo cual ha generado un modelo menos eficiente ya que, en la actualidad cada habitante del 2019 requiere un 35% más de suelo con luminosidad urbana que el habitante urbano del 2012.

Este patrón de mayor uso del suelo se mantiene en todos los asentamientos analizados (Figura 5-14). Sin embargo, algunos casos difieren notablemente de la media. Por ejemplo, para el año 2019, las ciudades que más superficie han consumido por habitante son Otavalo, Ibarra, Cuenca que mesuran superficies con luminosidad urbana de más de 360 m²/hab, por lo cual sus densidades son las más bajas del país. En cambio, Guayaquil y Quito iluminan 194 y 296 m²/hab respectivamente, de modo que Guayaquil ilumina a niveles urbanos menos suelo por habitante y tiene una mayor densidad de usos que la capital. Además, también se ha querido destacar a Babahoyo y Zamora por presentar los indicadores más bajos, estas ciudades generan menos de 109 m² de superficie con luminosidad urbana por cada habitante, por lo que sus habitantes emiten bajos niveles de radiancia en comparación con el resto de asentamientos.

Parece razonable suponer que este amplio rango de consumo de suelo está relacionado con la intensidad de usos, la población, la localización y la calidad de la fuente emisora, y con el modelo territorial urbano instaurado.

Figura 5-14. Superficie con luminosidad urbana por habitante en el 2019 e incrementos desde 2012. Ecuador 2012-2019



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 – 2019, INEC.

En todo caso se ha podido comprobar que ningún asentamiento ha mantenido la relación de superficie de suelo con luminosidad urbana por habitante durante el periodo de estudio (Figura 5-14). Es decir que los incrementos poblacionales registrados en todos los

asentamientos se han visto acompañados de incrementos de superficie de suelo iluminado más que proporcionales al aumento de la población.

En este sentido, resulta evidente que, a pesar de que en estos últimos años en el país se ha promovido procesos de planificación sustentables, la dispersión de los usos urbanos ha continuado de manera exacerbada, lo cual genera transformaciones considerables del suelo y mayores impactos sobre el medio circundante.

A partir de la constatación de que el modelo territorial disperso y de baja densidad se ha consolidado en los últimos años, debe suponerse que sin una actuación o normativa que haga frente a esta situación la tendencia se mantendrá igual o incrementará. De mantenerse inmutada en los próximos años la huella lumínica sería cada vez más extensa en relación con un suelo que albergaría usos siempre menos densos.

5.5. INTENSIDADES LUMÍNICAS Y DENSIDADES: RELACIONES Y VALORES EXTREMOS DE LUZ

A la vista de los datos anteriores en los que se aprecia la vinculación entre superficie con luminosidad urbana y la población, se ha procedido a establecer la relación entre las intensidades lumínicas y el volumen poblacional. De este modo se determina hasta qué punto se corresponden los distintos niveles de radiancia con las densidades poblacionales.

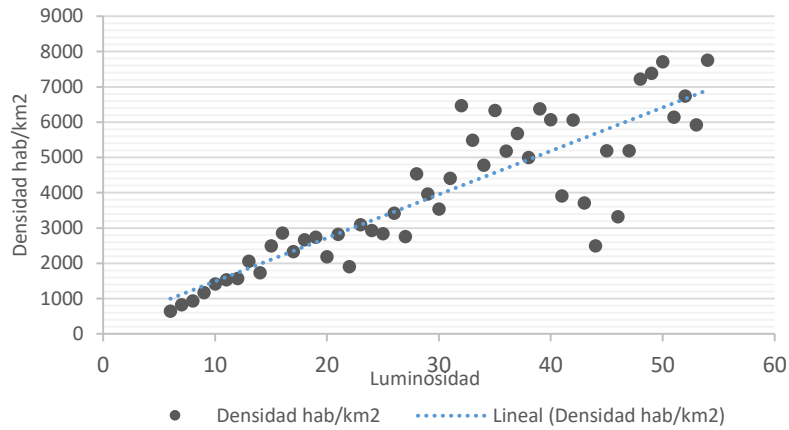
Para este análisis se han empleados los datos demográficos por sector censal de la base de datos del INEC, y se han cruzado con los datos procedentes de la imagen satelital nocturna VIIRS.

Una vez realizado el cruce de las dos fuentes, se procedió a calcular la población para cada pixel (polígono) de la imagen. Para realizar esta operación se ha supuesto que la densidad del sector censal es homogénea en toda su extensión. De este modo, es posible estimar la población referencial de un ámbito con límites completamente distintos a los que contienen la información original. Este procedimiento no está exento de inconvenientes, pero se lo considera adecuado a efectos de nuestra investigación.

Una vez obtenidos los datos del volumen de población por pixel, se han sumado las cantidades de población de un mismo nivel de intensidad radiante y luego se ha dividido para la superficie de cada intensidad radiante, lo que da como resultado la densidad media por cada nivel de radiancia.

A través del cálculo de este indicador emergen resultados en los que visibiliza un sesgo importante entre las intensidades lumínicas menores y las más elevadas. En efecto, al fijar la atención en un primer rango, con las intensidades más bajas que van desde 6 a 54, se observa que existe una relación directa entre luminosidad y densidad es decir que a mayores intensidades de luz les corresponden densidades poblacionales más elevadas. En este rango lumínico se ha podido determinar que el coeficiente de determinación entre estas dos variables es de 0,77(r²).

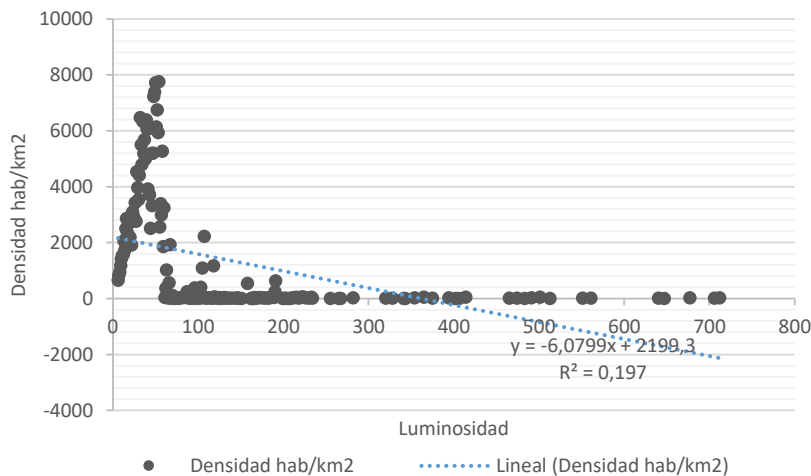
Figura 5-15. Densidad poblacional en el rango lumínico entre 6 y 54. Ecuador 2012



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 INEC.

Sin embargo, al considerar niveles de luminosidad más elevados, es decir intensidades superiores a 54, se observa que la relación entre ambas variables se debilita. Así, que los mayores niveles de radiancia registran menores densidades, con lo cual se puede inferir que los mayores niveles de radiancia están generadas por usos distintos a usos urbanos residenciales clásicos.

Figura 5-16. Densidad poblacional por intensidad lumínica. Ecuador 2012



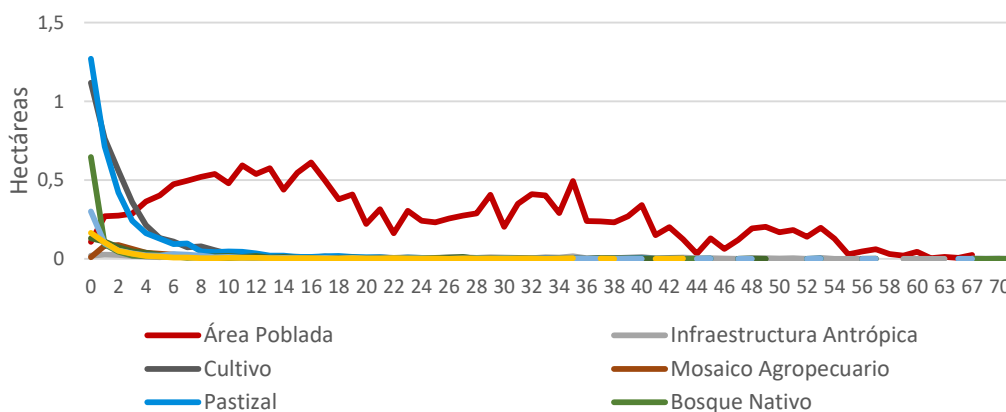
Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 INEC.

5.6. LUMINOSIDAD Y COBERTURAS DE SUELO: LOS INTENSIDADES LUMÍNICAS EXTREMAS DE LAS INFRAESTRUCTURAS ANTRÓPICAS

Efectuado el análisis sobre las densidades y los niveles de luminosidad surge la incógnita sobre los usos que generan o se encuentran afectados por los elevados niveles de radiancia. Empleando la base de datos de SIGTIERRAS, que cuenta con información referente a las coberturas de usos de suelo, se ha realizado un cruce de información con los distintos niveles de radiancia y se ha determinado la extensión y los porcentajes de suelo que corresponden a cada tipo de cobertura por cada intensidad lumínica.

Considerando en primer lugar las superficies en valores absolutos, se ha logrado distinguir tres situaciones: la primera engloba a los valores de radiancia más reducidos (0-4) en la cual destacan los suelos cubiertos con Pastizal, Cultivo, y Bosque Nativo; luego como parte de un segundo rango que considera las intensidades que varían entre 5 y 66, se aprecia que las Áreas Urbanas conforman el principal tipo de cobertura; finalmente, el último rango cuyos niveles de radiancia son superiores a 66, las áreas urbanas clásicas son escasamente representativas y destacan en cambio cubiertas clasificadas como infraestructura antrópica.

Figura 5-17. Tipos de cobertura por intensidad lumínica en los ámbitos de los 28 principales asentamientos. Ecuador 2015



Elaboración: propia a partir de imagen Cartografía temática del Ecuador, SIGTIERRAS e imágenes VIIRS.

Una vez presentados los valores en términos absolutos y con el fin de presentar un análisis más detallado sobre la distribución de las coberturas correspondientes por niveles lumínicos, se ha procedido a realizar un análisis porcentual de los tipos de cobertura a cada nivel de intensidad lumínica. Los resultados pueden observarse en la Figura 5-18.

A partir de los datos obtenidos con este análisis surgen valores que sustentan la conjetura planteada donde las luminosidades más elevadas albergan usos distintos a los urbanos residenciales. En estas áreas con niveles de radiancia elevadas se han registrados usos

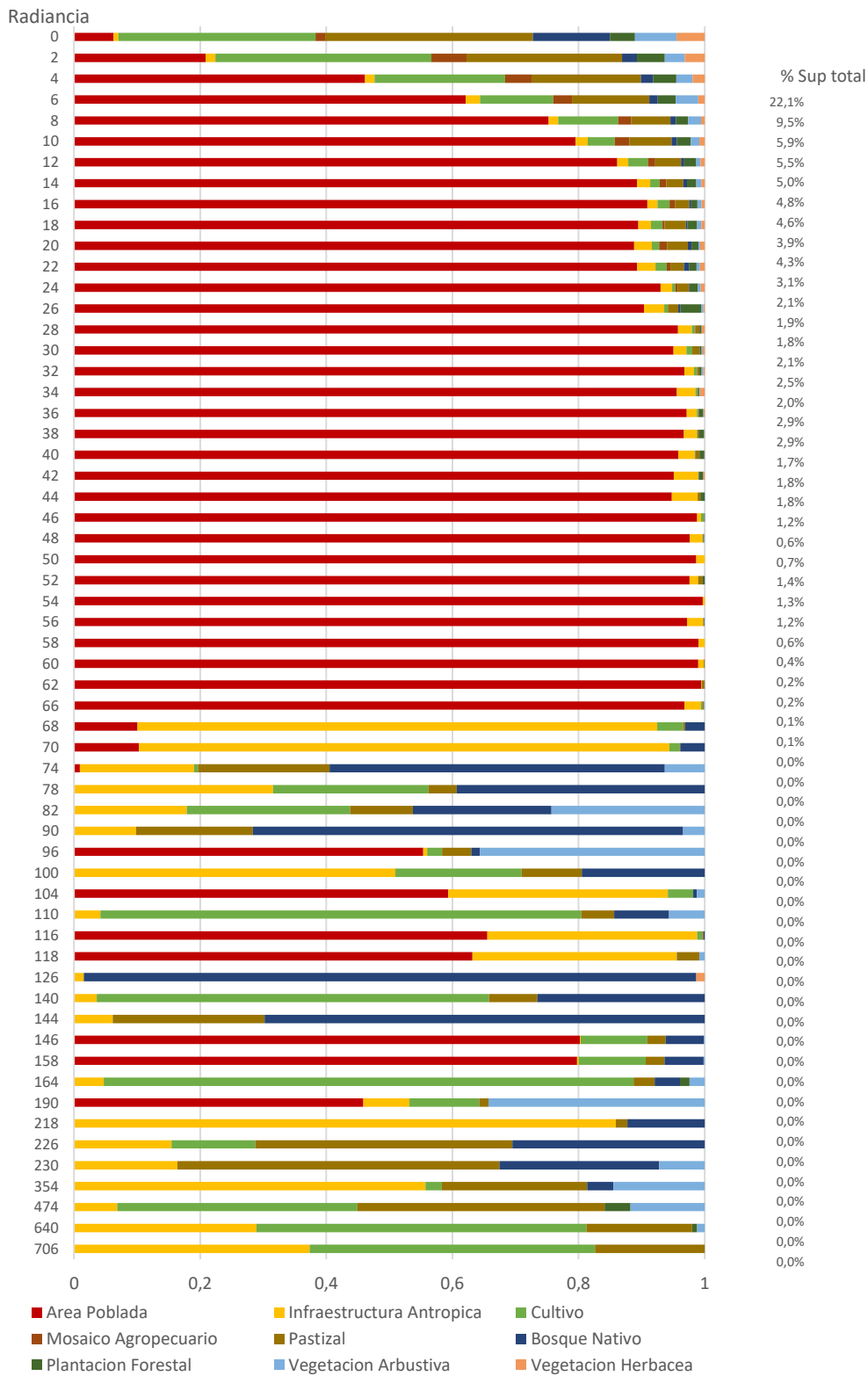
catalogados como Infraestructura Antrópica, de los cuales, gran parte, pertenecen a la tipología denominada Complejo Petrolero. Es importante remarcar que en la Figura 5-18 se exponen valores relativos a los tipos de cobertura por cada intensidad lumínica. Asimismo en el costado derecho se referencia el nivel de representatividad de cada intensidad lumínica con respecto al área total analizada, lo cual nos permite tener claro que las luminosidades más elevadas tienen una menor representatividad en cuanto a extensión.

Los datos obtenidos muestran, asimismo que en el conjunto de los 28 asentamientos se ha obtenido un 22% de suelo con emisiones de radiancia inferiores a 1, luego un 10% del territorio presenta superficies con emisiones de radiancia 2, y el resto del territorio se distribuye en intensidades lumínicas superiores, en las cuales las intensidades situadas hasta la radiancia 54 son las más extensas.

En el rango de luminosidad 6 hasta el 66 se aprecia que los usos urbanos predominan en la mayoría de su extensión, luego, en radiancias más elevadas, se distinguen sobre todo suelos destinados a infraestructura antrópica. Sin embargo, también se aprecian elevados niveles de radiancia en suelos que en principio aparecen clasificados como cultivos, pastizales y vegetación arbustiva. En efecto, al observar el nivel de radiancia 218, se registra que el 85% del suelo que alcanza este nivel lumínico corresponde a Infraestructura Antrópica (Complejo petrolero), y que el suelo que corresponde al nivel de radiancia 164, presenta solo un 5% de Infraestructura Antrópica.

En resumen, se puede afirmar que las luminosidades inferiores a 66 corresponden prácticamente en su totalidad a asentamientos humanos, en cambio las superficies con mayores niveles de radiancia albergan coberturas relacionadas a Infraestructura antrópica y áreas con características rurales. En este sentido, es razonable suponer que los suelos rurales no son los que emiten la luminosidad, de modo que parece ser que estos suelos registran elevados niveles de radiancia puesto que se encuentran influenciados por la dispersión de la luz cuyos focos se emplazan en las áreas con infraestructura antrópica localizados en zonas aledañas.

Figura 5-18. Coberturas de suelo por niveles de radiancia. Ecuador 2015



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 y SIGTIERRAS.

5.7. MORFOLOGÍA URBANA: LAS TIPOLOGÍAS Y SUS DEPENDENCIAS GEOGRÁFICAS Y RELACIONALES

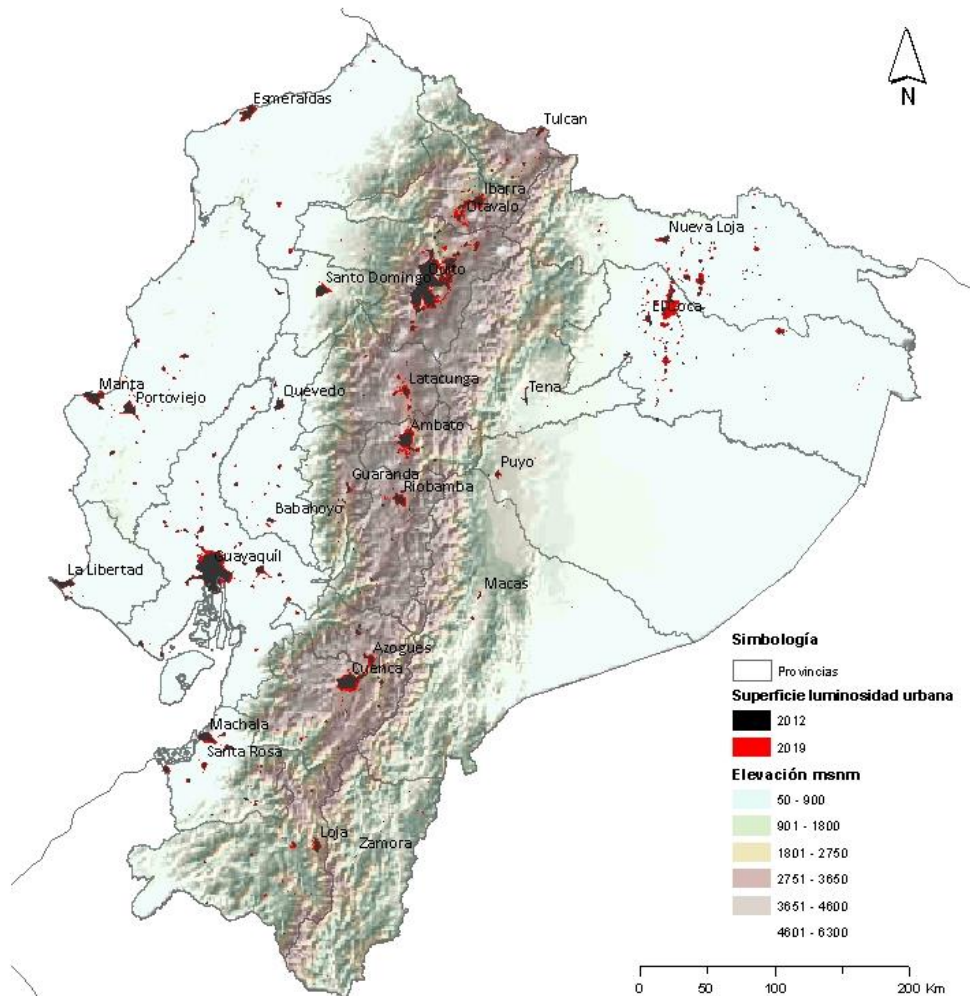
Haciendo uso del umbral de luminosidad urbana calculado anteriormente es posible delinear los patrones de evolución morfológica de las ciudades. Es así que al emplear imágenes de diversos periodos temporales se puede apreciar la evolución de las superficies que han alcanzado ese umbral y al mismo tiempo se logra distinguir la transformación de la forma de cada ciudad.

En este sentido, la metodología empleada permite identificar las tendencias de crecimiento de las ciudades analizadas. De esta manera las aproximaciones que se obtienen a partir de la lectura de las imágenes satelitales nocturnas, son de gran utilidad pues identifican fenómenos urbanos de manera actualizada gracias a la recurrencia y a la disponibilidad de los datos.

Resulta lógico inferir que las formas que han adoptado las áreas urbanas se encuentran vinculadas en parte con el emplazamiento y su situación geográfica, por lo cual su proceso urbano dependerá de hasta qué punto las características físicas limiten o promuevan la ocupación del suelo. Por otra parte, la evolución morfológica depende, obviamente, de la especialización funcional y los procesos sociales que tienen lugar en las áreas urbanas.

Empleando las imágenes del 2012, se visibiliza como la morfología de las ciudades según su nivel de luminosidad urbana es prácticamente coincidente con las áreas urbanas delimitadas por el MAE y SIGTIERRAS. En cambio, al comparar las formas obtenidas a través de la imagen del 2019, se aprecian otros suelos en los que se han intensificado la radiancia y por lo tanto la presencia de usos urbanos fuera de las áreas artificializadas para usos urbanos.

Mapa 5-9. Evolución morfológica de los principales asentamientos según la intensidad lumínica urbana. Ecuador 2012- 2019



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 – 2019 y datos de relieve SENPLADES

Si nos centramos en las ciudades de la Sierra, se observa que la orografía constituye una condicionante importante que impulsa a que los procesos urbanos se asienten de modo preferente en las zonas con pendientes menos elevadas. Sin embargo, en asentamientos más extensos, los usos urbanos empiezan a tomar las faldas de las colinas y montañas. De todas formas, los incrementos de superficie iluminada se generan sobre todo hacia territorios con menos pendiente, y en general las ciudades se localizan en valles u ollas donde las pendientes son menores en relación a su entorno.

Al considerar la región costera, se observa como la mayoría de asentamientos urbanos se localizan junto al mar o muy próximos a este, puesto que el litoral constituye una determinante fundamental para el desarrollo de actividades que se generan en la zona. Por la presencia del mar, la mayor parte del proceso urbano se localiza sobre la línea de costa u ocupa suelos situados en las áreas interiores adyacentes a esta. Finalmente, los que se encuentran en áreas menos condicionadas por la orografía y la posición costera, se

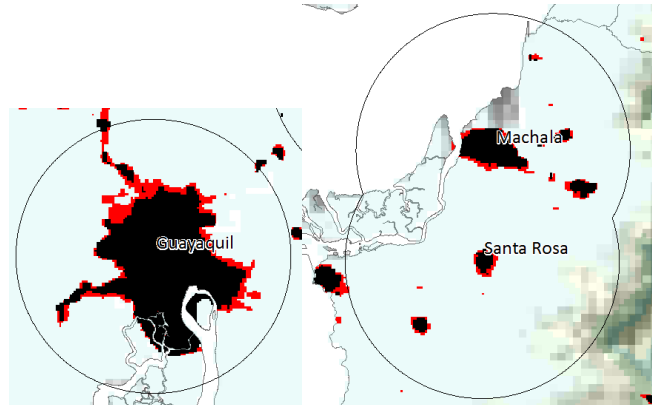
expanden en forma de arrabal sobre las vías de comunicación o en mancha de aceite. En la región amazónica los procesos urbanos son más reducidos y las intensidades lumínicas que generan los asentamientos son bastante bajas. En esta región se ha logrado deducir que todos asentamientos se expanden sobre la vía principal que conecta el asentamiento con el resto del territorio.

A partir de este análisis general se han clasificado los asentamientos en categorías según su tendencia de evolución morfológica.

Desarrollos costeros hacia el interior

Las características de las costas condicionan los procesos de crecimiento de los asentamientos. En el caso de Guayaquil y Machala, los procesos urbanos se han visto limitados por la presencia de suelo de transición marino-costero, no apto para la recepción de usos urbanos, por lo cual sus crecimientos se han desarrollado hacia el interior, adoptando formas que se acoplan a las limitaciones del suelo. Además, debido a la infraestructura vial, se consolidan corredores de crecimiento sobre todo en vías que conectan la ciudad central con núcleos urbanos próximos.

Figura 5-19. Evolución morfológica hacia el interior. Guayaquil y Machala 2012-2019

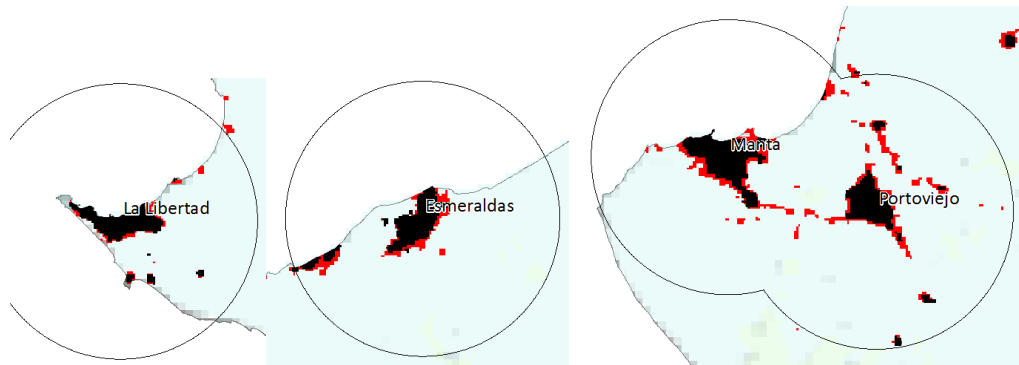


Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

Desarrollo lineal del litoral

Otras ciudades emplazadas en la Costa, se han desarrollado siguiendo la línea costera, tomando formas sobretodo alargadas, tal como la Libertad, Esmeraldas y Manta. En estos asentamientos, los nuevos suelos urbanos se localizan en las periferias, sobre la infraestructura vial y junto a la línea de costa.

Figura 5-20. Evolución morfológica en línea del litoral. La Libertad, Esmeraldas, Manta, 2012 -2019

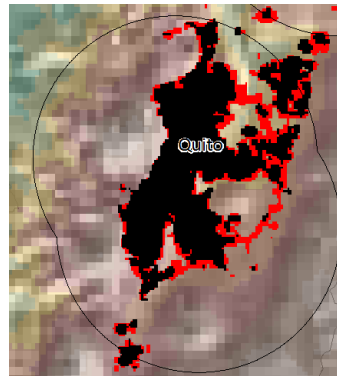


Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

Ocupación lineal en el interior de un valle – hacia las faldas de las cordilleras

Al considerar la ciudad Capital, se puede observar que en primer lugar su desarrollo ha sido fusiforme de Norte a Sur, situándose entre dos cordilleras, pero en estos últimos años su expansión ha seguido hacia el este que presenta menor altitud que al oeste. Es así que, a más de tener una forma alargada, la ciudad de Quito va consolidando tres ramificaciones que se expande hacia el este. Se observa como los incrementos de superficie se concentran en este lado de las faldas de la cordillera. También se visualiza como los pequeños núcleos urbanos próximos se han incrementado, sobre todo los de la zona norte.

Figura 5-21. Evolución morfológica hacia las faldas de la cordillera. Quito 2012-2019

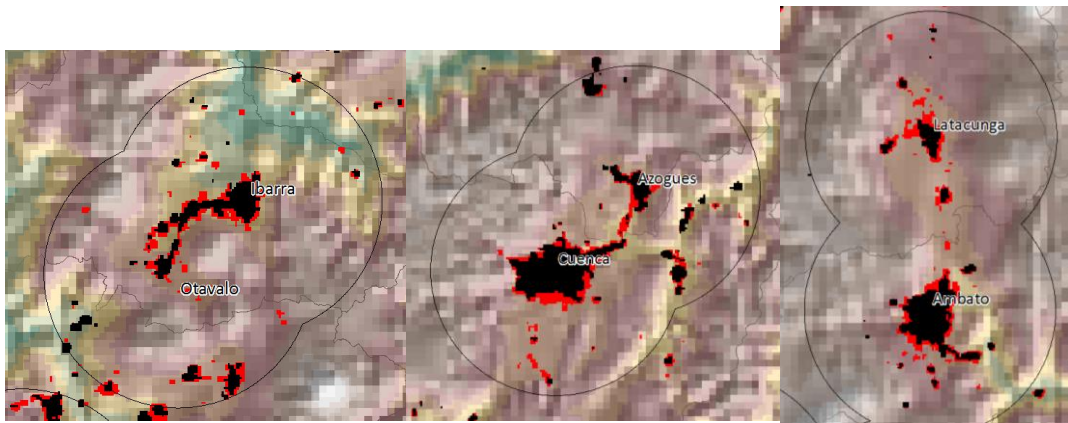


Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

Corredores de crecimiento.

Algunas ciudades están consolidando corredores urbanos entre asentamientos próximos, como por ejemplo los corredores entre Ibarra y Otavalo, Cuenca y Azogues, Latacunga y Salcedo, Pujilí, y Saquisilí. También se observan desarrollos urbanos discontinuos, los cuales están conectados a través de la infraestructura vial principal.

Figura 5-22. Evolución morfológica en corredores de crecimiento. Ibarra, Latacunga y Cuenca 2012-2019



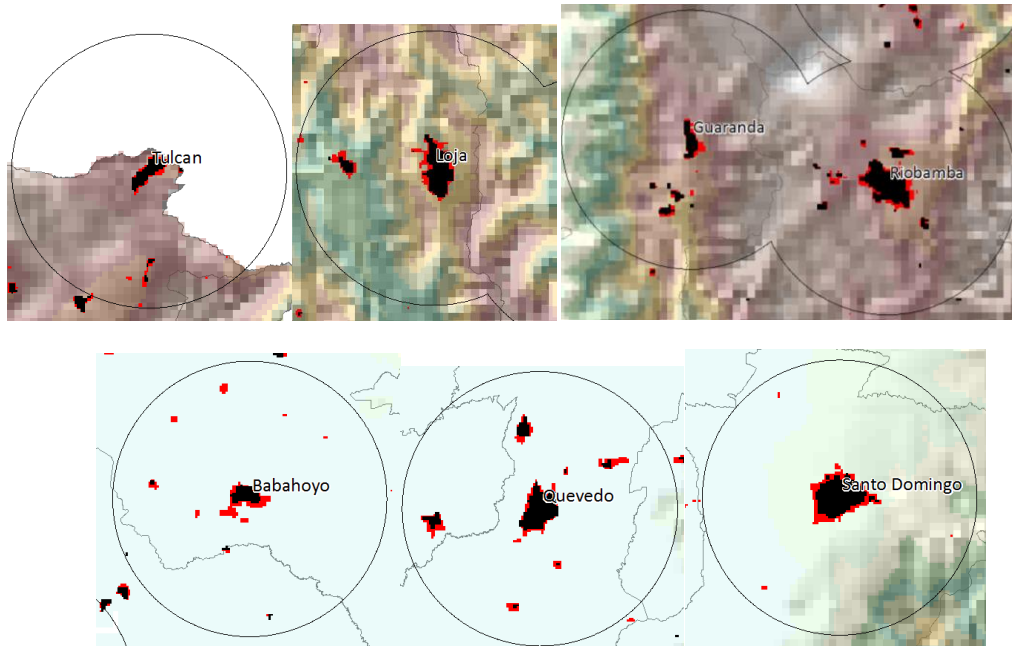
Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

Expansión extendida

Por otro lado, el resto de ciudades interiores tienen formas más o menos ovaladas, donde su lado más alargado coincide con la vía principal de comunicación. En general han adoptado formas condicionadas al medio en el que se emplazan y sus incrementos en las superficies con luminosidad urbana han sido continuos, es decir que la nueva superficie con luminosidad urbana se incorpora sin solución de continuidad con la periferia de los centros poblados.

Además, se ha observado la aparición de nuevas áreas con luminosidad urbana dispersas en el territorio, las cuales se encuentran conectadas con el área urbana principal a través de las vías secundarias como es el caso de Loja, Guaranda, Riobamba y Quevedo.

Figura 5-23. Evolución morfológica en expansión extendida, ciudades intermedias 2012-2019.

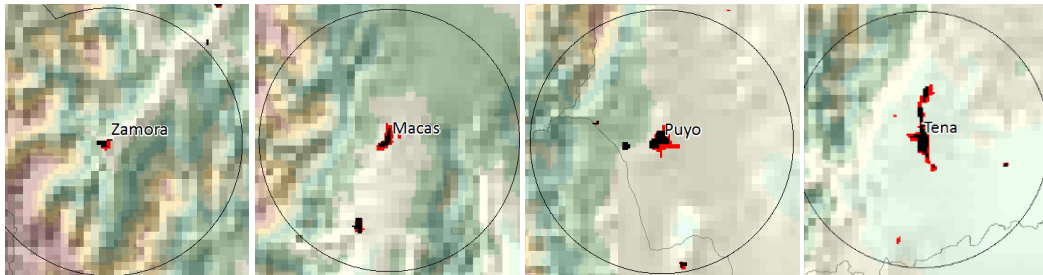


Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

Corredor urbano

Las ciudades amazónicas configuran pequeños corredores urbanos, pues la mayoría de sus usos se concentran a lo largo del eje vial principal o en el cruce de dos vías principales, adoptando así un desarrollo lineal en forma de corredor. Estas ciudades se encuentran aisladas ya que no se distinguen procesos urbanos relevantes en zonas aledañas.

Figura 5-24. Evolución morfológica en corredor urbano, ciudades amazónicas, 2012-2019



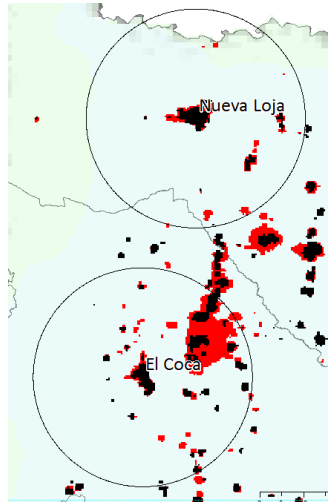
Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

Desarrollo disgregado

En el caso de las ciudades emplazadas al norte de la región amazónica, la luminosidad generada por el núcleo urbano de los asentamientos ha crecido de manera más o menor gradual, los cuales han tomado las formas que se adaptan al eje vial que las atraviesa y al sistema de la red hídrica.

Sin embargo, lo más relevante que ocurre en este territorio es el elevado incremento de la intensidad lumínica en las zonas próximas a los centros urbanos generado por los usos vinculados a actividades extractivas. Esto genera un incremento de las superficies que alcanzan el umbral de luminosidad urbana muy superior al que resulta de la evolución de los núcleos urbanos. Así, se evidencia como las intensidades lumínicas emitidas por usos antrópicos localizados en este entorno se han expandido de manera exponencial en estos 7 años. En el asentamiento de El Coca, por ejemplo, la superficie con luminosidad urbana se ha multiplicado por 2,75, lo que implica un incremento considerable de contaminación lumínica en el área. Además, se puede deducir que la contaminación no es únicamente lumínica, sino que se puede hablar de contaminación y degradación ambiental vinculada con las actividades extractivas.

Figura 5-25. Evolución morfológica disgregado, ciudades de la Amazonía Norte. Ecuador 2012-2019.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

5.8. OLS Y VIIRS REFLEXIÓN SOBRE LOS RESULTADOS CON RESPECTO A LA SUPERFICIE: LA MAYOR PRECISIÓN EN EL CÁLCULO DE INDICADORES SOBRE LA OCUPACIÓN EL SUELO CON USOS URBANOS A PARTIR DE LAS IMÁGENES VIIRS

Tal como se ha mencionado anteriormente, las dos series de imágenes nocturnas utilizadas en esta investigación presentan características distintas en cuanto a sus resoluciones espaciales, radiométricas y otros elementos, por lo cual el análisis evolutivo de la luminosidad artificial nocturna no puede generarse de manera continua a lo largo de todo el periodo temporal de las dos series, es decir desde 1992 al 2019. Aun así, se ha realizado una reflexión general sobre los resultados obtenidos a partir de la lectura conjunta de ambas series de imágenes.

A fin de resaltar las diferencias entre los tipos de imágenes empleadas, debe ponerse en relieve ante todo que las imágenes DMSP-OLS presentan una cuantificación radiométrica de 6 bits mientras las VIIRS tienen 14 bits. Además, las unidades de luminosidad en la serie DMSP-OLS no corresponden a valores radiométricos, sino que constituyen valores ponderados de luminosidad dentro de un rango de unidades que van desde 0 a 63, siendo el 63 el valor de luminosidad máxima, por su parte, la serie de imágenes VIIRS presenta valores de radiancia en nanoWatts/cm²/sr. Esta nueva serie presenta mayor sensibilidad, está calibrada radiométricamente y tiene una mejor resolución. También en las imágenes DMSP-OLS se ha observado que la mayoría de áreas urbanas sufren un exceso de brillo en los bordes y se encuentran saturadas en el interior de estas. De este modo, teniendo en cuenta las diferencias existentes, resulta lógico comprender que los resultados obtenidos

con las dos series de imágenes no puedan ser equivalentes. A pesar de ello se han extraído algunas similitudes y diferencias.

Considerando en primer lugar la evolución de las intensidades lumínicas se ha podido determinar que la tasa media anual acumulada en las principales áreas urbanas del Ecuador registra un valor medio de 5,27% entre 1992 y 2012, es decir haciendo uso de las imágenes DMSP-OLS. Empleando las imágenes VIIRS correspondientes al periodo 2012-2019, la tasa media anual acumulativa de la intensidad lumínica es de 7,6%. En ambos casos la intensidad lumínica se incrementa a tasas significativas. Además, haciendo uso de las dos series de imágenes se ha podido constatar que los asentamientos en la Sierra son los que generan mayores niveles de intensidad lumínica y la Amazonía registra las intensidades más bajas.

En segundo lugar, al considerar los valores calculados sobre la evolución de las superficies con intensidades lumínicas urbanas, se ha obtenido valores similares entre los dos periodos analizados. Haciendo uso de las imágenes DMSP-OLS, las superficies con luminosidad urbana han registrado como tasa media anual acumulativa de 6,9% entre 1992 y 2012, mientras que con las imágenes VIIRS se ha calculado un valor de 6%.

Al comparar los valores de superficie con usos urbanos, resulta asimismo interesante observar los datos obtenidos y compararlos con las superficies urbanas delimitadas por los mapas de cobertura (Tabla 5-3). Así, considerando únicamente el ámbito de los 14 asentamientos incluidos en SIGTIERRAS, esta fuente delimita una extensión de 678 km² de suelo urbano. En cambio con la serie de imágenes DMSP para el año 2013 se obtiene para el mismo ámbito una superficie con intensidad luminosidad urbana de 969 km² y con la serie VIIRS una superficie de 711 km². En este sentido, el suelo con intensidad lumínica urbana es en ambos casos más extenso que las áreas urbanas delimitadas en el mapa de cobertura de suelo. Al comparar el suelo delimitado como urbano con la superficie de suelo con luminosidad urbana se observa que en el caso de las superficies delimitadas con la fuente DMSP, el área con este umbral de luminosidad es de 1,43 veces el suelo artificializado según SIGTIERRAS. En cambio las obtenidas con la serie VIIRS solo lo exceden con un 5%. Con este último dato se corrobora de manera fehaciente que, las imágenes VIIRS constituyen una herramienta bastante más precisa para el cálculo del suelo con intensidades lumínicas propias de usos considerados urbanos. Sin embargo, a pesar de las diferencias entre los resultados de las dos series de imágenes, los datos obtenidos en ambos periodos son considerados como indicadores adecuados que expresan la evolución del proceso de dispersión de usos urbanos a través de la contaminación artificial lumínica nocturna.

Tabla 5-3. Comparación de áreas urbanas y superficies con luminosidad urbana calculadas con las de imágenes satelitales nocturnas DMSP Y VIIRS. Ecuador 2012

	MAE - MAGAP	SIGTIERRAS
Ámbito de estudio	28 Asentamientos	14 Asentamientos
Extensión Total (km2)	43.898	21.576
Superficies artificializadas (km2)		
Urbanas (km2)	1550 (MAE)	678 (SIGTIERRAS)
Superficies luminosidad urbana (km2)		
DMSP	2982	969
VIIRS	2311	711

Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS y DMSP-OLS; Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG y Cartografía temática del Ecuador, 2015, SIGTIERRAS

5.9. ESTIMACIÓN GENERAL DEL MODELO DE OCUPACIÓN URBANA DEL SUELO EN EL TERRITORIO ECUATORIANO - ANÁLISIS DE VECINOS

En el presente capítulo, haciendo uso de las imágenes VIIRS se ha calculado con bastante precisión la forma y extensión de los principales centros urbanos que son los que, en general, emiten la mayor cantidad de luminosidad nocturna. Sin embargo, se ha observado que gracias a su capacidad de detección de bajos niveles de radiancia las imágenes VIIRS detectan también asentamientos menores. Por ello teniendo en cuenta el gran potencial de la serie de imágenes VIIRS, se ha tratado de extraer información no solo de los asentamientos urbanos mayores sino también considerar los asentamientos menores que con la serie DMSP resultaban de imposible identificación.

En el afán de obtener un indicador vinculado a la ocupación del suelo que identifique el suelo ocupado mayormente por usos urbanos tanto en grandes centros urbanos como en poblados menores, y que a la vez mitigue los efectos de dispersión de la luz observados con el análisis de las imágenes DMSP y VIIRS, se ha concebido una metodología para el cálculo de suelos que albergan intensidades significativas de usos urbanos en relación al entorno en el que se emplazan.

Para esta metodología se han tenido en consideraciones algunas proposiciones planteadas hasta ahora. Así, haciendo uso de las imágenes satelitales nocturnas se ha identificado la amplia brecha lumínica entre asentamientos, corroborando así las diferencias territoriales. En este sentido haciendo uso de las imágenes DMSP y VIIRS, se ha constatado que las zonas urbanas de las capitales de provincia localizadas en la región amazónica, emiten bajos niveles de radiancia en comparación con las zonas urbanas ubicadas en otras regiones naturales. Este hecho, se debe, entre otros factores, a que la región ecuatoriana presenta

no solo niveles de urbanización relativamente bajos, y menor concentración demográfica, si no que según el censo 2010 (INEC), registra también los niveles más bajos de dotación de energía eléctrica con respecto a las otras dos regiones naturales del país, Costa y Sierra.

De igual manera, según se ha podido apreciar en las imágenes VIIRS, asentamientos pequeños que se encuentran en zonas oscuras presentan niveles de luminosidad inferiores a los de otros centros urbanos. Sin embargo, en términos comparativos, las luminosidades que alcanzan estos asentamientos pequeños son más representativas respecto a su entorno inmediato. Por ello, se ha considerado necesario equiparar el rango lumínico para identificar suelos con usos urbanos en todo el territorio continental a través de la diversificación de umbrales de luminosidad atendiendo a la diversidad del entorno a través de la ponderación de sus respectivos niveles de radiancia.

Por otra parte, se ha observado que, debido al efecto de dispersión de luz en algunas áreas, las zonas periféricas a los puntos de emisión lumínica pueden registrar mayores intensidades lumínicas. Este fenómeno está relacionado con las características de ocupación del suelo, puesto que las zonas más compactas generan menor difuminación de la luz, mientras que zonas con implantaciones más dispersas producen una mayor difuminación de la luz (Nel-lo et al., 2017b). De este modo, allí donde prevalece el modelo territorial disperso y de baja densidad, la dispersión lumínica genera una huella lumínica más extendida. Así, la dispersión de la luz genera en ciertos casos un sobredimensionamiento de las áreas con intensidades lumínicas urbanas. A través de esta metodología se ha buscado corregir hasta cierto punto los efectos de esta dispersión lumínica para el cálculo de las superficies con usos urbanos.

5.9.1. Validación del método: Disminución de la brecha lumínica entre asentamientos urbanos mayores y menores

Con el fin de realizar una validación de la propuesta metodológica se ha realizado una comparación de los resultados obtenidos con las imágenes satelitales sin procesar y las imágenes procesadas. Para ello en primer lugar ha sido necesario aplicar el método descrito en el capítulo 3 para el preprocesamiento de la imagen satelital a través del uso de una escala logarítmica y un análisis de vecinos.

Además, a fin de contrastar los resultados obtenidos se ha considerado oportuno distinguir los territorios con una mayor intensidad de usos urbanos de los que albergan menos cantidad de ellos. Para realizar esta segregación se ha considerado por un lado a los principales asentamientos que son los que contienen las principales aglomeraciones

urbanas y por otro lado el resto del territorio. Para la delimitación de los ámbitos, se ha tomado como base los resultados obtenidos a través de la distribución de la superficie con luminosidad urbana por coronas desarrollado en apartados anteriores, así se ha identificado la extensión que ocupan los asentamientos urbanos principales. De este modo, se han determinado distintas longitudes de radio que contienen a las áreas urbanas de los asentamientos de acuerdo con la jerarquía que poseen según el PNBV. En este sentido para los asentamientos de carácter metropolitano se ha considerado un radio de 25 km, a los nacionales se les ha asignado un radio de 15 km, a los regionales de la Costa y la Sierra un radio de 10 km y a los regionales de la Amazonía un radio de 5 km.

Con los ámbitos identificados y las imágenes satelitales nocturnas procesadas, se ha procedido a aplicar el método para determinar el umbral de luminosidad urbana. Para el cruce de información se empleó la base de datos de SIGTIERRAS debido al mayor detalle que ofrece sobre los usos en el territorio y la imagen satelital urbana con valores de radiancia ponderados del año 2013.

Realizado el cruce de información, se ha continuado con la extracción de los resultados referentes a los umbrales de luminosidad urbana para las áreas urbanas principales y para el resto del territorio. Estos umbrales figuran en la Tabla 5-4, en la cual también se ha incluido umbrales identificados con las imágenes satelitales nocturnas sin procesamientos previos es decir las imágenes con los valores de radiancia.

Tabla 5-4. Correspondencia entre niveles de luminosidad y áreas urbanas empleando valores de radiancia y valores de radiancia ponderados. Ecuador 2013

VALORES PONDERADOS								
Ámbito Considerado	Umbral	Á. Urbana km2	Á. de Luz km2	Intersec km2	Intersec/ A. Total	% Área Urbana Considerada	%Á. de Luz/ Á. Urbana	% Variación Intersec
Continental - General	814	992	1340	475	26%	48%	135%	
Ciudades principales	General y propio	814	508	601	360	48%	71%	118%
Resto del territorio	General	814	484	740	115	10%	24%	153%
	Propio	803	484	907	135	11%	28%	187%
								23%
VALORES DE RADIANCIA								
Ámbito Considerado	Umbral	Á. Urbana km2	Á. de Luz km2	Intersec km2	Intersec/ A. Total	% Área Urbana Considerada	%Á. de Luz/ Á. Urbana	% Variación Intersec
Continental - General	6	992	1037	434	27%	44%	105%	
Ciudades principales	General	6	508	586	361	49%	71%	115%
	Propio	7	508	503	333	49%	66%	99%
Resto del territorio	General	6	484	451	74	9%	15%	93%
	Propio	4	484	749	113	10%	23%	155%
								-14%
								66%

Elaboración: propia a partir de imagen VIIRS, y Cartografía temática del Ecuador, SIGTIERRAS

Al analizar en primer lugar en los resultados obtenidos al considerar el territorio continental y los principales asentamientos se aprecia que los umbrales definidos con las imágenes ponderadas son coincidentes en ambos ámbitos. Por su parte, los umbrales establecidos directamente con los valores de radiancia de la imagen anual para el ámbito continental ($6 \text{ nW/cm}^2/\text{sr}$) y el de las ciudades principales ($7 \text{ nW/cm}^2/\text{sr}$) difieren en una unidad de medida, lo cual equivale a un 14% de variación de superficie iluminada. De esta manera se corrobora que los valores ponderados permiten establecer un umbral general más preciso para todo el territorio y así se evita una distinción entre territorios.

En segundo lugar, al considerar los resultados obtenidos para el ámbito continental y las áreas que no contienen procesos urbanos mayores, se aprecian significativas variaciones. Tomando los resultados generados con las imágenes procesadas se observa que a nivel continental y en las ciudades principales el umbral se fija en 814, mientras que en el territorio que no contiene asentamientos importantes el umbral disminuye en 803. Esta variación responde al hecho de que asentamientos menores presentan una inferior intensidad lumínica debido a su menor concentración de usos urbanos. Esta diferencia de umbrales representa una variación en cuanto a la superficie con usos urbanos de un 23%. Sin embargo, al considerar las imágenes originales con los valores de radiancia, se ha podido calcular que debido a la diferencia de valores del umbral establecido para el ámbito continental y el umbral para el resto del territorio se produce una variación de un 66% de la superficie con intensidad lumínica urbana. De este modo, si empleamos el umbral de luminosidad urbana identificado a nivel continental para analizar todo el territorio, los asentamientos más pequeños se ven menos representados puesto que gran parte de los asentamientos menores no alcanzan los niveles lumínicos que establece el umbral del ámbito continental.

De esta manera se puede afirmar que, a través del procesamiento de la imagen satelital nocturna, que disminuye las brechas lumínicas entre asentamientos urbanos mayores y menores, se obtiene umbrales que pueden ser aplicados para el análisis de un territorio con características lumínicas distintas.

Tabla 5-5. Correspondencia entre niveles de luminosidad y áreas urbanas en ciudades de distinta escala. Ecuador 2012

	Imagen	Pixel	Área Urbana	Área de Luz	Intersect/Área Total	% Área Urbana Considerada	%A. lum/ A. Urbana	% Variación A. Luz
Guayaquil*	Original	6	424,6	472,0	78%	93%	111%	5%
	Ponderada	814	424,6	450,2	78%	90%	106%	
Cuenca	Original	6	134,7	148,9	56%	75%	111%	1%
	Ponderada	814	134,7	148,1	53%	73%	110%	
Zamora	Original	6	4,4	0,8	13%	14%	19%	51%
	Ponderada	814	4,4	3,1	23%	32%	70%	

*El área urbana corresponde al MAE

Elaboración: propia a partir de imagen VIIRS, 2012 y Cartografía temática del Ecuador, SIGTIERRAS y Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG

A través de un análisis más detallado y contrastando asentamientos de diferente escala se ha evidenciado las diferencias en las superficies con intensidades lumínicas urbanas delimitadas a través del uso de la imagen satelital con valores de radiancia y con valores ponderados. Centrándonos por ejemplo en tres ciudades de jerarquías distintas (Tabla 5-5), se observa que en una ciudad de carácter metropolitano como Guayaquil, la superficie delimitada con el umbral de las imágenes ponderadas encaja un 5% más con el área artificializada en relación a la superficie definida con los valores originales de radiancia. Cuenca, una ciudad de escala intermedia, presenta una variación mínima de un 1% entre las superficies definidas con los umbrales de la imagen original y la ponderada. Por último, Zamora, una ciudad de jerarquía nacional localizada en la Amazonía, registra la mayor variación entre superficies delimitadas a través de las dos imágenes. Según la base de datos de SIGTIERRAS este asentamiento tiene una extensión de 4,4 km², pero debido al bajo nivel de radiancia emitida por los usos que se emplazan en esta zona, las intensidades de radiancia en general son menores al resto de los asentamientos. De este modo, si empleamos en primer lugar el umbral establecido para el conjunto de asentamientos con las imágenes nocturnas originales, este umbral solo delimita el 19% de la superficie considerada como urbana, pero si empleamos el umbral establecido con las imágenes ponderadas la superficie con luminosidad urbana se incrementa en un 51%, logrando así un mayor encaje con la superficie delimitada como urbana por SIGTIERRAS.

En la Foto 5-1 se ha incluido una imagen del asentamiento de Zamora a fin de visibilizar de mejor manera la extensión y el tipo de distribución de los usos de suelo urbano que existe actualmente. A través de la aplicación de la metodología propuesta para ponderar los valores de radiancia, gran parte de los usos urbanos localizados junto al río pueden ser identificados y superficializados para el análisis de la evolución de usos.

Foto 5-1. Vista aérea. Zamora- Ecuador 2019

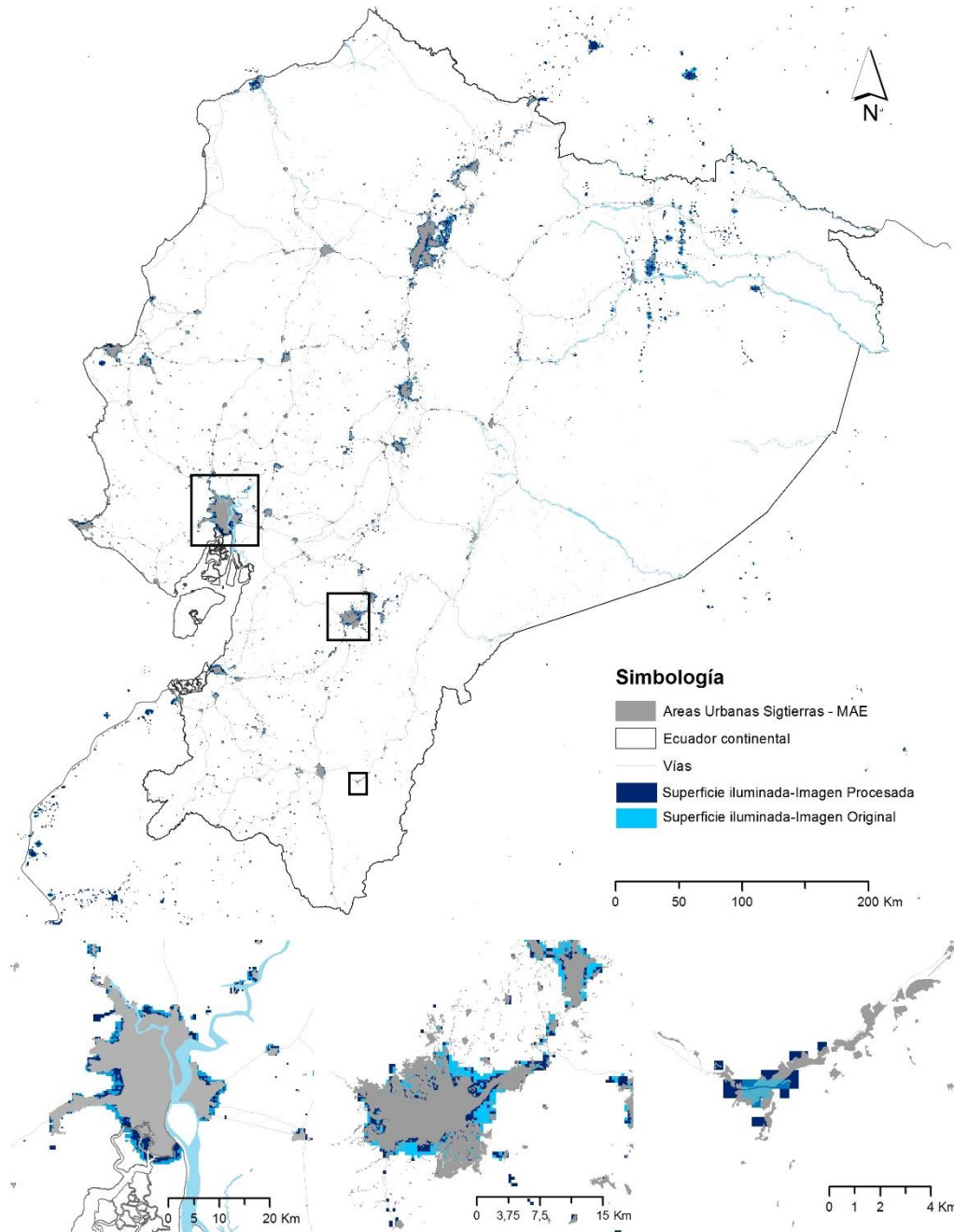


Fuente: web oficial del GAD Provincia de Zamora, 2019.

A través de esta comparación de resultados se aprecia como las imágenes ponderadas permiten destacar la presencia de usos urbanos en asentamientos menores que a pesar de registrar considerables niveles de ocupación del suelo, por diversos factores, emiten niveles de radiancia inferiores que asentamientos de escala intermedia o mayores.

La coincidencia entre las superficies con usos urbanos identificadas por medio de la imagen satelital nocturna y las áreas delimitadas como urbanas en los mapas de coberturas se presentan en el Mapa 5-10. Además de que se presenta un detalle a las ciudades antes mencionadas, Guayaquil, Cuenca y Zamora, en donde se puede visualizar la coincidencia entre las superficies identificadas.

Mapa 5-10. Correspondencia entre superficies calculadas con la imagen satelital nocturna con valores de radiancia y ponderados. Ecuador 2012, con detalle de las áreas de Guayaquil, Cuenca y Zaruma.



Elaboración: propia a partir de imagen VIIRS, 2012 y Cartografía temática del Ecuador, SIGTIERRAS y Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014, MAE-MAPAG

5.9.2. Estimación de la superficie con usos urbanos: Mayor representatividad de asentamientos urbanos menores con intensidades lumínicas a través de la ponderación de los niveles de radiancia

Para los cálculos sobre la evolución del proceso de ocupación que se muestra a continuación se empleó el umbral definido con la imagen ponderada que corresponde al

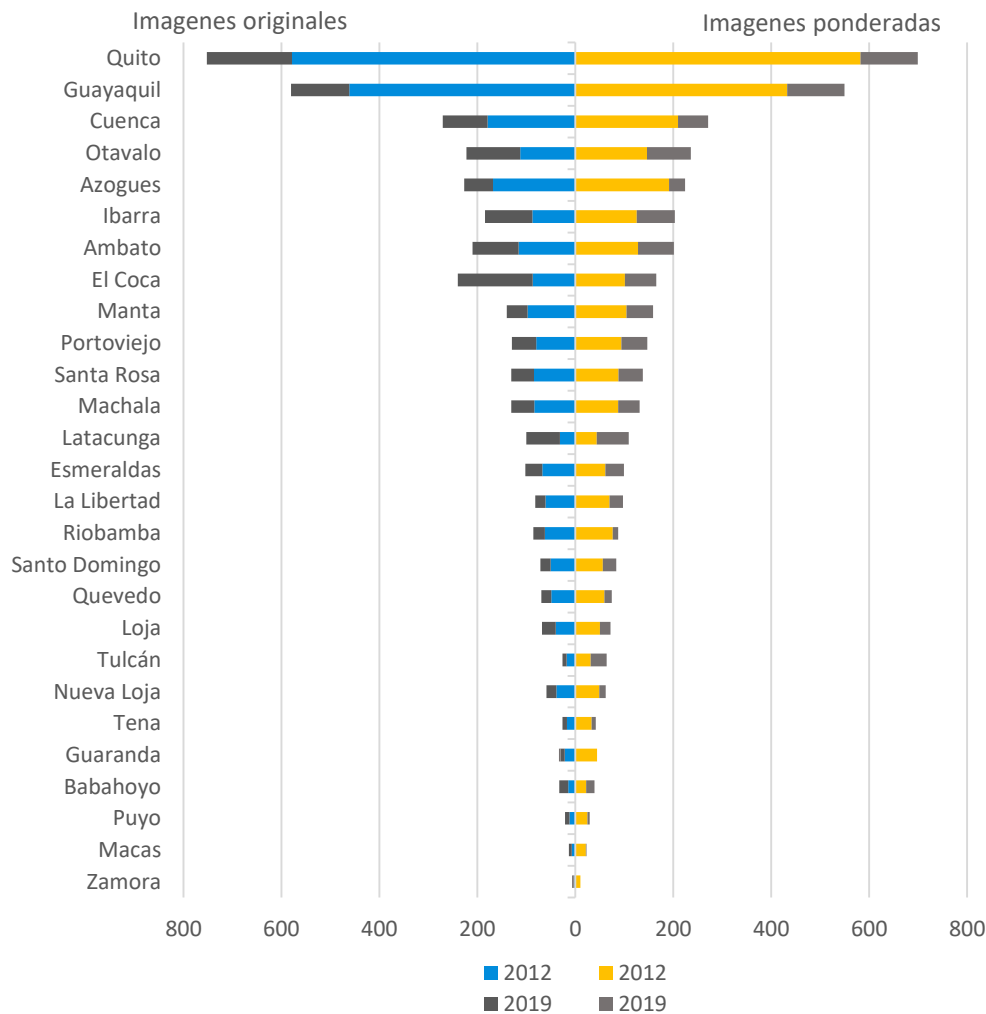
valor de 814, el cual fue identificado para el ámbito continental, así como para el conjunto de los 28 asentamientos.

En primer lugar, al considerar el territorio continental se ha determinado que las superficies con usos urbanos han variado de 3.811 km² a 4.739 km², es decir un incremento de un 24% en 7 años (3,2% media anual). En este análisis debe resaltarse que a diferencia de los ejercicios realizados anteriormente se considera toda la superficie del Ecuador continental, incluyendo así asentamientos urbanos mayores y menores. En definitiva, con esta metodología se obtiene la evolución de usos urbanos en territorios con procesos urbanos distintos.

Tal como se ha comprobado en varias ocasiones, estos resultados reiteran el desequilibrio territorial en la distribución de población, usos, recursos y demás. Por un lado, destaca Pichincha y Guayas, provincias que contienen a Quito y Guayaquil, registrando las superficies más extensas con usos urbanos, y por el otro Zamora Chinchipe, Pastaza y Morona Santiago, las provincias del centro y sur de la Amazonía, exhiben los valores mínimos. Entre el valor máximo (Pichincha) y el mínimo (Zamora Chinchipe) se calculó un ratio de 26 en el año 2018 y un ratio de 20 en el año 2012. Es decir que la brecha entre los asentamientos mayores y menores cada vez es más amplia, por lo que a través de este dato es lógico suponer una mayor desigualdad en varios aspectos de desarrollo.

En segundo lugar, a fin de realizar un análisis comparativo con los datos obtenidos en los apartados anteriores a partir de la imagen satelital original se han obtenido los valores referentes ámbitos generados a partir de radios de 25 km de los nodos de los 28 asentamientos urbano principales. Se ha calculado que, en ellos, en el año 2012 existía una superficie con usos urbanos de 2.599 km² y para el 2019 se incrementó a 3.409 km², es decir se registró un incremento de un 31%.

Figura 5-26. Superficie con intensidad lumínica urbana calculada a través de imágenes satelitales nocturnas con valores de radiancia y ponderados, por asentamiento. Ecuador 2012 - 2019



Elaboración: propia a partir de imagen VIIRS, 2012-2018.

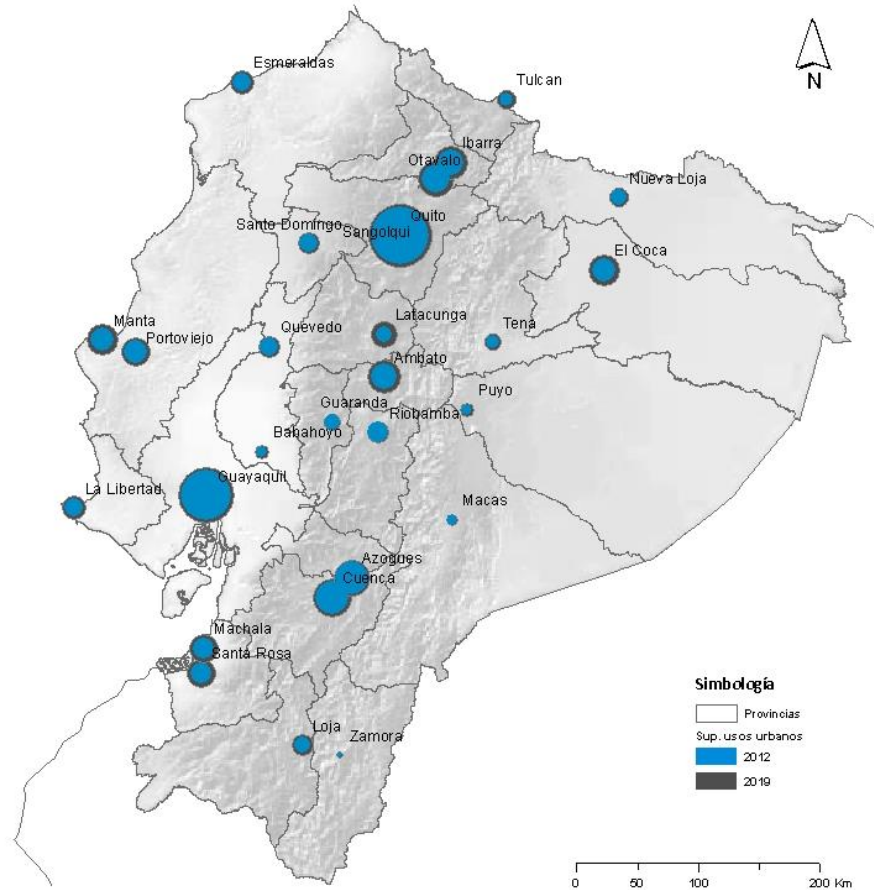
La estimación de las superficies con luminosidad urbana por ciudades obtenida con la metodología aquí empleada se aproxima a los valores calculados con los valores de radiancia de las imágenes satelitales nocturnas. Con esta metodología, para el año 2012 se ha detectado un 12% más de suelo urbano en comparación con los valores calculados a partir de la imagen original y en el 2019 únicamente 2% menos suelo.

Las mayores diferencias se evidencian en los asentamientos pequeños. Estos asentamientos, con un menor número de habitantes y una menor extensión se vuelven más visibles y es posible analizar la evolución de los usos urbanos que antes no lograban ser registrados.

En base a estos resultados se puede afirmar que, entre 2012 y 2019 a nivel continental las superficies con usos urbanos registraron un incremento de 24%, y en los asentamientos urbano mayores el incremento fue de un 31% es decir que las áreas urbanas. En este

sentido, queda en evidencia que los principales asentamientos urbanos concentran los desarrollos urbanos y evidencian una mayor intensidad de transformación del suelo.

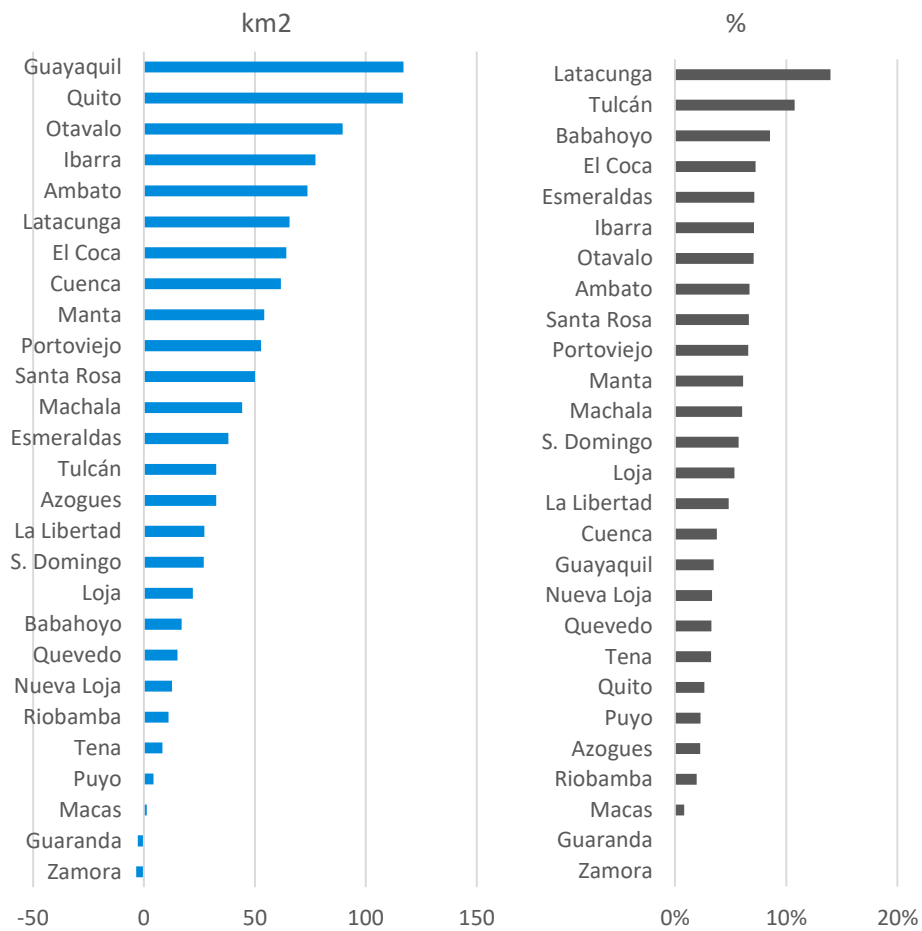
Mapa 5-11. Evolución de superficies con intensidad lumínica urbana en los principales asentamientos. Ecuador 2012-2019



Elaboración: propia a partir de VIIRS ponderada 2012-2019.

A la luz de los datos obtenidos para los asentamientos urbanos principales se visibiliza como estos han atravesado procesos de expansión con intensidades diferentes. Para ello, se han identificado las variaciones de superficies con usos urbanos en valores absolutos y relativos (Figura 5-27). En general se vislumbra que las ciudades metropolitanas siguen registrando valores absolutos superiores, aunque las ciudades de escala intermedia han conocido mayores incrementos en términos relativos.

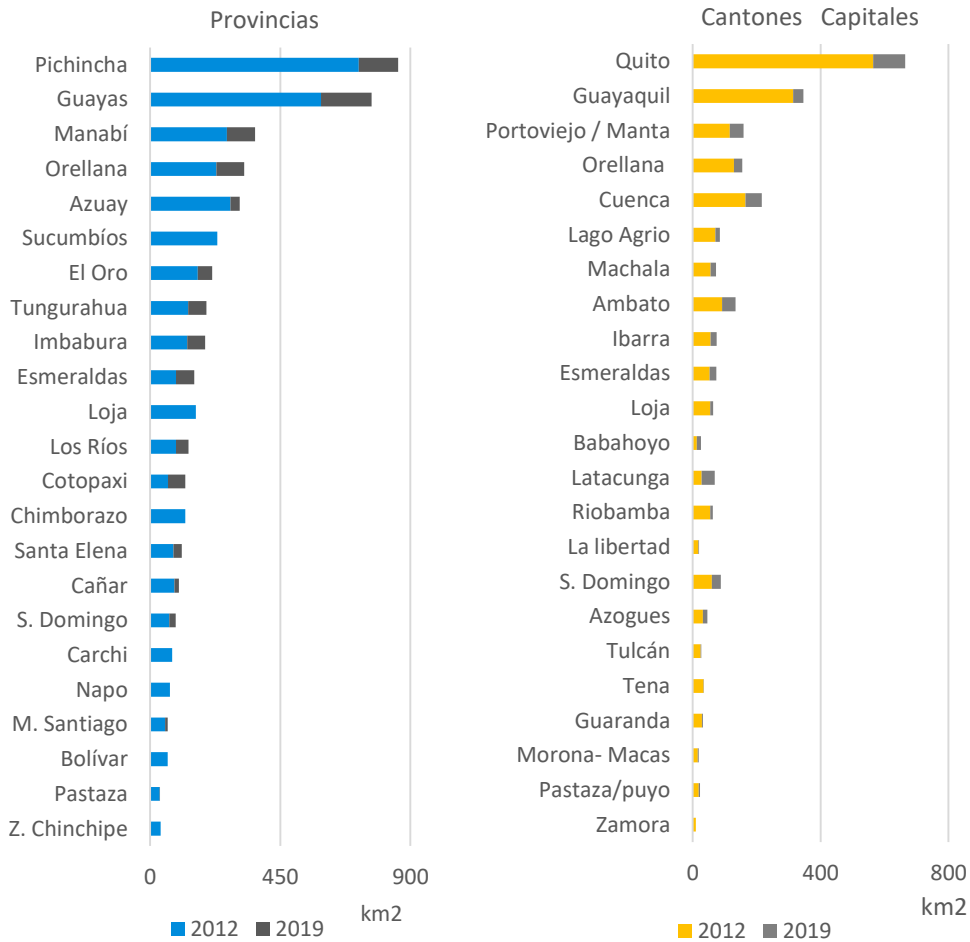
Figura 5-27. Variaciones de superficies con usos urbanos en km2 y en tasa de incremento anual, Ecuador 2012-2019.



Elaboración: propia a partir de VIIRS ponderada 2012-2019.

Además, obtenidos los valores de superficie para los principales asentamientos, resulta interesante resaltar cómo se comporta la provincia en la que se emplazan (Figura 5-28). Al analizar los datos, se observa que las superficies con usos urbanos en algunas provincias han disminuido en estos últimos años aun cuando todas sus capitales reflejan un grado de incremento de las superficies con usos urbanos. En este sentido resulta lógico inferir que estas disminuciones se han generado en asentamientos menores y que la población ha tendido a concentrarse en las capitales provinciales, situación plenamente compatible con la existencia de procesos de migración campo ciudad y del despoblamiento rural.

Figura 5-28. Evolución de superficies con luminosidad urbana por provincias y sus principales asentamientos. Ecuador 2012-2019



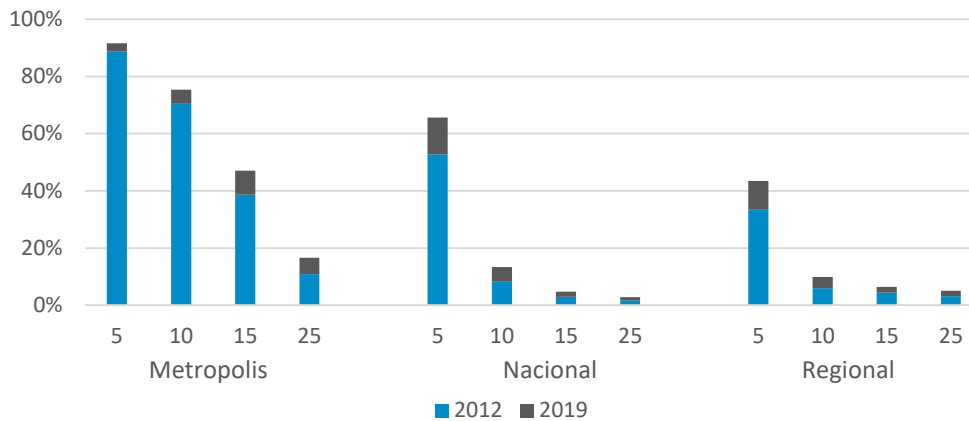
Elaboración: propia a partir de imagen VIIRS, 2012-2019

Este análisis constituye un aporte metodológico significativo para cuantificar la evolución de los usos urbanos, en cuanto permite identificar la tendencia eminente en los proceso de urbanización. Además, permite realizar un análisis más general del conjunto del territorio del Ecuador considerando tanto asentamientos urbanos y menores.

5.9.3. Superficie por coronas: Dispersión gradual y concentración central de los usos urbanos

Para visualizar la diferencia entre la extensión de los procesos urbanos en las diversas ciudades, se ha analizado la localización de las superficies por coronas detallando los datos por jerarquías de asentamientos según el PNBV.

Figura 5-29. Distribución de la superficie intensidad lumínica urbana según jerarquía de asentamiento. Ecuador 2012-2019



Elaboración: propia a partir de VIIRS ponderada 2012-2019.

En base a este análisis se observa, que las superficies con intensidades urbanas localizadas en ciudades de carácter metropolitano se concentran dentro del radio de 25 km, generando así una distribución gradual de los usos desde el centro hasta la periferia. En cambio, las superficies con luminosidad urbana de ciudades de carácter nacional y regional se concentran dentro de los radios de 5 y 10 km de longitud. De este modo, constituyen asentamientos que en la mayoría de los casos no ultrapasan la primera corona.

5.10. CONCLUSIONES

A través de la aplicación de los métodos descritos ha sido posible obtener indicadores fundamentales para el análisis de la evolución de los usos del territorio vinculados al proceso de urbanización en el período 2012-2018. A continuación, se presentan las principales aportaciones generadas en este capítulo:

1. A través del estudio de las imágenes satelitales nocturnas de la serie VIIRS para el periodo 2012-2019 con los valores de radiancia, se logra evaluar las desigualdades territoriales entre asentamientos, las cuales se cuantifican a través de los umbrales de intensidad lumínica urbana calculados para cada uno de ellos. Así, los asentamientos compactos con mayor intensidad de usos y con mejores servicios son los que emiten mayores niveles de radiancia y por lo tanto son los que reflejan un elevado umbral de luminosidad urbana. Se ha logrado determinar que de manera general, los asentamientos de la Sierra mantienen los umbrales con niveles de radiancia más elevados, y los de la Amazonía mantienen umbrales inferiores durante el periodo de análisis.

2. A pesar de las diferencias en las intensidades lumínicas entre asentamientos se ha logrado identificar un umbral de luminosidad urbana para el conjunto de asentamientos, el cual fue definido en $6 \text{ nW/cm}^2/\text{sr}$.
3. En el conjunto de los 28 asentamientos analizados se obtuvo que la radiancia media aumentó en un 67% entre 2012 y 2019, es decir a una tasa media anual acumulada de 7,6%. Además, se observaron territorios con lecturas atípicas que correspondían a usos vinculados a actividades extractivas petroleras que generan emisiones lumínicas extremas.
4. Haciendo uso del umbral de luminosidad urbana se delineó la evolución de las superficies con luminosidad urbana (50%) y se determinó la tasa media anual acumulativa de expansión de usos urbano (6%) para el periodo de 7 años entre 2012 y 2019. Es decir que a través de la metodología descrita en el capítulo 3 fue posible estimar dispersión de los usos urbanos sobre el territorio.
5. A partir de la superficie que alcanza el umbral de luminosidad urbana se logró identificar distintos patrones morfológicos de ocupación y su evolución en los principales centros urbanos del país.
6. Se determinó que existe una relación directa entre las intensidades lumínicas y las densidades desde el nivel de radiancia 6 hasta 54, así se corroboró que a mayor intensidad lumínica le corresponde una mayor densidad. En este ámbito lumínico las coberturas referentes a áreas urbanas son las más representativas. Por otro lado, en radiancias superiores a 66, se pudo observar que las áreas urbanas son escasas, y en su lugar se distinguen coberturas destinadas a infraestructuras antrópicas que en su mayor parte están vinculadas a la extracción petrolera.
7. A través del procesamiento de la imagen satelital se logró atenuar las brechas lumínicas entre asentamientos urbanos mayores y menores, y así aplicar la metodología para determinar el umbral de luminosidad urbana para un análisis de los procesos urbanos en asentamiento mayores y menores. Así, los umbrales establecidos con los valores de radiancia ponderada generan menos sesgos entre asentamientos de escalas distintas. De este modo se ha establecido tres cuestiones: las superficies vinculadas a luminosidades urbanas se han incrementado en un 24%; las capitales de provincia registran mayores ritmos de incremento lumínico urbano (31%); y existen provincias que han disminuido su superficie con intensidad lumínica urbana, lo cual podría vincularse con la disminución de usos urbanos en asentamientos menores.

-
8. Finalmente, se debe mencionar que la nueva serie de imágenes satelitales nocturnas VIIRS, gracias a su mayor rango dinámico, ha permitido obtener datos precisos que contribuyen a caracterizar el proceso de urbanización en todo el territorio ecuatoriano, de modo que permite incluir dentro del análisis general procesos urbanos menos intensivos que se originan en asentamientos menores.

CAPÍTULO 6. LA RELACIÓN ENTRE LA EVOLUCIÓN DE LA LUMINOSIDAD Y LAS DINÁMICAS SOCIO-ECONÓMICAS



Analizada la evolución del proceso de urbanización en el territorio continental ecuatoriano haciendo uso de las imágenes VIIRS, conviene ahora establecer la relación de este proceso con diversas variables socio-económicas que interactúan con los cambios en los usos de suelo. Es así que este capítulo explora para el caso ecuatoriano la relación cuantitativa de la intensidad radiante y las superficies con luminosidad urbana con las principales variables vinculadas a dinámicas espaciales como el PIB, la evolución demográfica, el consumo eléctrico, la generación de energía, el parque automotor y la construcción de nuevas edificaciones.

Como se ha indicado en los apartados metodológicos, la exploración de la relación entre la evolución de la luminosidad y las variables socioeconómicas han sido en las últimas décadas objeto de reiterada atención y ha generado abundante literatura. Entre los principales trabajos cabe retener los siguientes: para la estimación de variables demográficas, Chowdhury, Maithani & Dadwal (2011), Ma et al (2012), Wang et al (2018); para la relación con el consumo eléctrico, Ming, Gaba, Sarr, & Agalassau (2013), Sánchez, Zamorano, Gómez & Pascual (2014), Elvidge et al, 2010, para la relación con el PIB, Elvidge, Hsu, Baugh & Ghosh (2011), Levin & Duke (2012) Shi et al (2014), Sutton & Elvidge (2015).

Sin menoscabo de la utilidad de los ámbitos delimitados para el análisis de los principales asentamientos, en este apartado se ha considerado oportuno analizar la totalidad del territorio ecuatoriano segregándolo por ámbitos provinciales y cantonales en algunos casos. Esta delimitación permite contar con información estadística de distintas fuentes que han empleado estos límites administrativos para el registro de datos. A la vez, el uso de estas delimitaciones administrativas permite constatar la presencia de distintos patrones de desarrollo urbano dentro del territorio ecuatoriano.

En el presente análisis se ha empleado mayormente información de los Censos de Población y Vivienda, y encuestas de edificaciones y de empleo del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Además, se han utilizado datos macroeconómicos del Banco Central del Ecuador (BCE) y del registro estadístico de energía eléctrica de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL).

Gracias a la recurrencia de las imágenes nocturnas ha sido posible realizar diversos análisis estacionales entre la luminosidad y las variables consideradas. En este sentido, del presente capítulo se derivan también consideraciones sobre la utilidad de los indicadores lumínicos como referentes para la estimación de otras variables.

Se ha dividido el capítulo en 4 apartados. En primer lugar, se ha realizado un análisis del incremento de la intensidad radiante, la radiancia media y la superficie con luminosidad urbana durante el 2012 al 2019, así mismo se presentan los incrementos de variables

socio-económicas y demográficas como evolución poblacional, generación de energía, consumo eléctrico, PIB, Valor Agregado Bruto (VAB), impuestos recaudados y los vehículos matriculados. En segundo lugar, se presenta el vínculo entre la evolución anual de la luminosidad con las variables urbanas, para ello se ha determinado coeficientes de determinación y correlación. En tercer lugar, con los resultados obtenidos se ha podido estudiar diversas realidades y se ha debatido brevemente la relación de la luminosidad con las desigualdades territoriales que aquejan al País. En cuarto lugar, cierran el capítulo unas breves conclusiones.

6.1. RELACIÓN ENTRE LA LUMINOSIDAD NOCTURNA VERSUS LAS PRINCIPALES VARIABLES URBANAS.

Para el análisis de la relación de los diversos factores socio-económico y demográficos con el proceso de urbanización se han identificado los incrementos de las variables empleadas tanto lumínicas como urbanas durante el periodo de tiempo analizado, es decir 2012 – 2019.

Como se ha mencionado anteriormente, en este apartado se emplean límites administrativos para la delimitación de ámbitos de estudio puesto que las variables urbanas identificadas para este análisis consideran estos límites para el levantamiento y presentación de información. De esta manera las variables a comparar mantienen una correspondencia entre ámbitos.

6.1.1. Evolución lumínica: Intensidad radiante, radiancia media y superficie con intensidad lumínica urbana

Para los fines que nos proponemos en el presente capítulo, es necesario calcular, a partir de las imágenes satelitales nocturnas, la intensidad radiante, radiancia media y superficie con luminosidad urbana considerando como ámbito de análisis la superficie continental ecuatoriana, regiones naturales y provincias del Ecuador en los años 2012 y 2019. Se debe recordar, que la intensidad radiante hace referencia al total de radiancia emitida, y para su cálculo se ha realizado la sumatoria de los valores de la radiancia por unidad de superficie. El valor de la radiancia media es el resultado del cociente de la suma de los valores de luminosidad por cada unidad de superficie dividido por la superficie total del ámbito considerado. La superficie con luminosidad urbana se calcula a partir del umbral de luminosidad urbana establecido en el capítulo anterior que corresponde a un valor referencial ($6 \text{ nW/cm}^2/\text{sr}$). Para un mayor detalle sobre las definiciones y conceptos empleados, puede remitirse al glosario que figura como apéndice de la investigación.

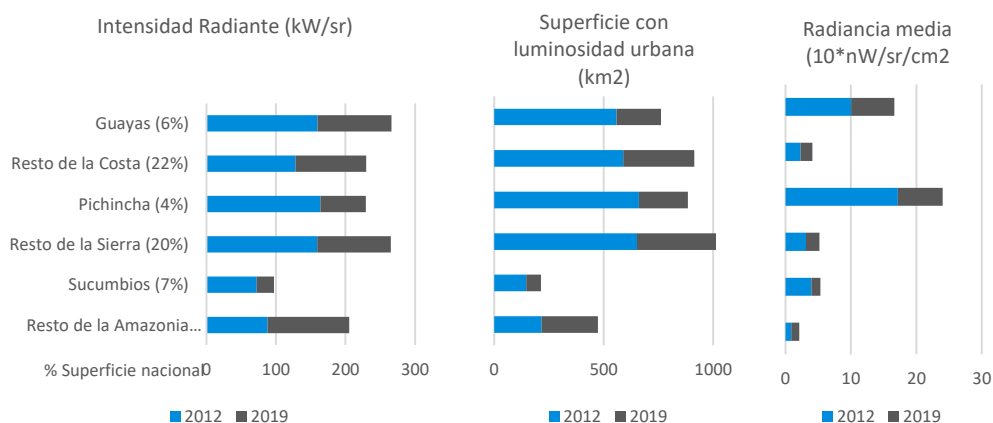
En el territorio del Ecuador continental se ha registrado un incremento de un 68% de la intensidad radiante y radiancia media. Así, por un lado, la intensidad radiante pasa de 772 a 1.295 kW/sr y la radiancia media varía de 0,31 a $0,52 \text{ nW/cm}^2/\text{sr}$ entre 2012 y 2019. Por su parte, la superficie con luminosidad urbana calculada para el territorio continental ha registrado un incremento de un 54% pasando de 2.822 a 4.346 km^2 en el mismo periodo de tiempo, lo cual, en principio, supone un incremento de usos urbanos sobre la superficie del territorio. Así, a nivel nacional la intensidad radiante y la luminosidad media presentan

ritmos de incremento superiores a los incrementos registrados para la superficie de luminosidad urbana, es decir que la radiancia se ha intensificado en áreas específicas.

Al analizar a más detalle el territorio, se ha obtenido que la intensidad radiante es similar en las regiones Costa y Sierra, sin embargo, la región Costa ha registrado mayores incrementos (72%) en comparación con la Sierra (53%) entre 2012 y 2019. Estas dos regiones, en el año 2019 alcanzaron una intensidad radiante de 496 kW/sr y 495 kW/sr respectivamente. Por su parte, la región amazónica a pesar de registrar incrementos relativamente importantes (89%), para el año 2019 apenas registra una intensidad radiante de 302 kW/sr. Se debe recordar que la intensidad radiante y la luminosidad media son variables dependientes por lo que registran incrementos similares. Así, para el año 2019 la región Costa alcanzó una radiancia media de 0,69 nW/cm²/sr, la Sierra de 0,82 nW/cm²/sr y la Amazonía apenas un 0,26 nW/cm²/sr.

Estas diferencias en los ritmos de incremento de radiancia se ven reflejadas en la evolución de la superficie con luminosidad urbana. De este modo, entre 2012 y 2019, la región Costa registra un incremento de 46% de la superficie con luminosidad urbana, de la cual para el año 2019 esta región concentra 1.675 km². La Sierra ha incrementado su superficie de luminosidad urbana en un 51%, alcanzando 1.984 km² en el año 2019. La Amazonía, por su parte, en términos porcentuales es la que registra mayores incrementos (90%), sin embargo, apenas concentra 688 km² de superficie con luminosidad urbana en el año 2019.

Figura 6-1. Evolución de la intensidad radiante y la superficie con luminosidad urbana, por regiones y principal polo de desarrollo de la región, 2012-2019.



Elaboración propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 – 2019.

Sin embargo, se ha de puntualizar que estos valores de radiancia y superficie con luminosidad urbana se distribuyen de manera poco homogénea por el territorio. En el año 2019, Guayas y Pichincha, provincias que contienen a Guayaquil y Quito, con una superficie

que representa el 10% del territorio continental ecuatoriano, concentran el 38% de la intensidad radiante y de la superficie con luminosidad urbana del territorio continental, y a su vez registran los niveles más elevados de radiancia media. Al comparar estas provincias con sus regiones, se observa que cada una de ellas, Guayas y Pichincha, contiene similares valores de intensidad radiante y superficie con luminosidad urbana a las que producen el resto de provincias localizadas en sus respectivas regiones. Por un lado, Pichincha registra únicamente un 14% menos de intensidad radiante que el total que emite el resto de provincias de la Sierra y un 19% menos de superficie con luminosidad urbana calculada para el resto de esta región. Por su parte, Guayas, genera ella sola un 16% más intensidad radiante que la suma del resto de provincias de la región Costa y registra únicamente un 17% menos de superficie con luminosidad urbana en relación con la suma de superficies del resto de provincias de la región. Se evidencia así, una vez más, que en estas dos provincias se concentran una gran cantidad de usos y actividades antrópicas. Para visibilizar la distribución de la radiancia y la superficie con luminosidad urbana en el territorio se ha realizado una segregación de datos, por un lado la principal provincia de cada región y por otro el resto de provincias que corresponden a cada región, tal como puede verse en la Figura 6-1.

En todo caso, aquello que conviene retener a efectos de nuestra investigación aquí es que en apenas 7 años en el Ecuador continental la radiancia media se ha aumentado en un 68% y la superficie con luminosidad urbana en un 54%. Y que existe una distribución lumínica poco homogénea en el territorio.

6.1.2. Incremento de variables socio-económicas y demográficas

A continuación, se han determinado las variaciones de los indicadores referentes a las variables urbanas que se vinculan de manera más directa al proceso de urbanización del territorio ecuatoriano. Para este estudio se han identificado variables referentes a población, energía producida, consumo eléctrico, PIB, VAB, impuestos recaudados y vehículos matriculados. Los incrementos registrados en cada una ellas constituyen valores referenciales para compararlos con los incrementos registrados por la intensidad radiante y la superficie con luminosidad urbana calculadas en el apartado anterior.

Población

Como es obvio, la evolución demográfica es uno de los factores que genera mayores presiones en cuanto a la dispersión de los usos de suelo, y por lo tanto es una de las principales variables que influyen en el proceso de urbanización. Para este análisis, se han empleado los datos de las proyecciones poblacionales establecidas por INEC. Estos muestran que la población aumenta un 11% entre el 2012 y 2019, pasando de 15,52 a 17,27 millones de habitantes.

Energía producida

La producción energética de un país responde a la demanda que surge en el territorio para atender los requerimientos de las diversas actividades, de este modo el crecimiento de este sector es acorde a las dinámicas territoriales, y a la vez su capacidad de respuesta condiciona las actividades que en éste se desarrollan. En este sentido, el desarrollo económico de un territorio guarda relación con la capacidad de inversión para la producción energética, influyendo de esta manera en las dinámicas territoriales que se desarrollan en éste.

Con los datos presentados por ARCONEL, se determinó que la energía bruta pasó de 22.847 a 32.091 GWh entre el año 2012 y 2019 es decir que se registró un incremento de un 40%.

Consumo eléctrico

Gran parte del consumo eléctrico se encuentra en los centros poblados, cuyo mayor grupo de consumo es el residencial. En este sentido un mayor consumo eléctrico de las áreas pobladas implica, en principio, un incremento de la radiancia que emiten, por lo cual esta variable resulta de gran interés para nuestra investigación. Empleando datos presentados por ARCONEL, se determinó que la facturación eléctrica se incrementó en un 56% pasando de 16.175 a 25.310 GWh entre el año 2012 al 2019.

Además, considerando la paradoja de Jevons que establece que la mejora de la eficiencia tecnológica implica en general un mayor consumo del recurso, se explica el incremento del 15% en el consumo de energía per cápita entre 2012 y 2018. Lo cual evidencia a su vez en gran medida el elevado incremento de la intensidad lumínica en estos últimos años.

Producto Interno Bruto (PIB)

Se trata, como es bien sabido, de una de las principales variables que se utilizan para medir el crecimiento económico de un país es el PIB. Esta variable está vinculada con las

actividades antrópicas y a su vez con la intensidad de usos urbanos sobre el espacio, por lo que su variación tiene repercusiones sobre el territorio. Según el BCE, el PIB registra un incremento de 11%, pasando de \$64.362 a \$71.517 millones de dólares a precios constantes del 2007 entre 2012 y 2019. También se ha identificado la variación del PIB a precios actuales que ha dado como resultado un incremento de un 22%, pasando de \$87.924 millones en el 2012 a \$107.436 millones en el 2019, sin embargo, estos valores están también vinculados a la valorización de la moneda.

Variación de Impuestos Recaudados

Para este análisis se ha considerado que la evolución de impuestos refleja parte de las actividades económicas y de los usos de diferente índole que se desarrollan en el territorio. En este sentido, debido a la gran variedad de impuestos que se aplican a la población, se ha optado por analizar la evolución de todos ellos. Así, según datos del Servicio de Rentas Internas (SRI) se ha determinado que los ingresos por recaudación de impuestos se han incrementado un 32%, registrándose para el año 2012, \$10.789 millones recaudados y para el 2019, \$14.269 millones.

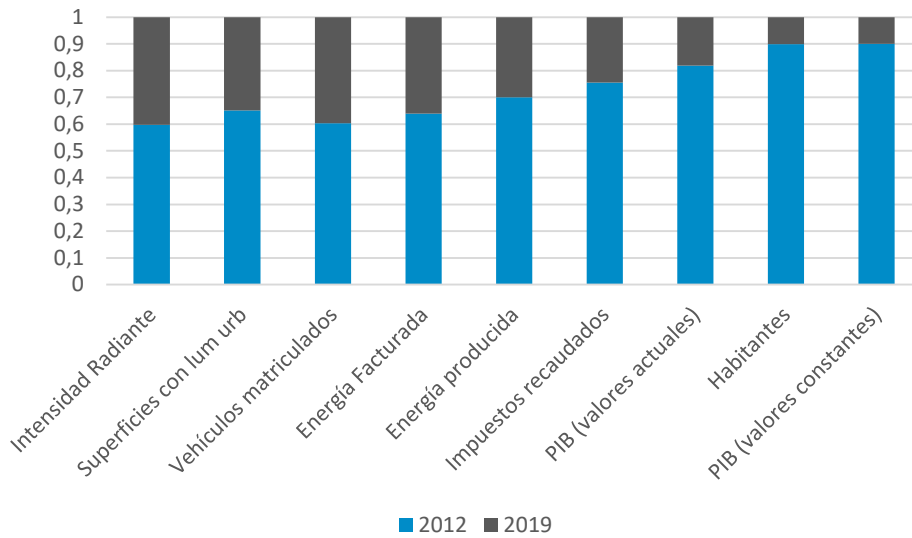
Variación número de vehículos matriculados

Se ha mencionado en la literatura que el modelo de ocupación territorial disperso se instauró en gran parte debido al uso generalizado del vehículo, vinculándose, pues, la cantidad de vehículos en el territorio con la dispersión de los usos antrópicos en el mismo. Así, según datos del INEC, se ha observado un 60% de incremento de los vehículos matriculados en el territorio ecuatoriano entre el año 2012 y 2019. En 2012 se registraba 1,56 millones vehículos matriculados y en el 2019 esta cifra se incrementó a 2,49 millones.

6.1.3. Comparación de las variables analizadas.

Una vez determinados los incrementos que registran cada una de las variables consideradas conviene destacar las similitudes y diferencias entre ellas. Es así como a través de los datos presentados en la Figura 6-2, a modo de resumen, se aprecia claramente la primacía de las variables lumínicas, con incrementos de 68% en la intensidad radiante y un 54% en la superficie con luminosidad urbana. A parte de estas, en orden descendentes, se mencionan los incrementos registrados en las variables analizadas; en vehículos matriculados (60%), en consumo eléctrico (56%), en energía producida (40%), en impuestos recaudados (32%), en PIB (11%) y finalmente la población (11%).

Figura 6-2. Variación porcentual de variables lumínicas y urbanas. Ecuador 2012 -2019



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, datos del Banco Central, SRI, ARCONEL, INEC.

Estos valores evidencian parte de las características del proceso de urbanización de este territorio, pues como se había mencionado, este modelo territorial expansivo de baja densidad no se genera exclusivamente por un desarrollo económico (PIB de 11%), o por un incremento demográfico (11%). Al parecer la dispersión de usos antrópicos urbanos que analizamos a través de la radiancia es potenciada por otros fenómenos que hacen que en un periodo relativamente corto de tiempo (7 años), se produzcan transformaciones tan intensivas que implican incrementos de 68% de la intensidad radiante y 54% de superficie con luminosidad urbana. Estos datos son claves para el análisis territorial puesto que la expansión de usos urbanos, en términos lumínicos, está produciendo territorios poco sustentables e ineficientes.

6.2. EVOLUCIÓN DE LA LUMINOSIDAD NOCTURNA VERSUS LAS PRINCIPALES VARIABLES URBANAS.

Establecidos los incrementos de la intensidad radiante junto con la superficie con luminosidad urbana y de las diversas variables socio-económicas entre 2012 y 2019, conviene ahora determinar el vínculo entre estas. Por ello, se ha procedido a calcular coeficientes de determinación (r^2) y de correlación (ρ).

Como es bien sabido, el coeficiente de determinación, R cuadrado (r^2), y la función de relación son generalmente empleados para predecir futuros resultados y permitir en principio, determinar la calidad del modelo para replicar resultados. De este modo, los

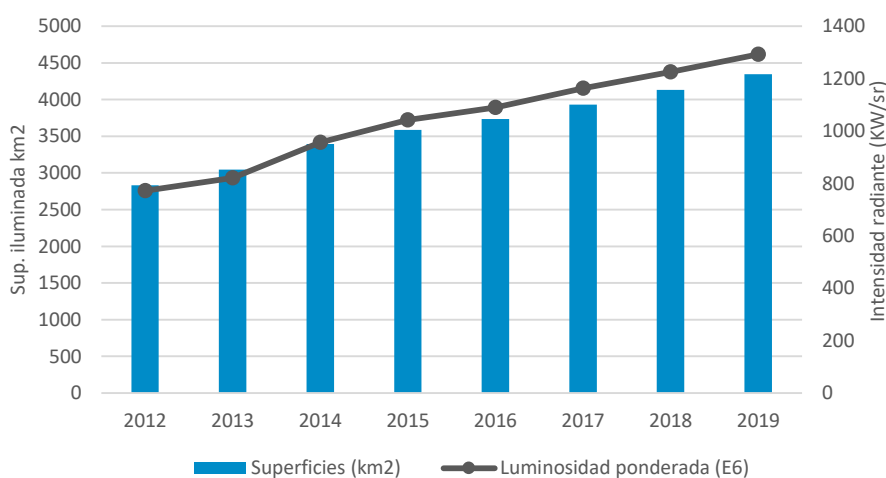
resultados obtenidos entre la evolución de la radiancia y las diversas variables, expresan la relación de dependencia entre las variables analizadas. Así, el coeficiente de determinación muestra la relación lineal asociando la variación de una variable con un cambio proporcional en la otra. La R cuadrada empleada en este análisis corresponde al cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson. Además, se han identificado coeficientes de correlación de Spearman que expresan la interdependencia entre dos variables. Como es sabido, este coeficiente evalúa la relación entre variables que tienden a cambiar en el mismo periodo, pero no necesariamente a un ritmo constante o proporcional, para ello emplea valores jerarquizados.

6.2.1. Evolución de la intensidad radiante, luminosidad media y superficie con luminosidad urbana

Conviene en primer lugar calcular la evolución anual de las variables lumínicas, que son las que servirán para compararlas con el resto de variables urbanas. Se debe recordar que la evolución de la radiancia media depende de la intensidad radiante, y presenta las mismas tasas de variación, por lo cual para la determinación de las relaciones entre variables solo se considerará la intensidad radiante.

Así, al considerar los datos anuales de la intensidad radiante y la superficie de luminosidad urbana se puede establecer que las tasas de incremento anual de estas variables han sido en buena medida graduales, manteniéndose tasas de variación anual entre 4 y 9%, a excepción de la del año 2014, cuando se registra un incremento lumínico superior al resto de años, con un máximo de 16,5%.

Figura 6-3. Evolución de la intensidad radiante y la superficie con luminosidad urbana en el territorio continental. Ecuador 2012-2019.



Elaboración propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 – 2019.

Al analizar los datos por región presentados en la Figura 6-4 se observa que la intensidad radiante de la Costa presenta un ritmo más acelerado de evolución, emplazándola en el 2019 como la región con mayor emisión de radiancia. Sin embargo, al calcular la radiancia media se ha corroborado la primacía de la Sierra, puesto que esta región es menos extensa que la Costa, por lo cual la radiancia está más concentrada, incrementando así su intensidad lumínica. Finalmente, al referirnos a la Amazonia, se constata que esta región registra los indicadores más bajos convirtiéndose así en la región menos iluminada, incluso en el 2017 se registró un ligero descenso en la radiancia media, lo cual incrementa la brecha con las otras dos regiones.

Figura 6-4. Evolución anual de la intensidad radiante, radiancia media y superficie con luminosidad urbana por regiones. Ecuador 2012-2019



Elaboración propia a partir de imágenes VIIRS, 2012 – 2019.

Asimismo, los resultados en cuanto a superficie con intensidad lumínica urbana reflejan situaciones similares a las que se obtienen con el análisis de la intensidad radiante. En términos generales, la región Sierra concentra las mayores extensiones de superficie iluminada, seguida muy de cerca por la Costa y finalmente con valores mucho más inferiores encontramos a la Amazonía.

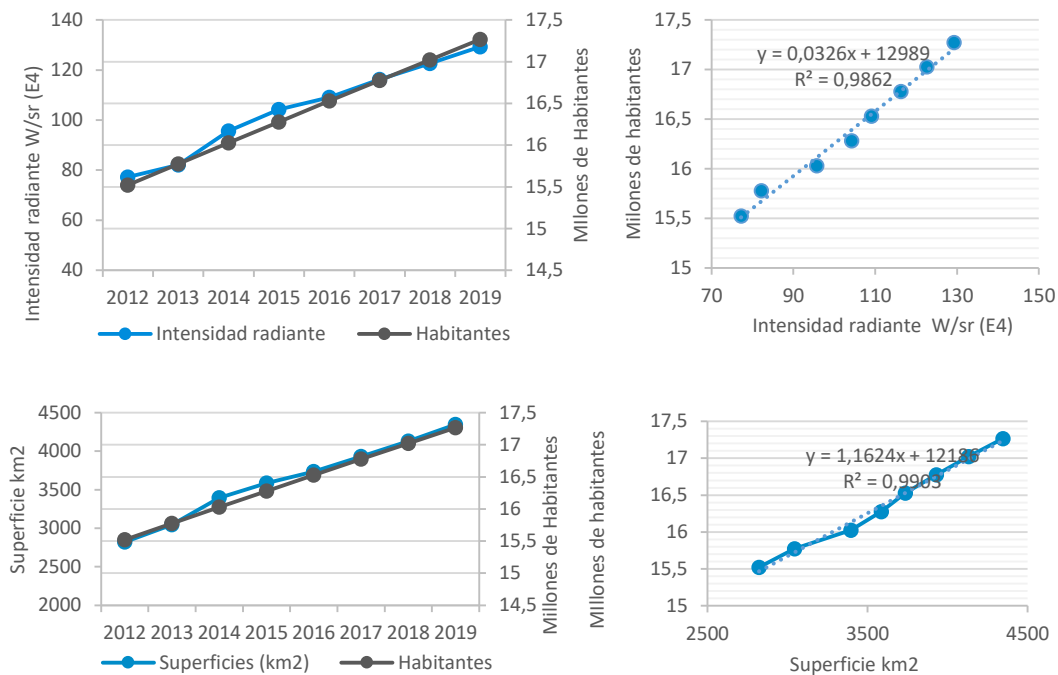
6.2.2. Relación entre la intensidad radiante y la evolución demográfica

Calculados los datos anuales de las variables lumínicas se puede proceder a establecer la relación entre estas y la población. Conviene prestar particular atención a la evolución demográfica en el territorio ecuatoriano en relación con la evolución con los datos lumínicos, puesto que en principio es una de las variables vinculadas más directamente con los procesos de urbanización.

Según los datos de población empleados se obtiene una tasa media anual acumulativa de 1,5%, y al compararla con la luminosidad resulta interesante observar que a nivel nacional el coeficiente de determinación (r^2) es de 0,99 entre la evolución de la población con la intensidad radiante y la superficie con luminosidad urbana. Asimismo, el coeficiente de correlación ρ nos refleja un valor de 0,99 tanto al comparar la población con la intensidad radiante como al comparar la población con la superficie con luminosidad urbana. Con ello se puede afirmar que la evolución de estas variables presenta una tendencia de evolución extremadamente similar.

Esto viene a confirmar lo indicado por varios estudios sobre estimación de la población de un territorio (Ma et al., 2012; Wang et al., 2018): las imágenes satelitales nocturnas resultan herramientas útiles para calcular de manera bastante precisa la distribución y las fluctuaciones demográficas, sobre todo si se cuenta con una alta recurrencia de las imágenes.

Figura 6-5. Evolución anual de la población y relación con la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad urbana. Ecuador 2012- 2019.



Elaboración propia a partir de imágenes VIIRS e INEC, 2012 – 2019.

Analizando el territorio con más detalle, se han calculado los índices de correlación y de determinación entre la población y las variables lumínicas para cada provincia (Tabla 6-1). Ante los resultados obtenidos, se puede afirmar que la mayoría de provincias mantienen patrones de crecimiento demográfico estrechamente ligados a la intensidad radiante y a la superficie con luminosidad urbana con coeficientes bastante elevados. Por ejemplo, Guayas (Guayaquil) registra un coeficiente r^2 y ρ de 0,99 entre la población y la intensidad radiante. En cambio, Zamora Chinchipe y Sucumbíos, provincias amazónicas, registran los coeficientes más bajos, sin embargo, conviene recordar que la región de la Amazonia alberga usos singulares como la explotación del petróleo, siendo Sucumbíos una de las provincias que contiene áreas actualmente en explotación.

Tabla 6-1. Coeficientes de determinación (r^2) y correlación Spearman, de la poblacional, intensidad radiante y superficie con luminosidad urbana, por provincias. Ecuador 2012-2019

2012 - 2019		POBLACIÓN			
Regiones	Provincias	R2		Spearman	
		Int. Radiante	Superficie	Int. Radiante	Superficie
Costa	El Oro	0,82	0,93	0,91	0,96
	Esmeraldas	0,94	0,93	0,97	0,94
	Guayas	0,99	0,95	0,99	0,97
	Los Ríos	0,85	0,90	0,92	0,97
	Manabí	0,88	0,88	0,94	0,96
	Santa Elena	0,62	0,47	0,79	0,63
	Santo domingo	0,70	0,69	0,84	0,82
Sierra	Azuay	0,94	0,97	0,97	0,98
	Bolívar	0,74	0,82	0,86	0,86
	Cañar	0,88	0,88	0,94	0,91
	Carchi	0,89	0,85	0,94	0,88
	Cotopaxi	0,94	0,95	0,97	0,97
	Chimborazo	0,84	0,75	0,92	0,88
	Imbabura	0,95	0,90	0,97	0,97
	Loja	0,91	0,95	0,95	0,96
	Pichincha	0,97	0,98	0,98	0,98
Amazonía	Tungurahua	0,93	0,89	0,96	0,98
	Morona Santiago	0,78	0,74	0,88	0,79
	Napo	0,92	0,88	0,96	0,94
	Orellana	0,90	0,95	0,95	0,96
	Pastaza	0,56	0,76	0,75	0,80
	Sucumbios	0,18	0,18	0,42	0,53
NACIONAL	Zamora Chinchipe	0,77	0,51	0,87	0,52
		0,99	0,99	0,99	0,99

Elaboración propia a partir de imágenes VIIRS e INEC, 2012 – 2019.

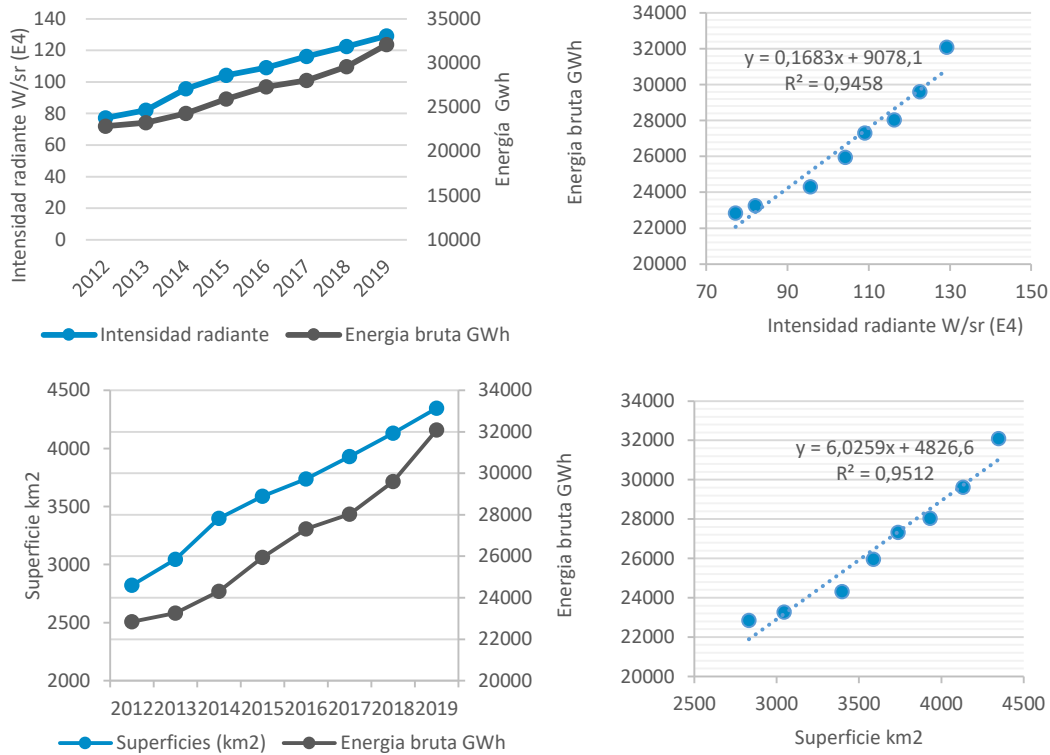
6.2.3. Relación entre la intensidad radiante y la evolución de la energía producida

Los datos anuales de energía bruta desde 2012 al 2019, muestran que la evolución de esta variable ha sido bastante gradual, registrándose tasas de variación anual entre 1,7 y 8,3%. A fin de obtener representativo de todo el periodo se ha calculado la tasa media anual acumulativa de este periodo, la cual nos da un valor de 5%.

Con los datos sobre la evolución de esta variable a lo largo de estos últimos 7 años se ha establecido coeficientes de determinación (r^2) de 0,95 con la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad urbana. En cuanto a la correlación ρ se ha obtenido coeficientes de 0,97 con ambas variables lumínicas consideradas. Así, se corrobora que existe un ritmo de crecimiento extremadamente similar entre la energía producida y la luminosidad generada, resultando factible estimar, en principio, la evolución de una de ellas a partir de la otra.

Para este caso no se realiza un análisis por provincias puesto que la producción de energía se genera en sitios específicos y se distribuyen a lo largo del territorio.

Figura 6-6. Evolución anual de la energía producida y relación con la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad urbana. Ecuador 2012- 2019

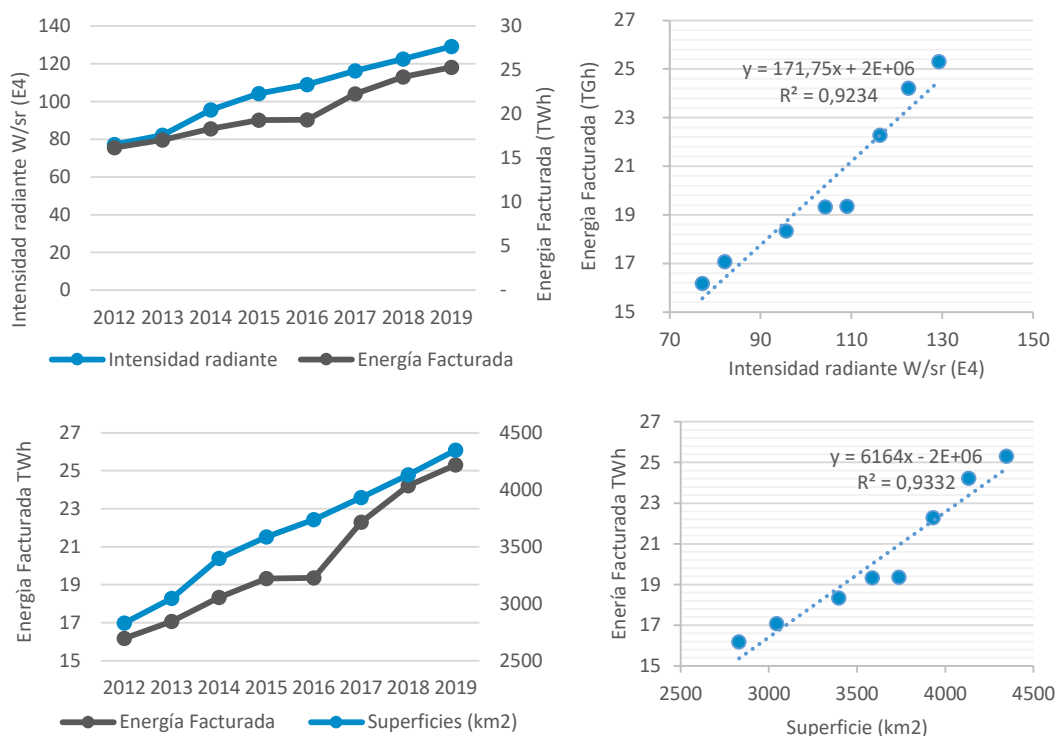


Elaboración propia a partir de imágenes VIIRS y ARCONEL.

6.2.4. Relación entre la intensidad radiante y la evolución del consumo eléctrico

El consumo eléctrico a nivel nacional ha registrado un aumento relativamente progresivo entre 2012 y 2019, registrando tasas de variación anual que se ubican en un rango entre un 5 y 15%, destacándose el año 2016 con una tasa de incremento prácticamente nula (0,1%). En conjunto a este periodo le corresponde una tasa media acumulativa anual de 6,6%. Comparando estos valores anuales con las variables lumínicas analizadas se determinó un coeficiente de determinación (r^2) de 0,92 con los datos de intensidad radiante y de 0,93 con los de superficie con luminosidad urbana. Además, se obtuvo coeficientes de correlación ρ de 0,96 entre el consumo eléctrico y ambas variables lumínicas.

Figura 6-7. Evolución anual del consumo eléctrico y relación con la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad urbana. Ecuador 2012- 2019



Elaboración propia a partir de imágenes VIIRS y ARCONEL.

A fin de analizar con más detalle el territorio ecuatoriano, se han empleado los datos disponibles del consumo eléctrico por provincias por parte de clientes regulados¹⁹ entre 2012 al 2018 (Tabla 6-2). A través de éstos se observa que la mayoría de provincias registran coeficientes de determinación y correlación elevados entre la energía facturada y las variables de luminosidad, aunque también se aprecian coeficientes que muestran una escasa relación entre las variables.

Entre los coeficientes más bajos destaca la provincia de Sucumbíos. Gran parte de las áreas petroleras ecuatorianas se localizan en este territorio por lo que la contaminación lumínica nocturna de este territorio está influenciada por esta actividad extractiva, de modo que la débil relación entre el consumo eléctrico y la contaminación lumínica puede estar vinculada con la extracción del petrolero como la quema de gases.

¹⁹ Clientes regulados hacen referencia a aquellos cuya facturación se rige a los dispuesto en el Pliego tarifario.

Tabla 6-2. Coeficientes de determinación (r^2) y correlación Spearman, entre consumo de eléctrico de clientes regulados, intensidad radiante y superficie con luminosidad urbana, por provincias. Ecuador 2012-2018

2012-2018	Provincias	R2		Spearman	
		Int. Radiante	Superficie	Int. Radiante	Superficie
Costa	El Oro	0,81	0,87	0,90	0,93
	Esmeraldas	0,92	0,80	0,96	0,89
	Guayas	0,68	0,81	0,83	0,90
	Los Ríos	0,72	0,79	0,85	0,89
	Manabí	0,81	0,81	0,90	0,90
	Santa Elena	0,59	0,39	0,77	0,63
	Santo domingo	0,95	0,94	0,98	0,97
	Azuay	0,85	0,91	0,92	0,95
	Bolívar	0,58	0,69	0,76	0,83
	Cañar	0,75	0,73	0,86	0,86
Sierra	Carchi	0,84	0,83	0,92	0,91
	Cotopaxi	0,81	0,87	0,90	0,93
	Chimborazo	0,84	0,83	0,91	0,91
	Imbabura	0,88	0,87	0,94	0,93
	Loja	0,92	0,94	0,96	0,97
	Pichincha	0,97	0,95	0,98	0,97
	Tungurahua	0,89	0,88	0,95	0,94
Amazonía	Morona Santiago	0,57	0,49	0,76	0,70
	Napo	0,89	0,85	0,94	0,92
	Orellana	0,92	0,94	0,96	0,97
	Pastaza	0,48	0,62	0,70	0,79
	Sucumbíos	0,34	0,25	0,58	0,50
Zamora Chinchipe		0,60	0,29	0,78	0,54
NACIONAL 2012-2018		0,96	0,95	0,98	0,97

Elaboración propia a partir de imágenes VIIRS e ARCONEL, 2012 – 2018

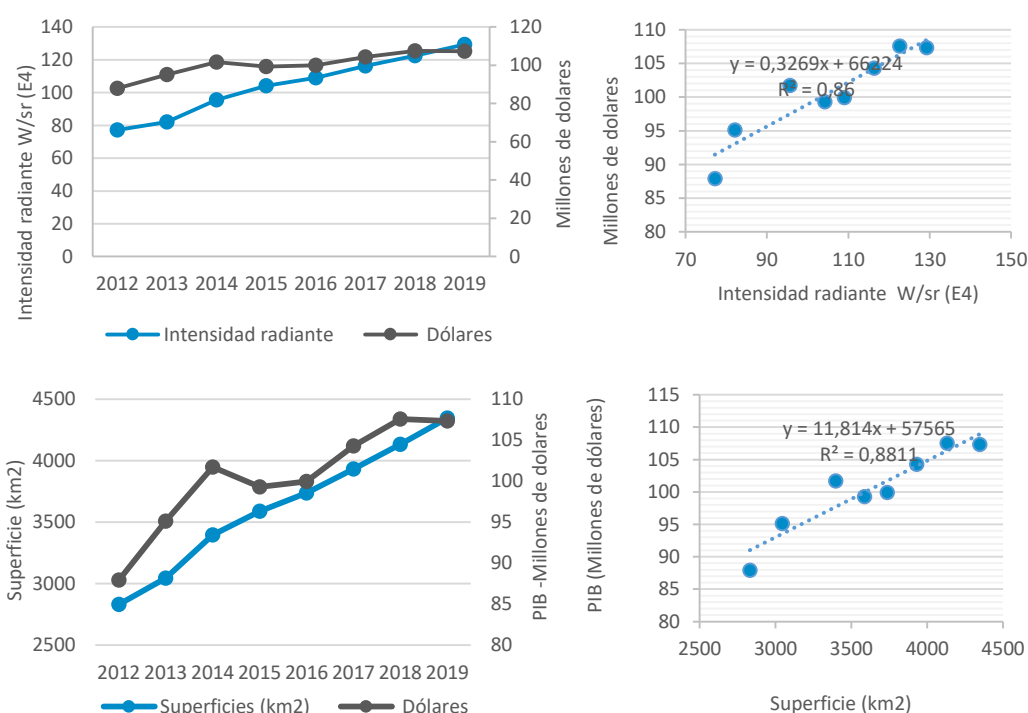
6.2.5. Relación entre la Intensidad Radiante y la evolución del Producto Interno Bruto (PIB)

El BCE ofrece el cálculo del PIB a nivel nacional, por lo que a través de los valores anuales a precios constantes 2007, se ha podido determinar que el PIB registra ligeras fluctuaciones positivas y negativas durante el periodo 2012 – 2019. Así, por un extremo se registra una tasa de variación anual de 5% en el año 2013, y por otro lado en el año 2016 se registra un periodo de recesión con un -1,6% y en 2019 un tasa de variación anual negativa de 0,13%, además previo a esto en el año 2015 se observa un periodo de estancamiento con una tasa de variación prácticamente nula. Así tomando el periodo 2012-2019, tasa media anual acumulativa es de 1,5%.

A partir de estos valores se procedió a determinar el coeficiente de determinación entre la evolución anual PIB a precios constantes y la intensidad radiante, la cual nos refleja un valor de 0,79, y con la superficie con luminosidad urbana se obtuvo un coeficiente de 0,81. Luego, empleando los valores del PIB en dólares en precios actuales se obtiene un coeficiente R2 de 0,86 con la intensidad radiante y de 0,88 con la superficie con luminosidad urbana.

Por su parte, los coeficientes de correlación ρ presentan valores similares. Al considerar los valores a precios constantes se obtiene un coeficiente de 0,89 con la intensidad radiante y de 0,99 con la superficie con luminosidad urbana. Luego al emplear valores a precios actuales, la correlación refleja un coeficiente 0,93 con la intensidad radiante y de 0,94 con la superficie con luminosidad urbana. Estos coeficientes obtenidos son los suficientemente elevados como para confirmar un similar patrón de desarrollo entre la evolución del PIB y la luminosidad. Se debe remarcar que, a pesar de la fuerte relación entre estas variables, la evolución del PIB ecuatoriano se ha incrementado a un ritmo más lento que los indicadores lumínicos.

Figura 6-8. Evolución anual del PIB y relación con la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad urbana PIB, Ecuador 2012- 2019.



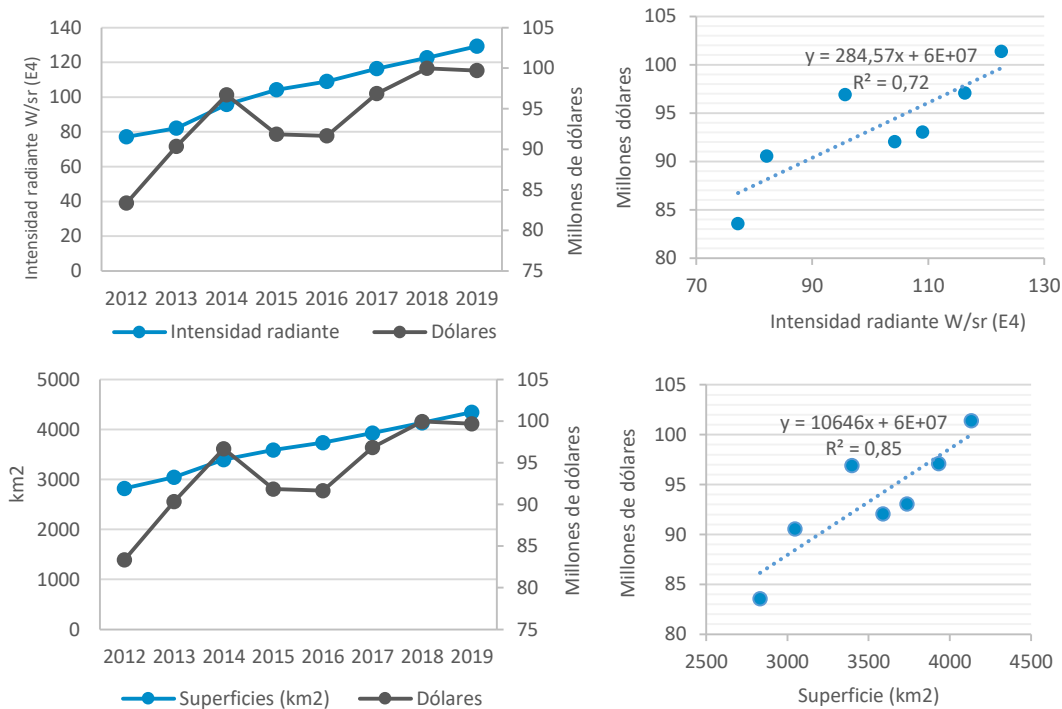
Elaboración propia a partir de imágenes VIIRS y Banco Central del Ecuador.

6.2.6. Relación entre intensidad radiante y la evolución del Valor Agregado Bruto (VAB)

Con el fin de realizar un análisis más detallado se ha considerado la evolución del VAB, cuyos datos están disponibles a nivel nacional y provincial. Así que, en primer lugar, al analizar la evolución de esta variable a nivel continental se ha observado algunos altibajos, las tasas de variación anual se encuentran en un rango que varía desde 8,4% en el año 2013 hasta -5% en el año 2015, cuando, según datos del PIB, el país atravesó por un periodo de estancamiento económico. En este periodo el VAB registró una tasa de media anual acumulativa de 2,4%.

Así, al determinar la relación entre la evolución del VAB y los valores lumínicos entre 2012 y 2019, se ha obtenido un coeficiente de determinación (r^2) de 0,72 entre el VAB y la intensidad radiante y de 0,76 al emplear datos de la superficie con luminosidad urbana. Al calcular la correlación de Spearman, este nos refleja un coeficiente de 0,85 y 0,87 entre los datos del VAB y las variables lumínicas empleadas en este análisis.

Figura 6-9. Evolución anual del VAB en comparación con intensidad radiante y la superficie con luminosidad urbana, Ecuador 2012- 2019.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS y Banco Central del Ecuador.

Luego al considerar ámbitos provinciales se ha tenido que reducir el rango temporal de análisis por falta de información más actualizada considerando así valores desde el año 2012 al 2018. Así con estos valores, se ha obtenido que la mayoría de las provincias registran coeficientes superiores a 0,7 considerando tanto coeficientes de determinación como de correlación, lo cual indica una fuerte relación entre las variables consideradas.

Tabla 6-3. Coeficientes de determinación (r^2) y correlación Spearman, entre VAB, intensidad radiante y superficie con luminosidad urbana, por provincias. Ecuador 2012-2019

2012 - 2018		VAB			
Regiones	Provincias	R2		Spearman	
		Int. Radiante	Superficie	Int. Radiante	Superficie
Costa	El Oro	0,69	0,87	0,83	0,93
	Esmeraldas	0,88	0,92	0,94	0,96
	Guayas	0,88	0,95	0,94	0,97
	Los Ríos	0,53	0,62	0,73	0,79
	Manabí	0,77	0,75	0,88	0,87
	Santa Elena	0,04	0,01	0,20	0,12
	Santo domingo	0,78	0,80	0,88	0,89
	Azuay	0,88	0,96	0,94	0,98
	Bolívar	0,64	0,78	0,80	0,88
	Cañar	0,60	0,60	0,78	0,78
Sierra	Carchi	0,52	0,55	0,72	0,74
	Cotopaxi	0,63	0,70	0,79	0,84
	Chimborazo	0,75	0,73	0,87	0,85
	Imbabura	0,76	0,68	0,87	0,82
	Loja	0,72	0,72	0,85	0,85
	Pichincha	0,76	0,79	0,87	0,89
	Tungurahua	0,80	0,77	0,89	0,88
	Morona Santiago	0,70	0,59	0,83	0,77
Amazonía	Napo	0,81	0,80	0,90	0,89
	Orellana	0,83	0,75	-0,91	-0,86
	Pastaza	0,44	0,49	-0,67	-0,70
	Sucumbíos	0,50	0,34	-0,71	-0,58
	Zamora Chinchipe	0,68	0,52	0,83	0,72
NACIONAL	2012-2019	0,72	0,76	0,85	0,87

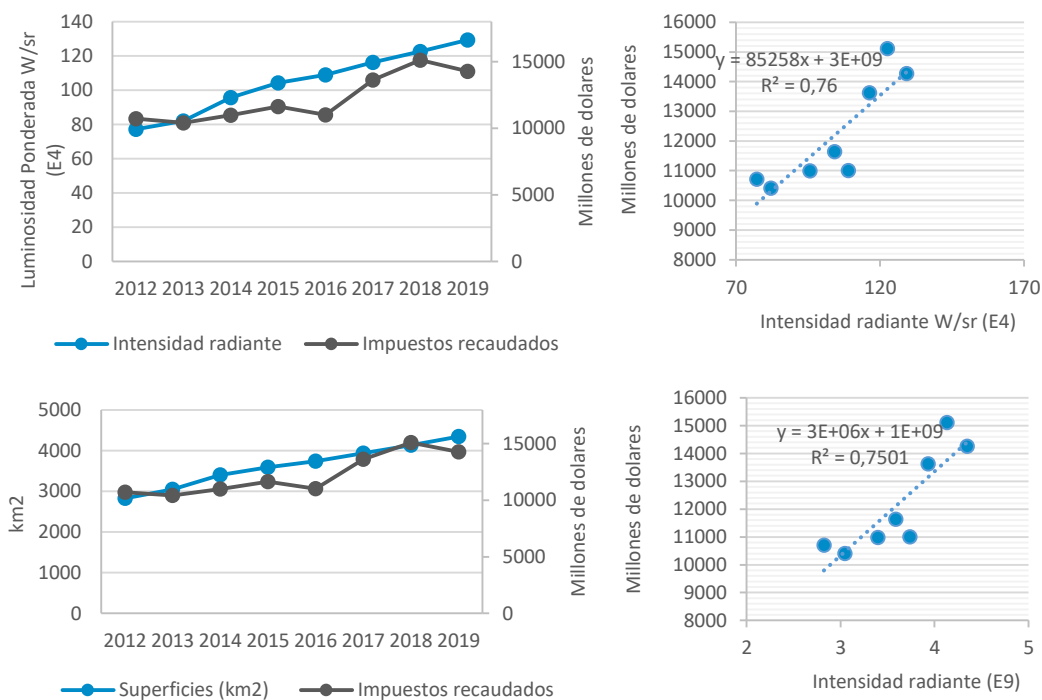
Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS y Banco Central del Ecuador.

Se ha creído oportuno destacar a las provincias de Esmeraldas, Guayas y Azuay por registrar los coeficientes más elevados, lo cual corrobora la alta relación que existe entre las variables lumínicas y la evolución del VAB. Por otro lado, se debe mencionar a la provincia de Santa Elena, donde se han obtenido coeficientes de determinación y correlación próximos a cero o bastante bajos tanto al comparar los datos del VAB con la intensidad radiante como con la superficie con luminosidad urbana. En esta provincia se emplaza una refinería de petróleo y parte de su territorio forma parte de las áreas concesionadas para la extracción de petróleo. Además, también se han identificado coeficientes de correlación negativa en provincias amazónicas que albergan usos extractivos. De este modo, en estos territorios vinculados a usos extractivistas de gran impacto, el VAB, la población, el consumo eléctrico y demás dejan de ser las principales variables que reflejan las dinámicas territoriales para dar paso a otras variables con mayor impacto sobre el medio. En el próximo capítulo se debatirá como la luminosidad emitida en territorios que albergan actividades vinculadas a usos extractivistas guardan relación con el volumen de producción de crudo.

6.2.7. Relación entre la intensidad radiante y la evolución impuestos recaudados

En primer lugar, al analizar las tasas de variación anual de los impuestos recaudados se ha determinado que, en el 2016, año que coincide con el periodo de recesión, la recaudación de impuestos disminuye un 5,2% con respecto al año anterior. Aquí se debe remarcar que en este año además de la situación económica que atravesaba el país, se produjo un seísmo que altero la economía de gran parte del norte de la región Costa, por lo cual los montos totales de la recaudación de impuestos pudieron verse afectados, al igual que la economía en general. Luego para el año 2017 se registra un incremento de 22,9% lo cual refleja la voluntad por parte del Gobierno central para recaudar fondos y no un crecimiento de la economía, así en este año el IVA subió 2%, mientras que el PIB a precios constante en este mismo año se incrementó únicamente en un 3% y a precios actuales tuvo un incremento de 4,4%. En conjunto para el periodo de análisis se ha obtenido una tasa media anual acumulativa de 4,1%.

Figura 6-10. Evolución anual de los impuestos recaudados y relación con la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad urbana. Ecuador 2012- 2019



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS y Banco Central del Ecuador.

Ahora bien, al identificar la relación entre la luminosidad y la recaudación de impuestos se ha obtenido que, a nivel nacional, el coeficiente de determinación (r^2) es de 0,76 entre los impuestos recaudados y la intensidad radiante y de 0,75 con la superficie con luminosidad urbana. Asimismo, al calcular el coeficiente de correlación ρ se obtiene como resultado 0,87 tanto con la intensidad radiante y como con la superficie con luminosidad urbana. En

este sentido, los coeficientes de correlación son elevados pero los de determinación son más débiles, por lo que, al estimar el volumen de impuestos a partir de la luminosidad se obtendrían valores próximos, aunque con cierta variación.

Luego al determinar las relaciones a nivel de provincia se ha podido observar comportamientos distintos. Al referirnos en primer lugar a Manabí, provincia más afectada por el terremoto, a pesar de la situación singular, la luminosidad y el volumen de impuestos recaudados registra una relación bastante elevada en todos los coeficientes calculados.

Por su parte, las provincias amazónicas, que contienen usos extractivistas registran bajos coeficientes de determinación y correlación entre los impuestos recaudados y las variables lumínicas, lo cual resulta fácil de entender si se tiene en cuenta que, en gran parte, las actividades extractivas de estas provincias se cotizan en la Capital. Esta situación a su vez explica los relativamente bajos coeficientes obtenidos para Pichincha, provincia que alberga a Quito.

Tabla 6-4. Coeficientes de determinación (r^2) y correlación Spearman, entre impuestos recaudados, intensidad radiante y superficie con luminosidad urbana, por provincias. 2012-2019

2012-2019	Provincias	R2		Spearman	
		Int. Radiante	Superficie	Int. Radiante	Superficie
Regiones	El Oro	0,83	0,87	0,91	0,93
	Esmeraldas	0,53	0,69	0,73	0,83
Costa	Guayas	0,87	0,71	0,93	0,84
	Los Ríos	0,86	0,92	0,93	0,96
	Manabí	0,85	0,83	0,92	0,91
	Santa Elena	0,35	0,25	0,59	0,50
	Santo domingo	0,77	0,75	0,88	0,87
	Azuay	0,90	0,89	0,95	0,94
Sierra	Bolívar	0,23	0,29	0,48	0,54
	Cañar	0,07	0,06	0,26	0,25
	Carchi	0,25	0,16	0,50	0,40
	Cotopaxi	0,83	0,74	0,91	0,86
	Chimborazo	0,70	0,60	0,83	0,77
	Imbabura	0,63	0,51	0,79	0,72
	Loja	0,89	0,92	0,94	0,96
	Pichincha	0,60	0,62	0,78	0,79
	Tungurahua	0,89	0,85	0,94	0,92
	Morona Santiago	0,77	0,79	0,88	0,89
Amazonía	Napo	0,03	0,13	0,18	0,36
	Orellana	0,39	0,41	0,62	0,64
	Pastaza	0,31	0,44	0,55	0,67
	Sucumbíos	0,14	0,22	0,37	0,47
	Zamora Chinchipe	0,81	0,72	0,90	0,85
NACIONAL		0,76	0,75	0,87	0,87

Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS y Banco Central del Ecuador.

De este modo, los coeficientes presentados en la Tabla 6-4 reflejan las relaciones entre las variables analizadas, destacando por un lado las altas correspondencias y por otro situaciones particulares en cada sitio. Así, a pesar de los bajos coeficientes obtenidos en algunas provincias, estos resultan ser útiles, en algunos casos, para destacar hechos singulares.

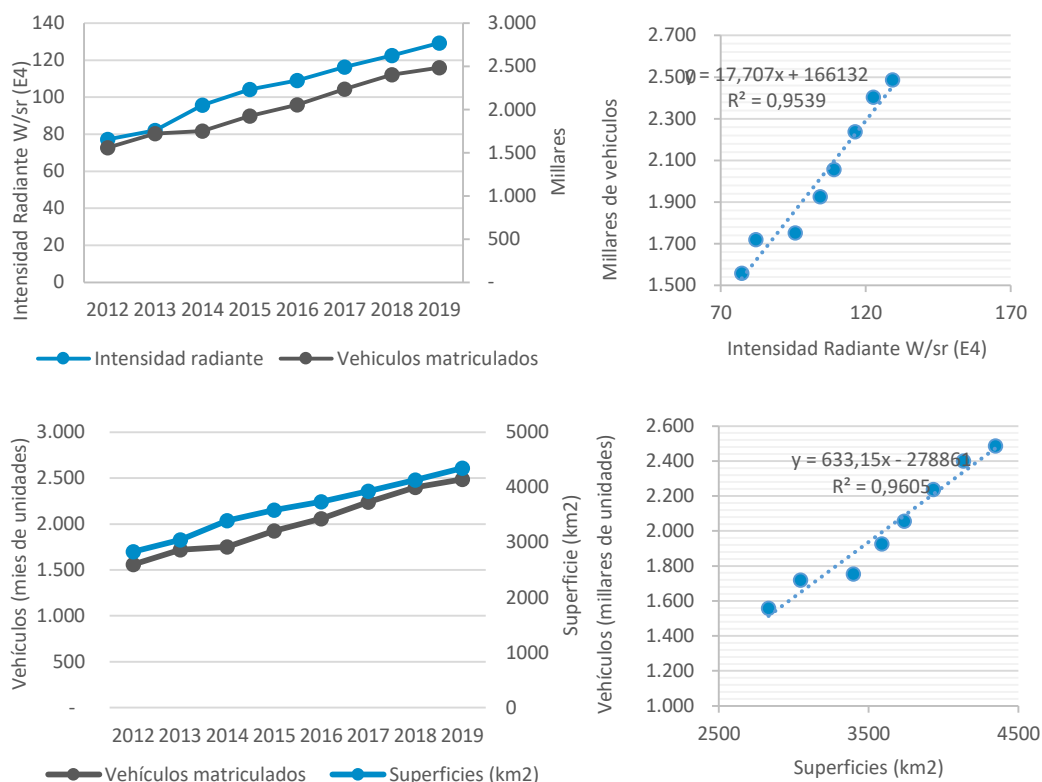
6.2.8. Relación entre intensidad radiante y la evolución del número de vehículos matriculados

Al analizar la evolución anual de los vehículos matriculados a nivel continental, estos registran tasas de incremento anual que varían entre 10,4% (año 2013) y 1,9% (año 2014). Así entre 2012 y 2019 se obtuvo una tasa de media anual acumulativa de 6,9%.

Luego al contrastar estos datos con la evolución de las variables lumínicas entre 2012 al 2019, se ha obtenido coeficientes de determinación de 0,95 con la intensidad radiante y de 0,96 con la superficie con intensidad lumínica urbana. Asimismo, el coeficiente de correlación Spearman muestra un valor de 0,98 en ambos casos. A través de estos elevados coeficientes se puede inferir que la evolución de las variables analizadas es prácticamente idéntica.

En este sentido, resulta lógico suponer que, al extenderse los usos antrópicos por el territorio, la población requiera un mayor número de vehículos, sobre todo si se considera que en la mayoría de asentamientos el transporte público es bastante deficiente en cuanto a calidad y cobertura. En este sentido, la evolución del número de vehículo refleja la dispersión de los usos urbanos en el espacio y a su vez una mayor intensidad y expansión lumínica.

Figura 6-11. Evolución anual de los vehículos matriculados y relación con la intensidad radiante y la superficie con luminosidad urbana, Ecuador 2012- 2019.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS y INEC.

Ahora bien, los datos por provincia se encuentran disponibles hasta el año 2018 por lo que los coeficientes presentados en la Tabla 6-5 corresponden a un análisis de un periodo temporal que abarca desde el año 2012 al 2018.

Los coeficientes determinados varían ampliamente, aunque de manera general se observa que la mayoría de provincias obtiene coeficientes de determinación y de correlación superiores a 0,7 entre la evolución del número de vehículos matriculados y las variables lumínicas consideradas en este apartado, lo que implica una elevada relación entre los ritmos de evolución entre variables.

Tabla 6-5 Coeficientes de determinación (r^2) y correlación Spearman, entre vehículos matriculados, intensidad radiante y superficie con luminosidad urbana, por provincias. Ecuador 2012-2018

2012 - 2018		Número de vehículos motorizados matriculados			
Regiones	Provincias	R2		Spearman	
		Int. Radiante	Superficie	Int. Radiante	Superficie
Costa	El Oro	0,71	0,91	0,84	0,95
	Esmeraldas	0,62	0,59	0,79	0,77
	Guayas	0,46	0,25	0,68	0,50
	Los Ríos	0,79	0,86	0,89	0,93
	Manabí	0,90	0,90	0,95	0,95
	Santa Elena	0,58	0,40	0,76	0,63
	Santo domingo	0,67	0,69	0,82	0,83
Sierra	Azuay	0,93	0,98	0,97	0,99
	Bolívar	0,82	0,92	0,91	0,96
	Cañar	0,28	0,27	0,53	0,52
	Carchi	0,80	0,65	0,90	0,81
	Cotopaxi	0,91	0,91	0,95	0,95
	Chimborazo	0,45	0,51	0,67	0,71
	Imbabura	0,87	0,87	0,93	0,93
	Loja	0,94	0,96	0,97	0,98
	Pichincha	0,89	0,86	0,94	0,93
	Tungurahua	0,96	0,94	0,98	0,97
Amazonía	Morona Santiago	0,71	0,63	0,84	0,79
	Napo	0,89	0,94	0,94	0,97
	Orellana	0,76	0,87	0,87	0,93
	Pastaza	0,38	0,48	0,61	0,69
	Sucumbíos	0,45	0,45	0,67	0,67
	Zamora Chinchipe	0,77	0,38	0,88	0,61
NACIONAL		0,95	0,96	0,98	0,98

Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS y INEC.

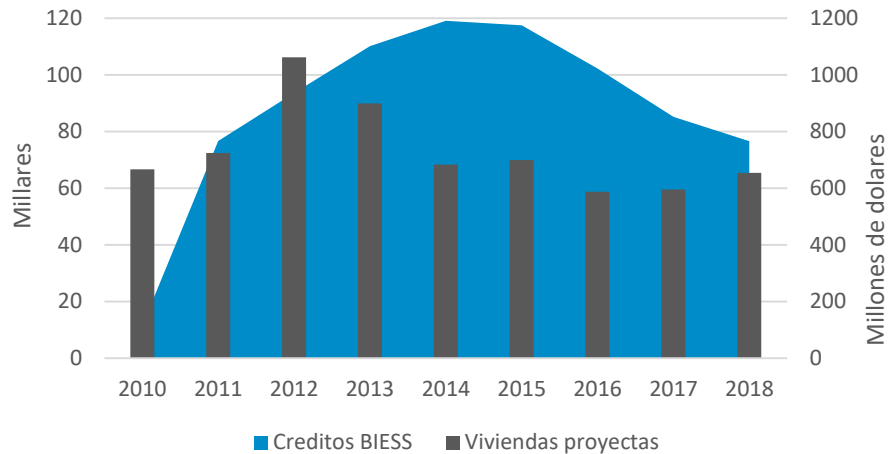
6.2.9. Relación entre la intensidad radiante y la evolución de edificaciones de viviendas

Como es evidente, el proceso de urbanización se encuentra en buena medida ligado a la construcción de viviendas, por lo cual a través de los datos disponibles se ha buscado identificar la relación entre los incrementos de luminosidad y las edificaciones construidas en estos últimos años.

En primer lugar, al considerar que el volumen de créditos destinados a la vivienda por parte del Estado, se ha visto un incremento considerable de préstamos desde el 2010 por parte Banco del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (BIESS), que superan ampliamente los que otorgan otras instituciones. El BIESS desde el año 2008 al 2013 ha otorgado el 43% de los créditos a viviendas bajo la modalidad de créditos hipotecarios, seguido de bancos privados (39%) y el resto otorgado por mutualistas, cooperativas y sociedades financieras (MIDUVI, 2015).

En este sentido, según el Censo de Edificaciones del INEC, el número de viviendas proyectadas por año se mantiene relativamente elevado en los últimos años con un registro máximo de 106.000 en el 2012 y 90.000 en 2011, y pesar del periodo de recesión económica del país se registraron 59.000 viviendas en año 2016. Lo que implica que el sector de la construcción se ha mantenido activo durante estos años, lo cual influye de manera directa en el proceso de expansión urbana y de dispersión de los usos urbano.

Figura 6-12. Evolución de los créditos del BIEES y Viviendas proyectadas. Ecuador 2012-2018.



Elaboración: propia a partir de datos del MIDUVI y Censo de edificaciones del INEC.

También es importante resaltar que estos datos corresponden a las edificaciones con permisos de construcción, pero existe otro sector que edifica de manera irregular, con lo que se debe tener en cuenta que el número de viviendas y edificaciones nuevas en el territorio es mucho mayor. Por lo cual no se cuenta con datos exactos sobre la evolución anual de nuevas viviendas en el territorio.

Al realizar un análisis más detallado en ámbitos provinciales se ha podido observar distintos patrones de comportamiento. Para este análisis se han incorporado datos referentes al costo de la construcción y los metros de las viviendas proyectadas (Tabla 6-6).

Tabla 6-6. Incrementos lumínicos y de superficie con luminosidad urbana; terrenos construidos y viviendas proyectadas, por provincias, Ecuador 2012-2018.

	Incremento radiancia	Incremento Sup. iluminada km2	Terrenos construidos km2	Viviendas const	Super / Terr R	m2 /viv	\$/ m2
Provincias							
El Oro	16	47	2,04	10.356	23,0	197	237
Esmeraldas	11	37	0,71	3.154	52,5	226	271
Guayas	102	168	23,41	144.399	7,2	162	334
Los Ríos	18	58	2,05	9.382	28,3	218	216
Manabí	44	152	7,49	20.222	20,3	371	249
Santa Elena	7	16	2,05	7.048	7,8	291	217
Santo domingo	11	35	1,97	8.275	18,0	238	271
Azuay	20	79	7,45	23.537	10,6	317	295
Bolívar	3	9	0,68	4.476	13,9	153	234
Cañar	5	24	2,15	4.123	11,1	521	295
Carchi	3	15	0,79	3.058	18,5	259	236
Cotopaxi	15	55	2,20	10.391	25,3	211	244
Chimboraz							
o	4	9	2,71	6.336	3,2	428	220
Imbabura	13	58	6,37	21.099	9,1	302	255
Loja	6	25	3,24	13.129	7,6	246	266
Pichincha	52	194	20,26	82.321	9,6	246	340
Tungurahua	14	48	9,64	24.146	5,0	399	241
Morona Santiago	3	8	1,17	2.604	7,0	448	228
Napo	4	12	0,98	2.066	11,8	474	259
Orellana	62	168	0,80	1.749	209,	459	263
Pastaza	1	4	0,45	1.172	9,3	386	241
Sucumbíos	38	77	1,66	3.797	46,3	436	267
Zamora Chinchi	1	3	0,92	2.907	2,9	316	274
Nacional	454	1301	101	339920	12,9	247	299

Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS 2012-2018, INEC, Encuesta de Edificaciones 2018.

A través de estos datos se logra apreciar nuevamente diferencias territoriales. Al fijar la atención en Pichincha (Quito) y Guayas (Guayaquil), estos registran los costes más elevados por metro cuadrado de construcción, y a la vez registran superficies menos extensas por vivienda. En este sentido, es obvio considerar que el costo de la construcción influye en el tamaño de la vivienda, es así que se podría afirmar que con costos de vivienda más bajo la población tiende a adquirir viviendas de mayor superficie, mientras que, si el terreno y la construcción son más costosas, las viviendas tienden a ser más pequeñas. Siguiendo esta lógica se comprende que, en ciudades de mayor importancia jerárquica, por ser focos de atracción, como Quito y Guayaquil se registren bajos valores respecto a los metros cuadrados por vivienda debido principalmente a un mayor coste de suelo por la elevada demanda. Por otro lado, en la región amazónica, en promedio, los costes de la edificación por metro cuadrado son más bajos y las viviendas se emplazan en terrenos más extensos que la media nacional, lo que implica que el modelo de territorial en estas regiones produce un proceso de ocupación más disperso que en el resto de regiones.

En definitiva, a Quito y Guayaquil, con viviendas menos extensas, les corresponden los niveles más elevados de intensidad radiante, mientras que a la región amazónica, con viviendas localizadas en terrenos más extensos, les corresponden niveles inferiores de radiancia. De este modo, se evidencia que el modelo de urbanización implantado en cada territorio se vincula con la intensidad lumínica que genera.

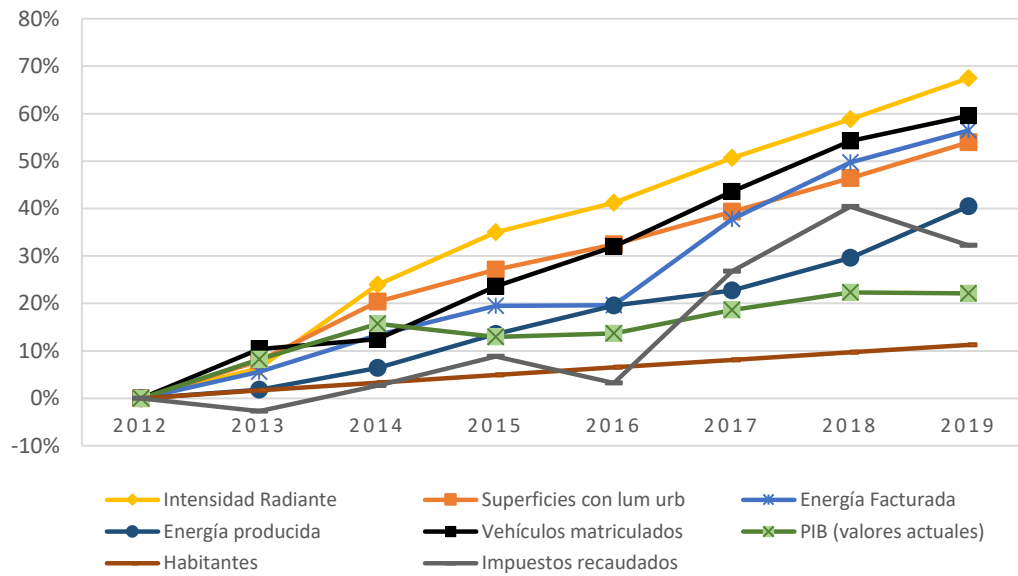
6.2.1. Análisis general de la evolución de las variables

En base a los coeficientes obtenidos en el presente capítulo, se puede inferir que los patrones de evolución de las variables contrastadas son en buena medida similares o se encuentran vinculados. Sin embargo, se debe tener en cuenta fenómenos económicos, antrópicos o naturales que puedan alterar los datos de las variables socioeconómicas y lumínicas consideradas. Es decir que existen una serie de factores que condicionan las variables analizadas y que en casos particulares pueden provocar que la relación entre estos indicadores se vea alterada.

En definitiva, lo que se persigue a través de la presentación de esta serie de análisis es demostrar que los valores obtenidos a través de las imágenes satelitales nocturnas pueden constituirse como indicadores a través de los cuales se puede inferir datos de carácter económico, social, demográfico y demás. De aquí se deriva que gracias a la recurrencia y a la cobertura de las imágenes satelitales empleadas, es posible estimar variables que a través de otros métodos requieren más tiempo y un levantamiento de información más complejo. Además, los coeficientes calculados entre las variables lumínicas y urbanas resultan ser válidos para caracterizar hasta cierto punto las dinámicas territoriales y destacar las especificidades de algunos asentamientos.

A modo de síntesis se ha elaborado la Figura 6-13, en la cual se presenta la evolución de las distintas variables mencionadas a través de las tasas de variación anual acumuladas desde el año 2012 hasta 2019. De este modo, se pone en evidencia los ritmos más acelerados de incremento de la intensidad radiante y la superficie con luminosidad urbana, y junto a estas destaca igualmente las tasas de incremento de los vehículos matriculados. Por su parte, el resto de variables mantiene tasas de incrementos más bajas generándose una brecha entre las variables lumínicas y las variables económicas (PIB, impuestos recaudados), demográficas, y energéticas.

Figura 6-13. Evolución acumulada de las tasas de incremento anual de las variables socioeconómicas. Ecuador 2012-2019



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, datos del Banco Central, ARCONEL, INEC.

Para este análisis general no se ha considerado la información referente a las edificaciones puesto que corresponden a valores anuales de permisos de construcción puesto que estos valores no implican una actuación real sobre el territorio. Así el permiso para edificar no implica el inicio de la obra como tal y en otros la finalización y posterior ocupación de la misma. De modo que el momento en el que se otorga el permiso de construcción no origina necesariamente una nueva actividad antrópica sobre el medio.

Tabla 6-7. Coeficientes de determinación y correlación 2012- 2019 entre variables urbanas y lumínicas.

Variables	R2		Spearman	
	Intensidad Radiante	Superficies ilum	Intensidad Radiante	Superficies ilum
Energía Facturada	0,92	0,93	0,96	0,96
Energía producida	0,95	0,95	0,97	0,97
Impuestos recaudados	0,76	0,75	0,87	0,87
PIB (valores actuales)	0,86	0,88	0,93	0,94
PIB (valores constantes)	0,79	0,81	0,89	0,99
Población	0,99	0,99	0,99	0,99
Vehículos matriculados	0,95	0,96	0,98	0,98
VAB	0,72	0,76	0,85	0,87

Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, datos del Banco Central, ARCONEL, INEC.

6.3. IDENTIFICACIÓN DE INEQUIDADES TERRITORIALES

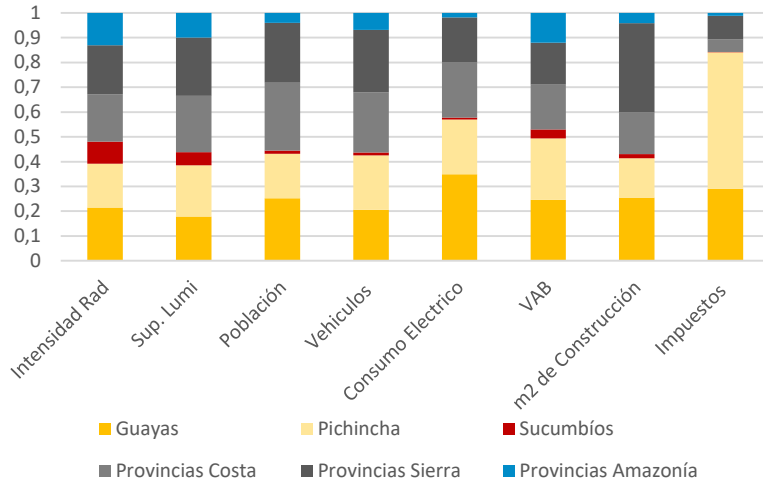
Resulta interesante destacar que, a excepción del año 2016 cuando el país sufrió un periodo de recesión con una tasa de variación negativa de 1,6, el PIB a nivel nacional en general ha registrado tasas de variación positivas, lo cual, en principio, refleja una economía en crecimiento. Además, al tomar en cuenta los datos del capítulo 2 sobre la caracterización del territorio ecuatoriano, se puede afirmar que se han conocido mejoras en la calidad de vida, reflejadas en la disminución de los índices de pobreza, acceso a servicios básicos y demás. Sin embargo, es importante resaltar que estos datos son el resultado de la media general del territorio nacional, lo cual puede producir generalizaciones que esconden la situación de territorios específicos. Para explicar el alcance de estas desigualdades, a continuación se ha tratado de delinear un análisis comparativo entre las regiones y provincias ecuatorianas y así identificar casos singulares que ahondan las diferencias intraterritoriales.

6.3.1. La bicefalia generada por Quito y Guayaquil

A través de la información disponible del INEC, BCE y el ARCONEL, se ha calculado que, en el año 2018, las provincias de Pichincha y Guayas albergaban al 43% de la población ecuatoriana, contribuían con el 53% al valor total del VAB, y concentraban el 56% del consumo eléctrico facturado del país, recaudaban 84% de los impuestos totales y matriculaban 44% de los vehículos motorizados. Además, considerando datos extraídos de las imágenes satelitales nocturnas se ha calculado que, en este mismo año, estas provincias concentraban el 39% de la luminosidad emitida y el 38% de la superficie con luminosidad urbana. Así, tal como se ha reiterado varias veces a lo largo de esta investigación, Pichincha y Guayas concentran gran parte de la actividad antrópica, lo que se visibiliza a través de datos de demográficos, económicos, energéticos y lumínicos.

Además, para visibilizar la representatividad de cada variable por región se ha elaborado la Figura 6-14, en la cual se ha destacado la provincia de mayor relevancia de la región como lo es Pichincha, Guayas y Sucumbíos, y se presenta los valores conjuntos del resto de provincias de cada región. A través de esta grafica se aprecia claramente la mayor representatividad en todas las variables analizadas de las provincias de Pichincha y Guayas.

Figura 6-14. Distribución de las variables lumínicas y socioeconómicas por regiones y principal polo de desarrollo regional, Ecuador 2018.

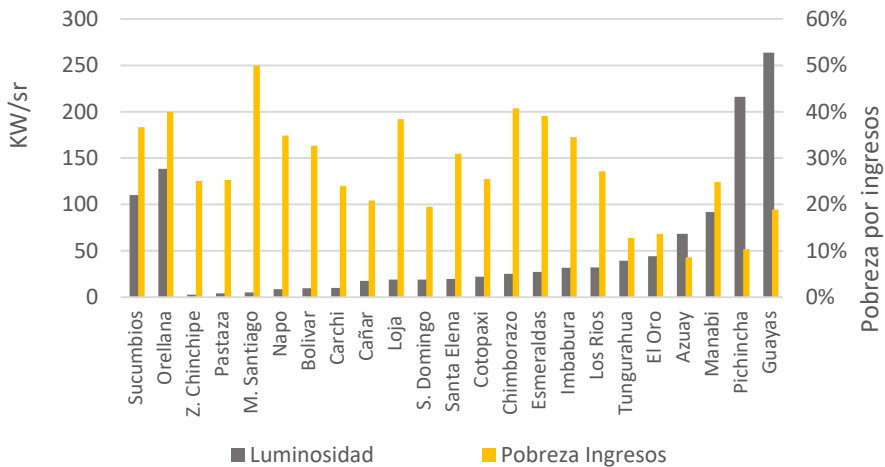


Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS 2018, datos del Banco Central, ARCONEL, INEC.

6.3.2. La radiancia como indicador de las inequidades provinciales

Al revisar datos de radiancia y tasas de pobreza de la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU), sobresale el hecho de que las menores tasas de desempleo coinciden con las provincias con mayores emisiones de luz. Es así como en el 2018, provincias como Pichincha, Guayas, Tungurahua, El Oro, Azuay, registran los mayores niveles de intensidad media y a la vez presentan incidencias de pobreza y extrema pobreza inferiores a la media nacional. Por lo cual, se podría inferir una posible relación entre la luminosidad y la pobreza de la población (Andreano et al., 2020).

Figura 6-15. Radiancia y pobreza por ingresos por provincias. Ecuador 2018



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS 2018, INEC, ENEMDU 2018

En este sentido para abordar con mayor profundidad las diferencias entre provincias se ha generado una matriz con diversas variables que muestran la representatividad de cada variable con respecto al total nacional excepto en la variable referente a la pobreza por ingresos, la cual expresa el porcentaje de pobreza en su ámbito específico. Para la elaboración de la Tabla 6-8 se ha empleado información del año 2018 que corresponde a la más actualizada para el conjunto de variables empleadas.

Los valores se encuentran organizados de manera descendiente en relación a la representatividad de la intensidad radiante calculada para cada provincia. Empezando por los territorios más luminosos, se puede observar, tal y como se ha mencionado anteriormente, que Guayas y Pichincha registran una mayor representatividad en todas las variables analizadas, excepto en la pobreza por ingresos, registrando porcentajes inferiores a la media nacional del año 2018 (23,2%).

Tabla 6-8. Representatividad de variables lumínicas y urbanas por provincias. Ecuador 2018

	Intensidad radiante	Superficies	Población	Electricidad	VAB	Vehículos	Impuesto	Superficie a edificar	Vivienda proyectadas	Pobreza por ingresos
Zamora Chinchipe	0,22	0,28	0,69	0,27	0,30	0,42	0,68	0,67	0,88	0,25
Pastaza	0,34	0,51	0,65	0,29	0,72	0,49	0,09	0,28	0,41	0,25
Morona Santiago	0,43	0,45	1,12	0,36	0,51	0,62	0,11	0,53	0,82	0,50
Napo	0,71	0,75	0,76	0,41	0,46	0,39	0,07	0,39	0,46	0,35
Bolívar	0,78	0,84	1,21	0,45	0,64	1,07	0,08	0,41	0,72	0,33
Carchi	0,82	1,10	1,08	0,47	0,67	0,99	0,13	0,45	0,80	0,24
Cañar	1,43	1,88	1,61	1,42	1,07	1,86	0,24	0,83	1,12	0,21
Loja	1,55	2,13	3,00	1,70	1,78	2,89	0,50	2,53	3,20	0,38
Santo domingo	1,56	1,66	2,62	2,52	2,04	3,38	0,55	1,74	2,98	0,20
Santa Elena	1,61	1,98	2,28	2,38	1,55	1,29	0,22	0,73	1,02	0,31
Chimborazo	1,80	2,25	2,81	2,42	1,96	2,96	0,85	0,94	1,08	0,26
Cotopaxi	2,06	2,37	3,02	1,96	1,86	2,84	0,54	1,47	2,09	0,41
Esmeraldas	2,21	3,17	3,69	2,58	3,10	1,89	0,40	0,33	0,84	0,39
Imbabura	2,58	4,09	2,73	1,80	1,94	2,45	0,72	3,50	8,97	0,34
Los Ríos	2,62	2,58	5,30	3,43	3,57	5,49	0,53	1,09	1,85	0,27
Tungurahua	3,20	4,56	3,40	2,70	2,87	4,47	1,59	4,35	5,91	0,13
El Oro	3,61	4,41	4,11	4,55	3,58	4,83	1,43	1,79	2,86	0,14
Azuay	5,58	6,05	5,04	5,11	5,36	6,44	4,99	4,35	5,55	0,09
Manabí	7,49	7,22	9,01	7,44	6,08	8,64	1,88	3,34	4,35	0,25
Sucumbíos	8,99	4,93	1,31	0,97	1,89	1,24	0,14	0,39	0,68	0,37
Orellana	11,29	8,91	0,93	0,62	4,68	0,77	0,18	0,32	0,41	0,40
Pichincha	17,63	20,36	18,45	20,85	26,65	22,53	55,02	54,59	36,21	0,10
Guayas	21,50	17,52	25,17	35,32	26,72	22,06	29,04	15,00	16,78	0,19

Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS 2018, datos del Banco Central, ARCONEL, INEC, SRI.

Luego Sucumbíos y Orellana, provincias amazónicas, destacan por su excesiva luminosidad frente a indicadores de población, consumo eléctrico, VAB, número de vehículos, impuesto y nuevas edificaciones significativamente bajos. A la vez se observan con indicadores de pobreza superiores a la media nacional.

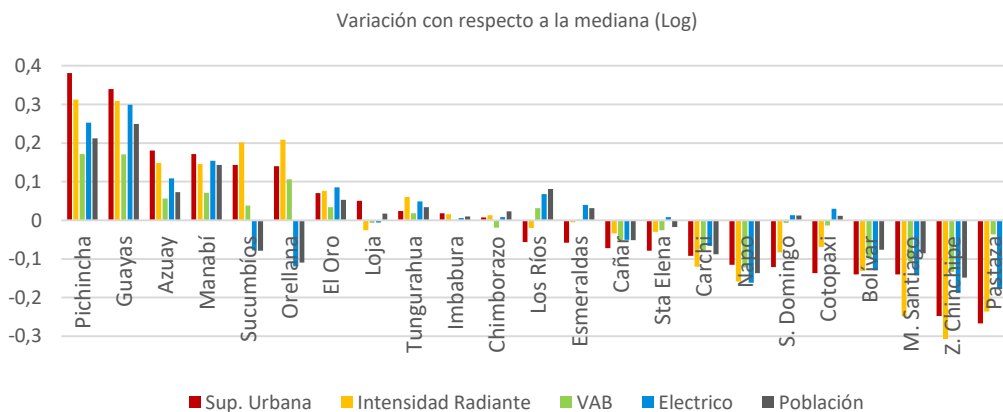
En cuanto a la provincia del Azuay, se observa que es la tercera provincia que más impuestos recauda, luego de Quito y Guayaquil y es la que registra el menor porcentaje de población en situación de pobreza por ingresos. Así, se puede intuir que la población de este territorio tiene en general mayores ingresos o está más regulada con lo que contribuyen en mayor medida a la recaudación de impuestos. Además, según datos del INEC, la capital de esta provincia, Cuenca, registró el costo más elevado de la canasta familiar básica en 2017, lo cual refleja que un mayor costo de vida en este territorio.

Finalmente se ha querido remarcar de que las otras 4 provincias amazónicas, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Pastaza y Napo, son las menos iluminadas y las menos representativas en el resto de variables analizadas, excepto en el porcentaje de población en situación de pobreza pues registran valores superiores a varias otras provincias.

En este sentido el uso de los indicadores lumínicos resultan de gran utilidad para caracterizar el ámbito de estudio y destacar particularidades específicas. Así, a lo largo de toda la investigación se han realizado puntualizaciones para destacar las diferencias entre los diversos asentamientos haciendo uso de estos indicadores, con lo cual se ha logrado constatar las profundas desigualdades territoriales. De esta manera se quiere sustentar la necesidad imperante de un modelo de gestión integrado encaminado a un desarrollo económico, social y territorial adecuado para toda la población.

A fin de visibilizar de manera más clara las diferencias provinciales se ha generado la Figura 6-16 que refleja las diferencias por provincia con respecto a la media nacional de las variables analizadas. Además, para equiparar las escalas de las variables se ha empleado valores logaritmos que permiten obtener una escala más plana y a la vez mantener las diferencias entre territorios.

Figura 6-16. Variación de variables lumínicas y socioeconómicas con respecto a la media nacional por provincias. Ecuador 2018

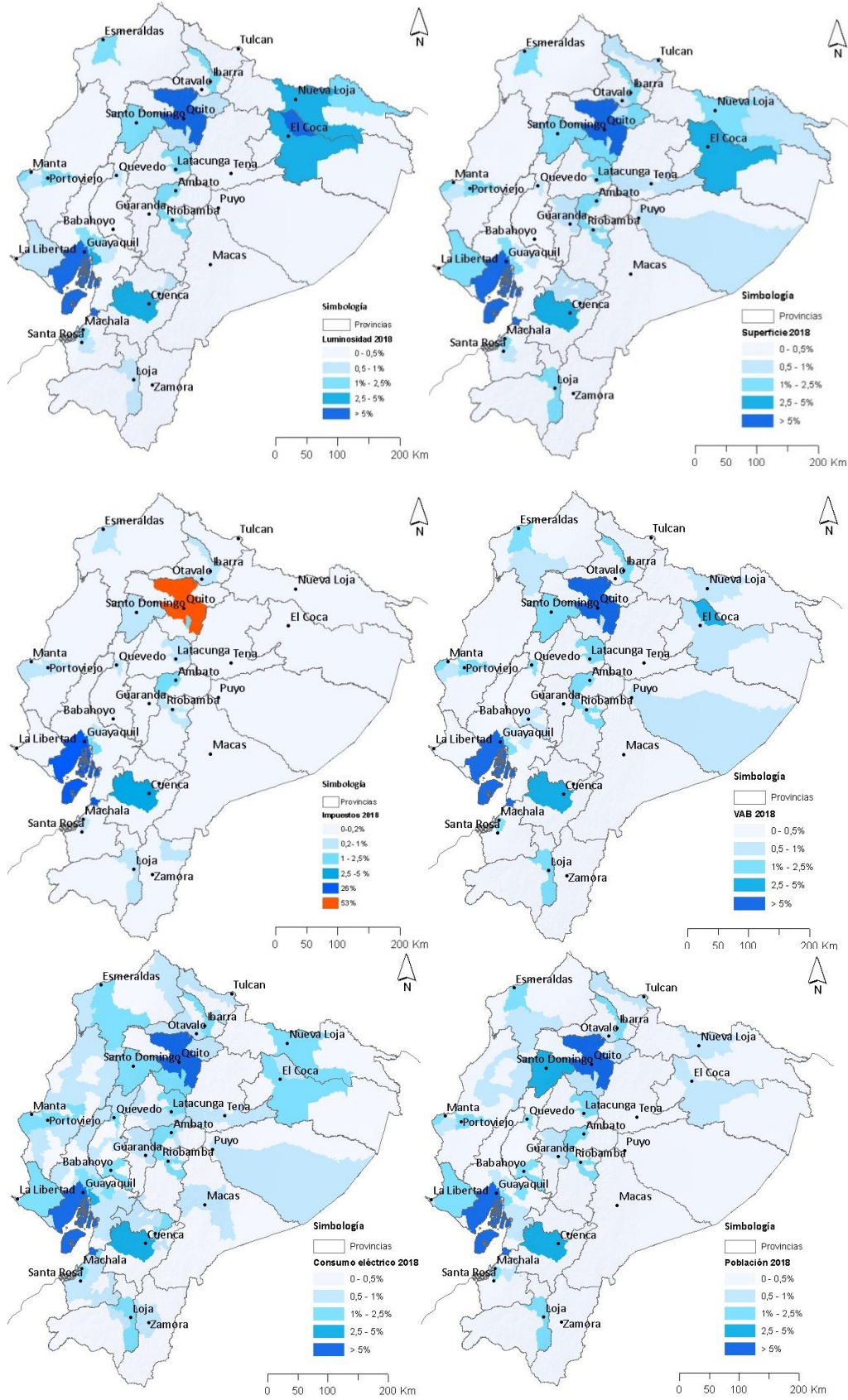


Elaboración propia a partir de imágenes VIIRS 2018, datos del Banco Central, ARCONEL, INEC.

Así, las provincias que contienen a Quito y Guayaquil presentan los indicadores más elevados en todas las variables consideradas, es decir superficie con luminosidad urbana, radiancia total emitida, VAB, consumo eléctrico y población. Mientras que, por otro lado, tres provincias amazónicas, Morona Santiago, Zamora Chinchipe y Pastaza, presentan indicadores que están muy por debajo de la mediana. En el gráfico se observa como Sucumbíos y Orellana a pesar de presentar una población y un consumo eléctrico por debajo de la mediana, registran indicadores de luminosidad, superficie iluminada y VAB, bastante elevados, lo cual evidencia la presencia de los usos singulares en esta zona.

Igualmente, a fin de plasmar en el territorio estos desequilibrios socioeconómicos se ha contrastado la representatividad de los distintos indicadores analizados por ámbitos más pequeños, concretamente por cantones (Mapa 6-1). A través de esta serie de imágenes se evidencia la primacía de ciertos territorios.

Mapa 6-1. Distribución de variables luminosidad y socioeconómicas por cantones, 2018.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS 2018, datos del Banco Central, ARCONEL.

6.4. CONCLUSIONES

A la luz de los datos expuestos en el presente capítulo se ha tratado de dilucidar la relación que existe entre luminosidad y las diversas variables socioeconómicas. En este sentido, debido a la recurrencia y la temporalidad de las imágenes satelitales nocturnas ha sido posible realizar diversos tipos de análisis.

A continuación, se mencionan las principales conclusiones que se extraen a partir de los análisis realizados en este capítulo:

1. Se ha calculado que, en el territorio continental, entre los años 2012 y 2019, la intensidad radiante y la radiancia media se han incrementado en un 68%, por su parte, la superficie con luminosidad urbana refleja un incremento de 54%. Con ello se refleja un mayor ritmo de incremento de la intensidad lumínica frente al incremento de la intensidad lumínica urbana registrada en estos últimos 7 años.
2. Además, para fines comparativos, se han identificado los incrementos en variables vinculadas al proceso de urbanización, así se ha identificado que entre 2012 y 2019 la población se ha incrementado en un 11%, el PIB a precios constantes un 11%, y a precios actuales un 22%, la energía producida un 40% y facturada un 56%, los impuestos un 32% y finalmente los vehículos matriculados un 60%. Así puede afirmarse que las variables lumínicas se incrementan con mayor intensidad que las variables demográficas y socioeconómicas analizadas, generando así mayores transformaciones en el territorio.
3. En base a los coeficientes de determinación y correlación se ha podido establecer que a nivel nacional la intensidad radiante y la superficie con luminosidad urbana presentan coeficientes elevados en relación con las variables urbanas analizadas puesto que en la mayoría de los casos, las variables comparadas reflejan patrones similares de evolución.
4. A través de un contraste entre los valores lumínicos con variables urbanas se ha podido destacar algunos territorios. Por un lado, se ha corroborado en varias ocasiones la bicefalia que genera Quito y Guayaquil y, por otro lado, destacan comportamientos peculiares en dos provincias de la Amazonía, las cuales se ven afectados por los elevados niveles de radiancia que emiten zonas específicas.
5. A través de una segregación de datos a nivel de provincia se ha podido observar que la intensidad lumínica parece estar vinculada con el tipo de modelo de ocupación. Es así que, al analizar el número de viviendas y las superficies

destinadas a nuevas edificaciones, se observa que una mayor intensidad radiante, se relaciona con una mayor intensidad de uso del suelo, mientras que una menor intensidad supone un modelo de ocupación más disperso.

6. Desde el punto de vista del análisis de las inequidades sociales, resulta interesante mencionar que los asentamientos con mayores intensidades radiantes registran menores porcentajes de población en situación de pobreza por ingresos.
7. A través de los datos obtenidos, se evidencia la situación peculiar de Sucumbíos y Orellana. Estas provincias concentran una gran cantidad de radiancia emitida, pero mantienen indicadores muy bajos en el resto de variables. En general muestran una escasa concentración poblacional, un desarrollo económico precario y una situación de vulnerabilidad elevada.

En definitiva, al analizar las diversas variables vinculadas a las dinámicas urbanas y al contrastarlas con los valores de radiancia se ha logrado obtener una lectura más compleja del territorio además de tener una aproximación del impacto ambiental lumínico que generan los usos urbanos. También, tal como se ha visto a lo largo de este capítulo, ha sido posible obtener resultados generalizados sobre el territorio continental, y a la vez caracterizar ámbitos más reducidos corroborando así las diferencias territoriales existentes en el sistema urbano ecuatoriano.

**CAPÍTULO 7. EVOLUCIÓN DE LA LUMINOSIDAD NOCTURNA EN
ÁREAS “ESPECÍFICAS”: LOS CASOS DE LAS ISLAS
GALÁPAGOS Y LAS ZONAS PETROLERAS**



Después de analizar la evolución del proceso de urbanización en Ecuador en el período 1992-2012 y luego en el 2012–2019 a partir de las imágenes nocturnas de la Tierra, y explorada asimismo su relación con algunas variables socio-económicas, queremos culminar nuestra investigación con dos estudios de detalle. Así, nos proponemos estudiar la evolución de los usos antrópicos del suelo en las Islas Galápagos y en las áreas petroleras radicadas, sobre todo, en la Amazonía. Se trata de dos ámbitos emblemáticos para el país y además constituyen espacios de gran interés ambiental. En ellos rigen, sin embargo, directrices muy distintas. En uno de los ámbitos se ha logrado consolidar una política encaminada a la protección y conservación, en cambio en el segundo territorio ha predominado el interés económico en detrimento, muy a menudo, de la conservación del medio natural.

En el presente capítulo se estudia pues, en primer lugar, el ámbito de las islas Galápagos, un territorio que, como es notorio, resulta de gran interés por su biodiversidad. Así, se analizó la evolución de la radiancia en los asentamientos urbanos localizados en las principales islas, obteniendo valores referentes a la intensidad lumínica y la magnitud de las superficies con usos urbanos. De esta forma, ha sido posible analizar la evolución de los usos urbanos durante estos últimos años.

En segundo lugar, el estudio se enfoca en la luminosidad que emite el territorio asignado a las áreas petroleras. En estas áreas se localizan las infraestructuras vinculadas a la extracción del petróleo, producto que genera importantes ingresos económicos al país y en relación al cual existe una fuerte dependencia económica. Así, se ha analizado la evolución lumínica de estas áreas, se ha medido su impacto absoluto y relativo, y se ha determinado su vinculación con la producción de crudo. Además, se ha realizado una comparación entre la contaminación lumínica producida por estas áreas y las principales ciudades ecuatorianas.



7.1. LA EVOLUCIÓN LUMÍNICA EN LAS ISLAS GALÁPAGOS

Debido a la muy elevada biodiversidad y a los altos niveles de endemismo que existen en sus islas, el archipiélago de las Galápagos ha sido considerado un santuario de la naturaleza, al tiempo que se convertía en icono turístico a nivel mundial. De este modo, las islas se han consolidado como un atractor de una gran cantidad de visitantes lo cual ha impulsado el proceso de urbanización.

Se ha de resaltar que las interacciones antropogénicas tienen connotaciones económicas, sociales y culturales de gran relevancia que pueden alterar la vida silvestre, la flora y el ecosistema en general. Así, gran parte los efectos sobre el medio ambiente son generados por la población en constante crecimiento, lo cual ha producido cambios en los patrones de las actividades humanas, debido a los flujos de energía y materiales necesarios para atender las demandas de residentes y, en particular, de los turistas. Estos últimos, que crecen de forma acelerada, son quienes generan una mayor demanda de insumos. En este sentido la evolución de la población local y la visitante constituyen factores de gran interés para el análisis de los usos del suelo, tal como puede ser detectado y descrito a través de la imagen satelital nocturna.

Aunque son varios los factores que afectan a este territorio en particular, nuestro análisis se ha enfocado en la contaminación lumínica producida típicamente por actividades antrópicas, se trata de una variable escasamente considerada en los análisis ambientales. Es así que en un afán de contribuir al análisis territorial de este espacio tan característico y que requiere de un tratamiento especial, se ha analizado la evolución de la radiancia en las Islas Galápagos con el uso de las imágenes VIIRS.

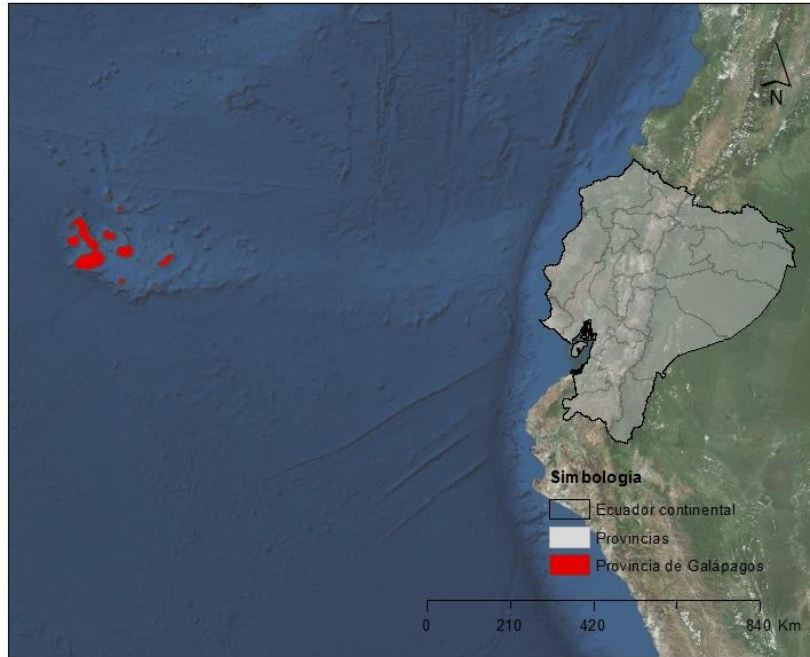
Por su localización geográfica, las bases de datos empleadas en este análisis tienen asignado el sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zona 15S.

7.1.1. Características generales de las Islas

Las Islas Galápagos localizadas a 970 km de la costa continental sobre la línea ecuatorial, poseen una superficie total de 8.010 km² distribuidos en 19 islas, islotes y rocas. Del total de la superficie, el 96,7% se encuentra declarada como Parque Nacional, el otro 3,3% conforma suelo urbano y suelo con características agrícolas y pecuarias (CGREG, 2016). Las islas son consideradas como una de las 24 provincias del Ecuador. En 1978, la UNESCO declaró a Las Galápagos como Patrimonio Natural de la Humanidad, lo que la convirtió en un emblema con carácter mundial.

Desde los viajes de Malaspina (1790) y Darwin (1835), el archipiélago ha sido ampliamente estudiado tanto desde el punto de vista naturalístico, como ambiental y geográfico. (Grenier, 2007; Quiroga, 2018; Sorman, Ramos-Martin, & Giampietro, 2014; Walsh, Engie, Page, & Frizzelle, 2019; Walsh & Mena, 2013). Así, este territorio ha sido y sigue constituyendo un ámbito de gran interés científico.

Mapa 7-1. Localización de las Islas Galápagos en relación a Ecuador continental.

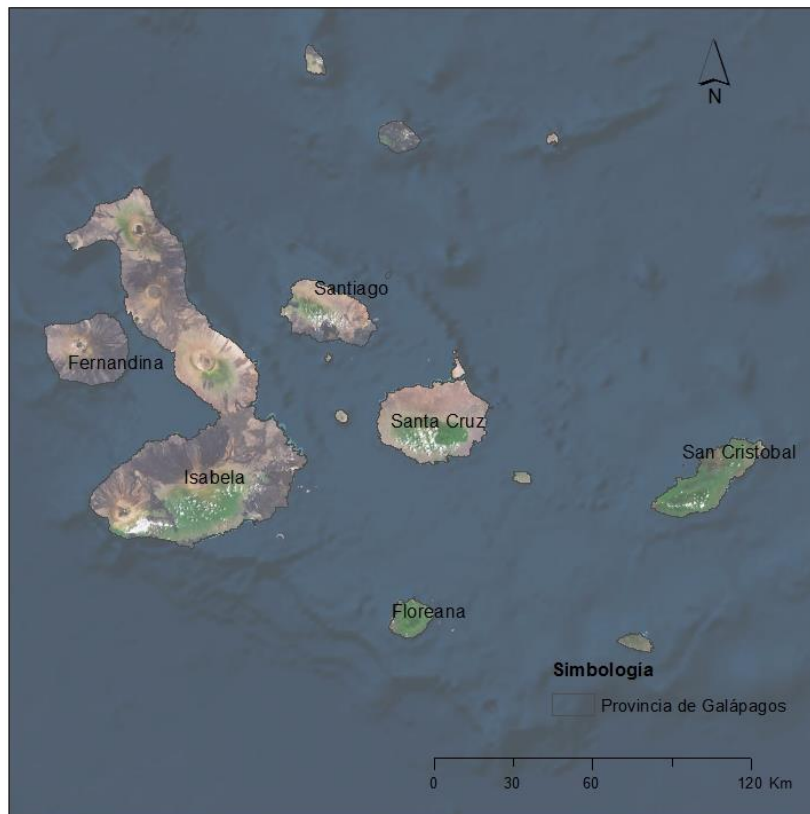


Elaboración: propia a partir de base de datos de la SENPLADES y ESRI

Según datos del último Censo realizado específicamente para esta región, viven permanentemente en el archipiélago un total de 25.000 personas frente a los 16 millones de habitantes totales del Ecuador (INEC, 2015). A pesar de las fuertes regulaciones que rigen sobre este territorio, que incluye limitaciones sobre derechos de migración interna, las islas registran incrementos porcentuales superiores a la media obtenida para el territorio continental. En efecto, la población en Galápagos se ha incrementado 4 veces más rápido que la del territorio ecuatoriano en su conjunto. Así, la población en las islas se ha multiplicado por 17,1, desde el primero al último censo (1950 a 2010), frente a las 4,5 veces que se multiplicó la población total ecuatoriana en el mismo periodo de tiempo. Según los censos nacionales, las Galápagos albergaba en el año 1950 a 1.346 personas de los 3,2 millones habitantes del Ecuador, mientras que para el año 2010, las islas se encontraban habitadas por 23.046 personas de los 14,5 millones de residentes en territorio ecuatoriano. De esta manera, los habitantes de la región insular suman peso relativo sobre el conjunto nacional: en 1950 esta provincia contenía al 0,04% de la población total, mientras que, según datos del último censo (2010), en las islas residían un 0,16% de la población ecuatoriana. A pesar de este aumento de representatividad, en

términos absolutos, la población es escasamente significativa con respecto a la totalidad de la población ecuatoriana. Esta población se distribuye en 4 Islas, emplazándose 62,2% en Santa Cruz, el 28,1% en San Cristóbal, el 9,3% en Isabela y el 0,4% en la Floreana, configurando en cada una de ellas asentamientos de carácter local y poco extensos.

Mapa 7-2. Principales islas de la provincia de Galápagos, Ecuador.



Elaboración: propia a partir de base de datos de la SENPLADES y ESRI

Además de la población residente, otro factor antrópico de gran importancia es la población fluctuante que corresponde a los visitantes del Parque, la cual se ha incrementado de manera exponencial en los últimos 40 años. Desde la declaración de la UNESCO y la posterior creación del ente encargado de gestionar el Parque, actualmente denominado Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (CGREG), el número de visitantes se ha multiplicado por 23, pasando desde 11.765 visitantes en el año 1979, a 271.238 en el 2019 (DPNG, 2020).

Es así que, al considerar el crecimiento significativo de población y turistas, se puede intuir que los impactos antrópicos sobre la isla también han aumentado. En efecto, para solventar la creciente demanda de servicios se requiere un mayor flujo de energía y materiales, importados en gran parte de Ecuador continental. Este abastecimiento constante de alimentos, agua, energía y productos de primera necesidad, así como sus

residuos, generan impactos constantes sobre el medio físico. Ante esta variedad de efectos adversos que afectan al medio, se ha considerado el estudio de la luminosidad artificial como un indicador de la evolución de las actuaciones antrópicas que afectan al territorio, considerando que este indicador se encuentra vinculado sobre todo a los usos urbanos del suelo presentes en las islas.

7.1.2. Consideraciones específicas sobre las imágenes satelitales nocturnas

Para iniciar el análisis de la luminosidad artificial nocturna es relevante mencionar una serie de fenómenos que influyen en el registro de los datos de radiancia de las imágenes satelitales en esta zona.

En primer lugar, a través del fichero en el que constan el número de lecturas, se ha observado que existen zonas de las islas que durante varios meses no registran valores de radiancia por la presencia de nubes, por lo que en las imágenes se observa valores de radiancia cero.

En segundo lugar, se han observado valores extremos de luminosidad que sobrepasan ampliamente cualquier valor registrado en territorio continental. Por medio de un análisis de estos datos se ha podido determinar que los valores extremos coinciden en temporalidad y localización con las erupciones volcánicas registradas por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. Así, los valores extremos de radiancia que se generan en estas islas se deben a fenómenos naturales, como son las erupciones volcánicas. Esta situación difiere de la que se produce en el continente donde los valores extremos de radiancia se localizan en la región amazónica, y cuyo origen es antrópico asociado directamente a la extracción petrolera, tal como se expondrá en el apartado siguiente.

En tercer lugar, en las imágenes mensuales, a pesar de que se cuenta con más de una lectura de radiancia, se ha observado que los valores extraídos de las imágenes satelitales nocturnas corresponden a valores negativos. Es así que mientras los valores negativos eran prácticamente inexistentes en el área continental, en la región insular ecuatoriana se observan extensas zonas con niveles de radiancia inferiores a cero. Esto se debe a la

presencia de fumarolas volcánicas que alteran las características del aire y, en particular, del tratamiento de las imágenes VIIRS para compensar el resplandor del aire (airglow).²⁰

La Foto 7-1 muestra una de las erupciones registradas en este territorio donde se aprecia la gran cantidad de humo que emana y la intensidad lumínica de la lava. Estos dos hechos influyen en el registro de niveles de radiancia de las imágenes satelitales nocturnas.

Foto 7-1. Volcán Wolf en erupción, 26 de mayo 2015, Isla Isabela. Galápagos



Fuente: BBC, 2015

7.1.3. Evolución de la radiancia; intensidad radiante y radiancia media

A pesar de los fenómenos antes mencionados que influyen hasta cierto punto en las intensidades de radiancia de las imágenes mensuales, ha sido posible construir una serie de imágenes anuales. Tal como se describe en el apartado metodológico, las imágenes anuales toman datos de las imágenes mensuales para formar un compendio de información y obtener una media para todo el año. En estas operaciones se omiten los valores de radiancia cero correspondientes a las áreas sin lecturas e igualmente se descartan áreas con valores de radiancia negativos. Así, las imágenes anuales son el resultado de varios productos mensuales reflejando un valor de radiancia más consolidado.

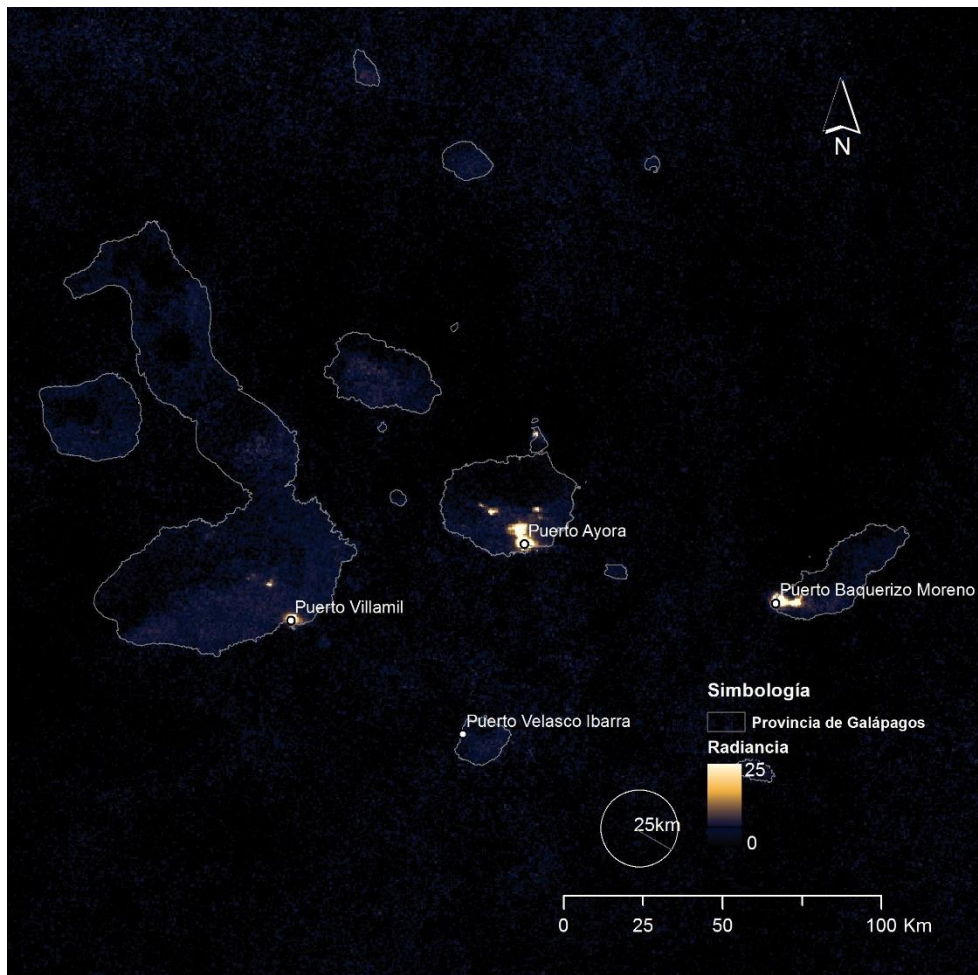
Además, a fin de contrastar territorios, se han identificado ámbitos de radios de 25 km desde los asentamientos que concentran prácticamente a la totalidad de la población;

²⁰ Para un mayor detalle sobre el problema de las radiancias negativas en las imágenes VIIR véase la guía de usuarios de las imágenes VIIRS, denominado Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), Imagery Environmental Data Record (EDR) User's Guide, elaborado por el NOAA.

Puerto Isidro Ayora, Baquerizo Moreno, Villamil y Velazco Ibarra, localizados en las islas Santa Cruz, San Cristóbal, Isabela y Floreana respectivamente (Mapa 7-3).

Con las imágenes procesadas y los ámbitos definidos, se ha procedido en primer lugar con el cálculo de la radiancia total. En el conjunto de las islas desde el año 2012 al 2019, la intensidad radiante ha aumentado de 673 W/sr a 987 W/sr, es decir que en apenas 7 años este territorio ha incrementado 47% la radiancia emitida. Luego, al considerar únicamente el ámbito conformado por los 4 asentamientos, se ha obtenido que la radiancia total emitida se incrementó, asimismo, de 673 a 987 W/sr, en el mismo periodo de tiempo, es decir que toda la luminosidad registrada en Las Galápagos se concentra en estos 4 puertos.

Mapa 7-3. Imagen satelital nocturna VIIRS. Islas Galápagos, 2019.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS.

Al realizar un análisis más a detalle considerando los valores por asentamiento, destaca Puerto Baquerizo Moreno y Puerto Ayora por concentrar prácticamente la totalidad de la radiancia emitida por el archipiélago en general. Para el año 2012, estos dos asentamientos registran una intensidad radiante de 365 y 253 W/sr incrementándose en

el 2019 a 490 y 425 W/sr. Por su parte, Villamil y Velasco Ibarra concentran apenas una intensidad radiante de 67 y 4 W/sr en el año 2019.

Luego, se ha continuado con el cálculo de la radiancia media para toda la extensión de las islas. En este punto es importante mencionar que la mayoría de las islas pequeñas e islotes se encuentran inhabitadas, por lo cual es lógico que los resultados reflejen que la luminosidad en estas áreas sea prácticamente nula. En la totalidad de las islas se ha calculado que la radiancia media ha pasado de 8 pW/cm²/sr, a 12 pW/cm²/sr entre el 2012 al 2019, es decir que la radiancia media se ha incrementado un 47% en apenas 7 años. Sin embargo, a pesar de que la radiancia haya aumentado de manera tan significativa en términos relativos, los valores absolutos de radiancia media se encuentran muy por debajo de los valores calculados para el territorio continental, en donde se obtuvo una radiancia media del Ecuador continental de 311 pW/cm²/sr en el 2012 y 521 pW/cm²/sr en el 2019.

Analizando más detalladamente el territorio, se ha comprobado que los 4 asentamientos considerados en esta región, han experimentado un incremento lumínico similar en términos relativos durante el periodo de estudio. En conjunto han pasado de 31 a 45 pW/cm²/sr de radiancia media, es decir un incremento de un 47% en todo el periodo desde 2012 al 2019.

En el ámbito del Puerto Baquerizo Moreno, capital de la provincia de Galápagos, se ha obtenido el valor de radiancia media más alto de la región, el cual pasó de 118 pW/cm²/sr a 159 pW/cm²/sr entre 2012 y 2019. El resto de ámbitos registran radiancias medias muy por debajo de la registrada en la capital de las Galápagos: Puerto Ayora en el 2019 registró una radiancia media de 52 μW/cm²/sr, Puerto Villamil de 7,3 μW/cm²/sr y Puerto Velasco Ibarra de 2,4 μW/cm²/sr. De manera general, con estos niveles de radiancia media se puede decir, por lo que se refiere a los efectos de la acción antrópica, que las islas están prácticamente en la oscuridad total, y únicamente destacan unos pequeños focos de emisión lumínica artificial.

7.1.4. Superficie con luminosidad urbana

Para obtener datos sobre la superficie con luminosidad urbana se ha empleado el mismo método aplicado en el territorio continental, es decir que primero ha sido necesario calcular el umbral de luminosidad urbana. Como se había explicado anteriormente, para este método es necesario realizar un cruce de información entre las imágenes satelitales nocturnas y áreas urbanas delimitadas en los mapas de coberturas del suelo. En relación a éstas se empleó para la delimitación de áreas urbanas la única fuente con la que se

disponía, la cual proviene del Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGME). Los datos se encuentran en una escala 1:50.000 y corresponden al año 2011. A través de una contrastación visual con los datos de esta fuente y las imágenes diurnas se observa que esta base de datos delimita zonas urbanas consolidadas y pequeñas infraestructuras distribuidas de manera dispersa por el territorio. Empleando esta fuente de información se ha realizado el cruce con la imagen satelital nocturna correspondiente al año 2012, que temporalmente es el que más se ajusta a la fuente empleada.

Con los resultados que emergen del cruce de información, se ha elaborado la Tabla 7-1 que contiene las superficies intersectadas por intensidades lumínicas. A través del análisis de estas superficies se identifica el umbral de luminosidad urbana en $3 \text{ nW/cm}^2/\text{sr}$, valor que se encuentra por debajo del establecido para el territorio continental ($6 \text{ nW/cm}^2/\text{sr}$). Esta diferencia se debe sobre todo al nivel de intensidad del uso del suelo. En este sentido, fijando la atención únicamente en este valor, se puede afirmar que los asentamientos de las Islas emiten la mitad de intensidad lumínica que los asentamientos continentales, es decir que el modelo de ocupación del suelo refleja unas densidades más bajas y puede que el estilo de vida local conlleve a una menor emisión de luz artificial durante la noche.

Tabla 7-1. Correspondencia entre niveles de radiancia y áreas urbanas. Galápagos 2012

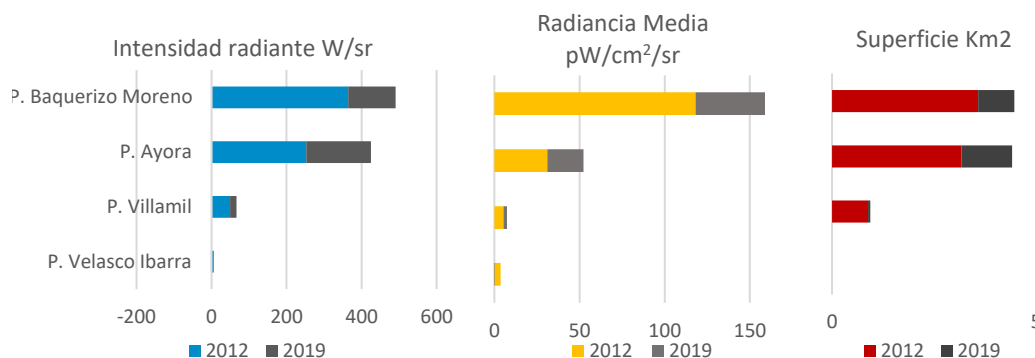
Pixel	Área Urbana (km ²)	Área iluminada (km ²)	Área intersectada (km ²)	Urbana no intersectada (km ²)	Luz no intersectada (km ²)	Área Total (km ²)	Intersect / Área Total (%)	Área Urbana Considerada (%)
16	3,93	0,13	0,13	3,80	0,00	3,93	3%	3%
15	3,93	0,68	0,41	3,52	0,27	4,20	10%	10%
14	3,93	0,74	0,45	3,48	0,29	4,22	11%	11%
13	3,93	0,87	0,58	3,35	0,29	4,22	14%	15%
12	3,93	1,14	0,67	3,26	0,47	4,41	15%	17%
11	3,93	1,28	0,80	3,13	0,47	4,41	18%	20%
10	3,93	1,60	0,88	3,06	0,72	4,65	19%	22%
8	3,93	3,09	1,55	2,39	1,54	5,48	28%	39%
7	3,93	3,99	1,70	2,23	2,29	6,23	27%	43%
6	3,93	4,98	1,84	2,09	3,14	7,07	26%	47%
5	3,93	5,38	1,99	1,94	3,39	7,32	27%	51%
4	3,93	6,07	2,27	1,66	3,80	7,73	29%	58%
3	3,93	7,63	2,68	1,26	4,95	8,89	30%	68%
2	3,93	10,57	2,80	1,13	7,77	11,70	24%	71%
1	3,93	17,52	3,00	0,93	14,52	18,45	16%	76%
0	3,93	7989,42	3,93	0,00	7985,48	7989,42	0%	100%

Elaboración: propia a partir de imagen VIIRS, 2012 y Áreas Urbanas IGM, 2011.

Es importante recordar que el umbral tiene un carácter normativo en esta metodología, pues permite analizar la evolución de la superficie sujeta a usos antrópicos en distintos periodos de tiempo.

Definido el umbral se ha continuado con el cálculo de las superficies con intensidades lumínicas urbanas, donde se puede constatar que son pocas las áreas que alcanzan el nivel de radiancia establecido por el umbral (Figura 7-1).

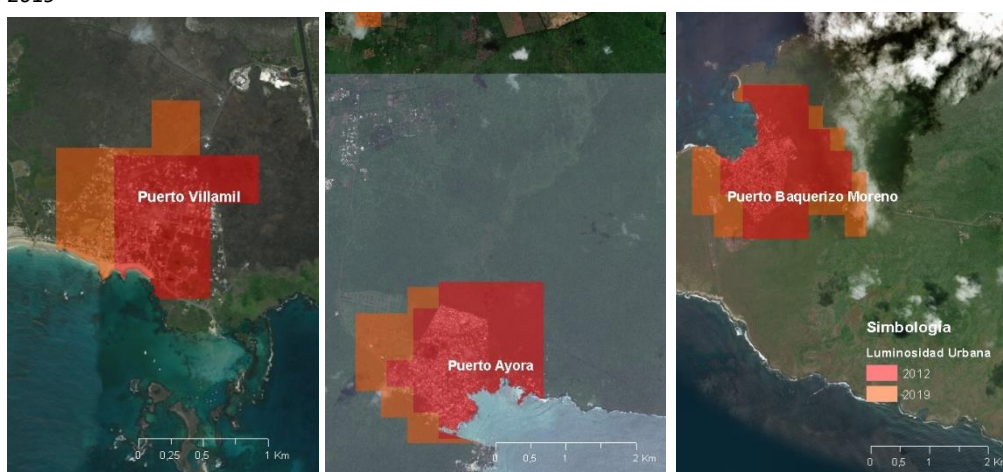
Figura 7-1. Evolución de la intensidad radiante, radiancia media y superficie con luminosidad urbana por puertos principales. Galápagos, 2012-2019



Elaboración: propia a partir de imagen VIIRS 2012-2019.

A partir de estos datos, se debe resaltar que estos asentamientos tienen un carácter local en donde albergan poca población: Puerto Baquerizo Moreno acoge a 6.553 residentes habituales, Puerto Ayora registra 11.822, y Puerto Villamil 2.164 habitantes. Por último, para lo que se refiere al Puerto Velasco Ibarra, tal como se observa en la Figura 7-1, este no emite los niveles de radiancia suficientes para alcanzar el umbral de luminosidad urbana con lo cual no registra superficie con intensidad lumínica urbana. Esta particularidad puede estar relacionada con la escasa población que alberga, puesto que este asentamiento cuenta únicamente con 111 residentes habituales (INEC, 2015).

Figura 7-2. Localización de superficies con luminosidad urbana en los principales puertos. Galápagos, 2012-2019



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS y de Google Earth 2012.

Se ha calculado así que, en el año 2012, entre las tres Islas existía una superficie con intensidad lumínica urbana de 7,6 km², incrementándose a 9,8 km² en el 2019, es decir que en 7 años la superficie con estos niveles de radiancia se ha incrementado un 29%.

En base a los resultados hasta aquí expuestos, se puede afirmar que en Las Galápagos la intensidad lumínica de las áreas urbanas se incrementa a un ritmo superior a la expansión de las superficies con intensidades lumínicas urbanas. Lo cual desde un punto de vista territorial podría considerarse hasta cierto punto positivo ya que los usos se intensifican en un espacio determinado. Así, el territorio absorbe más usos y la transformación del suelo circundante es menor. Sin embargo, en este caso específico, las islas constituyen un ecosistema frágil, y las fluctuaciones de los flujos de energía y materia pueden ocasionar impactos importantes sobre el medio natural que se desea conservar, de modo que los incrementos deben tratarse con cautela, puesto que podrían originar alteraciones considerables sobre la biodiversidad (Quiroga, 2018; Sorman et al., 2014; Walsh & Mena, 2013).

7.1.5. Variables vinculadas a la luminosidad

En general, las islas están sujetas a una serie de presiones que intervienen en las dinámicas territoriales, de modo que para tener una visión integral de lo que sucede en el espacio insular se debería considerar una infinidad de variables lo que resulta sumamente complejo. Así, considerando la temática de este estudio, nos hemos centrado en las variables que más se relacionan con la expansión de los usos urbanos medida a través de la luminosidad artificial nocturna.

En primer lugar, se ha considerado el crecimiento demográfico, uno de los indicadores que como se ha visto se encuentran más directamente correlacionados con la contaminación lumínica. Los datos sobre el crecimiento demográfico, muestran que la población de residentes habituales se incrementó de 17.451 a 23.046 habitantes entre 2001 a 2010, con una tasa media anual acumulativa intercensal de 3,1%. Posteriormente, se observó un descenso significativo de la tasa media anual acumulativa intercensal alcanzando el 1,8% entre 2010 y 2015 (INEC, 2015). Además, de acuerdo a los datos presentados por el INEC sobre la proyección de la población, se observó que entre el 2012 al 2019, la población se incrementaría a una tasa anual de 2,4% pasando de 27.284 a 32.320 personas. En este sentido el incremento anual de la población residente (2,4%) de la isla registra un ritmo de crecimiento inferior frente a la evolución de la intensidad radiante anual (5,6%) y las superficies con intensidades urbanas (3,7%).

Tabla 7-2. Tasas medias anuales de variables lumínicas y urbanas. Galápagos 2012-2019

Variable	Tasa media anual acumulativa	Periodo datos base
Intensidad Radiante	5,60%	2012-2019
Superficie con luminosidad urbana	3,70%	2012-2019
Consumo eléctrico	6,40%	2012-2019
Vehículos matriculados	19,20%	2012-2018
Turistas	5,96%	2012-2019
Población proyectada	2,45%	2012-2019
Población Intercensal	1,80%	2010-2015

Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, INEC, ARCH, DPNG.

Si en vez de considerar los datos de los residentes permanentes, tomamos en cuenta datos relacionados a los visitantes extraídos de los informes anuales de la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG), se obtiene que la tasa de anual de crecimiento compuesto de los visitantes de las islas ha sido de 8,16% desde 1979, fecha del primer registro de visitas, hasta el 2019. Aunque en el 2018, se observó un crecimiento sustancial de la llegada de turistas de un 14% respecto al 2017. Extrayendo los valores referentes al rango temporal de este estudio las visitas se incrementaron de 180.831 visitantes en el año 2012 a 271.238 el año 2019, es decir que el número de visitantes se ha incrementado un 50% en nuestro periodo de estudio (2012 – 2019). Así, la tasa media anual acumulativa refleja un valor de 5,96%, cifra que se asemeja a los datos obtenidos al analizar la evolución de la intensidad radiante (5,6%).

Es importante tener en cuenta que los residentes a pesar de ser escasos en número, requieren un flujo importante de recursos para atender las demandas de los turistas que están en constante aumento. Además, si consideramos que los 271 mil turistas presentan una estancia media de 7 días, se obtiene que en términos comparativos estos equivaldrían a unas 5.202 personas que residen en la isla todo el año. Sin embargo, debido a las actividades de diferente índole que realizan estos dos grupos de personas, los turistas, en principio, consumen más recursos por día que los residentes (Sorman et al., 2014).

También, en lo referente al consumo eléctrico, se ha observado, según datos de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), que durante el periodo de estudio, el consumo eléctrico se ha multiplicado por 1,54, es decir una tasa media anual acumulada de 6,4% cifra que se asemeja al incremento de radiancia registrado en este mismo territorio. Por lo cual puede inferirse que la radiancia y el consumo eléctrico están vinculados hasta cierto punto.

También es interesante mencionar que el número de vehículos en las islas se ha prácticamente triplicado en estos últimos años. En el 2012 se registró 1.029 vehículos motorizados matriculados y en el 2018 este número se incrementó a 2.952. Es decir que

registra una tasa media de incremento anual de 19%. Este dato se encuentra vinculado con la movilidad y las actividades antrópicas en la isla.

En definitiva, si se considera que las diversas variables vinculadas a las principales dinámicas territoriales están en constante crecimiento, parece imperativo establecer un modelo de gestión que permita garantizar la sostenibilidad de las dinámicas antrópicas y a la vez asegurar la conservación y la resiliencia de los ecosistemas naturales.

Merece la pena hacer énfasis en que además de los impactos que se generan en las áreas urbanas, las Islas están sujetas a una serie de eventos de escalas superiores, entre los principales destaca el calentamiento global, la contaminación del océano que acarrea hasta las islas toneladas de desechos, la pesca excesiva que altera los hábitats naturales, y otras. Todos estos agentes de diferentes escalas son un reflejo de las tendencias mundiales que generan mayores presiones sobre el Planeta y tienen impacto en un medio particularmente frágil como lo son las islas Galápagos.

7.2. LA EVOLUCIÓN LUMÍNICA FUERA DE LAS ÁREAS URBANAS: LAS ÁREAS PETROLERAS EN ECUADOR

A lo largo de nuestra investigación, se ha constatado que en principio los principales focos de contaminación lumínica son los asentamientos urbanos y su proceso de extensión. Sin embargo, se ha podido constatar que existen territorios que, careciendo de grandes asentamientos urbanos, emiten niveles de luminosidad extremadamente elevados en comparación con los registrados en los principales centros urbanos del Ecuador. De modo que el origen de estos valores extremos no se encuentra en usos residenciales, comerciales o industriales ordinarios, sino que debe buscarse en usos distintos. Si se considera que todos estos valores extremos se encuentran concentrados al Norte de la región amazónica, y que en esta región se localizan las mayores zonas de explotación petrolera, resulta razonable suponer una relación entre estos factores.

Este apartado tiene, pues, por objeto evaluar uno de los impactos que a menudo se le presta una limitada atención; la luminosidad artificial emitida por las infraestructuras vinculadas a las plantas de extracción de petróleo. De esta manera se están analizando usos antrópicos en espacios operacionales necesarios para los usos urbanos (Brenner, 2014). En efecto, si bien es cierto que las infraestructuras petroleras no se suelen categorizar de manera directa como uso urbano, guardan vinculación con las dinámicas y flujos energéticos imprescindibles para el modelo territorial vigente.

Para caracterizar este territorio se ha analizado la evolución de la luminosidad nocturna generada en las áreas que albergan actividades de extracción de hidrocarburos en Ecuador en el periodo 2012-2019. Así, se ha buscado cuantificar la contaminación lumínica y analizar su evolución durante estos últimos años en los territorios que corresponden a un total de 65 áreas definidas por el Ministerio de Hidrocarburos en el año 2017. La fuente utilizada y la temporalidad de los datos nos permiten visualizar, como se detallará más adelante, la magnitud del impacto lumínico de las actividades petroleras y sus tendencias de evolución, pues posibilitan una aproximación plausible al fenómeno.

De este modo, en primer lugar, se presenta una sucinta introducción sobre el consumo energético de la sociedad ecuatoriana a través de los años. Como segundo punto, se presentan las consideraciones metodológicas que se han tenido en cuenta para el cálculo de los resultados que se exponen a lo largo del apartado. En tercer y cuarto lugar, se presentan los resultados referentes a la evolución de la radiancia en estos territorios durante los últimos 7 años, para lo cual se ha calculado la intensidad radiante y la radiancia media de las áreas petroleras. Como parte del quinto apartado se determina la relación entre la evolución lumínica y la producción de crudo por empresas. Por último, se ha procedido a obtener datos comparativos entre la luminosidad de las áreas petroleras y las principales áreas urbanas ecuatorianas, así como su variación desde 2012 al 2019.

7.2.1. La relación de la economía ecuatoriana con la producción y el consumo del petróleo y sus derivados

Como es sabido, la evolución de las sociedades humanas ha dependido en gran parte de las fuentes de energía a las que han tenido acceso, desde el empleo primigenio de la luz solar hasta la dependencia generalizada de los combustibles fósiles. De modo que, en el ámbito energético, la humanidad ha pasado por varios saltos (Fernández & González, 2013).

En los últimos dos siglos el aumento continuo del consumo de combustibles fósiles y, en particular del petróleo, lo ha convertido en una de las principales fuentes de energía en el Planeta, provocando así un uso más intensivo y extensivo de hidrocarburos. El uso de esta fuente de energía ha modificado mayormente las estructuras de la sociedad, ha facilitado la extensión de las relaciones de producción capitalista y sobretodo ha generado considerables alteraciones en la biosfera provocando graves impactos ambientales (Fernández & González, 2013).

Así se ha constatado que la utilización de esta fuente de energía está directamente ligada a la emisión de gases con efecto invernadero, del calentamiento global, la contaminación atmosférica y en definitiva al cambio climático en general (Díaz, 2016; IPCC, 2014; L. Smith, 2012). En efecto, desde la extracción del petróleo hasta la utilización y desecho de sus derivados se generan emisiones de carbono. Es así como, los gases de efecto invernadero, incluyendo al carbono, se han incrementado en la atmósfera desde la era preindustrial, aunque los mayores incrementos se han registrado en las últimas décadas. Así, como es sabido, las emisiones de carbono emitido por la combustión de combustibles fósiles y procesos industriales aportaron alrededor de 78% del aumento de gases de efecto invernadero durante el periodo 1970 – 2010 (IPCC, 2014).

En este sentido, se debe considerar que la utilización de esta fuente energética, ha ocasionado en poco más de un siglo el consumo de las reservas de petróleo (Riba, 2011). De modo que, varios estudios han constatado que las sociedades contemporáneas están próximas a agotar los recursos energéticos no renovables (Fernández & González, 2013). Diversos autores han llamado la atención sobre las profundas implicaciones de esta cuestión, puesto que el petróleo es un producto finito y no renovable que requirió millones de años para su formación (Berners & Clark, 2013; Riba, 2011; Sans & Pulla, 2013; L. Smith, 2012).

En este contexto, Ecuador ha tenido una importancia en absoluto desdeñable en la producción del petróleo y sus derivados. Asimismo, el consumo de dichos productos en el país ha conocido un gran incremento en las últimas décadas.

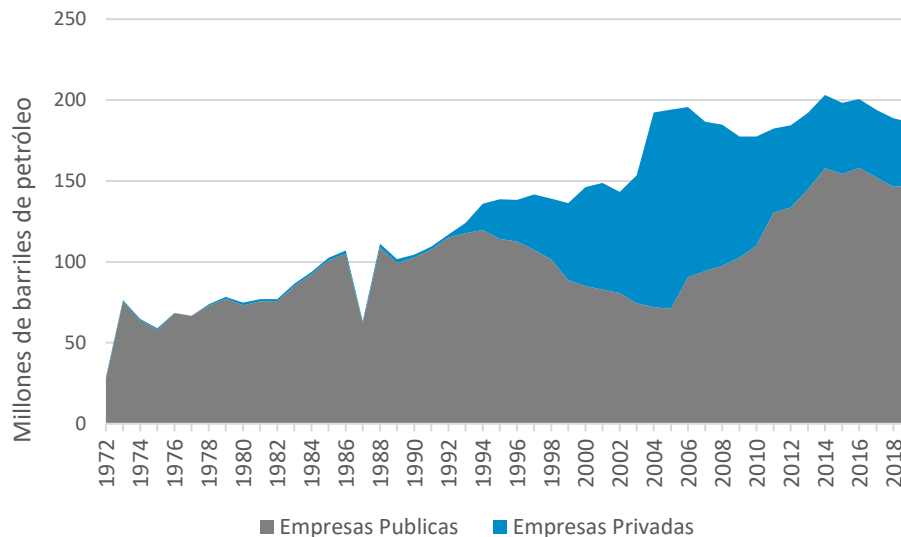
Desde el punto de vista de la producción, las actividades se inician en los años 20 del siglo pasado, aunque adquieren relevancia a partir de 1972 durante el periodo conocido como el Boom Petrolero, y desde entonces el petróleo se convirtió en el producto de mayor importancia en la economía del país (Larrea, 2006). Por lo que se refiere a su ubicación territorial, la mayoría de estos sitios de extracción se localizan en la zona Norte de la Amazonía, zona con escasa población.

Desde esta época, la extracción de petróleo se ha ido incrementando de manera paulatina como muestran los datos de producción. En efecto, Ecuador pasó de producir unos 40 millones de barriles anuales de petróleo a inicios de los años setenta, a 200 millones en la segunda década de este siglo. De este modo, en menos de medio siglo, la producción petrolera se incrementó 5 veces (Figura 7-3).

A pesar de que este incremento de producción ha provocado una creciente preocupación acerca del agotamiento de las reservas probadas de este producto, la extracción de esta materia prima ha continuado de manera más o menos similar. En el 2017, se calculó una

ratio R/P de 42,7, la cual expresa los años que durarán las reservas en caso de que el actual volumen de producción se mantenga (BP, 2018).

Figura 7-3. Volumen de producción de petróleo en miles de barriles. Ecuador 1972-2019



Elaboración: propia a partir de datos del BCE, Estadísticas Macroeconómicas, 2019

En los inicios de los procesos de exploración, los principales yacimientos se ubicaron en la zona norte y centro de la Amazonía ecuatoriana, región de gran diversidad biológica e importancia ecológica. Los yacimientos del norte se encontraban en territorios habitados por comunidades no guerreras y correspondían a petróleo liviano de buena calidad. Los del centro estaban emplazados en territorios habitados por comunidades más territoriales que limitaban el acceso para la prospección y la explotación. Así en estas zonas del centro, a pesar de las oposiciones de los pueblos locales, las pocas expediciones realizadas determinaron que los yacimientos correspondían a crudo pesado, lo cual explica que la explotación se desarrollara de manera más intensiva en la región norte, territorio que corresponde a las provincias de Sucumbíos y Orellana (Vogliano, 2009). Es así como Ecuador, uno de los países con mayor biodiversidad del mundo, paso a ser el quinto productor de petróleo en Latinoamérica (BP, 2018) y ocupa el puesto 29 de los países productores de petróleo en el Planeta (Factbook, 2016).

En este contexto y a pesar de las crecientes exigencias acerca de la necesidad de conservar el medio natural y apostar por tecnologías más sustentables, la industria del petróleo se ha convertido en uno de los principales pilares que sostienen el desarrollo económico del país. En la actualidad puede decirse que los beneficios económicos del petróleo son el soporte de importantes planes de desarrollo del Estado (Burchardt, Dominguez, Larrea, & Peters, 2016), por lo que deviene complejo cambiar la base estructural de la economía

nacional. En el 2012, según datos del Banco Central, los ingresos petroleros representaban el 58% de los ingresos totales de las exportaciones generadas en el país y en el 2019 este valor alcanzó el 39% debido a las fluctuaciones del precio del petróleo.

Además de los cambios económicos que generó esta actividad, desde sus inicios la explotación del petróleo en la región amazónica generó varios impactos sociales, culturales, y ecológicos (Burchardt et al., 2016). Entre los principales destacan el deterioro del medio natural, la violación de los derechos indígenas, el despojo de tierras ancestrales y la alteración de las estructuras sociales (Becerra, E.Paichard, Sturma, & 4, 2013). Las resistencias de la comunidades nativas frente a las actividades petroleras han tenido diversos resultados (Fontaine, 2009). En general, se ha consolidado una política por parte del gobierno nacional que busca compensar a las comunidades locales con el desarrollo de varios proyectos enfocados a generar un desarrollo sustentable y un progreso adecuado de la Amazonía. En este sentido a pesar de la implementación de una gran variedad de planes y proyectos, los resultados obtenidos no siempre han sido los esperados. Más bien al contrario, algunos proyectos generaron costes sociales importantes, fomentaron una mayor dependencia económica del petróleo y promovieron una ampliación de la frontera petrolera (Wilson & Bayón, 2017).

Ante este escenario, la presente investigación trata de ofrecer datos complementarios referentes a uno de los impactos que genera la extracción del petróleo: la expansión de la luminosidad artificial en áreas que previamente habían tenido alto valor ambiental. Como se ha dicho, desde el punto de vista conceptual, el análisis trata de contribuir a la comprensión de la expansión de usos urbanos en áreas muy alejadas de los espacios urbanos tradicionales, aquellas que Brenner denominó espacios operacionales (Brenner, 2014).

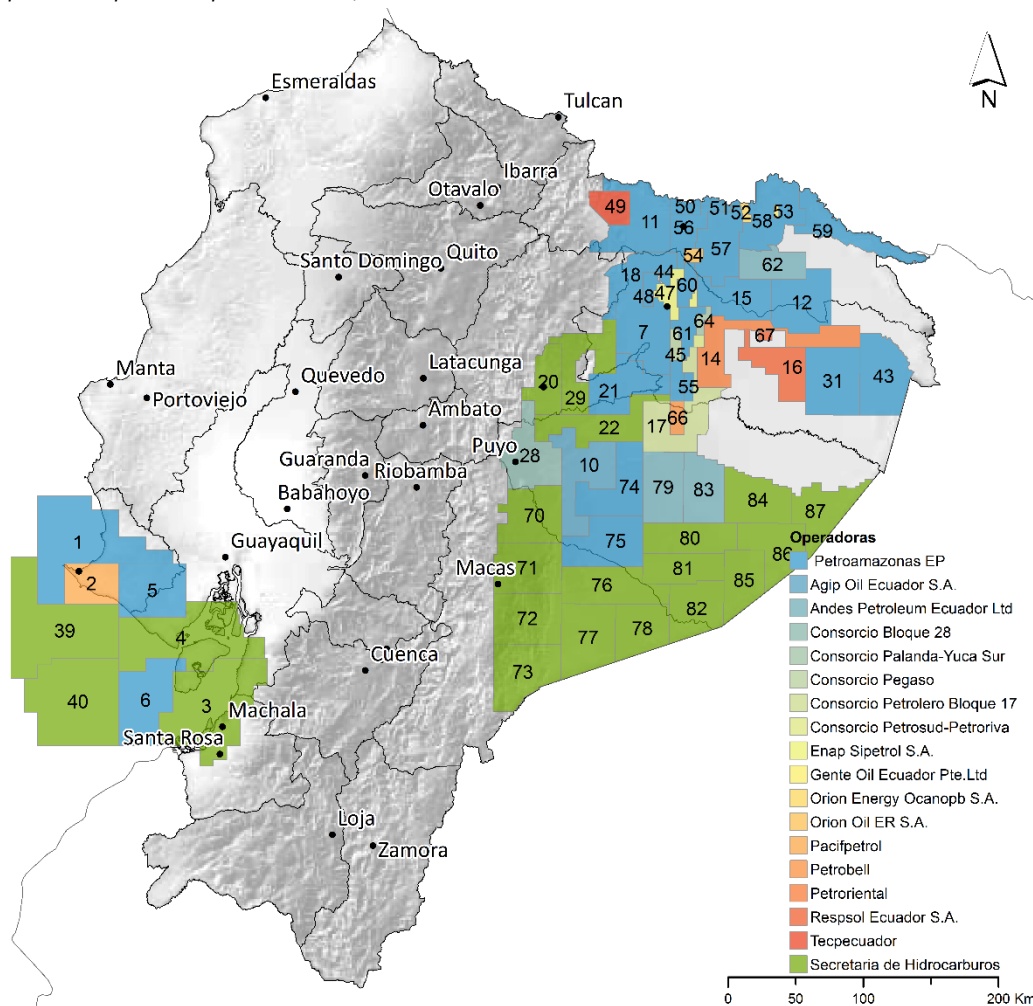
7.2.2. Consideraciones metodológicas para la estimación de la luminosidad nocturna en las áreas petroleras

Con el fin de analizar la contaminación lumínica emitida por la extracción petrolera se identificaron los ámbitos de estudio que competen a esta investigación, los cuales corresponden a las 65 áreas petroleras delimitadas en el Mapa de Bloques Petroleros del Ecuador del Ministerio de Hidrocarburos. De estos, 8 se encuentran ubicados en la zona del litoral y 57 en la región amazónica. En esta misma fuente de información se indica las operadoras que están asignadas a cada área: 24 áreas se encuentran operadas por Petroamazonas, empresa estatal ecuatoriana y 20 están operadas por empresas privadas;

las otras 21 áreas están a cargo de la Secretaria de Hidrocarburos, lo que implica que no están asignadas a ninguna operadora, y no están sujetas a extracción de crudo.

Además de delimitar las áreas petroleras e identificar sus operadoras, se obtuvieron los datos correspondientes a la producción anual de crudo por empresa pública y privadas. Estos datos se encuentran publicados en los boletines estadísticos de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) y del Banco Central del Ecuador (BCE).

Mapa 7-4. Mapa de Bloques Petroleros, Ecuador 2017.



Elaboración: propia a partir de datos del Ministerio de Hidrocarburos y Secretaria de Hidrocarburos de Ecuador.

En segundo lugar, teniendo como fuente base la serie de imágenes satelitales nocturnas VIIRS, se realizaron los procedimientos aplicados para el análisis descrito en el capítulo 3. Así, como para el resto de territorios, se ha calculado la intensidad radiante y la radiancia media.

En tercer lugar, a fin de realizar un análisis comparativo se ha calculado la superficie con luminosidad urbana de cada bloque petrolero a partir del umbral de luminosidad urbana definido para el conjunto de áreas urbanas en Ecuador continental. Este umbral, definido anteriormente, con un nivel de radiancia de $6 \text{ nW/cm}^2/\text{sr}$ permite superficializar los usos típicamente urbanos. De este modo, a través de este umbral es posible analizar la evolución de la luminosidad en cuanto a intensidad y localización. Se debe considerar que, en este territorio, debido a su naturaleza, los focos de mayor intensidad lumínica generan, en principio, mayor dispersión de luz. Este fenómeno explica que los suelos, con características mayormente agrícolas y forestales, emplazados en zonas próximas a centros de extracción petrolera alcancen a menudo niveles de luminosidad similares a las de áreas urbanas consolidadas.

Delineado el marco general y establecidas las consideraciones metodológicas se procede a enunciar los principales resultados alcanzados.

7.2.3. La evolución de la luminosidad de las áreas petroleras; intensidad radiante

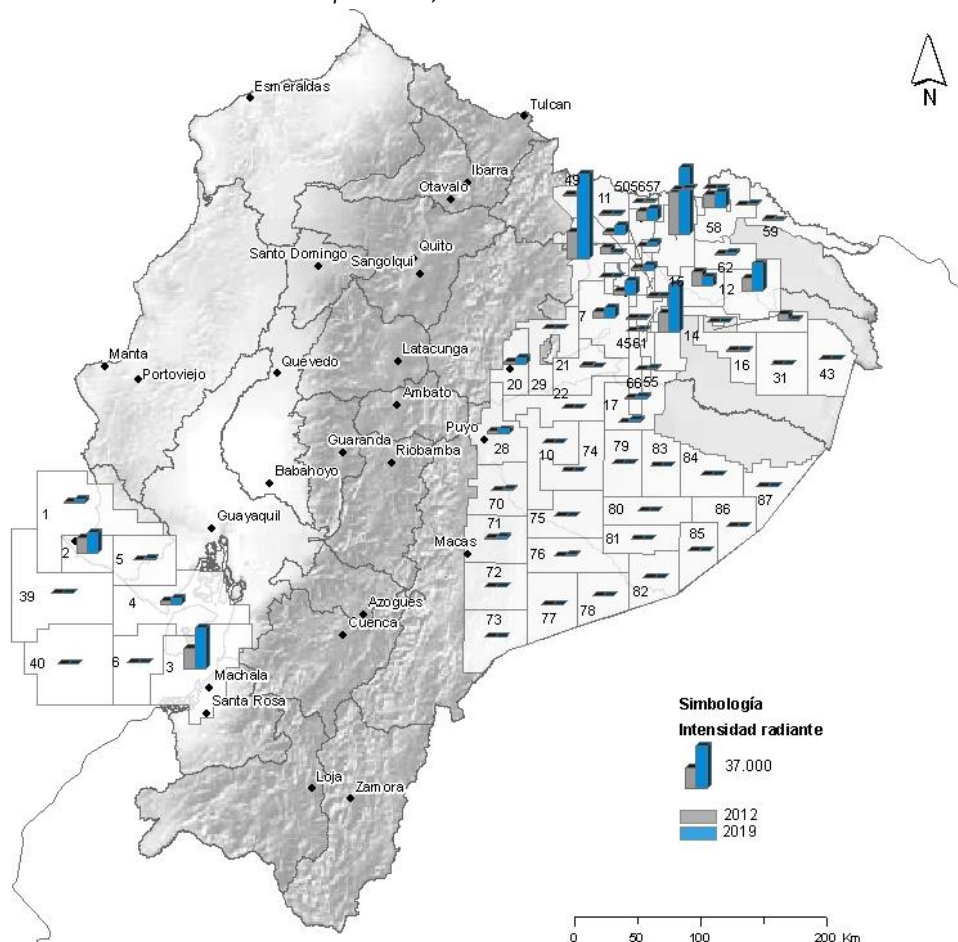
En un primer momento se ha obtenido el valor total de la radiancia emitida en el conjunto de las 65 áreas petroleras. Así, en el año 2019, la intensidad radiante registra un valor de 357.983 W/sr , la cual ha conocido, además un aumento considerable, pasando de registrar un valor de 192.766 W/sr en el 2012 al mencionado, lo que implica un incremento de un 86% en los 7 años (9,24 media anual). Considerando únicamente las áreas concesionadas se obtiene una intensidad radiante de 165.777 W/sr en el año 2012 y de 307.499 en el año 2019, reflejando un incremento de 85% (9,22% media anual). Este aumento de radiancia es bastante elevado al tener en cuenta que la mayoría de estos territorios se localizan en áreas con gran riqueza de biodiversidad.

A la vista de estos resultados se debe recalcar que las variaciones de las condiciones naturales de un medio, puede producir efectos adversos sobre la biodiversidad, por lo cual cualquier actuación debería considerar la capacidad de resiliencia del ecosistema. En términos comparativos, la radiancia total de las 65 áreas petroleras es equivalente o superior al de las principales ciudades del Ecuador, en el 2019 un área urbana como Quito registró una intensidad radiante de 190.798 W/sr , y Guayaquil una de 212.694 W/sr , valores inferiores a los calculados para las áreas petroleras.

Así mismo, si consideramos que las áreas petroleras se encuentran operadas por empresas distintas, y que cada una de ellas tiene diversas características en cuanto a tecnología, estado de la infraestructura y manejo del sitio, se puede explicar la diversidad en el

incremento lumínico para cada una de las áreas. Al considerar las 65 áreas se ha calculado que la intensidad radiante se ha multiplicado por factores que se encuentran en un rango bastante amplio, el cual oscila entre 0,2 y 253. En la mayoría de casos las radiancias, han aumentado en porcentajes que se encuentran alrededor de un 70%.

Mapa 7-5. Intensidad radiante en áreas petroleras, Ecuador 2012-2019



Elaboración: propia a partir de datos de las imágenes VIIRS

En términos absolutos destacan, en primer lugar, las Áreas 60-Sacha, 57-Shushufindi Libertador y 61-Auca, puesto que son las que emiten mayor radiancia en su respectivo ámbito con respecto al resto de áreas. De acuerdo a los valores de intensidad radiante calculados, se determinó que 60-Sacha ha incrementado su radiancia 3 veces. Así en el 2012 alcanzaba un valor de 23.144W/sr y en 2019 este valor incrementó a 73.480 W/sr. Según el informe de Gerencia de Petroamazonas 2017, esta área es la más rentable considerando barriles de producción e ingresos en dólares y es la tercera en producción de barriles de petróleo promedio al día, después de Shushufindi y Auca.

En segundo lugar, destacan de manera especial por los incrementos registrados tres áreas: 43-ITT, 53-Singue y 54-Eno Ron. El Área 43-ITT (Ishpingo, Tambococha y Tiputini) ha multiplicado su luminosidad por 253 veces, pasando de 3 a 701 W/sr entre el año 2012 y

2019. Esta área ha sido de especial interés desde hace algunos años, puesto que parte de su territorio forma parte del Parque Nacional Yasuní, que en 1989 fue declarado por la UNESCO como Reserva de la Biosfera por su gran biodiversidad y también forma parte de los territorios ancestrales de comunidades no contactadas o pueblos en aislamiento voluntario (PIA). Además, esta zona ha atraído las miradas internacionales desde la Iniciativa Yasuní ITT, propuesta planteada por Gobierno ecuatoriano en el 2007. A través de esta estrategia, el Gobierno central se comprometería a no extraer el petróleo de una zona del Parque Yasuní, a cambio de una compensación por parte de la comunidad internacional bajo un criterio de economía ecológica (Alianza País, 2013; Cabellos, 2010). Debido a que el proyecto no prosperó y a pesar del rechazo de varios colectivos, en el 2013, el Gobierno nacional finalizó la iniciativa y declaró su interés para la explotación. Es así que, en el 2016 este bloque se incorporó a la producción nacional de crudo (Petroamazonas EP, 2016). En este sentido, las distintas políticas que han marcado este territorio a lo largo de estos años coinciden con lo que se evidencia a través de la luz emitida. En el 2012, la radiancia captada en este territorio prácticamente refleja un valor de cero, para luego en el 2013 iniciar su rápido incremento.

Otra área que destaca por los considerables incrementos en su luminosidad es el Área 53-Singue. Aun siendo la segunda área con menor extensión, la luminosidad que emite se ha multiplicado 166 veces entre el 2012 y el 2019, pasando de 8 a 1.303 W/sr. A pesar de que la radiancia total emitida por esta área no alcanza valores tan elevados en relación al resto de las áreas petroleras analizadas, su proceso de evolución lumínica ha sido extremo. Resulta interesante resaltar que estos incrementos coinciden con la evolución de la producción de barriles anuales de petróleo, obteniéndose un coeficiente de determinación considerablemente alto ($R^2=0,73$). En esta área, en el año 2012, la radiancia emitida era prácticamente nula, para luego desde el 2013, año en el que se registra su primer volumen de producción de crudo, experimentar exponenciales incrementos lumínicos, hasta el año 2015 en el que se registró el incremento máximo alcanzado en el periodo de estudio. Para este mismo año la intensidad lumínica se había multiplicado por 277 veces desde el año 2012.

Por último, debe mencionarse el Área 54-Eno Ron que incrementó su intensidad radiante de 165 a 4.203 W/sr en estos últimos años, es decir que ha multiplicado su valor inicial por 25. El primer registro de producción de crudo de este bloque se da en el año 2014, que coincide con un incremento sustancial de la radiancia. Esta coincidencia se refleja en el cociente de determinación de 0,84 entre intensidad radiante y producción de barriles de petróleo. Así, los incrementos en la producción parecen avanzar en paralelo con los incrementos de las intensidades lumínicas.

En estas tres áreas se pone en evidencia el impacto lumínico de las actividades extractivas petroleras. En cada una de ellas se aprecia el cambio que sufre el medio natural, desde un estado en el que se registran radiancias con valores próximos a cero para luego iniciar un incremento exponencial de la luminosidad con el inicio de actividades extractivas. Este incremento lumínico, implica que la flora, fauna y los asentamientos humanos, que existen en esta zona mega diversa, han sufrido una transformación extrema de su hábitat. De igual manera se debe tener en cuenta que estas actividades extractivas además de alterar el factor lumínico de estos territorios también pueden afectar otros factores del medio natural, pudiendo así producir cambios en la calidad del aire, agua, ruido y demás.

Es importante mencionar que el aumento de la luminosidad dentro de los ámbitos de las áreas petroleras también está vinculado al proceso de crecimiento de los asentamientos localizados dentro de los límites de estas. Varias actuaciones urbanísticas forman parte de una política de negociación con las comunidades locales a fin de promover un proceso de compensación, como lo son los proyectos denominados Ciudades del Milenio (Burchardt et al., 2016). Además debe tenerse en cuenta la implementación de nuevas infraestructuras que dotan de servicios a las comunidades locales. Se puede afirmar, pues, que estos procesos de urbanización junto con la emisión lumínica están directamente vinculados con la extracción petrolera. Sin embargo, las áreas urbanas presentan niveles de radiancia muy inferiores a los que se registran en los sitios de quema de gas.

7.2.4. La evolución de la intensidad lumínica; radiancia media

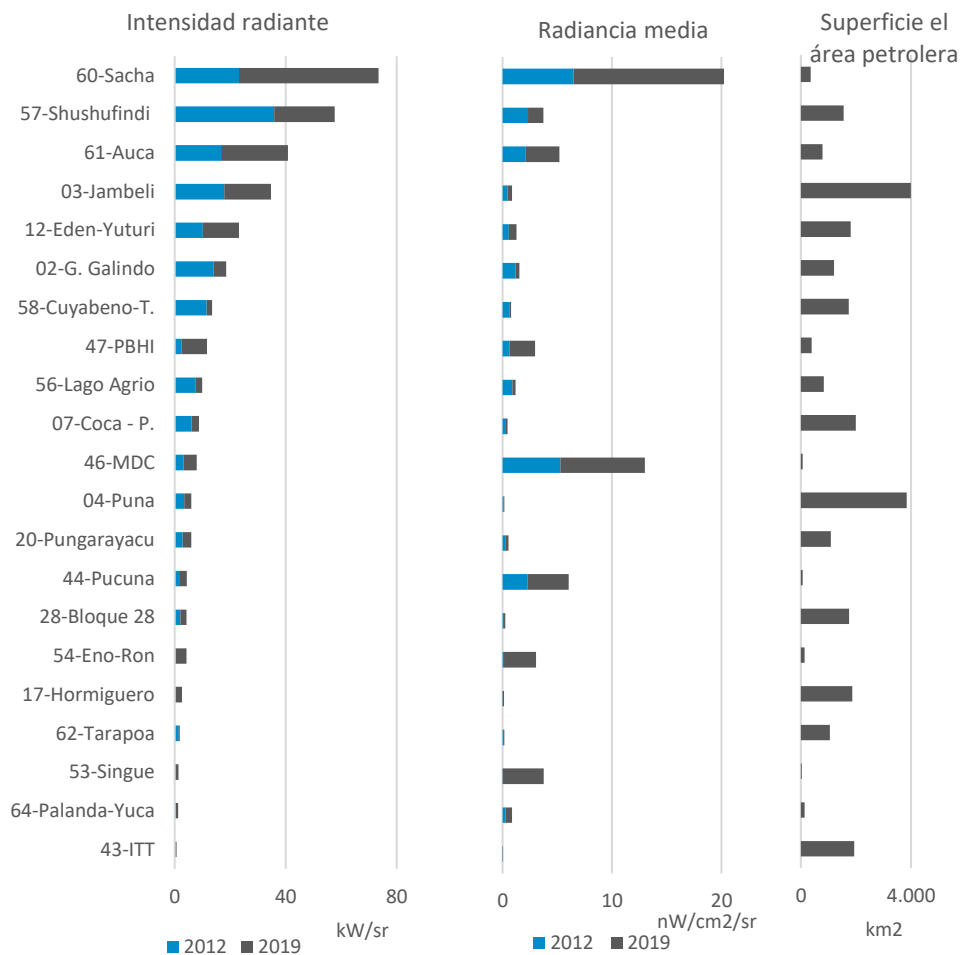
Con el objetivo de visualizar de forma más adecuada las diferencias entre áreas petroleras se ha procedido a calcular la radiancia media. Teniendo en cuenta que una mayor o menor radiancia total emitida está vinculada con la extensión del área petrolera analizada, la radiancia media representa una magnitud que puede ser comparable entre ámbitos de distintas extensiones. Para su cálculo, se considera la radiancia total emitida dividida para la superficie total del ámbito analizado, es así que se obtiene un valor que refleja el promedio de la radiancia registrada en la totalidad del área analizada, la cual esta expresada en $\text{pW}/\text{cm}^2/\text{sr}$.

En el conjunto de las 65 áreas se registró un incremento de 86% en la radiancia media, pasando de 205 a 382 $\text{pW}/\text{cm}^2/\text{sr}$ desde el año 2012 al 2019, lo que implica una tasa media anual acumulada de 9,28%. A efectos comparativos, cabe recordar que la radiancia media en el territorio continental ecuatoriano pasó de 311 a 521 $\text{pW}/\text{cm}^2/\text{sr}$, registrando así un incremento de 68% en el mismo periodo de tiempo (7,7% media anual). En el caso del

análisis por áreas, los valores de radiancia media expresan, en principio, la intensidad del nivel de uso del espacio asignado para cada empresa. Es así que, existen áreas petroleras que, en comparación con el resto de áreas, no emiten elevados niveles de radiancia total, pero que, debido a su escasa extensión, la radiancia total se concentra en un territorio reducido produciendo así elevados niveles de radiancia media. En definitiva, los valores de radiancia media más elevados corresponden a suelos con mayor intensidad de uso, generando así un alto impacto lumínico sobre la totalidad de su territorio.

A través de la comparación entre la radiancia total emitida y la radiancia media se puede observar las diferencias que existen entre las áreas analizadas. En el Figura 7-4, se ha ilustrado los dos indicadores de la principales áreas petroleras ecuatorianas.

Figura 7-4. Evolución de la intensidad radiante y radiancia media por áreas petroleras. Ecuador 2012-2019.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS, y datos de ARCH.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el Bloque 60-Sacha registra la radiancia media más elevada, con lo que se puede afirmar que existen considerables niveles de radiancia en prácticamente la totalidad de su ámbito. Lo mismo sucede con el bloque 46-Mauro Dávalos Cordero y el 53-Singue que registran valores de radiancia media elevada. Este

último, como se ha mencionado, ha registrado un elevado incremento de la intensidad lumínica en estos últimos años, puesto que su inicio de operaciones es relativamente reciente.

Por otro lado, se observa la existencia de áreas que pese a emitir valores elevados de radiancia total presentan intensidades medias bastante bajas. Esto se debe al hecho de que los focos de emisión lumínica se concentran en puntos específicos, por lo que dentro de sus ámbitos existen zonas oscuras, provocando así que su radiancia media disminuya. En este sentido, tanto la radiancia total emitida como la radiancia media reflejan valores que permiten caracterizar a cada área analizada, por lo que constituyen importantes indicadores del impacto de actividades antrópicas sobre el medio natural.

7.2.5. La luminosidad nocturna y la producción de petróleo

Como se ha explicado, una primera aproximación a la relación entre las actividades petroleras y la luminosidad, ha consistido en la obtención de los índices de luminosidad de cada una de las áreas petroleras, lo cual ha permitido establecer la existencia de una cierta relación entre la luminosidad registrada y la producción de petróleo. A partir de los valores obtenidos se ha observado que las principales áreas de producción de petróleo corresponden a las que emiten mayor radiancia. En cambio, las áreas petroleras a cargo de la Secretaría de Hidrocarburos, que no están siendo explotadas, presentan en su mayoría bajos o incluso nulos valores de radiancia.

Además, al considerar la evolución de la radiancia total emitida entre 2012 y 2019 de las áreas asignadas a empresas explotadoras, se observó una diferencia entre las empresas públicas y las privadas. La intensidad radiante dentro de las áreas asignadas a Petroamazonas, empresa pública, registró un incremento de un 109%, frente a un 22% de la luminosidad en las áreas asignadas a las empresas privadas.

Tabla 7-3. Evolución de la radiancia total emitida por tipo de empresa petrolera. Ecuador 2012-2019.

Empresas	2012 (W/sr)	2019 (W/sr)	Crecimiento absoluto 2012-2018	Crecimiento Relativo %
Pública	120.876	252.343	131.467	109%
Privadas	44.901	54.807	9.906	22%
Total	165.778	307.150	141.372	85%

Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

Determinada la radiancia de las áreas, la cuestión que conviene dilucidar es si la evolución de la luminosidad ha tenido, en el periodo establecido, mayor o menor relación con la producción de petróleo y sus derivados, de modo que, en último término, puede ser explicada por ella.

En la mayoría de los casos los incrementos y disminuciones de luminosidad están directamente vinculados con una mayor o menor producción de petróleo. Así, considerando que tanto la intensidad radiante y el volumen de producción de petróleo han presentado varias fluctuaciones durante estos últimos años, se ha calculado el coeficiente de determinación (r^2) y Spearman entre la intensidad radiante y el volumen de la producción de barriles de petróleo.

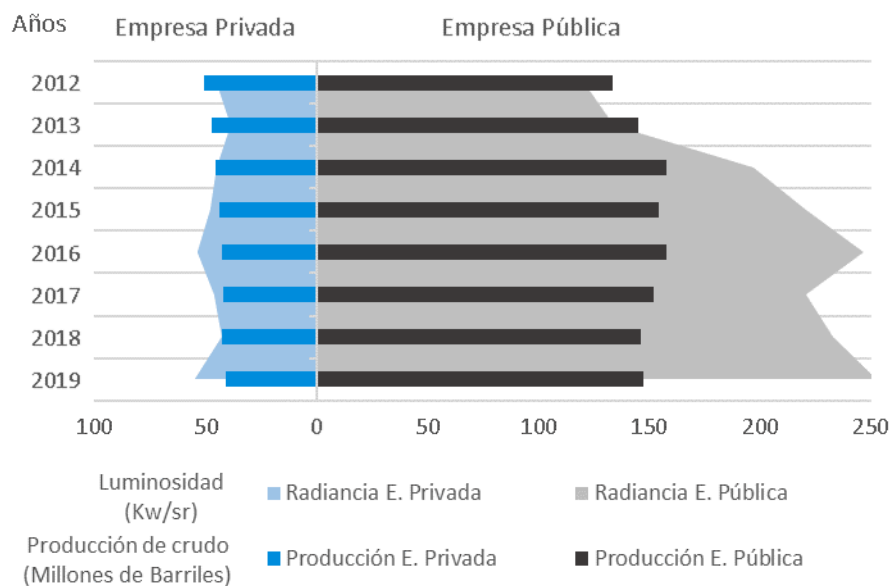
Tabla 7-4. Relación luminosidad y producción petrolera por tipo de empresas. Ecuador 2012-2019.

Empresas	Producción 2012 (millones de Barriles)		Crecimiento absoluto 2012-2018	Crecimiento Relativo	Coef. de Determinación (R^2) Luminosidad	Coef. Correlación Spearman	R^2 (log)
	2012	2019					
Pública	134	153	19	14%	0,57	0,77	0,62
Privada	51	41	-10	-19%	0,29	-0,40	0,30
Total	184	194	9	5%	0,32	0,57	0,35

Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS y datos del Banco Central del Ecuador

Sin considerar las áreas a cargo de la Secretaria de Hidrocarburos, se ha observado un incremento de la intensidad radiante de un 85% entre 2012 y 2019, mientras que, en el mismo periodo de tiempo, el volumen de producción de crudo registra un incremento de un 5%, valor significativamente menor. Por otra parte, al segregar los datos de producción de petróleo por empresas se observan claras diferencias (Figura 7-5).

Figura 7-5. Evolución de la intensidad radiante y el volumen de producción de petróleo por tipo de empresas. Ecuador 2012-2019.

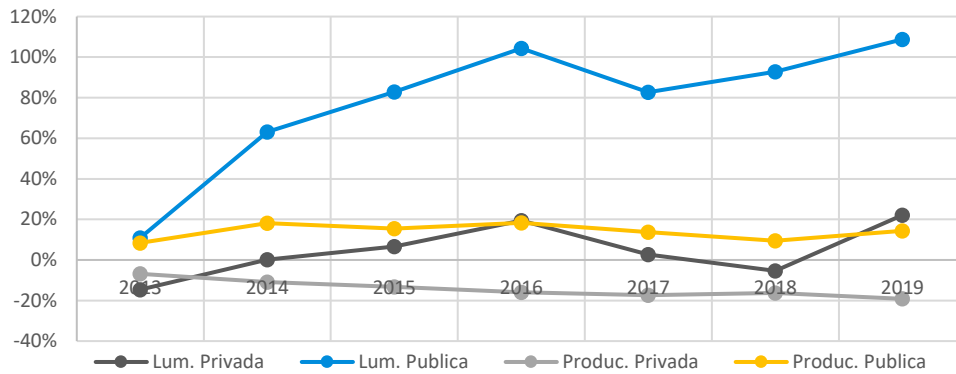


Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS y datos del Banco Central del Ecuador

Tomando en primer lugar los valores correspondientes a las áreas operadas por Petroamazonas, empresa pública, en el 2016 emiten uno de los niveles más elevados de radiancia calculado entre el 2012 y 2019 es decir 247KW/sr, y a ese mismo año le corresponde el máximo nivel de producción registrado en el periodo de tiempo analizado (158 millones de barriles de petróleo). Así, desde el año 2012 se aprecia que en el caso de la empresa pública los años de mayor producción corresponden a los de mayor luminosidad y el coeficiente de determinación (R^2) entre los valores anuales es de 0,78 entre 2012 y 2017, pese a que, añadiendo los valores hasta el 2019, este coeficiente disminuye a 0,57. Sin embargo, en términos porcentuales la evolución lumínica entre 2012 a 2019 ha registrado un incremento de un 109%, en cambio el volumen de producción registró un incremento de un 14%. Así, se constata que los patrones de crecimiento de la intensidad radiante son muy superiores a los de la producción de crudo, de tal modo que, parece como si un ligero incremento en la producción tendiera a generar un impacto lumínico de grandes magnitudes.

A la luz de los datos obtenidos se puede afirmar que efectivamente existe una relación cierta entre ambas variables, pero el incremento de la luminosidad presenta una cierta autonomía y crece, en todo caso, a un ritmo muy superior al de la producción del crudo.

Figura 7-6. Evolución de la intensidad radiante y del volumen de producción en millones de barriles por año por operadoras desde el año 2012. Ecuador 2013-2019.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS y datos del Banco Central del Ecuador

Los datos obtenidos en las áreas asignadas a empresas privadas muestran un comportamiento distinto, ya que en estas áreas el coeficiente de determinación es bastante bajo. En estas áreas se ha registrado una reducción de la producción de crudo (19%) aunque la radiancia total emitida ha incrementado (22%). Es decir que la evolución lumínica en estos últimos años ha registrado algunas fluctuaciones que en el año 2019 han hecho que incremente la contaminación lumínica artificial frente a una caída de la producción de crudo.

Es importante tener en cuenta que las diferencias que se observan entre las áreas gestionadas por diversas empresas no solo guardan relación con la producción total sino también con otros factores, como son el estado de los pozos, el número de perforaciones, la tecnología empleada y demás.

Una vez comparada la emisión lumínica con la producción de crudo, resulta interesante comparar la evolución de la radiancia con respecto a los precios del crudo. Considerando los valores entre 2012 y 2019, se ha observado una relación inversa, así entre estas variables se ha determinado un coeficiente de determinación r^2 de 0,78 y una correlación ρ de -0,88, entre el precio por barril de petróleo y la luminosidad total emitida por las áreas. Lo que significa que cuando más desciende el precio del crudo más aumenta la luminosidad. A través de la información analizada se destaca el año 2012 con el precio más elevado por barril (\$99 USD), y en el que se registra una menor producción y menor emisión lumínica. Mientras que, por otro lado, el 2016, año de elevada emisión lumínica y mayor producción coincide con el precio del barril más bajo (\$35 USD) registrado durante el periodo de análisis. A pesar de esta mayor extracción, en este mismo año, el presupuesto general del estado se redujo en un 18% con respecto al año anterior. En este sentido, se intuye que el país requiere una mayor producción de crudo cuando el precio disminuye puesto que este rubro constituye una parte sustancial del presupuesto general

del Estado. De este modo la evolución de la luminosidad de las áreas petroleras confirma pues la clara dependencia del país por los ingresos que genera el petróleo.

7.2.6. Áreas petroleras con niveles de luminosidad urbana

Para tener una visión general sobre lo que sucede en el territorio continental ecuatoriano, se ha realizado un análisis comparativo entre dos ámbitos, por un lado, las áreas petroleras y por otro las áreas urbanas que se encuentran fuera de los límites de las áreas asignadas a la empresa pública y a las privadas. Las áreas urbanas aquí consideradas están conformadas, como se ha visto en los capítulos precedentes, por los ámbitos generados por los radios de 25 km desde los nodos de los principales centros urbanos del Ecuador.

Intensidad radiante

Como se presentó en el capítulo anterior, el conjunto de las 28 principales ciudades ecuatorianas en el año 2019 alcanzó una intensidad radiante de 972 kW/sr, lo que representa un aumento de 67% desde el año 2012, cuando se alcanzaba 583W/sr. Sin embargo, se ha podido comprobar que los mayores incrementos de intensidad lumínica no se produjeron en las áreas urbanas, sino en las áreas petroleras. Se ha calculado que para el año 2012, las áreas que se encuentran actualmente concesionadas, emitían una intensidad radiante de 166 kW/sr para incrementarse a 307 kW/sr en el año 2019, lo que implica un incremento de un 85%. Frente a estos datos se ha de tener en cuenta que si consideramos los ámbitos de los 28 asentamientos principales y descartamos los territorios inmersos en bloques petroleros se obtiene que la intensidad radiante se ha incrementado de 504 kW/sr a 785 kW/sr en los 7 años considerados para este análisis, es decir que se ha incrementado en un 56% (6,5% media anual).

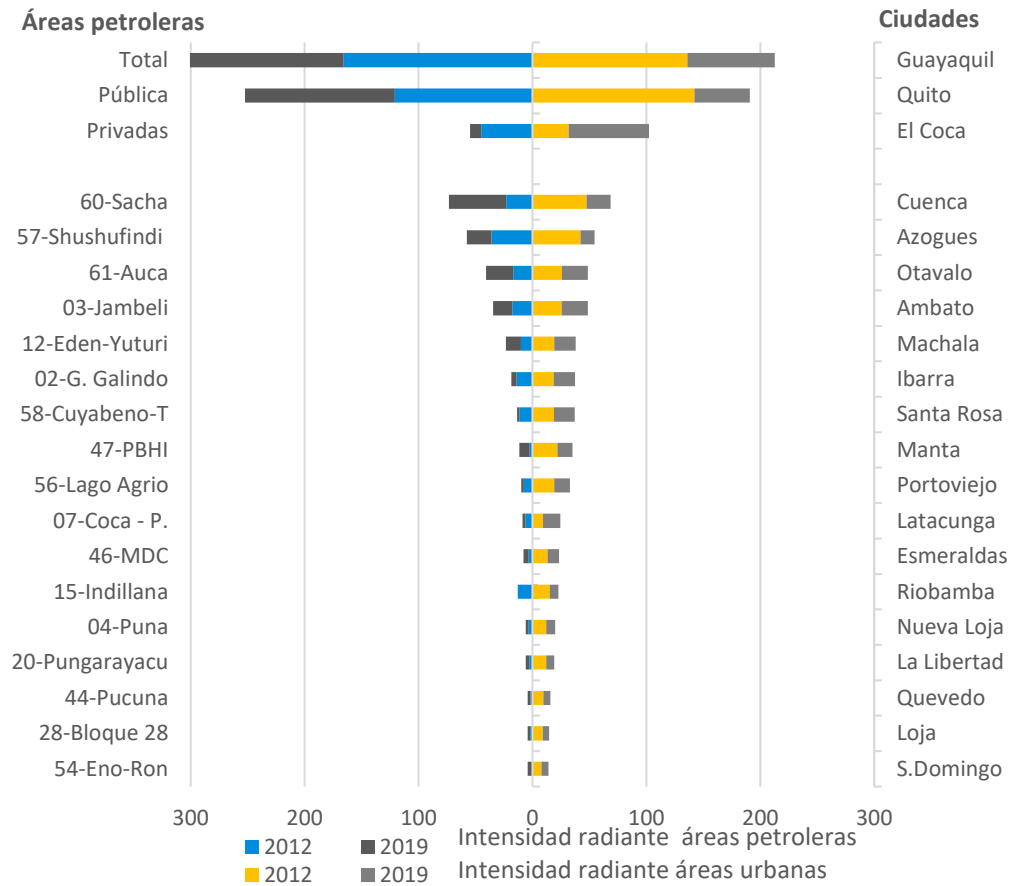
De este modo se constata que las luminosidades de las áreas destinadas a la extracción del petróleo se han incrementado a un ritmo superior (9,2% media anual) que la luminosidad de los principales centros urbanos ecuatorianos (6,5 % media anual).

Realizando un análisis detallado (Figura 7-7), los territorios vinculados a usos extractivistas registran valores de radiancia que pueden ser comparables a los que generan los principales centros poblados del país.

En base a los datos obtenidos, se puede destacar que el área metropolitana de Quito, capital del Ecuador con 2 millones de habitantes, o el área metropolitana de Guayaquil con

3 millones de habitantes, emiten una radiancia total ligeramente inferior a las áreas petroleras asignadas a la empresa pública ecuatoriana. De igual manera en la Figura 7-7, se observan las distintas magnitudes de intensidad radiante que alcanzan tanto algunas de los principales centros urbanos como las principales áreas de producción de crudo del País.

Figura 7-7. Evolución de la intensidad radiante por áreas petroleras y principales centros urbanos. Ecuador 2012-2019.



Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

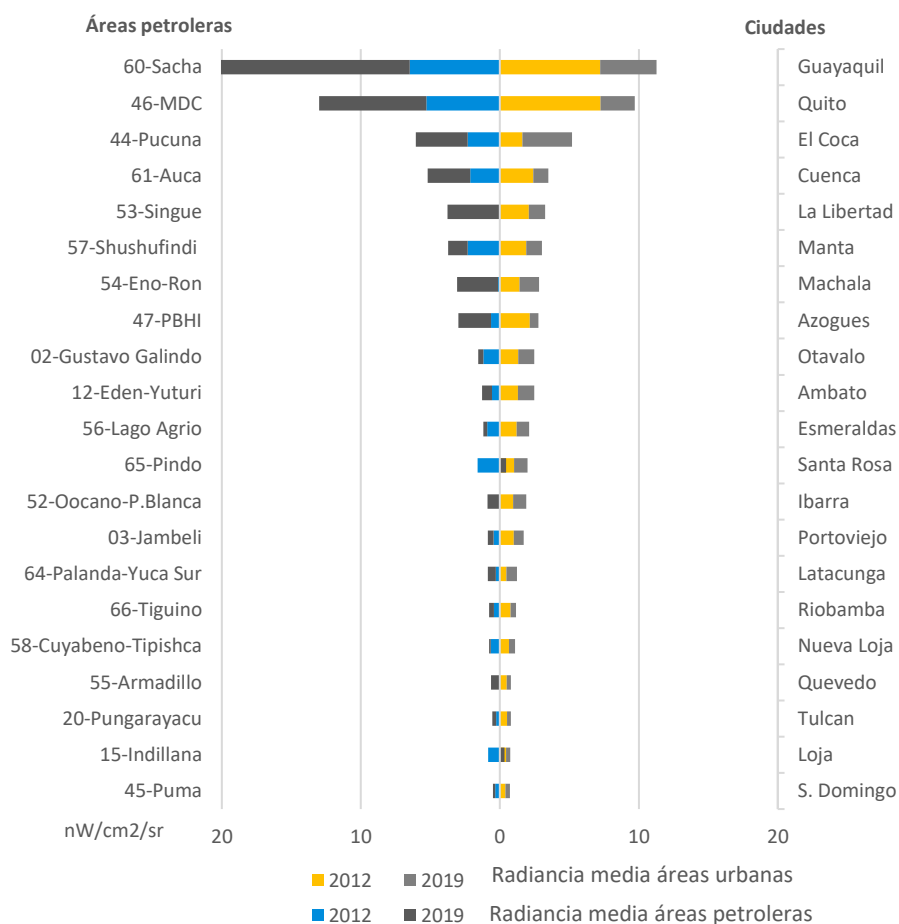
A fin de comprender de mejor manera el efecto que generan estos usos extractivos sobre el medio físico se ha realizado una comparación de los niveles máximos de radiancia que se generan en el País. Es así que tomando como base el Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra a escala 1: 100.000 del Ministerio del Ambiente (MAE) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), para el año 2012, se registra un nivel de radiancia máximo dentro de las áreas urbanas no incluidas en áreas petroleras de 138 nW/cm²/sr. Este punto se sitúa en las inmediaciones de la plaza central de Quito, la Plaza de la Independencia. Mientras que en ciudades que se encuentran incluidas dentro de las áreas petroleras se registró un valor máximo de 421 nW/cm²/sr. Este valor se localiza en un poblado denominado la Joya de los Sachas, asentamiento de carácter local, cuyo cantón presenta 11.400 habitantes urbanos (INEC, 2010). Este poblado se encuentra inmerso

dentro de los límites del área 60- Sacha. Por lo ello, se deduce que este elevado nivel de radiancia está influenciado por un uso distinto al propiamente urbano.

Radiancia media

La radiancia media de algunas áreas petroleras supera la registrada en los centros urbanos, por lo cual se ha creído conveniente realizar una comparación entre los valores de radiancia media que alcanzan las principales áreas urbanas y las áreas petroleras ecuatorianas. Por ejemplo, el área 60 -Sacha, en 2019 registró una radiancia media de 20,6 nW/cm²/sr, en cambio, Guayaquil y Quito, las principales áreas urbanas de Ecuador, registraron valores inferiores, 11,33 y 9,24 nW/cm²/sr respectivamente. De igual manera el área 46-MDC (12,99 nW/cm²/sr) registra una radiancia media superior a la generada por las dos principales ciudades del Ecuador. En la Figura 7-8 se presentan los distintos valores referentes a la radiancia media tanto de las áreas petroleras como de los principales centros urbanos del Ecuador.

Figura 7-8. Evolución de la radiancia media por áreas petroleras y principales centros urbanos. Ecuador 2012-2019.



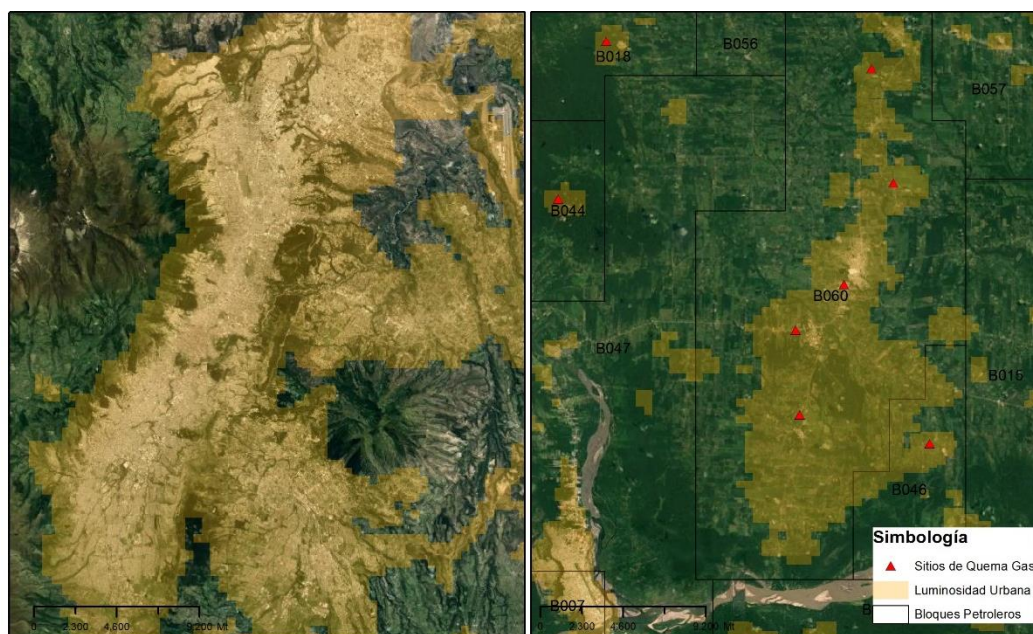
Elaboración: propia a partir de imágenes VIIRS

Superficie con intensidad lumínica urbana

Tal y como se ha comparado los valores de intensidad radiante y radiancia media, conviene ahora proceder con un análisis que nos permita territorializar los valores de radiancia y realizar comparaciones entre territorios con usos urbanos y usos petroleros. Para ello, se ha superficializado las áreas con luminosidad urbana empleando el umbral establecido anteriormente, que como se recordará ha sido determinado en 6 nW/cm²/sr.

Mediante el uso del umbral, tal como se observa en la Figura 7-9, en los asentamientos urbanos efectivamente se delimita el suelo mayormente ocupado con usos urbanos, en cambio en las áreas petroleras las superficies que se delimitan, albergan principalmente suelo con cobertura vegetal, y que según la base de datos SIGTIERRAS corresponden a bosques nativos, pequeñas parcelas de cultivo y pastizales. Así se puede afirmar que, dentro de las áreas extractivas existe una considerable dispersión de la luz, debido a los elevados niveles de radiancia registrados en estos suelos. Se confirma de este modo que, la dispersión de la luz podría ser útil para medir el impacto de las áreas petroleras, cuyos efectos van mucho más allá de sus límites establecidos.

Figura 7-9. Superficies con intensidad lumínica urbana. Quito y Bloque 60 - Ecuador 2019.



Elaboración: propia a partir de datos VIIRS y ARCH

Según los datos presentados en el Capítulo 5, los 28 principales asentamientos urbanos, han registrado una superficie con intensidad lumínica urbana que aumenta de 2.311 km² a 3.469 km² entre 2012 y 2019, lo que implica un incremento de 50% (6% media anual). Sin embargo, al considerar, por una lado, estos mismos asentamientos y descartando los

asentamientos inmersos en los territorios de explotación petrolera, se obtuvo que la superficie con intensidad lumínica urbana en el año 2012 alcanzaba los 2.114 km² y para el año 2019 este valor se incrementó a 2.925 km², lo cual nos refleja un incremento de un 38% entre 2012 y 2019 (4,8% media anual). Por otro lado, al considerar el conjunto de las áreas asignadas a empresas privadas y a la empresa pública se calculó que la superficie con luminosidad urbana pasó de 327 a 954 km² en el mismo periodo de tiempo. Es decir que la superficie con luminosidad urbana en las áreas petroleras prácticamente se triplicó, multiplicándose por 2,92, lo que implica una tasa media anual acumulativa de 16,5%.

Tabla 7-5. Evolución de superficies con intensidades urbanas en el conjunto de los principales centros urbanos y en las áreas petroleras. Ecuador 2012-2019

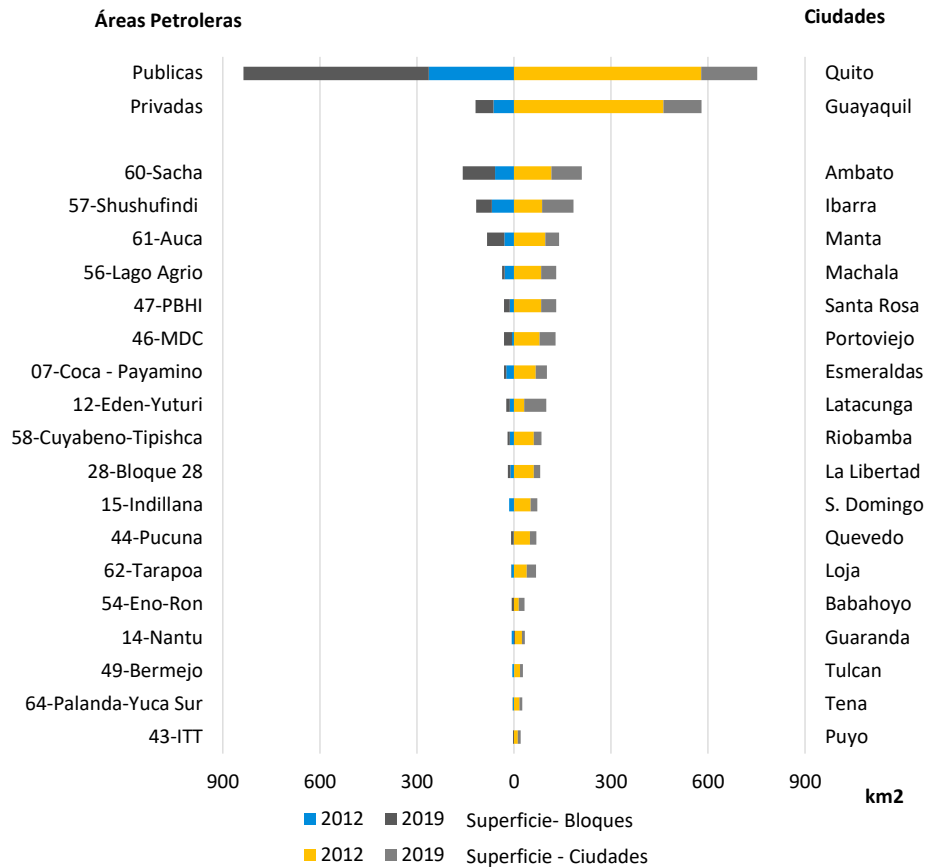
Año	2012	2019	2019 (incremento)	% Incremento
Usos Urbanos				
Áreas Urbanas	2113,5	2924,8	811,3	38%
Bloques Petroleros				
Públicas	263,1	835,7	572,6	218%
Privadas	63,4	118,6	55,2	87%
Total	326,6	954,3	627,7	192%

Elaboración propia: a partir de datos VIIRS.

Al centrar la atención en las áreas urbanas más extensas del país, Quito y Guayaquil, tal como se ha determinado anteriormente, el incremento de la superficie con intensidad lumínica urbana es de un 30 y 26% respectivamente. Comparándola con las empresas públicas y privadas se observa que estos territorios han incrementado su superficie en un 218 y 87% respectivamente durante el mismo periodo de tiempo (Tabla 7-5). En definitiva, se puede afirmar que la expansión de las superficies iluminadas en áreas vinculadas a la extracción del crudo registra un ritmo de incremento muy superior al proceso de extensión de usos urbanos de las dos principales ciudades ecuatorianas que albergan al 44% de la población urbana del país.

En conjunto, los datos muestran la extraordinaria importancia de la luminosidad derivada de la explotación petrolera, comparable con la de algunas de las principales áreas urbanas del País. Por otra parte, se demuestra una cierta independencia de la evolución de la luminosidad de las áreas petroleras respecto al volumen de producción de crudo y una diversidad de luminosidad según la empresa explotadora. Todo ello confirma el acelerado proceso de transformación por el que está atravesando la Amazonía Norte ecuatoriana.

Figura 7-10. Evolución de superficies con intensidades urbanas por centros urbanos y áreas petroleras. Ecuador 2012-2019.



Elaboración: propia a partir de datos VIIRS.

7.3. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos sobre estos dos territorios se han podido extraer una serie de conclusiones de diferente índole que contribuyen a la construcción de una lectura general sobre el estado actual del territorio y las tendencias lumínicas que se han forjado durante estos últimos años.

1. En los resultados obtenidos en el ámbito de Las Galápagos, se ha podido determinar que a pesar de las fuertes medidas de protección que se encuentran vigentes en las Islas, las dinámicas antrópicas han propiciado un incremento de la contaminación lumínica artificial durante el periodo de análisis. En este sentido la intensidad radiante y la radiancia media se han incrementado en un 47%, valor inferior sin embargo al obtenido para las ciudades localizadas en el continente (67%).

2. El umbral de luminosidad urbana definido para este ámbito contempla un nivel de radiancia equivalente a la mitad del que se estableció para el Ecuador continental, de modo que la medida de la luminosidad urbana para los asentamientos en este ámbito incluye áreas con un nivel de intensidad lumínica inferior al que generan áreas urbanas del continente. A través de este umbral de luminosidad urbana propio de los asentamientos localizados en las Galápagos se determinó que las superficies que han alcanzado esta intensidad de radiancia se han incrementado en un 29%, frente a un incremento de 50% obtenido para los principales centros urbanos continentales. Se trata de un dato relativamente alentador desde el punto de vista ambiental, puesto que muestra una velocidad menor en la expansión lumínica del archipiélago en relación al continente.
3. También, se ha podido constatar que la evolución demográfica en las islas, a pesar de las restricciones vigentes en cuanto a migración, ha generado un aumento poblacional superior a la que se produce en el continente. En este sentido las políticas de control de migración interna y externa pueden estar mitigando hasta cierto punto el incremento de la población residente, pero aun así las islas siguen siendo un fuerte foco de atracción. Por otra parte, a pesar de que la población habitual constituye un factor importante que influye en la luminosidad urbana, los turistas y sus demandas son parte esencial de las dinámicas concernientes al territorio. En este sentido, resulta razonable suponer que el incremento de un 50% de turistas en un periodo relativamente corto de tiempo (2012-2019), está relacionado con los incrementos de la contaminación lumínica registrados en las islas.
4. Se ha podido constatar asimismo que a pesar de que el incremento en los niveles de radiancia de las islas presentan un ritmo más lento que el registrado en el continente, constituye un valor que debe ser analizado con cautela puesto que el archipiélago tiene fuertes restricciones sobre las actividades antrópicas. En este sentido, el incremento de visitantes puede ser uno de los factores que haya influido, en gran parte, en el aumento de los valores de radiancia. Así, la evolución de la contaminación lumínica podría ser una de las variables utilizadas a la hora de determinar la capacidad de carga del territorio insular por lo que a residentes y visitantes se refiere.
5. Por su parte, al estudiar el ámbito relativo a las áreas petroleras, la contaminación lumínica artificial se ha intensificado radicalmente, lo cual al parecer está relacionado con la extracción de crudo y la transformación del suelo en general. Así, de acuerdo a las imágenes satelitales nocturnas, el conjunto de áreas

petroleras ecuatorianas entre el año 2012 al 2019 han incrementado su radiancia en un 86%. Para el año 2019, la intensidad radiante en el conjunto de áreas alcanzaba los 357.983 W/sr y la radiancia media registra un valor de 382 pW/cm²/sr.

6. Se ha podido comprobar que las áreas petroleras de mayor producción de crudo registran los valores más elevados de intensidad radiante, y que, en términos relativos, las áreas con mayores ritmos de incremento coinciden con los territorios cuyas actividades extractivas iniciaron en años recientes.
7. Al contrastar la evolución de los niveles de radiancia con la producción de crudo entre el 2012 y 2019 se ha visto que el conjunto de áreas concesionadas registra un incremento de un 85% en la intensidad radiante, en cambio la producción aumenta únicamente un 5%. Es decir que los incrementos lumínicos superan ampliamente los aumentos en producción de crudo en términos porcentuales.
8. Al detallar los valores por empresas, destaca la empresa pública ecuatoriana, la cual incrementa 109% su radiancia y a su vez incrementa 14% el volumen de producción de crudo. Por su parte, las empresas privadas aumentan su intensidad radiante en un 22% a pesar de que reducen su producción en un 19%. Lo que demuestra distintos comportamientos entre las áreas concesionadas a empresas extranjeras y a la empresa pública.
9. Se ha identificado un elevado coeficiente de determinación (0,78) y una relación inversa de correlación (-0,88) entre los precios del petróleo y la radiancia emitida, puesto se ha observado que cuando más desciende el precio de este, más radiancia se emite y su vez se registra mayor producción de crudo. De este modo, que se puede afirmar que las decisiones políticas del Estado condicionan de manera directa la extracción del crudo y a su vez el cambio del paisaje nocturno debido a la profunda dependencia económica del País por los recursos que genera la actividad petrolera.
10. También, los elevados niveles de radiancia de las áreas petroleras generan impactos de luminosidad comparables a los que se producen en algunas de las principales ciudades ecuatorianas. Al considerar la radiancia media, se observa, por ejemplo, que el bloque 60 Sacha registra una intensidad lumínica similar al doble de la que se produce en la capital, Quito.
11. A fin de comparar el impacto lumínico que producen las áreas petroleras en términos territoriales, se ha constatado que en conjunto las superficies con

luminosidad urbana dentro de las áreas petroleras prácticamente se han triplicado entre 2012-2019 (incremento de un 192%), mientras que en las áreas urbanas localizadas fuera de las áreas petroleras se ha registrado un incremento muy inferior (38%). Es decir que las tasas de incrementos de las áreas con intensidades lumínicas típicamente urbanas de las áreas petroleras quintuplican las registradas en las áreas urbanas. Además, se ha podido demostrar que a pesar de la relativa escasa superficie que ocupan las infraestructuras relacionadas a la actividad petrolera, los efectos que estas causan sobre el medio natural sobrepasan ampliamente sus límites.

12. Además de los efectos naturales, también es importante remarcar las afecciones en cuanto a los comportamientos sociales que pueden ocasionar estas alteraciones lumínicas y el cumplimiento que pueden suponer a la hora de conciliar la conservación ambiental y explotación de los recursos no renovables con un desarrollo social, económico, ambiental y territorial adecuado.

En general, los análisis relativos a estos dos ámbitos buscan expresar las diferencias que pueden existir entre territorios en los que predominan políticas territoriales distintas, a la vez que confirmar el potencial de análisis que ofrece la fuente básica empleada.



CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES GENERALES



Una vez desarrollados todos los capítulos y presentadas las diversas temáticas abordadas a lo largo de la presente investigación podemos proceder a presentar las conclusiones. En cada uno de los capítulos que integran la investigación se han enumerado las principales conclusiones referentes a la temática que tratan. Sin embargo, se ha considerado conveniente realizar una recapitulación de los principales resultados, conclusiones y reflexiones obtenidas. Se debe recordar que en primer lugar se presentó la identificación y justificación de la problemática donde se formulan los objetivos de esta investigación. En segundo lugar, se describió el marco conceptual y territorial que aborda la temática referente al proceso de urbanización centrándose principalmente en América Latina y Ecuador. En tercer lugar, se ha presentado las diversas metodologías aplicadas en esta investigación. En los capítulos cuarto y quinto figuran los principales resultados extraídos a partir del uso de las imágenes satelitales nocturnas, empleando la serie DMSP para el periodo 1992 al 2012 y la serie VIIRS para el periodo 2012-2019. En el sexto capítulo se buscó vincular la luminosidad con diversas variables territoriales. En el séptimo capítulo se ha desarrollado un análisis de territorios específicos de gran valor ambiental.

En este sentido, la investigación ha sido estructurada a través de un hilo conductor que trata de dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas, y a la vez de abordar las hipótesis que surgen a partir de estas. Como se recordará, el presente estudio considera la serie de preguntas de investigación planteadas en el capítulo 1 de este documento. Estas preguntas fueran clasificadas en cuatro grandes temáticas: expansión de usos urbanos e intensidades de usos antrópicos, distinción en las dinámicas de dispersión de los usos urbanos, relación con las dinámicas socioeconómicas, ocupación de suelos tradicionalmente considerados no urbanos. Siguiendo esta estructura se presentan a manera de resumen las principales contribuciones del estudio. Finalmente, cierra esta investigación unas reflexiones generales.



8.1. RESULTADOS OBTENIDOS

Como se ha mencionado, la recapitulación de los principales resultados obtenidos será abordada en el marco de cuatro temáticas generales que engloban las 10 preguntas de investigación formuladas, y de las que surgen las principales hipótesis planteadas en el primer capítulo.

8.1.1. Expansión de usos urbanos e intensidades de usos antrópicos

Empezando por la temática relativa a la expansión de los usos urbanos en el territorio, la primera hipótesis planteaba que:

El proceso de urbanización en Ecuador, al igual que en la mayoría de países de América Latina, se ha generado en las últimas décadas de manera extensiva. Este proceso, auspiciado por la falta de planificación en los tejidos urbanos ha propiciado desequilibrios interregionales, procesos de suburbanización, consumo descontrolado del suelo, excesivos requerimientos de infraestructuras y degradación del medio físico, entre otros problemas.

A fin de confirmar esta primera hipótesis vinculada a la expansión de usos urbanos se da respuesta a las 5 primeras preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles son los principales patrones de dispersión de las actividades urbanas en el sistema de asentamientos ecuatoriano?

El sistema urbano ecuatoriano se caracteriza por: la destaca bicefalia e Quito y Guayaquil, la preminencia de estos centros urbanos sobre el resto del sistema urbano, la aceleración del proceso de urbanización a lo largo del siglo XX, su extensión a partir de 1980 para alcanzar las regiones más remotas de la Amazonía, y el carácter informal y precario de buena parte de los desarrollos urbanos.

Desde finales del siglo XIX el proceso de urbanización estuvo caracterizado por una acusada tendencia a la concentración de población y a actividades sobre el espacio. Sin embargo en las últimas décadas esta tendencia hacia la implosión urbana se ha visto sucedida por una creciente expansión y dispersión de los usos urbanos sobre el territorio. Esta tendencia es visible tanto a escala del sistema urbana en su conjunto como del desarrollo de cada uno de los sistemas urbanos.

Así, el peso demográfico de las dos grandes ciudades sobre el conjunto del país, pese a mantenerse elevado (44% del total urbano), no aumenta al mismo ritmo que en periodos anteriores. En cambio, los asentamientos medianos como Santo Domingo, Machala y Otavalo, tienden a poner peso relativo sobre el conjunto nacional.

Por otra parte, se ha constatado como en cada una de las áreas urbanas se producen procesos de dispersión de la urbanización que tienen a transformar grandes superficies de suelo con ocupaciones de baja densidad situadas en ámbitos cada vez más periféricos.

Esta dinámica ha sido estimada a través de las imágenes satelitales diurnas (MAE) que han mostrado como entre 1990 y 2013 la artificialización del suelo en Ecuador creció de 568 a 1550 km² (270%) mientras la población urbana lo hacía de 5,3 a 9,1 millones de habitantes (70%) entre 1990 y 2010.

2. ¿Cómo se vinculan los usos urbanos con la luminosidad artificial nocturna en el sistema de asentamientos ecuatorianos? ¿A que corresponden las superficies con intensidad lumínica urbana?

La presente investigación parte, como premisa básica, de que la mencionada expansión de los usos urbanos no se refleja solo a través de la artificialización del suelo. Al contrario, la extensión de las redes urbanas tiende a integrar el conjunto del territorio, expandiendo las formas de vida urbana y mercantilizando recursos. Por ello, para medir y caracterizar el proceso de urbanización expansivo vigente, resulta muy útil la observación de la evolución de la luminosidad, en tanto que expresión física de la expansión e intensidad de los usos urbanos.

Para este análisis se ha empleado como herramienta base las imágenes satelitales nocturnas de la serie DMSP-OLS y de la serie VIIRS. Estas se encuentran disponibles en un periodo temporal que abarca desde 1992 hasta el 2019, lo cual nos permite obtener datos sobre las transformaciones del suelo de un territorio específico.

Siguiendo la metodología establecida en el capítulo 3 se ha conseguido analizar el territorio en términos de intensidad de usos urbanos, obteniendo así tres variables: la luminosidad total emitida (intensidad radiante), la luminosidad media (radiancia media) y superficie con luminosidad urbana. Variables que permiten analizar la dispersión de los usos urbanos en términos de magnitud obteniendo así la intensidad lumínica y las superficies que presentan intensidades lumínicas vinculadas a usos tradicionalmente urbanos.

Así, a través de la aplicación de la metodología se ha podido corroborar que en general las áreas con mayor cantidad de usos urbanos, generan intensidades lumínicas más elevadas. En cambio, áreas cubiertas por bosques, pastizales y matorrales registran luminosidades prácticamente nulas o sumamente bajas, a excepción de los espacios operacionales vinculados con la producción del crudo.

Además, se ha establecido el denominado umbral de luminosidad urbana, que corresponde a un valor referencial de luz o radiancia que guarda mayor relación con los suelos artificializados para fines urbanos. Con el uso de este umbral es posible identificar las superficies de suelo que presentan intensidades de luz propias de los usos urbanos. Así, a lo largo de la investigación se ha obtenido que para el periodo temporal 1992 al 2012, en el que se emplean las imágenes DMSP-OLS, la mejor correspondencia entre el suelo artificializado y la luminosidad es el nivel 44 de intensidad lumínica en un rango que oscila entre 0 y 63. Este umbral de luminosidad incluye la mayor extensión de suelo urbano y, a la vez, una menor extensión de suelo no urbano, siendo así el nivel de luz de mayor coincidencia entre áreas urbanas y áreas iluminadas. Al emplear las imágenes VIIRS, las cuales emplean valores de radiancia, se ha determinado que la relación entre área urbana y área iluminada registra una mayor correspondencia en $6 \text{ nW/cm}^2/\text{sr}$.

Con estos dos valores normativos se ha logrado caracterizar el proceso de dispersión de los usos urbanos en el territorio. Sin embargo, es preciso recordar que los territorios que no alcanzan estos niveles de luminosidad no están exentos de usos urbanos, sino que registran valores lumínicos inferiores a los que en términos generales emiten áreas artificializadas para usos urbanos.

También se debe mencionar que, parte del suelo amazónico presenta características lumínicas que sobrepasan ampliamente el umbral de luminosidad urbana. Estas áreas están influenciadas por usos operacionales sujetos a usos urbanos como lo son las actividades extractivas petroleras. Así, las superficies con intensidad lumínica urbana incluyen a los espacios operacionales y espacios afectados por la difuminación de la luz puesto que presentan características lumínicas similares e incluso superan las que se generan en las áreas urbanas del País.

3. ¿Cómo caracterizan las transformaciones lumínicas la evolución de los usos urbanos del suelo en el territorio continental durante estos últimos años?

A lo largo de la investigación, ha sido posible realizar un análisis de la luminosidad artificial haciendo uso de las imágenes satelitales nocturnas a fin de vincularla con la evolución de los usos urbanos. Como principal ámbito de estudio se ha identificado áreas que concentran los principales procesos urbanos y que corresponden a las áreas generadas a partir de los radios de 25km trazados desde los centroides de los 28 principales asentamientos ecuatorianos.

Para el primer periodo temporal de 20 años que transcurre entre 1992 y el 2012, en el que se emplean las imágenes de la serie DMSP, se ha observado que, en el conjunto de los 28 asentamientos urbanos, las intensidades lumínicas se han prácticamente triplicado. Al considerar la luminosidad media en el año 1992, se obtuvo un valor de 3,95, mientras que en el año 2012, este indicador alcanza los 11,04, es decir que se multiplica por 2,8 (5,27% media anual). Por su parte, la superficie con luminosidad urbana registra incluso mayores incrementos en el mismo periodo temporal, pasa de 785 km² a 2.982 km² entre 1992 y 2012, lo cual implica que su valor inicial se ha multiplicado por 3,8 (6,9% media anual). Es así que puede afirmarse que el ritmo de transformación del suelo medido en términos lumínicos muestra como los usos urbanos, que son los que se vinculan principalmente con la emisión lumínica, se han intensificado, triplicando la luminosidad emitida, pero sobre todo se han dispersado de modo que la mancha de suelo con intensidad lumínica urbana se cuadruplica.

Estos datos han resultado ser aún más significativos al compararlos con aquellos relacionados con otras variables de carácter socio-económico. Así, durante los 20 años transcurridos entre 1992 y 2012, se ha visto que la intensidad lumínica en general y la vinculada con los usos antrópicos típicamente urbanos se han incrementado de manera exponencial frente a incrementos menos significativos que registran los indicadores demográficos (10%) y socioeconómicos (PIB incremento de 35%). Asimismo, se ha podido determinar que las intensidades lumínicas urbanas se expanden a un mayor ritmo que el suelo delimitado como urbano en los mapas de cobertura del suelo.

En segundo lugar, al considerar el periodo temporal que abarca desde el 2012 al 2019, en el que se emplean las imágenes VIIRS, se observa una tendencia bastante similar a la que se registró en el periodo anterior. Considerando el conjunto de 28 asentamientos, se ha calculado que la intensidad radiante y la radiancia media que emite este territorio se ha incrementado en un 67% entre 2012 al 2019 (7,7% media anual). La intensidad radiante

ha pasado de 583kW/sr a 972 kW/sr y la radiancia media se ha incrementado de 1,33 a 2,21 en apenas 7 años. En cuanto a la superficie con intensidad lumínica urbana se ha calculado un incremento de un 50%, pasando de 2.311 km² a 3.469 km² entre el 2012 al 2019 (6% anual).

Las imágenes VIIRS poseen un amplio rango dinámico que logra detectar bajos niveles de radiancia, lo cual permite identificar pequeños asentamientos que emiten intensidades de radiancia inferiores a los que se emiten en los centros más poblados, por lo cual ha sido posible realizar un análisis a nivel del conjunto del territorio ecuatoriano continental.

Es así que en el territorio continental se ha calculado que la intensidad radiante y la radiancia media se incrementaron en un 68% entre el año 2012 al 2019. Así, la intensidad radiante se incrementa de 772 a 1295 kW/sr, y la radiancia media registra valores de 0,31 y 0,52 nW/cm²/sr entre 2012 y 2019. Por su parte, la superficie con intensidad lumínica urbana se incrementa un 54% en el mismo periodo de tiempo, pasando así de 2.822 km² a 4.346 km² en apenas 7 años.

Con fines comparativos se debe mencionar que la población en este periodo de tiempo incrementó apenas un 11%, el PIB un 11%, la energía eléctrica producida un 40% y electricidad facturada un 56%, además se ha registrado que el consumo eléctrico per cápita ha incrementado en un 15%. Se confirma así que también en este período las variables lumínicas registraron una mayor variación que las variables socio-económicas, por lo cual se puede afirmar que se mantiene la tendencia registrada en el periodo anterior. Sin embargo, en este segundo periodo temporal el conjunto de asentamientos principales registró un mayor ritmo de incremento de la intensidad lumínica (7,7% media anual) que de dispersión, medida en términos de superficie con intensidad lumínica urbana (6 media anual%).

4. ¿Cuál ha sido la evolución de la luminosidad nocturna en los territorios que albergan principalmente usos urbanos en los distintos periodos que comprende el estudio?

Como se ha mencionado anteriormente, la investigación abarca dos grandes periodos temporales en los que se emplean fuentes distintas. Esta diferenciación de fuentes ha condicionado la medición y el análisis de la evolución de la luminosidad.

En el primer periodo analizado se emplea la serie de imágenes DMSP, de modo que se analiza la evolución lumínica desde el año 1992 al 2012, es decir un periodo que comprende 20 años. Al hacer referencia a todo el rango temporal, se debe recordar que la

luminosidad total y la luminosidad media se ha incrementado en 180% entre 1992 y 2012 es decir a una tasa media anual acumulativa de 5,27%, por su parte, la superficie con intensidad lumínica urbana se incrementó en 280% en el período de 20 años, valor que le corresponde una tasa media anual de 6,9%.

A fin de realizar un análisis más detallado se ha analizado las fluctuaciones de la luz a lo largo de estos 20 años, de modo que se ha dividido el total del rango temporal en 5 periodos, es decir en rangos temporales de 4 años, lo cual permite identificar las distintas etapas por las que ha atravesado el proceso de urbanización ecuatoriano.

Considerando las superficies con luminosidad urbana que son las que reflejan, en principio, la dispersión de los usos de suelo, se ha obtenido datos sobre sus incrementos relativos para cada periodo de 4 años.

En el primer periodo que transcurre entre el año 1992 al 1996, se observa un incremento de 79% en las superficies con luminosidad urbana, para luego, en el segundo período entre 1996 al 2000 observar una disminución de la superficie en un 7%. Este segundo periodo se encuentra marcado por una profunda crisis que provocó grandes cambios en la economía del país. Durante este tiempo, se produjo un periodo de recesión, el cual, junto con otros factores, originó una gran ola migratoria hacia países extranjeros sobre todo hacia Estados Unidos, España, Italia y otros países europeos. En el tercer periodo, entre el año 2000 al 2004, se observa un ligero incremento de un 4% de la superficie con luminosidad urbana, lo cual implica que los usos de suelo se intensifican, pero aun no alcanzan las intensidades que se registraron en el primer periodo analizado. A continuación, en el cuarto periodo, del año 2004 al 2008, se aprecia un incremento de un 21% en las superficies superando la extensión máxima registrada hasta ese momento. Finalmente, en el quinto periodo que corresponde al año 2008 al 2012, se observa el mayor incremento en términos absolutos y relativos (80%). Este último periodo coincide con la gestión de un gobierno considerado “progresista” que realizó fuertes inversiones en infraestructuras de diversos tipos e instauró políticas con tintes sociales para atender a la problemática vigente. Así, se ha obtenido que entre los periodos analizados la evolución de la superficie con luminosidad urbana ha sufrido fluctuaciones que comprenden tasas medias anuales acumulativas que varían entre un 15,8% (2018-2012) hasta tasas negativas de 1,8% (1996 al 2000).

Es así como a través de los distintos rangos temporales se ha podido caracterizar parte de la evolución de los usos urbanos y a la vez vincularlos con situaciones específicas por las que ha atravesado el País. En este sentido, en una situación de crisis económica, es comprensible que se registre una disminución de las intensidades de usos urbanos y esto a su vez disminuya las extensiones de suelo que superan el umbral de luminosidad urbana.

Asimismo, se ha podido visualizar que, en el periodo temporal donde la crisis ha sido superada y la economía general del país se encuentra mejor posicionada, las intensidades de usos aumentan produciendo una acelerada dispersión de usos urbanos sobre el territorio.

Finalmente haciendo referencia al segundo rango temporal, es decir a los datos obtenidos con las imágenes VIIRS que corresponden a un periodo que transcurre entre el año 2012 y 2019, se ha obtenido que la radiancia total y la radiancia media incrementan en un 67%, por lo que registran una tasa media anual acumulativa de 7,6%. La superficie con luminosidad urbana aumenta un 50% en 7 años, es decir que incrementa a una tasa media anual acumulativa de 6%. En estos últimos años el país en general ha registrado un crecimiento económico por lo que resulta razonable suponer que se han incrementado actividades y usos urbanos en el territorio.

Así, al contrastar los datos obtenidos con las dos series de imágenes, se pueden identificar algunas tendencias. En primer lugar, considerando las intensidades lumínicas, se ha observado que en los últimos años comprendidos entre 2012 -2019 (7,6%) las intensidades de luz se incrementan a un mayor ritmo que en el periodo que comprende desde 1992 al 2012 (5,27%). De modo que, en estos últimos años parece ser que los asentamientos humanos han incrementado las intensidades lumínicas de sus territorios, lo cual puede estar relacionado con una mayor intensidad de usos urbanos. En segundo lugar, considerando la superficie con luminosidad urbana, se ha observado que en el periodo 1992 al 2012, la tasa media anual acumulativa es de 6,9%, mientras que entre 2012 al 2019 se registra una tasa media anual de 6%. De modo que se observa que, en estos últimos años, el ritmo de incremento de la superficie con luminosidad urbana se mantiene en buena medida estable en términos relativos, en relación al calculado para el periodo anterior (1992-2012). Sin embargo, se debe mencionar que la evolución de los usos urbanos no ha sido un proceso gradual a través de incrementos paulatinos, sino que parece ser que se encuentra vinculado con fenómenos socio-económicos por los que ha atravesado la sociedad a lo largo de estos años.

5. ¿Cuál ha sido la eficiencia de esta dispersión de usos urbanos en términos de densidad poblacional?

En esta investigación, al hablar de eficiencia nos hemos referido al rendimiento del incremento de la intensidad y la superficie de la luminosidad en relación con la evolución de la población.

Siguiendo la secuencia temporal de los análisis realizados se ha extraído en un primer momento los resultados generados a partir de las imágenes satelitales DMSP. A través de estos datos se determinó que en el conjunto de los 28 asentamientos principales, el habitante urbano del año 2012 genera el doble de mancha lumínica que un habitante urbano del año 1992. Así, si en 1992 se iluminaban 147 m² por habitante, en el 2012 se iluminan 328 m². De este modo, por cada nuevo habitante urbano se ha incrementado 587 m² de superficie con luminosidad urbana. Tomando como referencia estos datos se puede intuir la consolidación de un modelo territorial expansivo.

Se debe tener presente que estos incrementos de suelo iluminado seguramente guardan relación con mejoras en otros indicadores que influyen en los incrementos lumínicos, por ejemplo, el habitante urbano del año 2012 ha conocido mejoras en cuanto a cobertura eléctrica y calidad del servicio, infraestructuras viales, alumbrado público y demás.

Ahora bien, al considerar datos segregados por asentamientos se ha podido identificar comportamientos diversos entre cada área. Estas oscilan entre la más eficiente, Macas que ilumina 17 m² por habitantes y la menos eficiente, El Coca con 1.282 m² por habitante, aunque se debe recordar que esta ciudad presenta una situación de especial interés por las actividades extractivistas que alberga en su entorno.

La superficie iluminada por habitante en parte está vinculada con el modelo territorial implantado, puesto que un asentamiento poco compacto genera una mayor dispersión de luz. Así, la ciudad de Cuenca, Ambato y Manta que iluminan 458, 382 y 358 m² por habitante, serían ciudades con usos urbanos más dispersos reflejando así un menor rendimiento de suelo.

Por lo que se refiere al segundo periodo de estudio (2012-2019), en el que se han empleado las imágenes VIIRS, se logró determinar que de acuerdo a los niveles de radiancia que emitían las superficies en el 2012 se iluminaban 213 m² por habitante urbano mientras que para el 2019 este valor había alcanzado los 288 m², es decir que por cada nuevo habitante se incrementaba 950 m² de superficie por encima del nivel de luminosidad urbana. En este sentido se constata que el modelo territorial en baja densidad se ha consolidado durante estos últimos años diseminando así mayores niveles de radiancia en el entorno y generando una mayor contaminación lumínica.

En este sentido, el modelo territorial implantado en el territorio ecuatoriano presenta una dispersión exacerbada de las intensidades lumínicas vinculadas a usos urbanos y a los que les corresponde cada vez densidades más bajas. En definitiva, a través de estos datos, se puede afirmar que nuestro ámbito de estudio presenta un modelo poco eficiente en

términos lumínicos, donde los impactos de la urbanización medidos en términos de la superficie por habitante urbano se incrementan de manera acelerada.

8.1.2. Distinción en las dinámicas de dispersión de los usos urbanos

Como parte de la segunda hipótesis se considera que el proceso de urbanización ha seguido dinámicas diversas en los principales asentamientos del País, dependiendo del periodo de tiempo, de su posición en la red urbana y de sus características intrínsecas. Se ha tratado de validar esta hipótesis a través de las respuestas a dos de las preguntas de investigación que se desarrollan a continuación.

6. ¿Cómo se configura el sistema territorial ecuatoriano a través de la emisión lumínica de los principales centros urbanos? ¿Cómo se distribuye la luminosidad sobre el territorio?

La presente investigación ha buscado caracterizar de una manera compleja la configuración del sistema territorial urbano, para lo cual se han analizado los patrones de luminosidad por cada asentamiento.

Así, el análisis regional de los datos ha permitido determinar, a través de las imágenes DMSP y las VIIRS, que durante estas últimas décadas (1992-2019) los asentamientos localizados en la región Costa y Sierra registran intensidades lumínicas bastante similares, sin embargo, existe una amplia brecha al compararlas con la luminosidad de asentamientos amazónicos. Por ejemplo, al tomar los datos más actualizados que presentamos (año 2019) la radiancia media del conjunto de asentamientos de la región Costa y Sierra registra un valor de 2,74, y 2,40 nW/cm²/sr, en cambio la región amazónica alcanza apenas 1,17 nW/cm²/sr. Estas diferencias parecen concordar con los procesos históricos por los que han atravesado las distintas regiones, corroborándose así la tardía incorporación de la Amazonía al sistema urbano nacional.

Centrándonos en los resultados por asentamientos, destacan Quito y Guayaquil por registrar las mayores concentraciones lumínicas. A través del uso de las imágenes DMSP, se pudo determinar que para el año 2012, estas dos ciudades concentraban el 25% de la luminosidad total y el 46% de la superficie con luminosidad urbana calculada para el conjunto de los 28 principales asentamientos ecuatorianos. Luego con datos más actualizados, empleando imágenes VIIRS, se ha podido determinar que, en el año 2019,

estas dos ciudades emitían 41,5% de la radiancia y concentran el 38,4% de la superficie con luminosidad urbana calculada para el conjunto de asentamientos analizados.

Ante estos resultados cabe destacar que Quito y Guayaquil representan únicamente el 8% de la superficie total del ámbito analizado, y según datos del último censo estas dos ciudades junto con sus conurbaciones contenían al 44% de la población urbana del país, concentrando así una gran cantidad de actividades económicas y usos urbanos.

También resulta oportuno mencionar que, empleando datos del 2019, la tercera ciudad más extensa, Cuenca, registra valores inferiores a la tercera parte de intensidad radiante y a la mitad de superficie con luminosidad urbana de la que se obtuvo para Guayaquil. Así, los datos hacen evidente la brecha que separa a las dos ciudades más importantes del país con el resto de asentamientos, y se corrobora de manera fehaciente la primacía de Quito y Guayaquil, las cuales conforman la tradicional bicefalia urbana del país.

Al considerar el resto de asentamientos, se observa que los valores de luminosidad, en gran parte, dependen de la concentración poblacional. Teniendo en cuenta los valores obtenidos con las imágenes VIIRS, se aprecia que en prácticamente todos los asentamientos la intensidad radiante se distribuye de manera equitativa en relación al número de habitante, es decir que entre más habitantes albergue el asentamiento mayor radiancia genera, gran parte de valores obtenidos se localizan bajo los $9 \mu\text{W}/\text{sr}/\text{hab}$. Sin embargo, El Coca y Nueva Loja registran valores que sobrepasan ampliamente la media nacional ($7,9 \mu\text{W}/\text{sr}/\text{hab}$), alcanzando valores de 80 y $18 \mu\text{W}/\text{sr}/\text{hab}$ respectivamente. En este sentido, tal como se ha mencionado varias veces a lo largo de la investigación, El Coca y Nueva Loja, asentamientos localizados al norte de la Amazonía ecuatoriana, reflejan valores que se encuentran fuera de los rangos, por lo que resulta evidente que los usos presentes en estos asentamientos de carácter local corresponden a actividades singulares de mayor impacto lumínico, con características distintas a las vinculadas tradicionalmente con los usos urbanos.

En definitiva, se ha podido comprobar a través del análisis de la luminosidad que: existen patrones heterogéneos de distribución de luz en los que sobresalen las mayores concentraciones lumínicas en dos espacios específicos, Quito y Guayaquil; en los últimos años se han producido transformaciones exacerbadas en zonas operacionales vinculadas a la dinámicas urbanas, como lo son las áreas petroleras; y en el resto del territorio la luz emitida por los asentamientos está vinculada a la población que albergan.

7. ¿Cuáles son las principales diferencias que se perciben en el territorio en cuanto a la evolución de los usos urbanos del suelo entre asentamientos? ¿Existen asentamientos cuya luminosidad se ha ampliado a un ritmo superior a las otras?

Cada asentamiento atraviesa por procesos de urbanización distintos que se reflejan hasta cierto punto en la evolución de las intensidades lumínicas. Así, para identificar las principales diferencias en la red urbana ecuatoriana se han considerado cada uno de los ámbitos generados por los radios de 25km de cada asentamiento.

Siguiendo la secuencia temporal, debe hacerse referencia en primer lugar al periodo de análisis entre 1992 y 2012, considerando tanto intensidades lumínicas como superficies con intensidad lumínica urbana. En lo que se refiere a intensidad lumínica, se ha observado que los asentamientos analizados registran tasas medias anuales acumulativas que varían entre 2,3 y 16,4%. Entre los asentamientos que registran las tasas más bajas destaca Quito y Guayaquil (4 y 2,3% respectivamente), que mantienen tasas medias anuales inferior a la media general (5,3%). Sin embargo, estas tasas han resultado ser suficientes para mantenerlas como las ciudades con mayor intensidad lumínica. Por su parte, las ciudades amazónicas, que son las más pequeñas en términos de población, a pesar de registrar las mayores tasas de incremento medio anual, que alcanzan valores de hasta un 16,4%, se mantienen con los niveles más bajos de luminosidad. De este modo, se puede afirmar que las ciudades más pequeñas a pesar de registrar ritmos de incremento superiores al resto de asentamientos, no logran equiparar todavía en este período las intensidades lumínicas emitidas por el resto de asentamientos.

Como parte del análisis del segundo periodo (2012-2019), en el que se trabaja con imágenes VIIRS, se ha detectado algunas variaciones en los comportamientos de referidos a la intensidad emitida por las ciudades. Gran parte de los asentamientos analizados presentan tasas anuales medias de crecimiento que varían entre 5 y 11%. Al centrarnos en las dos principales ciudades ecuatorianas, Guayaquil (7%) registra una tasa de incremento anual superior a la que registra Quito (4%), convirtiéndose en la ciudad con mayor intensidad lumínica del país.

Durante este periodo también destaca El Coca con una tasa de incremento anual de 18%, que se encuentran muy por encima de la media general (7,7%) y supera ampliamente la tasa de variación media anual del periodo 1992- 2012 (4,3%). Así, en estos últimos años El Coca ha pasado de ser la treceava ciudad más iluminada a ser la tercera. Destaca asimismo Latacunga con una tasa de incremento anual de 15% pero debido a sus bajas intensidades iniciales no logra incrementar de manera significativa su radiancia media en términos absolutos.

Respecto a las hipótesis iniciales resulta relevante destacar el hecho de que la luminosidad se incrementa en este periodo a ritmos más rápidos en las ciudades pequeñas y medias, que en las dos grandes metrópolis nacionales.

En base a estos análisis se ha constatado los distintos ritmos de incremento lumínico a la vez que se observa la diversidad de intensidades de uso de suelo de cada asentamiento.

En cuanto a la dispersión de las superficies con intensidad urbana se aprecia comportamientos bastante similares a los obtenidos empleando los datos sobre intensidad lumínica. Al considerar el periodo temporal entre 1992 y 2012, las superficies con intensidad lumínica urbana en cada asentamiento se incrementaron con tasas de medias anuales acumulativas que varían entre 3 y 15% en los periodos de 4 años, frente a la tasa general de 6,02%.

Considerando los valores extremos, cabe mencionar que Guayaquil, pese a obtener la tasa media anual más baja (3%), registra el segundo incremento más extenso en términos absolutos (276km²) luego de Quito (568km²), la cual presentaba una tasa media anual acumulativa de 6,5%. Sin embargo, a pesar de que en valores absolutos las ciudades hegemónicas concentren los mayores incrementos de superficie con luminosidad urbana, las ciudades de escala intermedia son las que en términos porcentuales se han incrementado a un ritmo más acelerado, destacando Machala con una tasa media anual acumulativa de 15%.

Aquello que resulta particularmente relevante de constatar a efectos del debate de nuestras hipótesis relacionadas con la expansión urbana y la baja densidad, es que son las coronas externas –las más alejadas de los centros urbanos- las que ven crecer la mayor proporción su luminosidad en términos de superficie. Así, entre 1992 y 2012, mientras la superficie con luminosidad urbana aumenta en 803 km² y en 6,1% de media anual en el radio de los 5 primeros kilómetros desde los epicentros, las segundas coronas que abarcan un territorio entre los 5 y 10 km de radio generado desde los centros urbanos, incrementan 671 km² y con una tasa media anual de 6,7%, y el resto de coronas con radios externos entre 15 y 25 km incrementan su superficie con luminosidad urbana con una tasa media anual de 7,5 y 9,6% respectivamente.

Al emplear la segunda serie de imágenes que corresponden a un segundo periodo temporal, que abarca desde el año 2012 al 2019, se observaron ciertas similitudes con respecto a los datos obtenidos en el periodo de análisis precedente.

Entre las similitudes se observó que la brecha entre las dos ciudades de mayor importancia y el resto de asentamientos se mantiene. Quito ha registrado una mayor expansión de las

superficies con luminosidad urbana (174km²), con una tasa media anual acumulativa de 3,8%, por su parte, Guayaquil mantiene una tasa ligeramente inferior (3,3%) y registra un incremento de superficie con luminosidad urbana de 119 km². Es decir que Quito registra un mayor ritmo expansivo, y Guayaquil presenta un mayor ritmo de incremento en cuanto a intensidad, lo que implica una mayor concentración lumínica y menor dispersión de usos. Por otro lado, destaca Latacunga, a la cual se le atribuye el mayor ritmo expansivo de luminosidad urbana, con una tasa media anual de 18%, seguido de El Coca con una de 16%.

Por lo que se refiere al crecimiento de la luminosidad por coronas en el período 2012-2019 puede afirmarse que al igual que en el periodo anterior, las coronas periféricas han atravesado por transformaciones más intensivas del suelo. Así, al considerar los datos de superficie con luminosidad urbana, mientras la primera corona registra un incremento de 268 km² que corresponden a una tasa media anual de 3,5%. La segunda y tercera corona registran, cada una, incrementos de 320 y 279 km² que son superiores a los registrados en la primera corona, a los cuales les corresponde tasas de incremento anual de 5,8 y 5,7% respectivamente. Finalmente la cuarta corona incrementa su superficie con intensidad lumínica urbana a una tasa media anual de 8%. En definitiva la luminosidad de las coronas externas atraviesa por mayores ritmos de transformación, lo cual es compatible y corrobora el proceso expansivo urbano por el que atraviesa el territorio ecuatoriano.

En definitiva, cada ciudad ha presentado distintos ritmos de evolución lumínica, aunque se puede afirmar que, en términos generales, a pesar de que los mayores incrementos relativos corresponden a ciudades de escala intermedia y pequeña, se mantienen amplias brechas lumínicas entre las dos ciudades metropolitanas y el resto de asentamientos, sin embargo, se constata que la explosión urbana puede estar alterando esta realidad, tanto en términos de propiciar una paulatina reducción de la jerarquía del sistema urbano, como de la dispersión de la urbanización en el interior de cada una de las áreas urbanas.

8.1.3. Relación con dinámicas socioeconómicas

La tercera temática general que aborda la investigación trata la relación de las dinámicas socioeconómicas con el proceso de urbanización.

La hipótesis planteada considera que los usos y la ocupación de suelo guardan una estrecha relación con las diversas dinámicas territoriales de la sociedad por lo que el proceso de urbanización se encuentra vinculado con la evolución de variables urbanas que reflejan e influyen hasta cierto punto en el proceso de dispersión de los usos urbanos del

suelo. Estas dinámicas socioeconómicas son las siguientes: crecimiento demográfico, desarrollo económico y extensión de infraestructura.

Para validar esta hipótesis se ha tratado de dar respuesta a las dos preguntas de investigación que se presentan a continuación.

8. ¿Qué dinámicas sociales y económicas influyen de manera más directa en los cambios de usos del territorio?

La literatura ha mostrado que las dinámicas demográficas y económicas se encuentran vinculadas con la luminosidad y estas su vez con las variaciones de los usos de suelo. En nuestra investigación se ha querido resaltar, en primer lugar, la temporalidad específica que ejemplifica de manera clara esta vinculación entre las dinámicas sociales y económicas en los cambios de usos del territorio. Así, al centrarnos en los datos extraídos de las imágenes satelitales nocturnas DMSP que abarcan información referente a los años 1992 - 2012, se ha observado que las intensidades lumínicas se vieron atenuadas en el mismo periodo en el que el país atraviesa por una grave recesión, en el año 1999. La situación de aquella época generó una ola migratoria hacia países más industrializados, disminuyendo así la población económicamente activa. De este modo se intuye que la coyuntura económica que atravesaba el país ocasionó cambios en las dinámicas económicas, demográficas y territoriales que se reflejaron en la intensidad lumínica del territorio.

De este modo, para identificar las variables sociales y económicas que influyen de manera más directa en los cambios del uso del suelo se emplearon valores referentes a la evolución anual de la población, el PIB, el VAB y los impuestos recaudados, para vincularlos con la evolución lumínica. De igual manera, basándonos en el vínculo demostrado entre el consumo eléctrico y la luminosidad se ha creído oportuno analizar la relación entre la luminosidad y la energía eléctrica facturada y la energía producida. Por último, considerando que la dispersión de los usos urbanos sobre el suelo se materializa debido a la dispersión de las infraestructuras de movilidad se ha analizado la evolución del número de vehículos, considerando estos datos como un indicador de la dotación de infraestructura vial.

Para determinar la relación entre las variables empleadas se han calculado coeficientes de determinación y correlación, para ello se han empleado datos lumínicos, tanto de intensidad radiante como de superficie con luminosidad urbana, referentes a los años 2012-2019 y se los ha asociado con los valores anuales de las variables demográficas y socio-económica mencionadas.

De este modo, se ha podido determinar, en base a los coeficientes obtenidos, que las variables que se vinculan de manera más directa con la evolución de las variables lumínicas son la población, la energía producida y facturada, y el número de vehículos matriculados. Los coeficientes de determinación y correlación de estas variables con respecto a la radiancia y la superficie con intensidad lumínica urbana reflejan valores superiores a 0,92. De modo que se puede afirmar que los patrones de evolución entre las variables lumínicas y estas variables demográficas y socio-económicas son similares.

En cuanto a los coeficientes obtenidos entre los datos lumínicos y los valores anuales del PIB y la recaudación de impuestos, se puede afirmar que son bastante elevados pero los patrones de evolución no son exactamente iguales. Así, los coeficientes de determinación y correlación superan el 0,76, reflejando una fuerte relación entre variables pero menos sólida en comparación con las variables antes mencionadas. Estos indicadores están vinculados con tendencias económicas tanto de carácter internacional como nacional que pueden influir en cierta medida en los datos de estos indicadores.

En conclusión, con este análisis se desea recalcar que las dinámicas sociales y económicas se reflejan en mayor o menor grado en las emisiones lumínicas registradas en las imágenes satelitales nocturnas, por lo que es necesario considerar las características del territorio y la situación por la que atraviesa para vincularla con el indicador que más interviene en las dinámicas territoriales de este espacio en concreto.

9. ¿Cómo se relaciona la evolución de la luminosidad artificial con las distintas variables urbanas durante el periodo de análisis?

Teniendo en cuenta los resultados expuestos en la investigación, se puede afirmar que la evolución lumínica registrada en las imágenes satelitales nocturnas guarda relación con las variables contempladas en este estudio.

En primer lugar, considerando el factor demográfico, se ha podido determinar una tendencia de evolución similar a la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad urbana con un coeficiente r^2 de 0,99 y un p de 0,99 en ambos casos. De este modo, cuando mayor es el incremento de las variables lumínicas, mayor será el incremento de la población, esto si no existen fenómenos de gran envergadura que alteren de manera significativa las dinámicas territoriales, como una crisis económica o alguna catástrofe natural que afecte la infraestructura, servicios y a la población en general.

En segundo lugar, empleando datos sobre la energía producida por el país se ha constatado que la relación con la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad

urbana son significativas, con un coeficiente r^2 de 0,95 y p de 0,97 para los dos indicadores. Al considerar los datos sobre el consumo de energía se ha obtenido coeficientes de relación igualmente elevados con las variables lumínicas: con los valores de la intensidad radiante se obtuvieron coeficientes de r^2 de 0,92 y p de 0,96; y con la superficie con luminosidad urbana se obtuvo un r^2 de 0,93 y p de 0,97. Así, es evidente que estas variables se encuentran estrechamente vinculadas puesto que al disponer de más energía es posible desarrollar más actividades antrópicas implantadas en el territorio y a su vez gran parte de ellas tienen relación con las emisiones de luminosidad artificial.

Al analizar datos referentes al PIB con valores actuales, se ha constatado que guardan relación con la intensidad radiante registrando un r^2 de 0,86 y p de 0,93. Al contrastar el PIB con la superficie con luminosidad urbana se obtiene un coeficiente r^2 de 0,88 y un p de 0,94. En este punto, es importante tener en cuenta que la economía depende de muchos factores de escala mundial que afectan los precios de los productos, las importaciones y demás. Sin embargo en ciertos casos estos cambios no se reflejan de manera directa en las fluctuaciones de las actividades antrópicas y por lo tanto en las emisiones de luminosidad de los diversos usos. De este modo, los valores del PIB y el VAB pueden estar influenciados por tendencias externas lo cual puede en ciertos casos alterar la relación con la evolución de la emisión lumínica del territorio.

En cuarto lugar, se ha tenido en cuenta que los impuestos recaudados se vinculan de manera directa con las actividades económicas desarrolladas en el territorio y que la mayoría de estas se concentran en áreas urbanas, por lo que guardan relación con los usos urbanos. Al contrastar la recaudación de impuestos y la evolución de la intensidad radiante y la superficie con luminosidad urbana se ha obtenido coeficientes r^2 de 0,76 y 0,75 y un p de 0,87 en ambos casos. Frente a estos resultados se debe mencionar que el valor recaudado por la entidad encargada está supeditado a las políticas implementadas por el Gobierno central que puede incrementar o disminuir la presión fiscal. Por ejemplo, el Estado luego del terremoto del 2016 incrementó el valor del IVA en un 2% e implementó políticas para una mayor recaudación de impuestos que serían destinados a la reconstrucción del país, a la vez que se plantearon subsidios a favor de los afectados por el seísmo lo que generó fluctuaciones en los valores de recaudación. Sin embargo, esta situación no necesariamente se refleja en una variación de la intensidad de usos urbanos o de la luminosidad que emiten. Así, nuevas políticas implementadas pueden suponer alteraciones en los volúmenes de recaudación de impuestos, de modo que cualquier cambio debe ser tenido en cuenta al establecer la relación de esta variable con cualquier otra como en este caso con la emisión lumínica.

Finalmente, el número de vehículos en el territorio guarda una correlación r^2 de 0,95 y 0,96 con la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad urbana y un p de 0,98 para ambas variables lumínicas. En este sentido, el número de vehículos está relacionado en parte con la infraestructura vial que es la que permite una mayor movilidad de la población sobre el territorio y a su vez una mayor dispersión de las actividades antrópicas. De modo que no resulta sorprendente que estas dos variables guarden una estrecha relación.

En general, empleando los datos extraídos de las imágenes nocturnas se ha constatado que las variables lumínicas aquí analizadas presentan patrones de evolución extremadamente similares con algunas de las variables demográficas y socioeconómicas analizadas. De este modo, considerando la recurrencia y el nivel de cobertura de las imágenes satelitales nocturnas, éstas pueden resultar útiles para estimar con cierta precisión valores referentes a las variables analizadas que en muchos casos no se encuentran disponibles de manera actualizada.

8.1.4. Ocupación de suelos tradicionalmente considerados no urbanos

Finalmente, debido a las particularidades del territorio ecuatoriano se ha considerado necesario analizar una interesante temática vinculada a las actividades antrópicas que no están asociadas a los usos que tradicionalmente se han considerado urbanos. Así, se plantea como hipótesis que existen territorios que no están destinados de manera prioritaria a asentamientos, pero albergan usos antrópicos, produciendo de esta manera afecciones y presiones sobre el medio natural similares a las que producen las áreas normalmente residenciales. En este sentido, la presente investigación ha buscado dar respuesta a la última pregunta de investigación.

10. ¿En términos de luminosidad, como se caracterizan los territorios que no están destinados a albergar principalmente usos que por tradición han sido considerados urbanos?

Como se ha comentado anteriormente los territorios destinados a usos urbanos son los que concentran mayor actividad antrópica y a la vez generan mayores intensidades lumínicas. Así, parece razonable considerar que, en principio, los territorios que no alberguen usos tradicionalmente considerados como urbanos registren niveles lumínicos más bajos. Esta afirmación se ha comprobado a través de un análisis del umbral de luminosidad urbana en el territorio que no incluye los principales asentamientos. Así,

prácticamente gran parte de la superficie continental que no forma parte de los principales asentamientos mantiene bajos niveles de luminosidad.

Sin embargo, al realizar un análisis más detallado se ha constatado la presencia de dos territorios que registran características lumínicas singulares y que han conocido incrementos acelerados de radiancia a pesar de que no albergar de manera prioritaria suelo artificializado urbano, aunque si contienen usos relacionados a actividades urbanas. Estos dos territorios, además de las particularidades lumínicas registradas poseen rasgos inherentes de especial interés.

Al fijar la atención en estos territorios específicos se ha podido visibilizar como las políticas implementadas por parte del Gobierno influyen en la configuración del paisaje y en los niveles de contaminación lumínica. En estas dos áreas priman políticas hasta cierto punto antagónicas. Uno de estos territorios corresponde a las islas Galápagos y el otro a las zonas de extracción petrolera mayormente emplazadas en la Amazonía Norte ecuatoriana.

En primer lugar, se ha querido poner atención en Las Galápagos. En esta zona rigen estrictas políticas sobre las actuaciones antrópicas, siendo la protección del medio natural uno de los objetivos prioritarios. Así, entre las principales medidas implementadas en este territorio destaca el control migratorio cuya regulación restringe la migración interna y externa hacia estas islas. Asimismo, existen regulaciones sobre las actividades de la población local, la importación de materiales y vehículos.

Igualmente es importante recalcar que, el 96,7% de las islas están declaradas como Parque Nacional, de modo que las actividades antrópicas se ven restringidas prácticamente en la totalidad del espacio insular. Así, el proceso de urbanización y la dispersión de usos urbanos se encuentran centrados en territorios reducidos. De este modo, las dinámicas que se observan a nivel planetario, referentes a la configuración de amplias redes urbanas, no han podido ser reproducidas en este territorio. Este fenómeno se refleja hasta cierto punto en las inferiores intensidades lumínicas registradas en los asentamientos de esta región en comparación con las obtenidas en los centros urbanos emplazados en el Ecuador continental.

Sin embargo, a pesar de estas políticas encaminadas a la conservación del medio natural, la población local se ha incrementado cuatro veces más rápido que la población del continente desde 1950 al 2010 (INEC) y desde 1979 al 2019 el número de visitantes anuales se ha multiplicado por 23. De esta manera se ha corroborado que la actividad antrópica ha ido en aumento lo cual parece guardar relación con los incrementos lumínicos registrados en el archipiélago. Es así que, a pesar de las bajas intensidades lumínicas registradas, se ha calculado un incremento sustancial en la radiancia emitida en un periodo de 7 años, desde

2012 al 2019. Haciendo uso de las imágenes VIIRS se ha obtenido una tasa media anual acumulativa de 5,6% para la intensidad lumínica y de 3,7% para la superficie con luminosidad urbana. En definitiva, se puede inferir que las políticas implementadas en las Islas han influido en la mantención de bajos niveles de contaminación lumínica. Aun así, debido a los ritmos de incremento de la intensidad radiante en los últimos años, podría estar dándose la paradoja de que los controles y restricciones aplicadas a fin de preservar el medio natural hagan este lugar particularmente atractivo y ello comporta una mayor afluencia de residentes y visitantes y, por ende, un aumento de luminosidad.

En segundo lugar, se ha destacado otro territorio donde el desarrollo urbano no es prioritario, pero en el cual las políticas del estado han intervenido de manera directa en su configuración, el norte de la Amazonía ecuatoriana. En esta zona se ha priorizado las actividades extractivistas las cuales han originado graves problemas entre los que destacan sobre todo los ambientales y sociales.

Desde un punto de vista económico, la extracción de petróleo genera importantes ingresos para el país, de los cuales dependen gran parte de los proyectos encaminados a atender parte de las necesidades de la sociedad. Sin embargo, es necesario tener presente los efectos adversos que esta actividad genera sobre el medio natural y sobre los pueblos originarios que se localizan en este territorio. Primero, se debe considerar que la Amazonía a pesar de constituir un territorio con bajas concentraciones poblacionales, alberga una gran cantidad de pueblos con una gran riqueza y diversidad cultural que dependen de la naturaleza para su subsistencia. La implantación de estas infraestructuras supone un desplazamiento de estos pueblos que, en ciertos casos, han sido compensados a través de la construcción de infraestructura de salud, educación y vial, además de proyectos de vivienda como las Ciudades del Milenio, lo que conlleva a un cambio del estilo de vida y a la pérdida de su cultura ancestral. Por otra parte desde un punto de vista ambiental, debe hacerse referencia a la degradación del medio natural, donde la flora y la fauna sufren alteraciones por la implantación de actividades que modifican las condiciones naturales del territorio.

En este sentido, haciendo uso de las imágenes satelitales nocturnas se ha logrado cuantificar uno de los impactos que genera la presencia de las actividades extractivas en estas áreas del territorio ecuatoriano. Así, se ha podido constatar como una gran extensión del territorio registra niveles de radiancia similares a los que se producen en los principales centros urbanos del país y que el ritmo de incremento de la luminosidad en las áreas de extracción petrolera (9,2% media anual) es superior al que se produce en el resto del territorio (6,5% media anual). Además, según los datos obtenidos se ha observado que las intensidades lumínicas están relacionadas hasta cierto punto con los niveles de

producción de crudo, puesto que los periodos con mayores incrementos de extracción coinciden con importantes incrementos lumínicos y una mayor dispersión de luz.

También, se ha comprobado que, en los dos asentamientos analizados en esta zona, El Coca y Nueva Loja, los niveles de radiancia por habitante son extremadamente altos, por lo que en términos de densidad estos asentamientos son poco eficientes, y generan un impacto lumínico importante.

Además, fuera de los límites que típicamente conformaban los centros urbanos han aparecido nuevas implantaciones e infraestructuras viales que han ampliado de manera exponencial la mancha de superficie con luminosidad urbana. Es así como el proceso de dispersión de los usos urbanos, en estos últimos años, ha configurado redes más amplias alcanzando territorios que antes eran considerados como remotos. De esta manera, esta investigación ha mostrado que las superficies con luminosidad urbana en las zonas petroleras se han incrementado en un 192% entre 2012 y 2019 (16,5% media anual), mientras que el resto del territorio esta superficie registra un incremento de un 38% (4,8% media anual). Puede concluirse pues que, la dispersión de los niveles de luminosidad similar a la que generan los asentamientos urbanos se produce de manera mucho más intensiva en las zonas de extracción petrolera.

Con el análisis de estas áreas sometidas a usos que no han sido tradicionalmente considerados como urbanos pero que se encuentran sujetos a lógicas de carácter capitalista se busca propiciar una reflexión sobre los alcances del impacto de los usos antrópicos sobre el territorio. En este caso, se ha constatado que las actividades extractivas generan impactos lumínicos importantes, los cuales se expanden hacia territorios más allá de las áreas que ocupa propiamente la infraestructura petrolera. Los impactos sociales y ambientales de las actividades extractivas no han constituido propiamente objeto de esta investigación, pero los datos aportados suscitan no pocas dudas sobre la sostenibilidad y la equidad del modelo que se ha desarrollado.

Por otra parte los datos pueden indicar que los impactos y procesos de afectación que se han originado en la selva amazónica también podrían reproducirse hasta cierto punto en la zona Norte de la cordillera de los Andes, lugar en el que se ha afirmado la existencia de un yacimiento minero de escala mundial. Los efectos de este tipo de actividad extractiva, la cual, según el Gobierno central, se convertirá en el segundo pilar de la economía, puede generar importantes afecciones sobre el medio a pesar de que no se encuentre en una zona de gran biodiversidad como lo es la Amazonía. Aun así, se debe tener en cuenta que existe una flora y fauna propia del sitio que podría resultar profundamente alterada, sin

mencionar a la población local que también estaría expuesta a posibles presiones por la presencia de nuevos usos y dinámicas territoriales.

Expuestos los resultados y presentadas algunas reflexiones, se cree oportuno recalcar que estas inducen a reconsiderar las políticas del Estado central hacia actuaciones más responsables desde un punto de vista ambiental y social. Seguramente, estas políticas deberían trascender el ámbito puramente económico, y considerar, como pilar fundamental, la protección de los recursos naturales, sobre todo si se tiene en cuenta que Ecuador fue el primer país en el mundo en reconocer los derechos de la naturaleza en el marco constitucional. Así, contar con las actividades extractivistas como fuentes principales de la economía puede que no sea del todo adecuado, y resultara más conveniente incentivar el desarrollo de las actividades menos agresivas con el medio a través de una diversificación económica.

8.2. POTENCIALIDADES Y LIMITACIONES DEL MÉTODO Y LAS FUENTES EMPLEADAS

La presente investigación ha abordado el análisis de la evolución de los usos urbanos a fin de generar aportes relevantes para la caracterización del proceso de urbanización y del modelo territorial implantado en el territorio ecuatoriano. A lo largo de los capítulos que componen la investigación se ha buscado dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas y a la vez proporcionar datos sobre la problemática que da origen a este proyecto. Sin embargo, los datos presentados no implican, en modo alguno, que se haya abordado todas las posibilidades de análisis del territorio, más bien la investigación desarrollada constituye una aportación que busca hacer frente a la falta de datos sobre el proceso de expansión de usos urbanos en el territorio durante los últimos años.

Como se señalaba al inicio, uno de los objetivos de la investigación ha sido ratificar hasta qué punto las series de imágenes satelitales nocturnas de la Tierra de las que se dispone constituyen una fuente adecuada para el estudio del proceso de urbanización, en un país como Ecuador y para un lapso de tiempo prolongado. Los resultados alcanzados permiten ratificar que las metodologías y las fuentes empleadas tienen grandes virtudes. La mayor de ellas es que permiten abordar el estudio del territorio desde una visión compleja del proceso de urbanización. Así, en un contexto en el que la dicotomía de lo urbano y no urbano tiende a desvanecerse, las imágenes satelitales nocturnas permiten aproximarse al estudio de las dinámicas territoriales no a partir de nociones dicotómicas y excluyentes,

sino a través de la intensidad de la acción antrópica de los usos del suelo, se encuentren estos artificializados o no.

En este sentido, la investigación ha puesto en valor los instrumentos y las metodologías empleadas gracias a las cuales se ha logrado obtener resultados que se consideran adecuados y precisos sobre los impactos lumínicos que se han producido en nuestro ámbito de estudio. Ahora bien, la investigación ha permitido constatar también que tanto unas –las fuentes- como otras –las metodologías- presentan, junto a sus potencialidades, algunas limitaciones importantes. Estas deben ser puestas de relieve en este apartado conclusivo y deben ser tenidas particularmente en cuenta a la hora de valorar los resultados alcanzados. Veamos, pues, en detalle las conclusiones principales por lo que a la fuente y la metodología empleada se refieren.

8.2.1. Resolución

Como se ha podido observar la resolución de ambas series de imágenes empleadas –DMSP y VIIRS- permite un nivel de análisis adecuado de las dinámicas territoriales. Además, la fuente se encuentra en un claro proceso de mejora, tal como muestra el hecho de que la segunda serie disponga de un nivel de resolución mucho más elevado que la primera. Ahora bien, resulta innegable que, respecto a la imagen satelital diurna, la resolución de las imágenes nocturnas resulta inferior, especialmente en el caso de la serie DMSP que hemos empleado para el análisis del período 1992-2012.

Otro inconveniente reside en el hecho de que las dos series de imágenes empleadas poseen características distintas, las cuales generan una cierta discontinuidad en el estudio. La mayor distinción entre ellas yace en la presencia o ausencia de la resolución radiométrica, por lo que no se puede establecer una correspondencia directa entre el valor lumínico de las imágenes DMSP y los valores de radiancia de las imágenes VIIRS. Tal como se ha reiterado a lo largo de la investigación, las imágenes DMSP registra niveles ponderados de luz en un rango que varía entre 0 y 63, mientras que las imágenes VIIRS presentan valores de radiancia que se emplazan en un rango dinámico que varía en 7 órdenes de magnitud, por lo cual no se generan saturaciones en las áreas con mayores niveles de intensidad lumínica.

Además, en cuanto a la resolución espacial, las imágenes VIIRS presentan una mejora significativa puesto que permite análisis más detallados debido a que poseen el doble de resolución en cuanto al tamaño de pixel que las DMSP. En este sentido la resolución radiométrica y espacial de las dos series de imágenes empleadas en este estudio no son

coincidentes por lo que los resultados obtenidos a través de la aplicación de los diversos procedimientos no pueden ser directamente comparables entre ellos a lo largo del período estudiado en su conjunto.

8.2.2. Recurrencia y temporalidad de las series

Una de las principales ventajas de la fuente empleada es la recurrencia temporal de los datos, que permite disponer de una gran cantidad de observaciones a lo largo de cada uno de los años estudiados. Esta característica la diferencia favorablemente de otras fuentes existentes para el estudio de los usos del suelo. Además, la recurrencia se ha ido incrementando a lo largo de las últimas décadas, de modo que, como se ha explicado, en este momento se puede disponer de informaciones de base diaria, prácticamente a tiempo real.

Sin embargo, precisamente por estas variaciones en la calidad y la recurrencia de las imágenes, los periodos temporales de las dos series empleadas no permiten un análisis de continuo que cubra todo el periodo temporal identificado para este estudio. Así, las imágenes DMSP corresponden a un periodo temporal más extenso, pero la captura de información de este tipo y características finalizó en el 2013, de modo que no existen datos de estos últimos años de esta serie de imágenes. En cambio, las imágenes VIIRS empezaron a ser producidas solo a partir del año 2012, de manera que permiten únicamente un análisis de las variaciones lumínicas generadas en años recientes. En este sentido los rangos temporales únicamente se superponen en dos años, por lo cual cada serie debe ser trabajada con rangos temporales distintos.

8.2.3. Calibración

Los satélites empleados en el levantamiento de información de las dos series de imágenes corresponden a distintas tecnologías. Por un lado, al analizar las imágenes DMSP, se ha explicado que los satélites encargados de levantar la información se han ido reemplazando a través de los años, lo que hace que existan ligeras diferencias en la calibración de los instrumentos, así como en los levantamientos y procesamientos de datos entre los satélites de esta misma serie de imágenes. De modo que al cambiar de año las variaciones lumínicas registradas en los productos generados pueden estar influenciadas, ciertamente, por los cambios en las dinámicas territoriales, los efectos climatológicos, pero también por la calibración del satélite empleado en el levantamiento de los datos.

Por otro lado, el satélite SNPP que genera la serie de imágenes VIIRS corresponde a una tecnología más avanzada que cuenta con un sistema de calibración a bordo, lo que permite la obtención de datos más exactos que la serie anterior. También por la misma naturaleza de los datos, los procesamientos posteriores de la información levantada son distintos. Para ejemplificar este fenómeno se puede considerar los valores de radiancia negativos que se producen debido a las excesivas compensaciones realizadas debido al resplandor del aire.

Así pues, como se ha señalado reiteradamente a lo largo de la investigación, las dos series de imágenes empleadas son el resultado de herramientas con distinta calibración por lo cual sus resultados no pueden ser tratados de manera similar.

8.2.4. Características físicas y climatológicas

Las características climatológicas constituyen uno de los factores que influyen en el registro de datos de las imágenes empleadas. A lo largo de la investigación se ha mostrado los instrumentos y métodos que las agencias que las producen emplean para hacer frente a este problema. Cabe señalar que en ello alcanzan éxitos más que plausibles, puesto que se dispone de series muy completas con escasos problemas de origen físico o climatológico. Sin embargo, en la utilización de estas fuentes no puede obviarse la existencia de dichas problemáticas.

Así, como se ha indicado, en latitudes superiores e inferiores los niveles de luminosidad pueden verse afectados por la iluminación y el deslumbramiento solar generados en periodos específicos del año, e incluso en latitudes extremas las auroras boreales también influyen en la obtención de datos. Por otro lado, en todo el Planeta la iluminación lunar también puede afectar el levantamiento de información. Además, tal como han comprobado varios estudios, los cambios estacionales junto con los cambios de cobertura de suelo pueden influir en los niveles de radiancia emitidos por el territorio.

Finalmente, las características climatológicas son aquellas que más influyen en nuestro ámbito de estudio debido a la presencia recurrente de nubosidad, que dificulta obtener lecturas válidas de la emisión de luminosidad artificial nocturna del territorio analizado, en especial durante algunos períodos del año.

8.2.5. Fenómenos naturales

En este caso en concreto de nuestra investigación, a la hora de evaluar las potencialidades de la fuente debe hacerse referencia en particular a las erupciones volcánicas, que a pesar de que no son eventos recurrentes, producen alteraciones significativas en los datos registrados por las imágenes.

Según el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Ecuador posee 7 volcanes activos, incluyendo el Sierra Negro localizado en Las Galápagos. Durante la mayor parte del tiempo estos volcanes no producen alteraciones visibles sobre el territorio, pero de forma puntual pueden generar eventos en los cuales las fumarolas y erupciones modifican las condiciones normales del aire y a su vez provocan alteraciones en los registros lumínicos. De este modo, en casos de que se produzcan este tipo de eventos es imprescindible tenerlos en consideración y tratarlos como casos particulares.

8.2.6. Temporalidad de los valores

Finalmente, debe tenerse en cuenta que, en algunos casos, los valores que se han utilizado a lo largo de la investigación son el resultado del compendio y la ponderación de un gran número de observaciones capturadas en momentos diversos. Ello permite la comparabilidad de base anual, por ejemplo, pero implica la posibilidad de algunas distorsiones que deben tenerse en cuenta.

Así, al considerar las imágenes anuales, se asume que se está trabajando con un amplio compendio de valores de luminosidad o radiancia obtenidos a lo largo del año analizado. De este modo, la imagen obtenida expresa la media de todos los valores considerados y constituye un producto consolidado. Sin embargo, si se reduce el periodo temporal al que una imagen hace referencia también se reduce la cantidad de valores considerados para obtener el valor final. Así, al trabajar con imágenes mensuales, se estaría empleando la media de valores obtenidos a lo largo de un mes específico, de este modo el producto obtenido es menos consolidado que el valor que se obtiene para la imagen anual. Aun así, los resultados se consideran adecuados para el análisis de las variaciones estacionales puesto que en el mejor de los casos se trabajaría con la media de 31 valores lumínicos.

Ahora bien, cuando se trabajan con imágenes diarias, que ha sido un ejercicio no realizado en esta investigación, es importante tener en cuenta que son el resultado de una única lectura de radiancia. Por ello el dato con el que se trabaja puede estar directamente afectado por diversos fenómenos entre ellos la nubosidad, que como se ha visto, es un

fenómeno común en esta región del planeta. Es así que los territorios con nubosidad no pueden ser considerados en los análisis diarios de radiancia. Por ello al realizar los análisis que contemplan imágenes diarias se debe tener presente las condiciones climatológicas específicas de cada día.

8.3. POSTERIORES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación no podía pretender, en modo alguno, abarcar todos los aspectos de la temática estudiada. Por otra parte, en su misma realización han aparecido nuevas posibilidades que sería interesante perseguir. Así, al culminar la empresa que hemos emprendido aparece con claridad el interés de continuar, a partir de ella, el análisis de las dinámicas territoriales integrando nuevos enfoques y nuevos ámbitos de estudio. Enumeramos a continuación algunos de ellos.

8.3.1. Seguimiento del impacto ambiental de actividades antrópicas

Una de las líneas de trabajo podría consistir en la localización y análisis de actividades específicas para monitorizar y controlar ciertas actuaciones antrópicas que generan impactos sobre el medio natural. Tal como hemos abordado en esta investigación, se podrían realizar estudios sobre áreas específicas de interés natural. Una posible línea de investigación, centrada en el ámbito de la Amazonía ecuatoriana, por ejemplo, abarcaría la dispersión de los impactos que se generan por la expansión de las actividades extractivas petroleras en la zona. Por una línea más o menos similar se podrían considerar las actividades extractivas mineras y los efectos que se generan en sus áreas colindantes. Incluso, tal y como ha sido desarrollado por otros estudios, en cuanto al control de áreas marinas se refiere, las imágenes satelitales nocturnas podrían ser empleadas para el control de embarcaciones en la Reserva Marina de las Galápagos, y así evitar en lo posible la pesca de especies en peligro de extinción. En cuanto a esta última línea de investigación, se ha creído oportuno mencionar acontecimientos del año 2017 vinculados a la detención de una embarcación dentro de esta reserva, la cual contenía 300 toneladas de aletas de tiburón, tiburones jóvenes y bebés. El caso generó una gran polémica en cuanto a los controles para la protección del santuario marino y al tráfico de pesca ilegal. En este sentido, las imágenes satelitales nocturnas podrían ser una herramienta útil para contribuir a la conservación de la vida marina.

8.3.2. Variaciones estacionales en el uso del territorio

Un segundo posible enfoque correspondería a estudios de las variaciones estacionales en el uso del territorio, a partir de las fluctuaciones lumínicas a lo largo de un periodo establecido. En este sentido, cabe señalar que, aunque no se han incluido en la presente memoria, a lo largo de la investigación, con el fin de corroborar la utilidad de las imágenes, se han realizado algunos ejercicios sobre las fluctuaciones estacionales de los niveles de radiancia generados por el territorio ecuatoriano a lo largo de un año, desde el año 2012 hasta el 2019. En este sentido, se debe mencionar que existen varios estudios que han constatado la influencia que tienen ciertos factores climáticos sobre la luminosidad registrada en las imágenes VIIRS. En el caso del ejercicio específico que hemos realizado se ha tomado en cuenta la nubosidad, rasgo frecuente en la zona tropical, y así determinar las posibles alteraciones que se producen en el registro de la luminosidad. Empleando los datos de las lecturas válidas mensuales, se ha logrado determinar la presencia de una nubosidad persistente durante los meses de febrero, marzo y abril en gran parte del territorio ecuatoriano, lo cual influye en el compendio de valores de radiancia necesarios para realizar los análisis mensuales. Aun así, a nivel nacional se ha logrado determinar que las fluctuaciones lumínicas anuales presentan patrones de evolución similares a los consumos de energía eléctrica, puesto que se han obtenido coeficientes de determinación y correlación superiores a 0,8 entre estas dos variables. Igualmente fue posible realizar un estudio de relación entre las fluctuaciones lumínicas y el consumo eléctrico a nivel de provincia y cantón.

8.3.3. Seguimiento de fenómenos sociales

Como parte de un tercer enfoque se podrían considerar casos particulares, como eventos de gran envergadura que modifican las dinámicas territoriales de manera transitoria. En cuanto a esta temática, gracias a la recurrencia de las imágenes satelitales nocturnas de la serie VIIRS que dispone de imágenes diarias. Para explorar las potencialidades futuras de este enfoque, se realizaron dos ejercicios. Uno de ellos aborda las movilizaciones de la población ecuatoriana llevadas a cabo los primeros días del mes de octubre del 2019 y el otro concierne a los eventos vinculados a la pandemia que ha alterado las dinámicas sociales, económicas y territoriales en todo el mundo durante el año 2020.

Así, en primer lugar, para observar las posibilidades de las imágenes satelitales ofrecen en el seguimiento de fenómenos sociales, se ha estudiado los efectos sobre la luminosidad

en las movilizaciones que paralizaron parte de las actividades cotidianas del país, en octubre 2019. Como es sabido, los acontecimientos se originaron a partir del Decreto 833, actualmente derogado, emitido por la Presidencia del Ecuador. Esta declaratoria ponía en vigor un paquete de ajustes económicos encaminados a corregir el déficit fiscal, y entre otras medidas, redistribuir los subsidios a los combustibles con el fin de cumplir con los requerimientos impuesto por el Fondo Monetario Internacional. La serie de levantamientos encabezados por el movimiento indígena buscaba, principalmente, recuperar los subsidios sobre la gasolina, puesto que aludían que el incremento del transporte repercutiría en las actividades agrícolas y a su vez en el coste de vida de la población en general.

Analizando los niveles de radiancia alcanzados en la Capital del país estos días se pudo determinar que los niveles de radiancia se incrementaron de manera notable durante los días en que tuvieron lugar estas movilizaciones masivas en comparación a las emisiones lumínicas generadas unos días antes. Estas movilizaciones también se registraron en otros puntos del país, entre ellos varios pozos petroleros, donde agrupaciones locales ocuparon las instalaciones y obligaron a suspender actividades extractivas. Según datos de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarbúricos (ARCH), la producción diaria nacional de petróleo se vio afectada significativamente con una reducción de un 58,4% en 8 días. Así, en estos territorios los efectos sobre la emisión lumínica fueron inversos a los que se produjeron en Quito, es decir que la radiancia emitida por los campos tales como 57-Shushufindi, 61-Auca y 60-Sacha redujeron las emisiones lumínicas durante los días en los que no pudieron desarrollar sus actividades de manera habitual.

Como segundo ejemplo, se han explorado los efectos de la epidemia Covid-19 en relación a la luminosidad del territorio ecuatoriano. Así, se han podido determinar las fluctuaciones en las emisiones de radiancia antes y después del inicio de la cuarentena en Ecuador. Esta situación paralizó gran parte de las actividades que se realizaban en el territorio, por lo cual tal como era de esperar se registró una disminución de la emisión lumínica artificial durante la cuarentena en algunas ciudades ecuatorianas. Este ejercicio fue posible realizarlo a través de un análisis diario de las imágenes satelitales en zonas libres de nubosidad.

Valgan estos ejemplos para apuntar las posibilidades que la explotación de la fuente empleada tiene a la hora de seguir fenómenos sociales. Sin embargo, se debe puntualizar que es arriesgado afirmar que estas fluctuaciones lumínicas estén vinculadas únicamente a los sucesos específicos. Así, tal como se ha mencionado, los estudios con las imágenes diarias no se encuentran desprovistos de problemas puesto que se debe tener presente que estas imágenes, al ser el resultado de una sola lectura, constituyen productos menos

consolidados, y pueden estar afectados por factores climáticos, por características propias del satélite como la calibración o su posterior tratamiento. Por ello, en relación a estos ejercicios se debe tener la precaución de seleccionar días sin presencia de nubes en los ámbitos identificados para el análisis y así trabajar con datos relativamente más fiables. Así, pese a las limitaciones que conlleva el trabajar con imágenes diarias, resulta interesante analizar las fluctuaciones lumínicas y establecer posibles vínculos con las actividades antrópicas que se desarrollan en los territorios analizados.

* * * * *

En definitiva, los enfoques presentados muestran bien a las claras la diversidad de líneas de investigación que pueden surgir a través del uso de las imágenes satelitales nocturnas como herramienta base. Se trata de un campo en clara expansión que, con sus potencialidades y limitaciones, presenta múltiples posibilidades para el estudio de las dinámicas territoriales que darán sin duda resultados fructíferos en el futuro.



ANEXOS



GLOSARIO

Eficiencia de la intensidad lumínica: en términos demográficos, hace referencia a la relación de las emisiones de luz o radiancia y el volumen de población. Para ello se considera el volumen de población que se localiza en un determinado territorio en relación a la extensión de la superficie con luminosidad urbana que genera. Mientras mayor población contenga un territorio, y menos superficie con luminosidad urbana genera se estaría hablando de mayor eficiencia, de modo que se busca una menor dispersión lumínica junto con una mayor concentración de usos antrópicos.

Luminosidad media (Radiancia media): Se refiere a la media del nivel de luminosidad o radiancia de un área determinada. Para su cálculo, se suma el valor del producto generado entre los distintos niveles de radiancia y las superficies, y luego se divide para la superficie total. Es decir que, para el presente estudio, se multiplica el nivel de luminosidad o radiancia de cada pixel por su respectiva área, se suman todos los productos generados del ámbito a analizar y se divide para la superficie de dicho ámbito.

Luminosidad total emitida (Intensidad Radiante): hace referencia a la magnitud de luminosidad emitida por una determinada superficie, para ello se suma los productos generados entre los distintos valores de luz y la superficie que las emite. En el caso de emplear valores de radiancia, la luminosidad total emitida se denomina Intensidad Radiante. Para este estudio, para el cálculo de este indicador se multiplica el nivel de luminosidad o radiancia de cada pixel por sus respectivas áreas que está inmersa dentro del ámbito que se desea analizar y se suman todos los productos.

Luminosidad urbana (umbral): hace referencia al valor referencial mínimo de luminosidad o radiancia que se asocia a los suelos artificializados para usos urbanos considerados para el análisis. En este caso se han definido diversos umbrales que dependen de las delimitaciones realizadas por las distintas fuentes de contraste que establecen lo que se determina como suelo urbano. El umbral se define como el nivel de luminosidad que incluye un mayor porcentaje de suelo artificializado por usos urbanos, a la vez que un menor porcentaje de área iluminada no artificializada para estos fines.

Luminosidad: en este estudio, hace referencia a la intensidad o magnitud de luz que emite una determinada superficie. Las imágenes DMSP presentan valores relativos de luminosidad, donde el valor de máxima luminosidad o mayor intensidad es de 63 y el de máxima oscuridad o mínima luz es 0. Estos niveles lumínicos corresponden a valores ponderados en relación a los datos registrados por el satélite.

Píxel: es la superficie mínima que forma una imagen. En este estudio, los píxeles configuran las imágenes satelitales nocturnas y difieren de dimensiones en relación a la fuente. En el caso de las imágenes DMSP, los píxeles tienen una longitud del costado del píxel de 30 arco segundos, que en la línea ecuatorial se aproxima a 928m. Mientras que en las imágenes VIIRS, el costado de píxel tiene una longitud de 15 arco segundos, es decir 464 m en la línea ecuatorial. La longitud del costado del píxel varía dependiendo de la latitud.

Radiancia: es la magnitud de medida radiométrica que describe la cantidad de luz emitida por un área en particular e incide con un ángulo dado en una dirección específica. Las imágenes satelitales nocturnas VIIRS presenta valores de radiancia en $nW/cm^2/sr$ ($10^{-9} W \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$), y el rango dinámico varía en 7 órdenes de magnitud.

Suelo Artificializado: hace referencia al suelo físicamente transformado para ocupación antrópica. Este suelo, en principio, recepta usos antrópicos que requieren una alteración de las condiciones naturales del territorio.

Suelo con usos urbanos: hace referencia además de las áreas artificializadas a las áreas que albergan usos vinculados a actividades tradicionalmente urbanas, en los que han cambiado las dinámicas territoriales anteriores. Así, además de incluir los suelos artificializados transformados físicamente a través de edificaciones, abarca suelos tales como parques, playas y de servicio a la población urbana. En este estudio en específico se han identificado suelos con usos urbanos a través de los umbrales de luminosidad urbana.

Suelo Urbano: son suelos asociados a usos urbanos y delimitados como tales. En general este suelo comprende suelo artificializado relativo a áreas construidas, tales como edificaciones e infraestructuras. La delimitación puede variar de acuerdo a las determinantes de cada base de datos.

INDICE DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ANT	Agencia Nacional de Tránsito
ARCH	Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero
ARCONEL	Agencia de Regulación y Control de Electricidad
BCE	Banco Central del Ecuador
BIESS	Banco del Instituto de Ecuatoriano Seguridad Social
CGREG	Consejo de Gobierno del Régimen Especial Galápagos
COOTAD	Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización
DAC	Dirección General de Aviación civil
DMSP-OLS	Defense Meteorological Satellite Program-Operational Linescan System
DPNG	Dirección del Parque Nacional Galápagos
ENEMDU	Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo
EOG	Earth Observation Group
FEEP	Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador
GAD	Gobiernos Autónomos Descentralizados
GADMC	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca
IESS	Instituto de Ecuatoriano Seguridad Social
IGME	Instituto Geográfico Militar del Ecuador
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
JCR	Journal Citation Reports
JUNAPLA	Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica
LOOTUGS	Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo
MAE	Ministerio del Ambiente
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca
MERNNR	Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
NDVI	Índice de vegetación de diferencia normalizada
NGDC	National Geophysical Data Center
NOAA	Nacional Oceanic and Atmospheric Administration
PEA	Población económicamente activa
PIA	Pueblos indígenas en aislamiento voluntario
PIB	Producto Interno Bruto
PNBV	Plan Nacional del Buen Vivir
SENESCYT	Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
SIGTIERRAS	Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructuras Tecnológicas
SJR	Scientific Journal Rankings
SNPP	Suomi National Polar-Orbital Partnership
SRI	Servicio de Rentas Internas
UN	Naciones Unidas
USD	Dólar estadounidense
VAB	Valor Agregado Bruto
VIIRS	Visible Infrared Imaging Radiometer
ZITT	Zona Intangible Tagaeri Taromenane



BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. (2002). Las mega-ciudades y las periferias expandidas. *EURE*, 28(85), 121–149.
- Aguirre, M. (2010). *¿Golpe de timón en Ecuador? El Viejo topo*. Iniciativas Editoriales.
- Alava, C., Hechavarría, J., & Fois, M. (2020). Systemic Approach to the Territorial Planning of the Urban Parish La Aurora, Daule, Ecuador. In T. Ahram, W. Karwowski, A. Vergnano, F. Leali, & R. Taiar (Eds.), *Intelligent Human Systems Integration 2020* (pp. 1201–1205). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_183
- Alexiades, M., & Peluso, D. (2016). La urbanización indígena en la Amazonia. Un nuevo contexto de articulación social y territorial. *Gazeta de Antropologia*, 32(1).
- Alianza País. (2013). Programa, estrategia y táctica del cambio político: La Revolución Ciudadana y la transformación social, 1–27.
- Allán, H. (2010). *Regeneración urbana y exclusión social en la ciudad de Guayaquil*. FLACSO.
- Almandoz, A. (2002). Urbanization and Urbanism in Latin America: From Haussmann to CIAM. In *Planning Latin America's Capital Cities 1850-1950* (pp. 27–58). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203822791-8>
- Almandoz, A. (2013). *Modernización urbana en América Latina: de las grandes aldeas a las metrópolis masificadas*. Santiago de Chile: Instituto de Estudios Urbano y Territoriales, Pontificia Universidad de Chile.
- Amaral, S., Vieira, A., Camara, G., & Quintanilha, J. A. (2006). DMSP / OLS night-time lights imagery and urban population estimates in the Brazilian Amazon. *International Journal of Remote Sensing*, 27, 855–870. <https://doi.org/10.1080/01431160500181861>
- Andreano, M., Benedetti, R., Piersimoni, F., & Savio, G. (2020). Mapping Poverty of Latin American and Caribbean Countries from Heaven Through Night - Light Satellite Images. *Social Indicators Research*, (0123456789). <https://doi.org/10.1007/s11205-020-02267-1>
- Aubrecht, C., Elvidge, C., Ziskin, D., Rodrigues, P., & Gil, A. (2010). Observing stress of artificial night lighting on marine ecosystems - A remote sensing application study. *ISPRS International Archives of Photogrammetry*, 41–46. <https://doi.org/10.1890/ES11-00094.1>
- Avello, D., Cartagena, J., Escalona, A., Farías, G., Hernandez, E., Vivanco, S., ... Bolívar, V. (1989). *Constructores de ciudad : nueve historias del primer concurso "Historia de las Poblaciones."* (A. Rodríguez, A. Rosenfeld, & P. Matta, Eds.). Santiago de Chile: SUR.
- Banco Mundial. (2018). Población urbana (% del total) | Data. Retrieved November 6, 2019, from <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS>
- Banzo, M. (2000). Franja periurbana y proceso de urbanización: la formación de la megápolis de México. In D. Hiernaux Nicolas, A. Lindón, & J. Noyola (Eds.), *El Valle de Chalco : la construcción social de un territorio emergente*. Zanacantepec: Colegio Mexiquense.
- Barrera, A. (2001). *ACCION COLECTIVA Y CRISIS POLITICA El movimiento indígena*

ecuatoriano. Quito: CIUDAD.

- Bayón, M. (2016). Comunidades rururbanas de Quito: entre el empresarialismo y el derecho a la ciudad. In *ICONOS* (Vol. 20). Quito: FLACSO.
- Bayón, M. (2019). Una mirada de la Amazonía a través de la urbanización. In *Geografía Crítica para detener el despojo de los territorios* (pp. 191–205). Quito: Abya-Yala.
- BBC. (2015). La espectacular erupción del volcán Wolf en las Islas Galápagos, Ecuador - BBC News Mundo. Retrieved November 12, 2019, from https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/05/150526_ecuador_volcan_men
- Becerra, S., E. Paichard, Sturma, A., & 4, L. M. (2013). Vivir con la contaminación petrolera en el Ecuador: Precepciones sociales del riesgo sanitario y capacidad de respuesta. *Revista Lider*, 23, 102–120.
- Benabent, M., & Vivanco, L. (2017). El ordenamiento territorial y el urbanismo en el Ecuador y su articulación competencial. *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, XLIX, núm, 713–726.
- Bermúdez, N., Cabrera, S., Carrión, A., Del Hierro, S., Echeverría, J., Godard, H., & Moscoso, R. (2016). La investigación urbana en Ecuador (1990-2015) cambios y continuidades. In P. Metzger, J. Rebotier, J. Robert, P. Urquieta, & P. Vega (Eds.), *La Cuestión Urbana en la Región Andina. Miradas sobre la investigación y la formación* (pp. 117–174). Quito: Pontificia Universidad Católica.
- Berners, M., & Clark, D. (2013). *The burning question : we can't burn half the world's oil, coal and gas. So how do we quit?* Vancouver: Greystone Books.
- Berry, B. J. L. (1976). *Urbanization and counterurbanization*. Beverly Hills, CA: Sage Publications.
- Bharti, N., Tatem, A. J., Ferrari, M. J., Grais, R. F., Djibo, A., & Grenfell, B. T. (2011). Explaining Seasonal Fluctuations of Measles in Niger Using Nighttime Lights Imagery. *Science*, 334(6061), 1424–1427. <https://doi.org/10.1126/science.1210554>
- BP. (2018). *BP Oil Statistical Review of World Energy 2018 Ed. 67*. British Petroleum.
- Brenner, N. (2013). Tesis sobre la urbanización planetaria. *Nueva Sociedad*, 243(enero-febrero), 38–66.
- Brenner, N. (2014). *Implosions/explosions : towards a study of planetary urbanization*. Berlin: Jovis Verlag GmbH.
- Brenner, N. (2016). *La explosión de lo urbano*. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, ARQ Ediciones.
- Buitelaar, R. M., Echeverri Perico, R., Silva Lira, I., & Riffo Pérez, L. (2015). Estrategias y políticas nacionales para la cohesión territorial Estudios de caso latinoamericanos. *Serie Desarrollo Territorial*, 62.
- Burchardt, H. Jü., Dominguez, R., Larrea, C., & Peters, S. (2016). *Nada dura para siempre*. Quito: Abya-Yala.
- Cabellos, A. (2010). La iniciativa Yasuní-ITT. *Ecologistas En Acción*, 64. Retrieved from <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=18132>
- Cadena, A., Remes, J., Manyika, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., Elstrodt, H.-P., ... Restrepo, A. (2011). *Building globally competitive cities: The key to Latin American growth*.

- McKinsey Global Institute. McKinsey Global Institute.
- Caldeira, T. P. do R. (2000). *Cidade de muros : crime, segregação e cidadania em São Paulo*. Sao Paulo: EDUSP Universidad de Sao Paulo.
- Canelos, R. (2018). *La desigualdad espacial en Ecuador: un enfoque de brechas estructurales (2002-2017)*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Capel, H. (1970). El paisaje urbano. In J. Vila & H. Capel (Eds.), *Geografía Ilustrada Lábor* (pp. 78–112). Barcelona: Edit. Labor.
- Capel, H. (1975). La definición de lo urbano. *Estudios Geográficos*, 138–139, 265–301.
- Capel, H. (2002). *La Morfología de las ciudades. Sociedad, cultura y paisaje urbano*. Barcelona: El Serbal.
- Carlos, A. F. . (2014a). La ciudad como privación y la reapropiación de lo urbano como ejercicio para la ciudadanía. In *Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. XIII Coloquio Internacional de Geocritica*. Barcelona: Universitat de Barcelona. <https://doi.org/1138-9788>
- Carlos, A. F. . (2014b). La producción contradictoria del espacio urbano y las luchas por derechos. *Revista Ciudades*, 19, 130163. <https://doi.org/1679-3625> pp 130/163
- Carpio, J. et al. (1987). *El Proceso Urbano en el Ecuador*. Quito: ILDIS.
- Carreño, C., & Alfonso, W. (2018). Relación entre los procesos de urbanización, el comercio internacional y su incidencia en la sostenibilidad urbana. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 11(22). <https://doi.org/10.11144/javeriana.cvu11-22.rpuc>
- Carrión, F. (1994). Las ciudades intermedias en el contexto de la urbanización ecuatoriana : un intento de interpretación. *Revista Interamericana de Planificación*, XVIII, 19. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Carrión, F. (2016). Los estudios urbanos en América Latina: un espejo donde mirarse. In P. Metzger, J. Rebotier, J. Robert, P. Urquieta, & P. Vega (Eds.), *La Cuestión Urbana en la Región Andina: Miradas sobre la investigación y formación* (pp. 241–280). Quito: Pontificia Universidad Católica.
- Castells, M. (1973). *Imperialismo y urbanización en América Latina*. Barcelona: Gustavo Gili, S.A.
- Castells, M. (1974). *La cuestión urbana*. Mexico DF: XXI.
- Castells, M. (1986). *La ciudad y las masas : sociología de los movimientos sociales urbanos*. Madrid: Alianza Editorial.
- CDES. (2013). *Plan C: Redistribución de la riqueza para explotar el Yasuní y salvaguardar a los indígenas aislados*. Quito: Cuadernos para el debate, Centro de derechos Económicos y Sociales.
- Champion, T. (2001). Urbanization, Suburbanization, Counterurbanization and Reurbanization. In R. Padison (Ed.), *Handbook of Urban Studies*. London: SAGE.
- Chavez, C. (2018). Ciudad Infinita. Voces de El ermitaño. Lima.
- Checa, J., & Nel-lo, O. (2018). Urban Intensities. The Urbanization of the Iberian Mediterranean Coast in the Light of Nighttime Satellite Images of the Earth. *Urban Science*, 2(4), 115. <https://doi.org/10.3390/urbansci2040115>

-
- Chen, Xi; Nordhaus, W. D. (2010). The Value of Luminosity Data As a Proxy for Economic Statistics. *NBER Working Paper Series*, 53(9), 1689–1699. Retrieved from <http://www.nber.org/papers/w16317>
- Chowdhury, P. K. R., Maithani, S., & Dadhwal, V. K. (2011). Estimation of urban population in Indo-Gangetic Plains using night-time OLS data. *International Journal of Remote Sensing*, 33(8), 2498–2515. <https://doi.org/10.1080/01431161.2011.616550>
- Cuervo, L. (2002). Globalización y dinámica metropolitana: caso de Bogotá en los años 1990. In *El desafío de las áreas metropolitanas en un Mundo Globalizado. Actas del Seminario Internacional* (pp. 315–346). Barcelona: Rideal.
- Davis, M. (2006). *Planeta de Ciudades Miseria*. Madrid : Ediciones Akal.
- De Mattos, C. (2006). Modernización capitalista y transformación metropolitana en América Latina: cinco tendencias constitutivas. In A. Geraiges, M. Arroyo, & M. Silveira (Eds.), *América Latina: cidade, campo e turismo* (pp. 41–69). San Pablo: CLACSO-Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
- De Mattos, C. (2008). Globalización, negocios inmobiliarios y mercantilización del desarrollo urbano. In *Lo urbano en su complejidad: Una lectura desde América Latina* (pp. 11–35). Quito: Flacso. <https://doi.org/10.4067/s0250-71612009000100007>
- De Mattos, C. (2009). Santiago de Chile, globalización y expansión metropolitana: lo que existía sigue existiendo. In A. Rodríguez & P. Rodríguez (Eds.), *Santiago, una ciudad neoliberal* (pp. 167–206). Quito: OLACCHI.
- De Mattos, C. (2010). Globalización y metamorfosis metropolitana en America Latina. De la ciudad a lo urbano generalizado. *Revista de Geografía Norte Grande*, 47, 81–104. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022010000300005>
- De Mattos, C., Fuentes, L., & Link, F. (2016). Mutations in the Latin American metropolis: Santiago de Chile under neoliberal dynamics. In O. Nel-lo & R. Mele (Eds.), *Cities in the 21st century*. New York: Routledge.
- Dematteis, G. (1998). Ciudades anglosajonas y ciudades latinas. In F. Monclús (Ed.), *La ciudad dispersa. Suburbanización y nuevas periferias* (pp. 17–34). Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612000007700007>
- Díaz, V. (2016). *El Camino Hacia El Sol: Economía, Energía, Medio Ambiente y Sociedad*. CreateSpace.
- Donoso, M. (2017). Análisis crítico de la planificación urbana de la ciudad de Cuenca. *Maskana*, 7(1). <https://doi.org/10.18537/mskn.07.01.11>
- Dupuy, G. (2008). *Urban networks : network urbanism*. Amsterdam: Techne Press.
- Dupuy, G., & Tarr, J. (1988). *Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America*. Temple University Press.
- Durán, G., Martí, M., & Mérida, J. (2016). Crecimiento, segregación y mecanismos de desplazamiento en el periurbano de Quito. *Íconos - Revista de Ciencias Sociales*, (56), 123. <https://doi.org/10.17141/iconos.56.2016.2150>
- Durán, J. (2017). *El pre litoral ecuatoriano y sus dinámicas de urbanización. Informalidad y construcción social del riesgo en ciudades intermedias: Quevedo y Milagro*. FLACSO.

- Elvidge, C., Baugh, K. E., Anderson, S. J., Sutton, P. C., & Ghosh, T. (2012). The Night Light Development Index (NLDI): A spatially explicit measure of human development from satellite data. *Social Geography*, 7(1), 23–35. <https://doi.org/10.5194/sg-7-23-2012>
- Elvidge, C., Baugh, K., Zhizhin, M., & Hsu, F.-C. (2013). Why VIIRS data are superior to DMSP for mapping nighttime lights. *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, 35(0), 62. <https://doi.org/10.7125/APAN.35.7>
- Elvidge, C., Group, E. O., Baugh, K. E., Sutton, P. C., Bhaduri, B., Ridge, O., ... Ziskin, D. (2010). Who 's in the Dark : Satellite Based Estimates of Electrification Rates. In X. Yang (Ed.), *Urban Remote Sensing: Monitoring, Synthesis and Modeling in the Urban Environment* (pp. 1–30). Chichester: Wiley- Blackwell.
- Elvidge, C., Hsu, F.-C., Baugh, K., & Ghosh, T. (2011). National Trends in Satellite-Observed Lighting: 1992–2012. In Q. Weng (Ed.), *Global Urban Monitoring and Assessment through Earth Observation* (pp. 97–120). Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/b17012-9>
- Elvidge, C., Imhoff, M., Baugh, K., Hobson, V., Nelson, I., Safran, J., ... Tuttle, B. T. (2001). Night-time lights of the world: 1994–1995. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 56(2), 81–99. [https://doi.org/10.1016/S0924-2716\(01\)00040-5](https://doi.org/10.1016/S0924-2716(01)00040-5)
- Elvidge, C., Zhizhin, M., Baugh, K., & Hsu, F. C. (2015). Automatic boat identification system for VIIRS low light imaging data. *Remote Sensing*, 7(3), 3020–3036. <https://doi.org/10.3390/rs70303020>
- Elvidge, C., Zhizhin, M., Baugh, K., Hsu, F. C., & Ghosh, T. (2016). Methods for global survey of natural gas flaring from visible infrared imaging radiometer suite data. *Energies*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/en9010014>
- Erazo, J. (Coord). (2009). *Inter / secciones urbanas : origen y contexto en América Latina*. Quito: Flacso.
- Espinoza, V. (1988). *Para una historia de los pobres de la ciudad*. Santiago de Chile: SUR.
- Esvertit, N. (2001). Los imaginarios tradicionales sobre el oriente ecuatoriano. *Revista de Indias*, 61(223), 541–571. <https://doi.org/10.3989/revindias.2001.i223.572>
- Factbook, W. (2016). Crude oil - production is the total amount of crude oil produced, in barrels per day (bbl/day). Retrieved July 9, 2018, from <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2241rank.html>
- Falchetta, G., & Noussan, M. (2019). Interannual Variation in Night-Time Light Radiance Predicts Changes in National Electricity Consumption Conditional on Income-Level and Region. *Energies*, 12(3), 456. <https://doi.org/10.3390/en12030456>
- Fernández, R., & González, L. (2013). *En la espiral de la Energía: Historia de la humanidad desde el papel de la energía* (Segunda). Madrid: Ecologistas en Acción. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>
- Ferreira, A. (2011). *A Cidade no Seculo XXI: segregacao e banalizacao do espaco*. Rio de Janeiro: Consequencia.
- Finer, M., Jenkins, C. N., Pimm, S. L., Keane, B., & Ross, C. (2008). Oil and gas projects in the Western Amazon: Threats to wilderness, biodiversity, and indigenous peoples. *PLoS ONE*, 3(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0002932>

-
- Florida, R., Mellander, C., & Gulden, T. (2012). Global Metropolis: Assessing Economic Activity in Urban Centers Based on Nighttime Satellite Images. *Professional Geographer*, 64(2), 178–187. <https://doi.org/10.1080/00330124.2011.583590>
- Fois, M., Sellan, K., Moscoso, K., & Ruiz, M. (2020). Model for Urban Consolidation of Informal Human Settlements Based on Cooperation Systems and Human Participation in Guayaquil, Ecuador. In T. Ahram, W. Karwowski, A. Vergnano, F. Leali, & R. Taiar (Eds.), *Intelligent Human Systems Integration 2020* (pp. 1195–1200). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_182
- Fontaine, G. (2009). Los conflictos ambientales por petróleo y la crisis de gobernanza ambiental en el Ecuador. *CIP-Ecosocial*, 6, 2–7.
- GADMC. (2009). *Plan Especial del Centro Histórico de Cuenca 2009*. Cuenca. Retrieved from <https://www.cideu.org/proyecto/plan-especial-del-centro-historico-de-cuenca>
- GADMC. (2010). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Canton Cuenca*. Cuenca.
- García-Saenz, A., Sánchez De Miguel, A., Espinosa, A., Valentin, A., Aragonés, N., Llorca, J., ... Kogevinas, M. (2017). Evaluating the Association between Artificial Light-at-Night Exposure and Breast and Prostate Cancer Risk in Spain (MCC-Spain Study). *Environmental Health Perspectives*. <https://doi.org/10.1289/EHP1837>
- García, G. (2008). Proteccionismo humanista: retórica y praxis del neo indigenismo en el Ecuador. In FLACSO (Ed.), *Identidades, etnicidad y racismo en América Latina* (pp. 229–246). Quito.
- Giraldo, J., Bayón, M., Mérida, J., & Schicklinski, J. (2017). *Resistencia habitat III. Resumen y Aprendizajes*. Quito. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27840.23046>
- Giusti, M., & Prividera, G. (2015). Urbanización cerrada, agriculturización abierta. La Región Metropolitana de la Ciudad de Buenos Aires. In S. Vidal-Koppmann (Ed.), *Metrópolis en mutación* (pp. 129–1152). Argentina: Café de las Ciudades.
- Goicoechea, M. (2015). Bienvenidos al Sur. Las transformaciones socio-territoriales del sur de la Ciudad de Buenos Aires a través del tiempo. In S. Vidal-koopmann (Ed.), *Metrópolis en mutación* (pp. 443–474). Argentina: Cafe de las Ciudades.
- Grenier, C. (2007). *Conservación contra natura. Las Islas Galápagos*. Lima: Institut français d'études andines.
- Grijalva, D., Ponce, P., & Rojas, M. (2017). Brechas de Infraestructura en Ecuador: Una Estimación Basada en un Modelo VEC. *Polémika*, 12, 117–158.
- Hall, P. (2014). *Cities of Tomorrow: An Intellectual History of Urban Planning an Design Since 1880* (4th ed.). Wiley- Blackwell.
- Hardoy, J. (1974). *El proceso de Urbanizacion en America Latina*. La Habana.
- Hardoy, J. (1999). *Ciudades precolombinas* (2nd ed.). Argentina: Ediciones Infinito.
- Harms, H., Ludeña, W., & Pfeiffer, P. (Eds.). (1996). *Vivir en el "centro" : vivienda e inquilinato en los barrios céntricos de las metrópolis de América Latina*. Hamburgo: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Harvey, D. (1989). *The condition of postmodernity: an enquiry into the origins of cultural change*. <https://doi.org/10.2307/2072256>
- Harvey, D. (1990). *Los límites del capitalismo y la teoría marxista*. Mexico DF: Fondo de

Cultura Económica.

- Harvey, D. (1995). Cities or urbanization? *City*, 1(1–2), 38–61. <https://doi.org/10.1080/13604819608900022>
- Hausman, W., Hertner, P., & Wilkins, M. (2008). *Global electrification: Multinational enterprise and international finance in the history of light and power, 1878–2007*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511512131>
- Hence, M. (2012). La corriente alterna y el automovil como estallido de la ciudad. In *Simposio Internacional Globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas en América y Europa, 1890-1930*. Universidad de Barcelona.
- Henderson, M., Yeh, E. T., Gong, P., Elvidge, C., & Baugh, K. (2003). Validation of urban boundaries derived from global night-time satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 595–609. <https://doi.org/10.1080/01431160304982>
- Herrera, C. (2017). *La producción del espacio comunitario : habitar el suroriente bogotano*. Bogotá: Potificia Universidad Javeriana.
- Herrera, G., Carrillo, M., & Torres, A. (2005). *La migración ecuatoriana transnacionalismo , redes*. Quito: Flacso.
- Herrera, L., Pecht, W., & Olivares, F. (1976). *Crecimiento Urbano de América Latina*. Santiago: Centro Latinoamericano de Demografía. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hidalgo, R., Vidal-Koppmann, S., & Lencioni, S. (2011). *Negócios imobiliários e transformacoes sócio-territoriais em cidades da America Latina*. (P. Pererira, Ed.). Sao Paulo: FAUUSP.
- Hiernaux-Nicolas, D. (2000). *Metrópoli y etnicidad : los indígenas en el Valle de Chalco*. Zanacantepec: Colegio Mexiquense.
- Hiernaux-Nicolas, D., Lindón, A., & Noyola, J. (2000). *El Valle de Chalco: la construcción social de un territorio emergente*. Zanacantepec: Colegio Mexiquense.
- Holden, A. (1992). Lighting the Night: Technology, Urban Life and the Evolution of Street Lighting. In *Light in Place*. Places Journal Foundation an the Design Observer Group.
- Indovina, F. (2007). *La ciudad de baja densidad. Lógicas, gestión y contención*. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- Indovina, F. (2009, June). Ciudad Difusa y Archipiélago Metropolitano. *CIDADES, Comunidades e Territórios*, 18, 13–28. <https://doi.org/10.7749/citiescommunitiesterritories.jun2009.018.art01>
- Indovina, F. (2012a). ¿Es necesario esparcir la ciudad difusa? Las consecuencias sobre el gobierno del territorio de una clarificación terminológica. In O. Nel-lo (Ed.), *Francesco Indovina: Del analisis del territorio al gobierno de ciudad*. Barcelona: Icària Espacios Criticos.
- Indovina, F. (2012b). La ciudad difusa: Qué es y cómo se gobierna. In O. Nel-lo (Ed.), *Francesco Indovina: Del analisis del territorio al gobierno de ciudad*. Barcelona: Icària Espacios Criticos.
- Indovina, F. (2012c). La nueva dimensión urbana: El archipiélago metropolitano. In O. Nel-lo (Ed.), *Francesco Indovina: Del analisis del territorio al gobierno de ciudad*. Icària

- IPCC. (2014). Cambio Climático 2014. Intergovernmental Panel on Climate Change. [https://doi.org/10.1016/S1353-8020\(09\)70300-1](https://doi.org/10.1016/S1353-8020(09)70300-1)
- Jara, X., Varela, M., Lee, P., & Montesdeoca, L. (2018). Fuel subsidies and income redistribution in Ecuador. *United Nations University UNU-WIDER*. Retrieved from <https://www.wider.unu.edu/publication/fuel-subsidies-and-income-redistribution-ecuador>
- Jarrín-V., P., Tapia, L., & Zamora, G. (2017). Demografía y transformación territorial: medio siglo de cambio en la región amazónica de Ecuador/ Demography and territorial transformation: half a century of change in the Amazonian Region of Ecuador. *Eutopía, Revista de Desarrollo Económico Territorial*, (12), 81. <https://doi.org/10.17141/eutopia.12.2017.2913>
- Jonnes, J. (2004). *Empires of light : Edison, Tesla, Westinghouse, and the race to electrify the world*. Nueva York: Random House.
- Jordán, R. (1982). Distribución espacial de la población y desarrollo: notas acerca de los asentamientos urbanos de América Latina. *Notas de Población*, 9(25), 9–42.
- Junapla. (1973). *El desarrollo urbano en el Ecuador*. Quito.
- Kaztman, F. (2001). Seducidos y abandonados: El aislamiento social de los pobres urbanos. *Revista de La CEPAL*, (75), 171–189. <https://doi.org/10.18356/16a0b21c-es>
- Klaufus, C. (2006). Bad taste in architecture . Discussion of the popular in residential architecture in southern Ecuador . 1. *Cultural Anthropology*, (1996), 1–14.
- Klaufus, C. (2009). *Construir la ciudad andina: planificación y autoconstrucción en Riobamba y Cuenca*. Quito: Abya-Yala.
- Klaufus, C. (2013). The Right to a City : Changing Peri-urban Landscapes in Latin America. In N. Duxbury (Ed.), *Rethinking Urban Inclusion: Spaces, Mobilizations, Interventions* (pp. 487–503). CES Centre for Social Studies, University of Coimbra.
- Klaufus, C., van Lindert, P., van Noorloos, F., & Steel, G. (2017). All-inclusiveness versus exclusion: Urban project development in Latin America and Africa. *Sustainability*, 9(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su9112038>
- Kyba, C., Kuester, T., De Miguel, A. S., Baugh, K., Jechow, A., Hölker, F., ... Guanter, L. (2017). Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Science Advances*, 3(11), 1–9. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701528>
- Kyba, C., Kuester, T., Sánchez de Miguel, A., Baugh, K., Jechow, A., Hölker, F., ... Guanter, L. (2017). Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Science Advances*, 3(11), e1701528. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701528>
- Legendijk, V. (2008). *Electrifying Europe - The power of Europe in the Construction of Electricity Networks*. Amsterdam: Foundation for the History of Technology, Aksant Academic Publishers Technology & European History.
- Lara, J. (2015). Densificación residencial informal en barrios y colonias del Área Metropolitana de Guadalajara. Dilemas sociales y modelos espaciales. In S. Vidal-Koppmann (Ed.), *Metrópolis en mutación* (pp. 239–266). Argentina: Café de las Ciudades.

- Larrea, C. (2006). Petróleo y estrategias de desarrollo en el Ecuador: 1972-2005. In G. Fontaine (Ed.), *Petróleo y desarrollo sostenible en el Ecuador: Las ganancias y pérdidas* (pp. 57–68). Quito: Flacso.
- Lattes, A. (2001). Población urbana y urbanización en América Latina. In F. Carrión (Ed.), *La ciudad construida. urbanismo en América Latina* (p. 404). Quito: FLACSO.
- Lefebvre, H. (1969). *El Derecho a la Ciudad*. Barcelona: Ediciones Península.
- Lefebvre, H. (1972). *La Revolución Urbana* (4th ed.). Madrid: Alianza.
- Leiva, F. I. (2008). *Latin American neostructuralism: the contradictions of post-neoliberal development*. University of Minnesota Press.
- Levin, N. (2017). The impact of seasonal changes on observed nighttime brightness from 2014 to 2015 monthly VIIRS DNB composites. *Remote Sensing of Environment*, *193*, 150–164. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.03.003>
- Levin, N., & Duke, Y. (2012). High spatial resolution night-time light images for demographic and socio-economic studies. *Remote Sensing of Environment*, *119*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.12.005>
- Levin, N., & Zhang, Q. (2017). A global analysis of factors controlling VIIRS nighttime light levels from densely populated areas. *Remote Sensing of Environment*, *190*, 366–382. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.006>
- Li, X., & Li, D. (2014). Can night-time light images play a role in evaluating the Syrian Crisis? *International Journal of Remote Sensing*, *35*(18), 6648–6661. <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.971469>
- Li, X., Zhang, R., Huang, C., & Li, D. (2015). Detecting 2014 Northern Iraq Insurgency using night-time light imagery. *International Journal of Remote Sensing*, *36*(13), 3446–3458. <https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1059968>
- Liang, H., Tanikawa, H., Matsuno, Y., & Dong, L. (2014). Modeling in-use steel stock in China's buildings and civil engineering infrastructure using time-series of DMSP/OLS nighttime lights. *Remote Sensing*, *6*(6), 4780–4800. <https://doi.org/10.3390/rs6064780>
- Liao, L. B., Weiss, S., Mills, S., & Hauss, B. (2013). Suomi NPP VIIRS day-night band on-orbit performance. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, *118*(22), 12705–12718. <https://doi.org/10.1002/2013JD020475>
- Limonad, E., & Castro, E. (2014). *Um novo planejamento para um novo Brasil?* Rio de Janeiro: Letra Capital.
- Liu, L., & Leung, Y. (2015). A study of urban expansion of prefectural-level cities in South China using night-time light images. *International Journal of Remote Sensing*, *36*(22), 5557–5575. <https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1101650>
- Llop, J., & Bellet, C. (1999). *Ciudades intermedias y urbanización mundial*. Lleida: Ajuntament de Lleida - UNESCO.
- López, J. (2016). The city in the net. Infrastructural networks, economic development and urban form. In O. Nel-lo & R. Mele (Eds.), *Cities in the 21st century* (pp. 233–243). New York: Routledge.
- López, J. (2017). Mobilitat quotidiana , consum de carburants i forma urbana a la regió

-
- metropolitana de Barcelona. *Documents D'Anàlisi Geogràfica*, 63/2, 447–471. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5565/rev/dag.347>
- López, L. (2006). Centros comerciales, miedo, consumo, simulación. In *Espacio urbano, exclusion y frontera norte de México* (pp. 63–100). Madrid: UAM Ediciones.
- Ludeña, W. (2002). Lima, Ciudad y Globalización. Paisajes encontrados de fin de siglo. In *El desafío de las áreas metropolitanas en un Mundo Globalizado. Actas del Seminario Internacional* (pp. 163–193). Barcelona: Rideal.
- Ma, T., Zhou, C., Pei, T., Haynie, S., & Fan, J. (2012). Quantitative estimation of urbanization dynamics using time series of DMSP/OLS nighttime light data: A comparative case study from China's cities. *Remote Sensing of Environment*, 124, 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.04.018>
- Manguashca, J. (1994). El proceso de integración nacional en el Ecuador. In J. Manguashca (Ed.), *Historia y región en el Ecuador: 1830-1930* (pp. 1830–1930). Quito: Corporación Editora Nacional.
- Martín, J. (2016). Observing changes in urban form through night satellite images in Buenos Aires and Lima. In O. Nel-lo & R. Mele (Eds.), *Cities in the 21st century* (pp. 93–95). New York: Routledge.
- Martín, M., & Múscar, E. (1992). *Proceso de urbanización en América del Sur : modelos de ocupación del espacio*. Madrid: Editorial MAPFRE.
- Martínez, H. (2017). La reestructuración urbana en América Latina. Las ciudades latinoamericanas y el capitalismo dependiente. *Quid 16: Revista Del Área de Estudios Urbanos*, (7), 130–145.
- Martínez, L. (2008). *Territorios en Mutación: Repensando el desarrollo desde lo local*. Quito: Flacso.
- Marull, J., Farré, M., Boix, R., Palacio, A. B., & Ruiz-Forés, N. (2019). Modelling urban networks sustainable progress. *Land Use Policy*, 85(December 2018), 73–91. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.03.038>
- Mejía, V. (2020). Morfología urbana y proceso de urbanización en Ecuador a través de la imagen satelital nocturna de la Tierra , 1992-2012. *EURE*, 46, 191–214.
- MERNNR. (2019a). Comunicado Oficial 10: EP Petroecuador paraliza operaciones del SOTE por bajo stock de crudo –. Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Retrieved from <https://www.rekursyenergia.gob.ec/ep-petroecuador-paraliza-operaciones-del-sote-por-bajo-stock-de-crudo/>
- MERNNR. (2019b). Comunicado Oficial 3: Petroamazonas EP estima pérdidas de 165.000 barriles de petróleo por día debido a medidas de hecho en la región Amazónica. Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Retrieved from <https://www.rekursyenergia.gob.ec/petroamazonas-ep-estima-perdidas-de-165-000-barriles-de-petroleo-por-dia-debido-a-medidas-de-hecho-en-la-region-amazonica/>
- MERNNR. (2019c). Proyecto Cascabel se proyecta como la mina subterránea más grande de plata, la tercera de oro y la sexta de cobre en el mundo. Quito: Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Retrieved from <https://www.rekursyenergia.gob.ec/proyecto-cascabel-se-proyecta-como-la-mina-subterranea-mas-grande-de-plata-la-tercera-de-oro-y-la-sexta-de-cobre-en->

el-mundo/

- Min, B., Gaba, K. M., Sarr, O. F., & Agalassou, A. (2013). Detection of rural electrification in Africa using DMSP-OLS night lights imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 34(22), 8118–8141. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.833358>
- Miño, L. (1994). *El manejo del espacio en el Imperio Inca*. Quito: FLACSO.
- Mira, E. (1997). *El indio antillano : repartimiento, encomienda y esclavitud (1492-1542)*. Bogotá: Muñoz Moya Editor.
- Monclús, F. (1998). Perspectivas geografico-urbanísticas. In *La ciudad dispersa. Suburbanización y nuevas periferias*. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona.
- Montesino, J. (2007). La economía ecuatoriana del siglo XXI y sus perspectivas de comercio internacional con países del Asia Pacífico. In *Si Somos Americanos, Revista de Estudios Transfronterizos* (Vol. 9, pp. 71–107). Santiago de Chile: Universidad Arturo Prat.
- Moser, C. O. N. (2009). *Ordinary families, extraordinary lives. Assets and Poverty Reduction in Guayaquil, 1978-2004*. Washington D.C.: Brookings Institution Press.
- Muñiz, I., García, M. A., & Calatayud, D. (2006). *SPRAWL. Definición, causas y efectos. Working papers*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona - Departament d'Economia aplicada. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2043845&info=resumen&idioma=ENG>
- Muñoz, F. M. (2004). *urBANALització. La producció residencial de baixa densitat a la província de Barcelona 1985-2001*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Muxí, Z. (2004). *La arquitectura de la ciudad global*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A.
- Narváez, R., Maldonado, P., & Pichilingue, E. (2019). *La amenaza del decreto ejecutivo N 0751 a la supervivencia de los pueblos en aislamiento Tagaeri Taromenane: Análisis antropológico, espacial y de derechos Análisis antropológico, espacial y de derechos*. Research Gate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14674.20165>
- Navas, G. (2012). *Malecón 2000 El Inicio De La Regeneración Urbana En Guayaquil: Un Enfoque Proyectual*.
- Navas, G. (2013). La isla Santay: entre la informalidad y la regeneración urbana de Guayaquil. In B. Teolinda & J. (Coord) Erazo (Eds.), *Los lugares del hábitat y la inclusión* (Vol. 1, p. 591). FLACSO.
- Nel-lo, O. (1998). Los confines de la ciudad sin confines. Estructura urbana y límites administrativos en la ciudad difusa. In F. Monclús (Ed.), *La ciudad dispersa* (pp. 35–57). Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona.
- Nel-lo, O. (2011). Estrategias para la contención y gestión de las urbanizaciones de baja densidad en Cataluña. *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, (167), 81–98.
- Nel-lo, O. (2012). *Francesco Indovina. Del análisis del territorio al gobierno de la ciudad*. Barcelona: Icària Espacios Críticos.
- Nel-lo, O. (2013). Forma urbana y condición urbana en la obra de Francesco Indovina. In L. Fregolent & M. Sabino (Eds.), *Economia, società, territorio. Riflettendo con Francesco Indovina* (pp. 164–171). Milan: FrancoAngeli.

-
- Nel-lo, O. (2015). *La ciudad en movimiento : crisis social y respuesta ciudadana*. Madrid: Díaz & Pons.
- Nel-lo, O. (2019). Los retos de la ciudad contemporánea. In *III Congreso Internacional de Geografía Urbana* (Vol. 0, pp. 51–54). Buenos Aires: Universidad Nacional de Luján.
- Nel-lo, O., López, J., Martín, J., & Checa, J. (2017a). Energy and urban form. The growth of European cities on the basis of night-time brightness. *Land Use Policy*, *61*, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.11.007>
- Nel-lo, O., López, J., Martín, J., & Checa, J. (2017b). *La luz de la ciudad. El proceso de urbanización en España a partir de las imágenes nocturnas de la Tierra*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Nel-lo, O., & Mele, R. (2016). *Cities in the 21st century* (1st ed.). New York: Routledge.
- NOAA. (n.d.-a). Version 1 VIIRS Day/Night Band Nighttime Lights. Retrieved from https://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_dnb_composites.html
- NOAA. (n.d.-b). Version 4 DMSP-OLS. Retrieved October 24, 2019, from <https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>
- NOAA. (n.d.-c). VIIRS Daily Mosaic. Retrieved October 24, 2019, from https://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_ut_mos.html
- OIT. (2018). *Mujeres y hombres en la economía informal: Un panorama estadístico*. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.
- Oleas, J. (2017). Ecuador 1980-1990: crisis, ajuste y cambio de régimen de desarrollo. *América Latina En La Historia Económica*, *24*(1), 210. <https://doi.org/10.18232/alhe.v24i1.724>
- Ortiz, P. (2019). Análisis de patrones morfológicos de urbanización en la gradiente urbano-rural Cuenca: el rol de las cabeceras parroquiales en la conformación del territorio. In G. Durán (Ed.), *Recomendaciones de políticas urbanas para el uso y la gestión del suelo en Cuenca* (pp. 5–27). Quito: FLACSO.
- Osorio, J. (2015). La valorización mundial del capital. *Revista Economía*, *105*, 129–141.
- Panadero, M. (1999). Manifestaciones de la globalización en América Latina. In C. (coord) Franciso (Ed.), *América Latina: lógicas locales, lógicas globales*. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Pascual Ruiz-Valdepeñas, H., & García Cuesta, J. L. (2008). Políticas urbanas para el desarrollo y la innovación en las ciudades intermedias. *Investigaciones Geográficas*, *47*(47), 5–25. <https://doi.org/10.14198/ingeo2008.47.01>
- Pauta, F. (2014). *Modelo la para la gestión de la ordenación territorial en el Ecaudor en el marco de su constitución*. Universidad Politécnica de Madrid. <https://doi.org/10.1174/021435502753511268>
- Perez, R., Vizeu, L., Luchiari, A., & Small, C. (2014). Identification of the urban continuum of São Paulo Metropolitan Agglomeration with people , lights and land use . First results of a methodological approach . In *Annual Conference . Poznań 2014 Urban Challenges in a Complex World* .
- Pinkovskiy, M. L., & Sala-i-Martin, X. (2014). Lights, Camera,...Income! Estimating Poverty Using National Accounts, Survey Means, and Lights. *SSRN Electronic Journal*.

<https://doi.org/10.2139/ssrn.2423393>

- Pipia, L., Alamús, R., Tardà, A., Pérez, F., Palà, V., & Corbera, J. (2014). A methodology for luminance map retrieval using airborne hyperspectral and photogrammetric data. *SPIE Proceedings*, 9245. <https://doi.org/10.1117/12.2067220>
- Ponce, I. (2018). Entre petróleo y abandono estatal, así viven los Pueblos Indígenas en Aislamiento de Ecuador. Retrieved June 26, 2019, from <https://es.mongabay.com/2018/12/pueblos-indigenas-en-aislamiento-petroleo-abandono-estatal/>
- Porras, A. (2013). La reforma antes de la reforma. La construcción del nuevo Código del Trabajo. *FORO Revista de Derecho*, (19), 15–41. Retrieved from rban Challenges in a Complex World
- Potere, D., Schneider, A., Angel, S., & Civco, D. L. (2009). Mapping urban areas on a global scale: which of the eight maps now available is more accurate? *International Journal of Remote Sensing*, 30(24), 6531–6558. <https://doi.org/10.1080/01431160903121134>
- Prada Trigo, J. (2016). Desarrollo territorial en tres ciudades medias ecuatorianas: efecto de las estrategias locales en la aplicación del Plan Nacional del «Buen vivir» y el cambio en la matriz productiva. *Cuadernos Geográficos*, 55(1), 125–148. Retrieved from <http://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/3192/4755>
- PRE. (2019). Boletín oficial: Presidente Lenín Moreno ratifica eliminación de subsidios. Quito: Presidencia de la República del Ecuador. Retrieved from <https://www.presidencia.gob.ec/presidente-lenin-moreno-ratifica-eliminacion-de-subsidios-a-la-gasolina-y-decreta-estado-de-excepcion-para-precautelar-la-seguridad-ciudadana-boletin-oficial/>
- Quiroga, D. (2018). Galapagos: A Microcosm of Sustainable Energy Mix in Fragile Environments (pp. 1–19). https://doi.org/10.1007/978-3-319-69399-6_1
- Riba, C. (2011). *Recursos energéticos i crisi*. Barcelona: Octaedro.
- Roberts, B. H. (2015). *Gestionando sistemas de ciudades secundarias : políticas públicas en desarrollo internacional*. Washington D.C.: Cities Alliance / Banco Interamericano de Desarrollo.
- Rodríguez, A., & Rodríguez, P. (Eds.). (2009). *Santiago, una ciudad neoliberal*. Quito: OLACCHI.
- Rodríguez, A., Rodríguez, P., & Sugraves, A. (Eds.). (2015). *Con subsidio, sin derecho. La situación del derecho a una vivienda adecuada en Chile*. Santiago de Chile: SUR.
- Rodríguez, A., Saborido, M., & Segovia, O. (2012). *Violencias en una ciudad neoliberal: Santiago de Chile*. Santiago de Chile: SUR.
- Rodríguez, A., & Sugraves, A. (Eds.). (2005). *Los con techo. Un desafío para la política de vivienda social* (3rd ed.). Santiago de Chile: SUR.
- Rodríguez, I., Méndez, E., & López, L. (2006). *Espacio urbano, exclusión y frontera norte de México*. Madrid: UAM Ediciones.
- Sánchez, A., Zamorano, J., Gómez, J., & Pascual, S. (2014). Evolution of the energy consumed by street lighting in Spain estimated with DMSP-OLS data. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 139(January 2018), 109–117.

<https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2013.11.017>

- Sans, R., & Pulla, E. (2013). *El colapso es evitable. La transición energética del siglo XXI*. Barcelona: Octaedro.
- Santos, A., Marafon, G., & Sant'Anna, M. (Eds.). (2012). *Rio de Janeiro: um território em mutação*. Rio de Janeiro: GRAMMA.
- Santos, M. (1973). *Geografía y economía urbanas en los países subdesarrollados*. Barcelona: Oikos-Tau.
- Sassen, S. (2007). Una sociología de la globalización. *Análisis Político*, 61, 3–27.
- Schott, D. (2003). The City and the Electricity. In M. Hard & T. J. Misa (Eds.), *The Urban Machine. Recent Literature on European Cities in The 20th Century*. A "Tensions of Europe" electronic publication. Retrieved from www.iit.edu/misa/toe20/urban-machine/
- Serge, A. (1987). Introducción Histórica. Formas Urbanas y Formaciones Sociales en Ecuador: los principales actores. In *Geografía Básica del Ecuador. Tomo III El Espacio Urbano en el Ecuador: Red Urbana, Región y Crecimiento* (Vol. 3, p. 326). Quito: Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica.
- Shi, K., Yu, B., Huang, Y., Hu, Y., Yin, B., Chen, Z., ... Wu, J. (2014). Evaluating the ability of NPP-VIIRS nighttime light data to estimate the gross domestic product and the electric power consumption of China at multiple scales: A comparison with DMSP-OLS data. *Remote Sensing*, 6(2), 1705–1724. <https://doi.org/10.3390/rs6021705>
- Silva, I. (2003, October). Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local. *Gestión Pública, ILPES*, (42), 99.
- Silveira, M., Bayón, M., & Moreano, M. (2019). Resistencia multiescalar en el Yasuní: Aportes desde la geografía crítica. In *Geografía Crítica para detener el despojo de los territorios* (pp. 103–115). Quito: Abya Yala.
- Siqueira, H. (2014). Desigualdades regionais e pacto federativo no Brasil. In E. Limonad & E. Castro (Eds.), *Um novo planejamento para um novo Brasil?* (pp. 149–162). Rio de Janeiro: Letra Capital.
- Siso, G. (2012). La población de Venezuela: evolución, crecimiento y distribución geográfica. *Terra*, 28(43), 109–140. Retrieved from http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-70892012000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Small, C., Elvidge, C., & Baugh, K. (2013). Mapping urban structure and spatial connectivity with VIIRS and OLS night light imagery. *Joint Urban Remote Sensing Event 2013, JURSE 2013*, 856, 230–233. <https://doi.org/10.1109/JURSE#.2013.6550707>
- Smith, L. (2012). *The new North : the world in 2050. The New North*. New York: Penguin Random House.
- Smith, M. (2011). Las ciudades prehispánicas: su traza y su dinámica social. In M. Jarquín & M. Miño (Eds.), *Historia general ilustrada del Estado de México* (pp. 358–391). Mexico DF: Biblioteca Mexiquense del Bicentenario.
- Smith, N. (1984). *Uneven development. Nature, Capital and the production of space* (Tercera). Athens: The University of Georgia Press.

- Smith, N. (2012). *La nueva frontera urbana: Ciudad revanchista y gentrificación*. Madrid: Grafica Lizarra. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Smith, W. C., Acuña, C. H., & Gamarra, E. (1994). *Latin American political economy in the age of neoliberal reform : theoretical and comparative perspectives for the 1990s*. North-South Center, University of Miami.
- Soja, E. W. (2008). *Postmetrópolis. Estudios críticos sobre las ciudades y las regiones*. Madrid: Traficantes de Sueños. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Soja, E. W. (2016). Regional urbanization and the end of the metropolis era. In O. Nel-lo & R. Mele (Eds.), *Cities in the 21st century* (pp. 71–89). New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315652221-13>
- Sorman, A. H., Ramos-Martin, J., & Giampietro, M. (2014). Necesidad de un Análisis Integrado del Metabolismo de las Islas Galápagos. *Gestión Emergente y Opinión*.
- Sposito, M. E. B., & Góes, E. M. (2013). *Espaços fechados e cidades - Insegurança urbana e fragmentação socioespacial*. Sao Paulo: Editora Unesp.
- Stathakis, D., & Baltas, P. (2017). Seasonal population estimates based on night-time lights. *Computers, Environment and Urban Systems*, 68, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.12.001>
- Surrallés, A. (2009). Entre derecho y realidad: antropología y territorios indígenas amazónicos en un futuro próximo. *Bulletin de l'Institut Français d'études Andines*, 38(38 (1)), 29–45. <https://doi.org/10.4000/bifea.2789>
- Sutton, P., & Elvidge, C. D. (2015). Night Lights: An Indicator of the Good Life? In M. Josaine, H. Ute, K. Krause, & P. Merle (Eds.), *Urban lighting, light pollution, and society* (pp. 296–310). New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315747811-27>
- Sutton, P., Elvidge, C., & Ghosh, T. (2007). Estimation of gross domestic product at sub-national scales using nighttime satellite imagery. *International Journal of Ecological Economics & Statistics*, 8(S07), 5–21.
- Sutton, P., Elvidge, C., & Obremski, T. (2003). Models to Estimate ambient population density. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(5), 545–553.
- Tapia, Y., Vigil-de-Insausti, A., & Montaña, M. (2018). The urban form in the city of Tulcán, Carchi - Ecuador. In *Conference: 24th ISUF 2017 - City and Territory in the Globalization Age*. Universitat Politècnica de Valencia. <https://doi.org/10.4995/isuf2017.2017.6268>
- Tomalá, A. (2016). El proceso migratorio en el Ecuador después de la crisis económica-financiera de 1998-1999. Un análisis histórico descriptivo. In *International Conference on Regional Science*. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.
- Torres Lima, P., & González Martínez, A. (2011). Temáticas sobre procesos de urbanización en América Latina. *Arq. Urb*, 6, 203–222.
- Townsend, A. C., & Bruce, D. A. (2010). The use of night-time lights satellite imagery as a measure of Australia's regional electricity consumption and population distribution. *International Journal of Remote Sensing*, 31(16), 4459–4480. <https://doi.org/10.1080/01431160903261005>
- Turner, J. F. C. (2018). *Auconstrucción. Por una autonomía del habitar*. Logroño: Pepitas de

Calabaza.

- UN-Habitat. (1996). *An Urbanizing World: Global report on Human Settlements, 1996*. United Nations Centre for Human Settlements/ Oxford University Press.
- UN-Habitat. (2003). *The Challenge of Slums: Global report on human settlements 2003*. Nairobi: United Nations Environment Programme. Earthscan. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0254>
- UN-Habitat. (2011). *Global report on human settlements 2011. Cities and Climate Change*. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme. Earthscan.
- UN-Habitat. (2013). *State of the World's cities 2012/2013*. New York: United Nations Human Settlements Programme Routledge. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1096-1>
- UN. (2018). World Urbanization Prospects 2018 - Population Division. Retrieved December 2, 2019, from <https://population.un.org/wup/>
- UNEP. (2016). *GEO-6 Regional Assessment for Latin America and the Caribbean*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Valladares, L. (2005). *A invenção da favela: do mito de origem a favela.com*. Rio de Janeiro: Editora FGV.
- Vicente, J. (2003). ¿Nuevas palabras, nuevas ciudades? *Revista de Geografía*, (2), 79–103.
- Viteri, A. (2004). Tierra y territorio como derechos. *Pueblos*, 10–12. Retrieved from <http://rebellion.org/noticia.php?id=8577>
- Vogliano, S. (2009). *ECUADOR – Extracción petrolera en la Amazonia*. CIP-Ecosocial (Vol. 22).
- Wallerstein, I. (1998). *El moderno sistema mundial III: La segunda era de gran expansión de la economía-mundo capitlista, 1730-1850*. (S. XXI, Ed.). Mexico.
- Walsh, S. J., Engie, K., Page, P. H., & Frizzelle, B. G. (2019). Demographics of Change: Modeling the Transition of Fishers to Tourism in the Galapagos Islands (pp. 61–83). https://doi.org/10.1007/978-3-319-99534-2_5
- Walsh, S. J., & Mena, C. F. (2013). Perspectives for the Study of the Galapagos Islands: Complex Systems and Human–Environment Interactions. In *Science and Conservation in the Galapagos Islands* (pp. 49–67). New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5794-7_3
- Wang, L., Wang, S., Zhou, Y., Liu, W., Hou, Y., Zhu, J., & Wang, F. (2018). Mapping population density in China between 1990 and 2010 using remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 210(March), 269–281. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.03.007>
- Wilson, J., & Bayón, M. (2017). *La selva de los elefantes blancos: megaproyectos y extractivismos en la Amazonía ecuatoriana*. Quito: Abya Yala.
- Wilson, J., Bayón, M., & Diez, H. (2015). Posneoliberalismo y urbanización planetaria en la Amazonía ecuatoriana. *Revista Economía*, 67, 29–58.
- Zárate, A. (1989). Notas sobre el modelo urbano latinoamericano. *Espacio, Tiempo y Forma. Serie VI, Geografía*, (2), 267–290. <https://doi.org/10.5944/etfvi.2.1989.2465>

-
- Zhao, N., Cao, G., Zhang, W., Samson, E. L., & Chen, Y. (2020). Remote sensing and social sensing for socioeconomic systems : A comparison study between nighttime lights and location-based social media at the 500 m spatial resolution. *Int J Appl Earth Obs Geoinformation*, 87(January), 102058. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102058>
- Zhao, N., Currit, N., & Samson, E. (2011). Net primary production and gross domestic product in China derived from satellite imagery. *Ecological Economics*, 70(5), 921–928. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.12.023>



BASES DE DATOS INSITITUCIONALES

- ARCONEL – Agencia de Regulación y Control de Electricidad
 - Base de datos sobre el consumo y facturación eléctrica en el Ecuador, 2019.
- ARCH - Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero
 - Boletín estadístico 2019
 - Producción Diaria Nacional de Petróleo Fiscalizada
 - Rendición de Cuentas, 2018
- BCE – Banco Central del Ecuador
 - Estadísticas Macroeconómica, 2019
 - Cuentas Nacionales, 1992-2019
 - Boletín Anuario Sector Energético – Producción de petróleo, 2019
 - Reporte del Sector Petrolero, 2016
- CGREG - Consejo de Gobierno del Regimen Especial Galápagos
 - Plan de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos - Plan Galápagos, 2016.
- INEC – Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
 - VII Censo de población y VI de vivienda, 2010
 - Censo de Población y Vivienda Galápagos, 2015
 - Compendio historico de datos de Censos de Población y vivienda desde 1950, 1962, 1974, 1982, 1990 y 2001
 - Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU), 2008- 2019
 - Encuesta de Condiciones de Vida, 2014
 - Encuesta de Edificaciones, 2012- 2018
 - Anuario de Transporte, 2019
 - Contador poblacional, 2019
 - <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Ministerio de Finanzas
 - Proforma Presupuestaria, 2019
- Petroamazonas
 - Informe Estadístico, 1972-2017
 - Reporte Gerencial, 2017

-
- SENPLADES - Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo
 - Base de datos empleada para la elaboración del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017.
 - Cartografía Temática del Ecuador del Proyecto SIGTIERRAS
 - SRI – Servicio de Rentas Internas
 - Recuadación de Impuestos, 2019
 - MIDUVI - Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
 - Informe Nacional del Ecuador: Tercera conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo urbano sostenible, Habitat III, 2015
 - Ministerio de Hidrocarburos
 - Mapa de Bloques Petroleros del Ecuador Continental, 2017.
 - MAE -Ministerio del Ambiente
 - Informe Anual 2019: Visitantes a las áreas protegidas de Galapagos
 - Bases de datos del Mapa de Coberturas y Uso de la Tierra del Ecuador
 - GADMC -Gobierno Autonomo Descentralizado Municipal de Cuenca
 - Base de datos de densidades

LISTA DE MAPAS

Mapa 2-1. Relieve del territorio de la República del Ecuador	69
Mapa 2-2. División político administrativa y regiones naturales. República del Ecuador	70
Mapa 2-3. Zonas de Planificación. República del Ecuador	71
Mapa 2-4. Jerarquización de asentamientos según PNBV 2009-2013. Ecuador	74
Mapa 2-5. Evolución poblacional por asentamientos urbanos principales, Ecuador 1950-2010....	78
Mapa 2-6. Dotación de servicios básicos por provincia. Ecuador 2010	91
Mapa 2-7. Porcentaje de viviendas con acceso a luz eléctrica por sector censal. Ecuador 2010....	92
Mapa 3-1. Imágenes satelitales nocturnas de la serie DMPS-OLS. Ecuador 1992, 2013.....	115
Mapa 3-2. Imágenes satelitales nocturnas de la serie VIIRS. Ecuador 2012, 2019	117
Mapa 3-3. Principales asentamientos urbanos ecuatorianos, ámbitos de análisis con radios de 5, 15, 25 y 5 km. Ecuador	123
Mapa 3-4. Cobertura de la base de datos de SIGTIERRAS. Ecuador 2015	130
Mapa 3-5. Ámbitos de estudio considerando la cobertura de SIGTIERRAS. Ecuador	132
Mapa 3-6. Áreas urbanas según MAE (2013) y SIGTIERRAS (2015). Ecuador.....	133
Mapa 3-7. Localización de usos residenciales a través de la densidad. Cantón Cuenca, 2010	134
Mapa 3-8. Imagen satelital nocturna y principales asentamientos urbanos. Ecuador 2012.....	136
Mapa 3-9. Imagen satelital nocturna VIIRS, con valores de radiancia ponderados. Ecuador 2012	144
Mapa 4-1. Áreas pobladas según MAE-MAGAP 2013-2014 en contraste con la imagen satelital nocturna DMSP-OLS. Ecuador 2013	154
Mapa 4-2. Rangos de luminosidad y localización de los principales centros urbanos. Ecuador 2012	166
Mapa 4-3. Nivel de luminosidad total emitida en el ámbito de 25km, por asentamiento urbano. Ecuador 1992 - 2012.....	168
Mapa 4-4. Nivel de luminosidad media en el ámbito de 25km, por asentamiento urbano. Ecuador 1992 - 2012.....	169
Mapa 4-5. Nivel de luminosidad por coronas en los 28 asentamientos. Ecuador 1992 - 2012.....	172
Mapa 4-6. Superficie de suelo con niveles de luminosidad urbana. Ecuador 1992-2012	177
Mapa 4-7. Porcentaje de superficie con luminosidad urbana por corona en los principales asentamientos. Ecuador 1992-2012.....	182
Mapa 4-8. Variación de superficies con niveles de luminosidad urbana en los años 1992-1996-2000-2004-2008 y 2012. Ecuador 1992-2012	184
Mapa 5-1. Rangos de radiancia según las VIIRS y principales asentamientos. Ecuador 2019.....	202
Mapa 5-2. Evolución de la intensidad radiante en los principales asentamientos. Ecuador 2012-2019.....	207
Mapa 5-3. Evolución de la radiancia media en los principales asentamientos. Ecuador 2012-2019	210
Mapa 5-4. Niveles de radiancia media por coronas en los principales asentamientos, 2012-2019	213
Mapa 5-5. Evolución de la superficie con luminosidad urbana. Ecuador 2012- 2019.....	215
Mapa 5-6. Evolución morfológica de los asentamientos según la superficie con luminosidad urbana. Ecuador 2012- 2019.	217
Mapa 5-7. Porcentaje de superficie con niveles luminosidad urbana por coronas. Ecuador 2012-2019.....	221
Mapa 5-8. Evolución de la Intensidad radiante por habitantes ($\mu\text{W}/\text{sr}/ \text{hab}$) en los asentamientos principales. Ecuador 2012-2019	224
Mapa 5-9. Evolución morfológica de los principales asentamientos según la intensidad lumínica urbana. Ecuador 2012- 2019	233
Mapa 5-10. Correspondencia entre superficies calculadas con la imagen satelital nocturna con valores de radiancia y ponderados. Ecuador 2012, con detalle de las áreas de Guayaquil, Cuenca y Zaruma.....	246
Mapa 5-11. Evolución de superficies con intensidad lumínica urbana en los principales asentamientos. Ecuador 2012-2019.....	249
Mapa 6-1. Distribución de variables luminosidad y socioeconómicas por cantones, 2018.	290

Mapa 7-1. Localización de las Islas Galápagos en relación a Ecuador continental.	298
Mapa 7-2. Principales islas de la provincia de Galápagos, Ecuador.	299
Mapa 7-3. Imagen satelital nocturna VIIRS. Islas Galápagos, 2019.	302
Mapa 7-4. Mapa de Bloques Petroleros, Ecuador 2017.	313
Mapa 7-5. Intensidad radiante en áreas petroleras, Ecuador 2012-2019.	315

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1 Información básica - República del Ecuador.	67
Tabla 2-2. Jerarquización de asentamientos según PNBV 2009-2013. Ecuador.	72
Tabla 2-3. Jerarquización de asentamientos según el PNBV 2013-2017: Metrópolis, Nacional y Regional. República del Ecuador.	73
Tabla 3-1. Cuadro comparativo de las series de imágenes nocturnas, DMSP-OLS y SNPP-VIIRS.	119
Tabla 3-2. Análisis de correspondencia entre intensidades lumínicas y áreas urbanas (MAE-MAGAP), en el conjunto de los 28 principales asentamientos. Ecuador 2013.	137
Tabla 3-3. Principales ventajas e inconvenientes de las metodologías aplicadas.	138
Tabla 3-4. Pretratamiento de la imagen satelital nocturna, coeficientes y fórmula aplicada.	143
Tabla 4-1. Análisis de correspondencia entre intensidades lumínicas y áreas urbanas (MAE-MAGAP). Ecuador 2013.	155
Tabla 4-2. Niveles de luminosidad de máxima coincidencia entre luminosidad y áreas urbanas en el conjunto del territorio. Ecuador.	158
Tabla 4-3. Niveles de luminosidad de máxima coincidencia entre luminosidad y áreas urbanas por regiones.	159
Tabla 4-4. Niveles de luminosidad de máxima coincidencia entre luminosidad y áreas urbanas por regiones con el uso de áreas urbanas del MAE. Ecuador 2013.	161
Tabla 4-5. Niveles de luminosidad de máxima coincidencia entre luminosidad y áreas urbanas por regiones con el uso de áreas urbanas de SIGTIERRAS. Ecuador 2013.	163
Tabla 4-6. Correspondencia entre niveles de luminosidad y áreas urbanas. Cantón Cuenca, 2010.	164
Tabla 4-7. Superficies con luminosidad urbana y áreas urbanas según el MAE. Ecuador 1990-2013.	188
Tabla 5-1. Niveles de radiancia de máxima coincidencia entre luminosidad y áreas urbanas por regiones. Ecuador 2013.	204
Tabla 5-2. Niveles de radiancia de máxima coincidencia entre luminosidad y áreas urbanas por ciudades. Ecuador 2013.	206
Tabla 5-3. Comparación de áreas urbanas y superficies con luminosidad urbana calculadas con las de imágenes satelitales nocturnas DMSP Y VIIRS. Ecuador 2012.	240
Tabla 5-4. Correspondencia entre niveles de luminosidad y áreas urbanas empleando valores de radiancia y valores de radiancia ponderados. Ecuador 2013.	242
Tabla 5-5. Correspondencia entre niveles de luminosidad y áreas urbanas en ciudades de distinta escala. Ecuador 2012.	244
Tabla 6-1. Coeficientes de determinación (r^2) y correlación Spearman, de la poblacional, intensidad radiante y superficie con luminosidad urbana, por provincias. Ecuador 2012-2019.	269
Tabla 6-2. Coeficientes de determinación (r^2) y correlación Spearman, entre consumo de eléctrico de clientes regulados, intensidad radiante y superficie con luminosidad urbana, por provincias. Ecuador 2012-2018.	272
Tabla 6-3. Coeficientes de determinación (r^2) y correlación Spearman, entre VAB, intensidad radiante y superficie con luminosidad urbana, por provincias. Ecuador 2012-2019.	275
Tabla 6-4. Coeficientes de determinación (r^2) y correlación Spearman, entre impuestos recaudados, intensidad radiante y superficie con luminosidad urbana, por provincias. 2012-2019.	277
Tabla 6-5. Coeficientes de determinación (r^2) y correlación Spearman, entre vehículos matriculados, intensidad radiante y superficie con luminosidad urbana, por provincias. Ecuador 2012-2018.	280

Tabla 6-6. Incrementos lumínicos y de superficie con luminosidad urbana; terrenos construidos y viviendas proyectadas, por provincias, Ecuador 2012-2018.	282
Tabla 6-7. Coeficientes de determinación y correlación 2012- 2019 entre variables urbanas y lumínicas.....	284
Tabla 6-8. Representatividad de variables lumínicas y urbanas por provincias. Ecuador 2018	287
Tabla 7-1. Correspondencia entre niveles de radiancia y áreas urbanas. Galápagos 2012.....	304
Tabla 7-2. Tasas medias anuales de variables lumínicas y urbanas. Galápagos 2012-2019.....	307
Tabla 7-3. Evolución de la radiancia total emitida por tipo de empresa petrolera. Ecuador 2012-2019.....	320
Tabla 7-4. Relación luminosidad y producción petrolera por empresas. Ecuador 2012-2019.....	320
Tabla 7-5. Evolución de superficies con intensidades urbanas en el conjunto de los principales centros urbanos y en las áreas petroleras. Ecuador 2012-2019	327

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. Evolución demográfica rural y urbana. América Latina 1960 – 2018.	33
Figura 2-2. Evolución porcentual de la población urbana y rural. América Latina 1960-2018.....	34
Figura 2-3. Localización de la República del Ecuador y sus regiones naturales.....	68
Figura 2-4. Evolución de la población urbana y rural. Ecuador 1950-2010	75
Figura 2-5. Evolución de la representatividad de la población urbana y rural. Ecuador 1950 -2010	76
Figura 2-6. Evolución de la tasa promedio anual intercensal. Ecuador 1962 -2010.....	76
Figura 2-7. Evolución poblacional por ciudades, Ecuador, 1950-2010.	77
Figura 2-8. Evolución de la distribución poblacional urbana por principales asentamientos, Ecuador 1950-2010.....	79
Figura 2-9. Evolución del PIB y tasa de crecimiento anual a precios constantes 2007. Ecuador 1990-2019.....	80
Figura 2-10. Evolución del PIB per cápita a precios constantes 2007 dólares. Ecuador 1990-2018	80
Figura 2-11. Evolución de la pobreza por consumo, pobreza extrema, por NBI, y Gini. Ecuador 1995-2014.....	81
Figura 2-12. Evolución de pobreza, pobreza extrema, y pobreza por NBI. Ecuador 2007-2019	81
Figura 2-13. Evolución tasa de empleo bruto, empleo adecuado, empleo en el sector informal y desempleo. Ecuador 2007-2019	83
Figura 2-14. Evolución del número de afiliados al IESS en miles. Ecuador 1990 – 2018	83
Figura 2-15. Evolución de km de caminos pavimentados. Ecuador 1990- 2017	85
Figura 2-16. Variación acumulativa de variables de transporte. Ecuador 2008-2019.....	86
Figura 2-17. Consumo de energía per Cápita (kW/hab). Ecuador 1999-2018.....	86
Figura 2-18. Porcentaje de población que usa internet, posee móvil activado, y analfabetas digitales. Ecuador 2008-2018	87
Figura 2-19. Porcentaje de hogares con acceso a servicios mejorados de agua, saneamiento y residuos sólidos. Ecuador 2007-2015	88
Figura 2-20. Evolución de la dotación de servicios básicos. Ecuador 1990-2010	89
Figura 2-21. Dotación de servicios básicos por regiones. Ecuador 2010	90
Figura 4-1. Relación en niveles de luminosidad y áreas urbanas. Ecuador 2013	156
Figura 4-2. Relación entra la luminosidad y porcentaje de suelo urbano. Cantón Cuenca, 2010 ..	164
Figura 4-3. Contraste entre la delimitación de las áreas urbanas y la ocupación del suelo según imágenes diurnas. Ricaurte, noreste de Cuenca y Sur de Latacunga. Ecuador 2015	165
Figura 4-4. Evolución de luminosidad media por principales centros urbanos, incrementos absolutos y tasa media anual acumulativa. Ecuador 1992 – 2012.	170
Figura 4-5. Luminosidad media de los principales asentamientos por coronas. Ecuador 1992-2012	171
Figura 4-6. Nivel de luminosidad media por coronas en los 28 asentamientos. Ecuador 1992 – 2012.....	173

Figura 4-7. Población urbana y extensión de suelo con luminosidad urbana por asentamientos. Ecuador 2012	176
Figura 4-8. Incrementos en términos absolutos y relativos de la superficie con luminosidad urbana por asentamientos. 1992- 2012	178
Figura 4-9. Incremento y factor de incremento de superficie de suelo con niveles de luminosidad urbana entre 1992-2012 y de la población urbana entre los censos 1990-2010.....	179
Figura 4-10. Superficie iluminada por habitante 2012 e incrementos desde 1992 por asentamientos principales. Ecuador 1992-2012	180
Figura 4-11. Porcentaje de superficie de con luminosidad urbana por corona en el conjunto de asentamientos principales. Ecuador 1992-2012	181
Figura 4-12. Superficie con luminosidad urbana por coronas en el conjunto de asentamientos principales. Ecuador 1992-2012.....	183
Figura 4-13. Luminosidad media y variación de superficies con niveles de luminosidad urbana en los años 1992-1996-2000-2004-2008 y 2012. Ecuador 1992-2012.....	185
Figura 4-14. Tasa de variación anual del PIB, con valores constantes 2000. Ecuador 1992-2012.	186
Figura 4-15. Migración poblacional hacia el exterior. Ecuador 1996 – 2010.	186
Figura 4-16. Incrementos de superficie con luminosidad urbana 1992-2012 y áreas urbanas según MAE 1990-2013, por ciudades. Ecuador	188
Figura 4-17. Variación de variables lumínicas y socioeconómicas, Ecuador 1992-2012.....	189
Figura 4-18. Evolución morfológica de Quito y Guayaquil, 1992-2012.....	191
Figura 4-19. Evolución morfológica tentacular, Manta, Cuenca e Ibarra 1992-2012	191
Figura 4-20. Evolución morfológica en expansión, ciudades intermedias 1992-2012	192
Figura 4-21. Evolución morfológica en archipiélago, Nueva Loja y El Coca 1992-2012	193
Figura 4-22. Evolución morfológica en ciudades amazónicas 1992-2012.....	193
Figura 5-1. Relación entre área urbana intersectada y área total analizada en los principales asentamientos. Ecuador 2013.....	201
Figura 5-2. Relación entre área urbana intersectada y área iluminada por niveles de radiancia. Ecuador 2013	203
Figura 5-3. Nivel de intensidad radiante por asentamiento, tasa de media anual. Ecuador 2012 – 2019.	208
Figura 5-4. Nivel de radiancia media por asentamiento, tasa de incremento anual. Ecuador 2012 – 2019.	211
Figura 5-5. Evolución de radiancia media por coronas en el conjunto de asentamientos. Ecuador 2012 – 2019.....	212
Figura 5-6. Evolución de radiancia media por coronas por principales asentamiento. Ecuador 2012 – 2019.....	214
Figura 5-7. Evolución de la superficie con luminosidad urbana en km ² , por asentamientos. Ecuador 2012- 2019	216
Figura 5-8. Variación de la superficie con luminosidad urbana en km ² , tasa media anual y factor de incremento. Ecuador 2012- 2019.....	218
Figura 5-9. Porcentaje de superficie con niveles luminosidad urbana por coronas. Ecuador 2012- 2019	219
Figura 5-10 Superficie con niveles luminosidad urbana por coronas. Ecuador 2012-2019	220
Figura 5-11. Población urbana y extensión de suelo con luminosidad urbana por asentamientos. Ecuador 2019	223
Figura 5-12. Evolución de la Intensidad radiante por habitante ($\mu\text{W}/\text{sr}/\text{hab}$) en cada asentamiento. Ecuador 2012-2019.	224
Figura 5-13. Evolución de la luminosidad media, superficie con luminosidad urbana, proyección de la población y m ² de superficie iluminada por habitante, por asentamiento. Ecuador 2012 – 2019.	225
Figura 5-14. Superficie con luminosidad urbana por habitante en el 2019 e incrementos desde 2012. Ecuador 2012-2019	226
Figura 5-15. Densidad poblacional en el rango lumínico entre 6 y 54. Ecuador 2012	228
Figura 5-16. Densidad poblacional por intensidad lumínica. Ecuador 2012	228
Figura 5-17. Tipos de cobertura por intensidad lumínica en los ámbitos de los 28 principales asentamientos. Ecuador 2015.....	229
Figura 5-18. Coberturas de suelo por niveles de radiancia. Ecuador 2015	231

Figura 5-19. Evolución morfológica hacia el interior. Guayaquil y Machala 2012-2019	234
Figura 5-20. Evolución morfológica en línea del litoral. La Libertad, Esmeraldas, Manta, 2012 -2019	235
Figura 5-21. Evolución morfológica hacia las faldas de la cordillera. Quito 2012-2019	235
Figura 5-22. Evolución morfológica en corredores de crecimiento. Ibarra, Latacunga y Cuenca 2012-2019.....	236
Figura 5-23. Evolución morfológica en expansión extendida, ciudades intermedias 2012-2019. .	236
Figura 5-24. Evolución morfológica en corredor urbano, ciudades amazónicas, 2012-2019.....	237
Figura 5-25. Evolución morfológica disgregado, ciudades de la Amazonía Norte. Ecuador 2012-2019	238
Figura 5-26. Superficie con intensidad lumínica urbana calculada a través de imágenes satelitales nocturnas con valores de radiancia y ponderados, por asentamiento. Ecuador 2012 - 2019	248
Figura 5-27. Variaciones de superficies con usos urbanos en km ² y en tasa de incremento anual, Ecuador 2012-2019.....	250
Figura 5-28. Evolución de superficies con luminosidad urbana por provincias y sus principales asentamientos. Ecuador 2012-2019	251
Figura 5-29. Distribución de la superficie intensidad lumínica urbana según jerarquía de asentamiento. Ecuador 2012-2019	252
Figura 6-1. Evolución de la intensidad radiante y la superficie con luminosidad urbana, por regiones y principal polo de desarrollo de la región, 2012-2019.	260
Figura 6-2. Variación porcentual de variables lumínicas y urbanas. Ecuador 2012 -2019	264
Figura 6-3. Evolución de la intensidad radiante y la superficie con luminosidad urbana en el territorio continental. Ecuador 2012-2019.....	265
Figura 6-4. Evolución anual de la intensidad radiante, radiancia media y superficie con luminosidad urbana por regiones. Ecuador 2012-2019	266
Figura 6-5. Evolución anual de la población y relación con la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad urbana. Ecuador 2012- 2019.	268
Figura 6-6. Evolución anual de la energía producida y relación con la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad urbana. Ecuador 2012- 2019	270
Figura 6-7. Evolución anual del consumo eléctrico y relación con la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad urbana. Ecuador 2012- 2019	271
Figura 6-8. Evolución anual del PIB y relación con la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad urbana PIB, Ecuador 2012- 2019.....	273
Figura 6-9. Evolución anual del VAB en comparación con intensidad radiante y la superficie con luminosidad urbana, Ecuador 2012- 2019.....	274
Figura 6-10. Evolución anual de los impuestos recaudados y relación con la intensidad radiante y con la superficie con luminosidad urbana. Ecuador 2012- 2019.....	276
Figura 6-11. Evolución anual de los vehículos matriculados y relación con la intensidad radiante y la superficie con luminosidad urbana, Ecuador 2012- 2019.....	279
Figura 6-12. Evolución de los créditos del BIEES y Viviendas proyectas. Ecuador 2012-2018.	281
Figura 6-13. Evolución acumulada de las tasas de incremento anual de las variables socioeconómicas. Ecuador 2012-2019	284
Figura 6-14. Distribución de las variables lumínicas y socioeconómicas por regiones y principal polo de desarrollo regional, Ecuador 2018.....	286
Figura 6-15. Radiancia y pobreza por ingresos por provincias. Ecuador 2018	286
Figura 6-16. Variación de variables lumínicas y socioeconómicas con respecto a la media nacional por provincias. Ecuador 2018	288
Figura 7-1. Evolución de la intensidad radiante, radiancia media y superficie con luminosidad urbana por puertos principales. Galápagos, 2012-2019	305
Figura 7-2. Localización de superficies con luminosidad urbana en los principales puertos. Galápagos, 2012-2019	305
Figura 7-3. Volumen de producción de petróleo en miles de barriles. Ecuador 1972-2019	311
Figura 7-4. Evolución de la intensidad radiante y radiancia media por áreas petroleras. Ecuador 2012-2019.....	318
Figura 7-5. Evolución de la intensidad radiante y el volumen de producción de petróleo por empresas. Ecuador 2012-2019.	321

Figura 7-6. Evolución de la intensidad radiante y del volumen de producción en millones de barriles por año por operadoras desde el año 2012. Ecuador 2013-2019.....	322
Figura 7-7. Evolución de la intensidad radiante por áreas petroleras y principales centros urbanos. Ecuador 2012-2019.	324
Figura 7-8. Evolución de la radiancia media por áreas petroleras y principales centros urbanos. Ecuador 2012-2019.	325
Figura 7-9. Superficies con intensidad lumínica urbana. Quito y Bloque 60 - Ecuador 2019.....	326
Figura 7-10. Evolución de superficies con intensidades urbanas por centros urbanos y áreas petroleras. Ecuador 2012-2019.....	328

LISTA DE FOTOS

Foto 5-1. Vista aérea. Zamora- Ecuador 2019.....	245
Foto 7-1. Volcán Wolf en erupción, 26 de mayo 2015, Isla Isabela. Galápagos.....	301

