

CRECIMIENTO URBANO Y VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE CALDERÓN EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, ECUADOR¹

URBAN GROWTH AND VULNERABILITY TO CLIMATE CHANGE OF CALDERÓN IN THE
METROPOLITAN DISTRICT OF QUITO, ECUADOR

JOHANNA ELIZABETH VILLAVICENCIO-ORDÓÑEZ ²
DIANA RAQUEL LÓPEZ-GUZMÁN ³
ÁNGEL PATRICIO VELÁSQUEZ-CAJAS ⁴

- ¹ Este trabajo forma parte del Proyecto de integración curricular
- ² Magíster en Investigación en Estudios Urbanos
Estudiante de la Tecnología en Gestión Territorial del Cambio Climático
Instituto Superior Universitario Cotopaxi, Latacunga, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-0033-7282>
jevillavicencio@istx.edu.ec
- ³ Magíster en Dirección y Administración de Empresas
Docente de la Tecnología en Gestión Territorial del Cambio Climático
Instituto Superior Universitario Cotopaxi, Latacunga, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-3507-4766>
drlopezg@istx.edu.ec
- ⁴ Magíster en Creación de Guiones Audiovisuales
Docente de la Tecnología en Gestión Territorial del Cambio Climático
Instituto Superior Universitario Cotopaxi, Latacunga, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-1814-1691>
apvelasquezc@istx.edu.ec

<https://doi.org/10.22320/07183607.2024.27.49.07>



La parroquia Calderón, ubicada en el Distrito Metropolitano de la ciudad de Quito, presenta una dinámica espacial característica de los procesos de expansión con un crecimiento poblacional notable, pérdida de suelo agrícola y asentamientos en áreas vulnerables. Esta investigación tuvo como objetivo identificar la vulnerabilidad al cambio climático mediante análisis del crecimiento urbano de la parroquia Calderón para definir medidas de adaptación al mismo. Se utilizó la metodología de enfoque mixto a través de tres etapas: análisis histórico y espacial del crecimiento urbano, relación entre el crecimiento urbano y vulnerabilidad al cambio climático y medidas de adaptación al cambio climático en la parroquia Calderón. Los trece indicadores analizados demuestran en sus componentes de exposición y sensibilidad un nivel medio bajo de riesgo, sin embargo, sucede lo contrario en el componente de capacidad adaptativa donde la vulnerabilidad es alta. La relación entre el crecimiento urbano de la parroquia y la vulnerabilidad al cambio climático no es directa. Por una parte, los procesos de expansión afectan al territorio y a la población, originando conflictos ambientales y sociales y, por otra, se evidencian factores que están inmersos en la propia dinámica espacial de la expansión urbana.

Palabras clave: cambio climático, crecimiento urbano, exposición, sensibilidad, vulnerabilidad

The parish of Calderón, located in the Metropolitan District of Quito, has a spatial dynamic characteristic of the expansion processes, with notable population growth, loss of agricultural land, and settlements in vulnerable areas. This research aimed to identify the vulnerability to climate change by analyzing urban growth in this parish to define measures for its climate change adaptation. A three-stage mixed approach methodology was used: the historical and spatial analysis of urban growth, the relationship between urban growth and vulnerability to climate change, and climate change adaptation measures in the parish of Calderón. The thirteen indicators analyzed show a medium-low risk level in their exposure and sensitivity components. However, the opposite is true for the adaptive capacity component, where vulnerability is high. The relationship between the parish's urban growth and vulnerability to climate change is not direct. On the one hand, the expansion processes affect the territory and the population, causing environmental and social conflicts. On the other hand, factors immersed in urban expansion's spatial dynamics are revealed.

Keywords: Climate change, urban growth, exposure, sensitivity, vulnerability.

I. INTRODUCCIÓN

En América Latina, el proceso de crecimiento urbano ocurre de manera acelerada y desordenada como el “reflejo de profundas causas de origen económico, social y de la falta de adecuada planificación urbana” (Herrera y Pecht, 1976, p. 18). Como consecuencia se revelan problemas como los desequilibrios regionales y de redes urbanas, marginalidad, desempleo, ausencia de servicios básicos e incremento de la urbanización en las periferias (Vilela y Moschella, 2017). Sin embargo, el cambio climático se ha convertido en una de las narrativas actuales que influyen en lo político, económico, territorial y cultural y esto acompañado de los acelerados procesos de urbanización corresponde un gran reto. Primero, la urbanización en países de vías de desarrollo responde a que estos estén menos preparados para los desafíos ambientales, segundo, las grandes ciudades son vulnerables a los riesgos del cambio climático como la pérdida de recursos naturales o incluso desastres naturales y, tercero, en las ciudades es donde se produce la mayor cantidad de gases de efecto invernadero y en las que el consumo de energía es mayor (Duque y Montoya, 2021). Así también, la expansión urbana provoca variaciones en la temperatura del aire que puede influir en el bienestar de los residentes (Ferrelli et al., 2016).

Según ONU (2011) es fundamental entender el crecimiento de las zonas urbanas para mitigar el cambio climático. Estas áreas presentan riesgos evidentes derivados de patrones climáticos que se han convertido en las realidades diarias de la población más vulnerable. El análisis del cambio climático y ambiental en el contexto de América Latina y el Caribe es particularmente relevante, dado que es una región mayoritariamente urbana, las ciudades albergan a más del 80% de la población y la mayoría de las actividades económicas, lo que genera una alta demanda de suelo, servicios públicos, agua potable y energía, además de provocar graves impactos en la calidad del aire y la emisión de gases de efecto invernadero (Duque y Montoya, 2021). Por lo tanto, el crecimiento urbano ha sustituido bosques, humedales y campos agrícolas, como se aprecia en el estudio de Mendes et al. (2020) señala que, “la homogeneidad de las zonas de calor y carentes de humedad, elimina los contrastes térmicos necesarios para generar brisas y vientos locales” (p. 192), esto explica los altos niveles de contaminación en ciudades medianas y grandes.

En este contexto, los estudios revisados sobre expansión urbana en Calderón afirman la situación de la parroquia en términos de conflictos territoriales y ambientales. Por ejemplo, en la investigación de Altamirano (2016) se relaciona la expansión urbana con lo ambiental, señalando que el crecimiento demográfico se ha generado por diversos factores como la localización propia de áreas residenciales, industriales y equipamiento, presentándose una afectación ambiental por contaminación en altos niveles debido al aumento de población, industrias y parque automotor, entre otros. Otro estudio, realizado por Vásquez (2007) menciona que el crecimiento

poblacional y la necesidad de territorio para urbanizar el suelo con vocación agrícola ha desaparecido, por tanto, las áreas de protección y de conservación fueron afectadas por el desarrollo urbano. Es preciso acotar que no se han realizado investigaciones respecto a la relación del crecimiento urbano con el cambio climático en el territorio estudiado, más allá del tema ambiental, reordenamiento y propuesta de modelos urbanos para la parroquia. Por consiguiente, analizar este caso resulta relevante para comprender cómo la expansión urbana no planificada y los conflictos territoriales exacerban la vulnerabilidad de la parroquia frente a los efectos adversos del cambio climático, tales como el aumento de la temperatura, eventos climáticos extremos y la alteración de los patrones de precipitación, lo que pone en riesgo el entorno natural como la calidad de vida de sus habitantes.

De esta manera, se propone identificar la vulnerabilidad de la parroquia Calderón considerando que el crecimiento acelerado ha afectado de manera social, económica y ambiental. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo general identificar la vulnerabilidad al cambio climático mediante el análisis del crecimiento urbano de Calderón para definir medidas de adaptación al cambio climático. Se desarrollaron tres objetivos específicos: analizar histórica y espacialmente el crecimiento urbano, determinar la relación entre el crecimiento urbano y la vulnerabilidad y, finalmente, establecer medidas de adaptación al cambio climático. La investigación se basó en un estudio con enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos, cualitativos y espaciales, mediante tres etapas: 1) análisis histórico y espacial del crecimiento urbano, 2) evaluación de la relación entre crecimiento urbano y vulnerabilidad al cambio climático y 3) propuestas de medidas de adaptación. Para ello, se emplearon trece indicadores en las variables de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Este trabajo propone pautas frente al cambio climático desde la gobernanza y la ausencia de medidas de adaptación en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) y desde el reciente Plan de Adaptación al Cambio Climático (2023).

II. MARCO TEÓRICO

La investigación se desarrolla en tres categorías: crecimiento urbano, cambio climático y vulnerabilidad. El crecimiento urbano se entiende desde tres procesos: expansión, consolidación y densificación. El término *expansión* “hace referencia al cambio de uso del suelo, es decir, cuando espacios utilizados para actividades de índole rural pasan a emplearse en actividades relacionadas con la ciudad” (Ramírez y Pértile, 2013, p. 196). El término *consolidación*, por su parte, tiene relación con el conjunto de servicios e infraestructura y densificación, comprende el incremento de la población y las viviendas por unidad de superficie. Las ciudades pequeñas presentan una tendencia de expansión urbana de manera concéntrica. Sin embargo, se produce un crecimiento demográfico gradual con

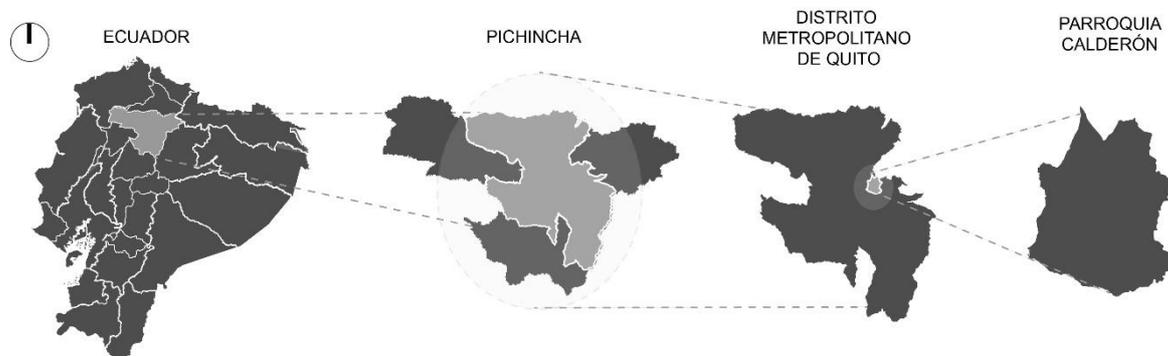


Figura 1. Ubicación de la parroquia Calderón. Fuente: Elaboración propia a partir de información del Instituto Geográfico Militar.

un cambio de modelo de desarrollo, que implica procesos de urbanización, por tanto, la expansión de las ciudades comienza a evidenciarse en las periferias y áreas rurales. (Bazant, 2008).

Así, los procesos de urbanización alteran el clima a nivel local y regional, y las áreas urbanas tienden a presentar temperaturas más altas, más precipitaciones en comparación con las rurales. La urbanización influye sobre el clima porque obstaculiza el flujo de vientos, originando un ambiente más caluroso y menos ventilado, automóviles, industrias y actividad humana generan emisiones de calor, y los pavimentos retienen el calor, contribuyendo a aumentar la temperatura urbana (Vásquez, 2007). Por consiguiente, los procesos de urbanización son parte fundamental y consecuencia del crecimiento urbano, que se relaciona directamente con cambio climático y sus retos. Los países en vías de desarrollo son los más expuestos a las amenazas climáticas y otros desafíos ambientales, donde las emisiones netas de CO₂ provienen del uso y cambio de uso de la tierra (IPCC, 2020). El IPCC (2019) define el cambio climático como la "variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor medio (...), que persiste durante períodos prolongados, generalmente décadas o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a externos" (p. 75).

Es importante también introducir el concepto de *vulnerabilidad*, así como las situaciones y efectos del cambio climático a las que se encuentran expuestas los asentamientos informales. La *vulnerabilidad* es la "propensión o predisposición a ser afectado negativamente, la vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación" (IPCC, 2019, p. 92). Entendiendo por *exposición* "la presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos medioambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que

podrían verse afectados negativamente" (IPCC, 2019, p. 11). La *sensibilidad* es el "grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climático. Los efectos pueden ser directos (...) o indirectos" (IPCC, 2007, p. 113) y la *capacidad adaptativa* es la "capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias" (IPCC, 2019, p. 76).

III. ESTUDIO DE CASO

La parroquia Calderón se ubica a 15 Km al noreste del DMQ, se asienta en la meseta de Guangúiltagua y posee un área de 79.17 Km². Ésta corresponde a una de las 33 parroquias rurales (Figura 1). Limita al Norte con la parroquia San Antonio, al Sur por Llano Chico, al Este por Guayllabamba y al Oeste por Pomasqui (GAD Calderón, 2023). Calderón, ha sido parte del proceso de expansión que ha experimentado el DMQ (Farinango, 2017), a través de cuatro mecanismos como lo señala Loachamín (2017): la "segregación socioeconómica y residencial, migración, crisis económica y especulación de la tierra" (p. 5).

Análisis histórico-espacial del crecimiento urbano de la parroquia Calderón

A partir del fraccionamiento de tierras e inicio de actividades agrícolas en los años 60 y 70, Calderón presentó un modelo de crecimiento de carácter urbano. La población se asentó en el área consolidada y en especial los hogares con rentas familiares menores al salario mínima en la periferia, formándose nuevos núcleos en la parroquia. La división de haciendas y donación de terrenos fue el punto de partida para "la construcción de equipamiento e incremento de población, que impulsen el crecimiento y desarrollo de la parroquia" (Ron, 2017, p. 79). Además, del interés de inmobiliarias por terrenos de gran

Año	1950	1962	1974	1982	1990	2001	2010	2020
Hab.	6.931	8.854	13.358	18.059	36.297	84.848	152.242	243.587

Tabla 1. Evolución de la población en la parroquia de Calderón. Fuente: Elaboración de los autores a partir de datos históricos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

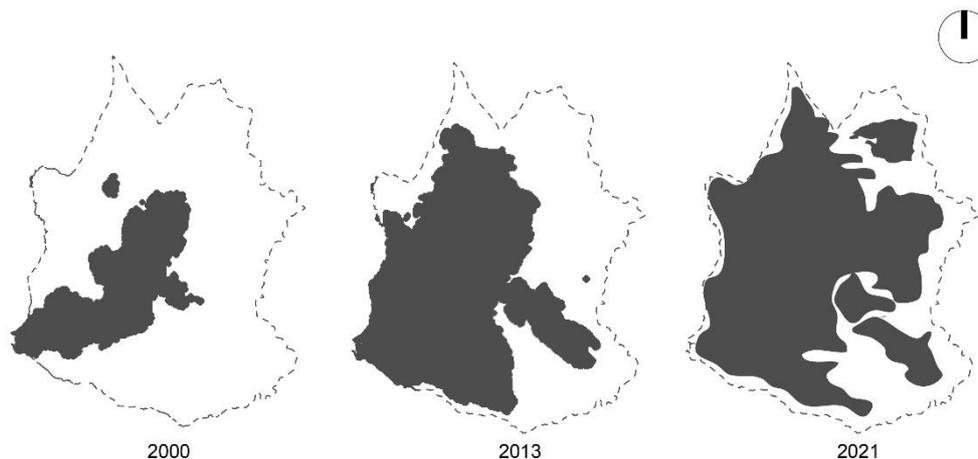


Figura 2. Variación de la mancha urbana en la parroquia Calderón (2000-2021). Fuente: Elaboración propia a partir de archivos GIS(2016) de ONU Hábitat, NYU y Lincoln Institute of Land Policy (2016).

extensión para la construcción de conjuntos habitacionales cerrados o para uso industrial.

Los procesos de periurbanización como producto del crecimiento poblacional han configurado espacialmente a Calderón con mayor énfasis luego de la década de 1990 (Álvarez, 2021; Farinango, 2017). Debido a que “el excesivo aumento de población en un periodo de tiempo muy corto generó un impacto drástico en cómo se aprovechó el espacio” (Álvarez, 2021, p. 105). Si se considera el crecimiento de Calderón en relación con los procesos migratorios e incremento de la actividad comercial por su ubicación espacial (Farinango, 2017), es necesario señalar que el crecimiento poblacional se evidenció a partir del primer censo nacional en el año 1950. El crecimiento hasta el año 1982 fue acorde a los de una parroquia rural, sin embargo, entre 1950 y 1974 se duplica (Farinango, 2017; Ron; 2017) y en el período comprendido entre los años 1974 y 1990 se triplica (Tabla 1). La tasa de crecimiento poblacional del periodo 1982-1990 fue de 7.76%, en el periodo 1990-2001 de 7.72% y en el período de 2001-2010 fue de 6.50% (Loachamín, 2017; GAD Calderón, 2023). Además, Calderón es considerada la parroquia con mayor densidad poblacional, ya que alcanza una densidad de 1.9245 hab/Km², según el censo del 2010, siendo la primera en relación con las otras parroquias rurales del DMQ (GAD Calderón, 2023; Farinango, 2017).

La mancha urbana de la ciudad de Quito se extendió hacia la periferia y una de las zonas más afectadas fue, el nororiente a partir del año 2000 (Figura 2). El suelo consolidado como afirma Farinango (2017) se incrementó, del 3.79% en el año 1996 al 35% en el 2010, denotando que el crecimiento “ha ocupado todos los espacios planos para desarrollarse y ha llegado al punto de ocupar los espacios topográficos irregulares” (p. 22). Por tanto, con el crecimiento urbano y las condiciones ambientales y sociales, el uso del suelo en la parroquia cambió. En el período entre los años 2005-2015, se evidenció la disminución del uso agrícola residencial, protección ecológica, aumentándose en superficie el uso de equipamiento, industrial y residencial (Loachamín, 2017).

Para el análisis de las variables exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación se consideró lo siguiente: Calderón está ubicada en la cuenca del río Esmeraldas y la subcuenca del río Guayllabamba, conformada por seis microcuencas y seis quebradas, siendo la más extensa la quebrada Tumahuco con 24.69 Km² (Mora, 2017; Loachamín, 2017; GAD Calderón, 2023). Se encuentra en la llanura de un valle y presenta pendientes menores a 25% en el área urbana. Por otra parte, donde la pendiente es mayor, se ha destinado para uso agrícola residencial y de protección (Loachamín, 2017). La parroquia Calderón posee un clima cálido mesotérmico seco (Loachamín,

Variable	Indicador	Fuente
Exposición	Riesgo por inundación en hábitat urbano	Geoportal del Municipio del DMQ
	Riesgo por olas de calor en hábitat urbano	
	Riesgo por movimiento de masa en hábitat urbano	
	Peligro a incendios forestales	
Sensibilidad	Densidad poblacional	Geoportal del Instituto Geográfico Militar
	Acceso a servicios básicos	
	Nivel socioeconómico	
	Conflicto por uso de suelo en zona de Expansión	
	Cobertura vegetal	
Capacidad de adaptación	Nivel de instrucción	Geoportal del Instituto Geográfico Militar
	Acceso a seguro social IESS	Censo de Población y Vivienda 2010
	Acciones y proyectos sobre cambio climático	Municipio del DMQ
	Planes locales con relación al cambio climático y la gestión de riesgo de desastres	

Tabla 2. Modelo de análisis de variables. Fuente: Elaboración de los autores.

2017), con un promedio de precipitaciones anuales de 519.0 mm entre febrero y abril con lluvias intensas (Mora, 2017). La temperatura media varía de 14 a 18°C, sin embargo, en el área consolidada predominan temperaturas de 13 a 15°C (GAD Calderón, 2023).

IV. METODOLOGÍA

La siguiente investigación se fundamentó en un estudio con diseño experimental y enfoque mixto (cuantitativo, cualitativo y espacial). Se utilizó un método deductivo para obtener lineamientos y plantear medidas de adaptación. Se efectuó una investigación aplicada y de profundidad exploratoria, ya que, se analizó la relación entre el crecimiento urbano y la vulnerabilidad al cambio climático en la parroquia Calderón mediante dos etapas.

Etapas 1: Relación entre el crecimiento urbano y vulnerabilidad al cambio climático

Se planteó como técnica de investigación la revisión documental de información secundaria sobre cambio climático y vulnerabilidad en estudios previos, planes, informes, entre otros, para lo cual se utilizó una matriz de información. El análisis espacial se realizó con software SIG para la elaboración de mapas temáticos de vulnerabilidad. La operacionalización de este componente fue trabajada mediante un modelo de análisis (Tabla 2) que recogió tres variables y trece indicadores.

Los trece indicadores fueron seleccionados en base a la propuesta de tres investigaciones: *Índice de vulnerabilidad al cambio climático y plan de adaptación para la ciudad de Loja* (FIC y Universidad Técnica Particular de Loja, 2021), *El libro de la vulnerabilidad. Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad* (GIZ, 2017) y *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Guayaquil* (CAF, 2018). Para su análisis, se realizó una matriz comparativa y se representó cada variable, además se consideró la disponibilidad de información respecto a los Geoportales del Municipio del DMQ y del Instituto Geográfico Militar. Cada uno de los indicadores se trabajaron en una escala de 1 a 5, debiendo tres ser modificados para adaptarse a esta escala: el conflicto por uso de suelo en zona de expansión debido a que se clasificaron en uso adecuado, sobre ligero, sobre moderado, sobre severo, subutilizado y no aplica el área de no expansión. El indicador de cobertura vegetal se clasificó en agrícola, agropecuario mixto, antrópico, conservación y producción, conservación y protección, y extracción de recursos naturales no renovables, no aplicable: pecuario, protección o producción y tierras improductivas, estos fueron agrupados para representar la escala, asignando el nivel 5 a la cobertura de conservación. En relación con el indicador de acceso a seguro social IESS, donde se agruparon los datos en cinco niveles según el acceso. Para el resultado de la escala de vulnerabilidad, se consideró la relación del total de hectáreas y las hectáreas que presentan el nivel alto o bajo dependiendo del indicador. Finalmente, para el indicador de acciones y proyectos sobre cambio climático y planes locales, se realizó la búsqueda de acciones y proyectos implementados por el municipio y la

Indicador	Total Hab.	Valor alto/bajo	Escala
Exposición			
Riesgo por inundación en hábitat urbano	3136.53	11.12	0.35
Riesgo por olas de calor en hábitat urbano	3132.91	111.74	3.57
Riesgo por movimiento de masa en hábitat urbano	3127.71	782.98	25.03
Peligro a incendios forestales	7919.63	1453.79	18.36
Sensibilidad			
Densidad poblacional	6225.33	52.95	0.85
Acceso a servicios	6225.33	177.88	2.86
Nivel socioeconómico	6225.33	1749.09	28.05
Conflicto por uso de suelo en zonas de expansión	6241.02	275.24	4.41
Cobertura vegetal de conservación y protección	6241.02	1137.69	18.23
Capacidad de adaptación			
Nivel de instrucción	6225.39	5285.33	84.90
Población afiliada al seguro social	7919.69	4693.16	59.26
Departamentos/jefaturas que incluyen el cambio climático (municipio)			75.00
Acciones / proyectos sobre cambio climático			80.00

Tabla 3. Resultados de vulnerabilidad, escala de 0 a 100%. Fuente: Elaboración de los Autores.

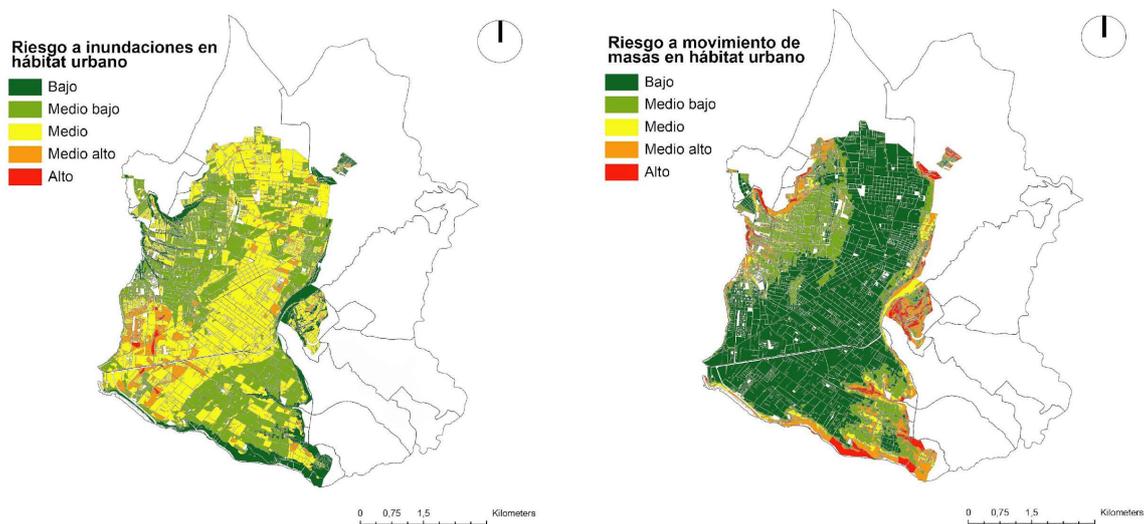


Figura 3. a) Riesgo a inundación. b) movimientos de masa en hábitat urbano. Fuente: Elaboración de los autores a partir de datos en formato shape del año 2020 del Geoportal del Municipio del DMQ (2023).

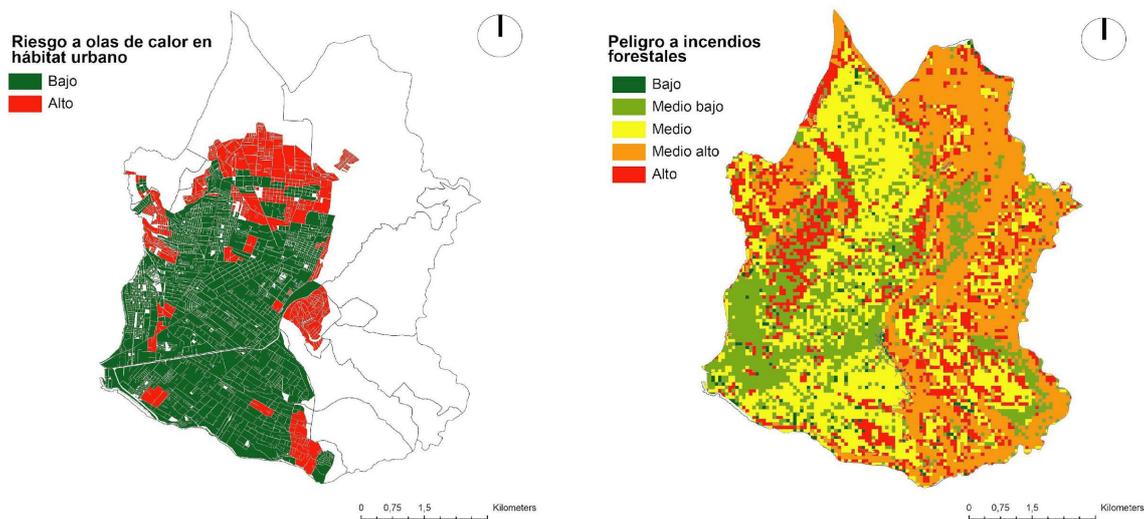


Figura 4. a) Riesgo a olas de calor en hábitat urbano. b) Incendios forestales. Fuente: Elaboración propia a partir de datos en formato shape del año 2020 del Geoportal del Municipio del DMQ (2023).

Administración Zonal Calderón y la disponibilidad de planes locales en relación con el cambio climático y la gestión de riesgo de desastres. Por tanto, se analizaron instrumentos como la rendición de cuentas del año 2022 y el Plan Operativo Anual 2022. Se determinaron así, 25 departamentos/jefaturas a nivel municipal, que trabajan el cambio climático y 20 acciones desarrolladas en esta temática, se hizo una relación de diferencia con el 100% para el manejo de la escala de vulnerabilidad en estos dos indicadores.

Etapas 2: Medidas de adaptación al cambio climático en la parroquia Calderón

En la segunda etapa de la investigación se utilizó la técnica de revisión bibliográfica de documentos normativos vigentes en el país y en el DMQ, así como parámetros internacionales sobre medidas de adaptación. El municipio cuenta con 25 áreas, que trabajan el tema ambiental e incluyen el cambio climático dentro de los proyectos, además de veinte acciones que incluye el PDOT del DMQ. En este caso, se restó del 100% para determinar la vulnerabilidad respecto a la ausencia.

V. RESULTADOS

Análisis de vulnerabilidad

Según el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Calderón tiene un índice de vulnerabilidad al cambio climático

de 90.48%, valor alto en la escala de medición propuesta (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2023). Según los resultados obtenidos en la investigación, la vulnerabilidad de la parroquia se encuentra en una escala baja a media (0-60%) con respecto a los nueve primeros indicadores (Tabla 3), sin embargo, la capacidad de adaptación de la parroquia presenta niveles altos de vulnerabilidad (60-100%). En este contexto, la implementación de instrumentos de planificación respecto al cambio climático puede mejorar la capacidad de adaptación y poder enfrentar los impactos negativos del mismo.

Exposición

La Figura 3a, permite conocer el riesgo a inundaciones en 5 niveles. Se observa que el Sur occidente presenta un nivel alto de riesgo abarcando un área de 11.12 ha y el nivel medio, por su parte, se evidencia en el Norte y Sur con un área de 1121.81 ha, expuesta a inundaciones que representa el 35.70% de superficie del área urbana. Por otra parte, el área urbana está asentada en un relieve semiplano con pendientes bajas, como se indica en la Figura 3b, donde el riesgo a movimientos de masa es alto (111.75 ha). Sólo en el sector Este de la parroquia el riesgo es medio alto, donde se produce la transición del área natural al urbana y donde las pendientes son mayores a 40% (GAD Calderón, 2023). Se aprecia que el nivel bajo corresponde al 63.27% de la superficie urbana.

En la Figura 4a se observa un nivel alto de riesgo en el sector Norte y Noreste en un área de 782.92 ha cercana a zonas naturales y de protección, que representa el 24.95% de superficie urbana. La presencia de temperaturas muy altas produce sequías, con lo que se aumentan los eventos relacionados a incendios forestales. El sector Norte oriental se encuentra junto a áreas de protección ecológica, es decir, predomina la cobertura de suelo de conservación y protección con áreas de bosque, vegetación arbustiva y herbácea, pastizales y páramo. La Figura 4b indica que el nivel muy alto de peligro a incendios forestales se encuentra de manera dispersa por todo el territorio. El nivel medio equivalente a 2506.3 ha ocupa una gran superficie continua del lado Este.

Sensibilidad

Los sectores de expansión cercanos a las áreas de protección y conservación presentaron densidades bajas, al contrario de los sectores ubicados en el Sur occidente de la parroquia donde se visualiza densidades altas en una superficie de 52.96 ha y medias altas con 56.19 ha, como se evidencia en la Figura 5ª. Por otra parte, la Figura 5b muestra que la parroquia posee un nivel alto de acceso a servicios básicos (agua potable, alcantarillado y recolección de basura), es decir, 2882.80 ha que representan el 46.31% de superficie, al contrario de 177.88 ha que tienen nivel bajo en el sector Norte.

El indicador de nivel socioeconómico (Figura 5c) considerado valores en la escala de alto a bajo nivel socioeconómico, obteniendo que, el nivel socioeconómico alto abarca únicamente 58.83 ha, predominando los niveles bajo y medio bajo con 1746.09 ha y 2580.21 ha respectivamente.

En relación al indicador de conflicto de uso de suelo en zona de expansión (Figura 6a), 275.24 ha pertenecen al nivel más alto, existe un conflicto en relación con la subutilización “donde la demanda o requerimiento de la actividad superó la oferta proporcionada por el suelo” (CIIFEN, 2012, p. 22). Además, se analizó la cobertura de suelo (Figura 6b) donde destacó la presencia de suelo de conservación y protección en la parroquia. Por lo tanto, 1137.69 ha corresponden al uso de conservación y protección. Se debe considerar que este uso es importante porque las actividades antrópicas disminuyen la sensibilidad de estas zonas y de la población (CAF Banco de Desarrollo de América Latina, 2018).

Capacidad de adaptación

Calderón revela un nivel medio bajo de instrucción (Figura 7a), con una superficie de 5285.33 ha. En el indicador de acceso a seguro social se utilizó la información del Censo de Población y Vivienda 2010 (INEC, 2010), obteniéndose cinco rangos de población del acceso a seguro social del

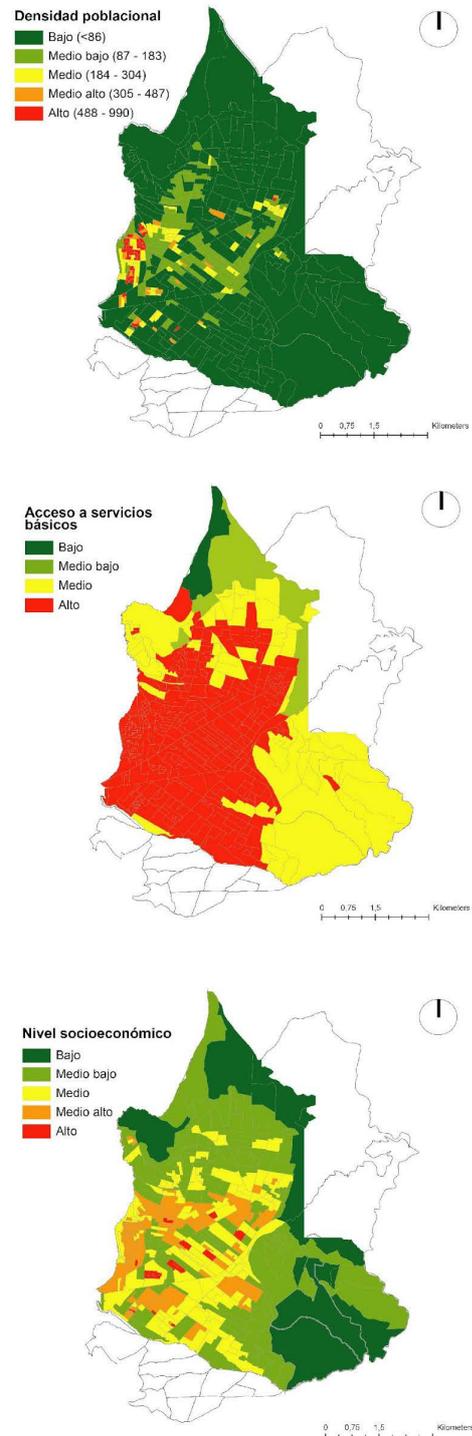


Figura 5. a) Muestra la densidad poblacional (hab/ha). b) Acceso a servicios básicos. c) Nivel socioeconómico. Fuente: Elaboración propia a partir de datos en formato shape del año 2019 del Geoportail del Instituto Geográfico Militar (2019).

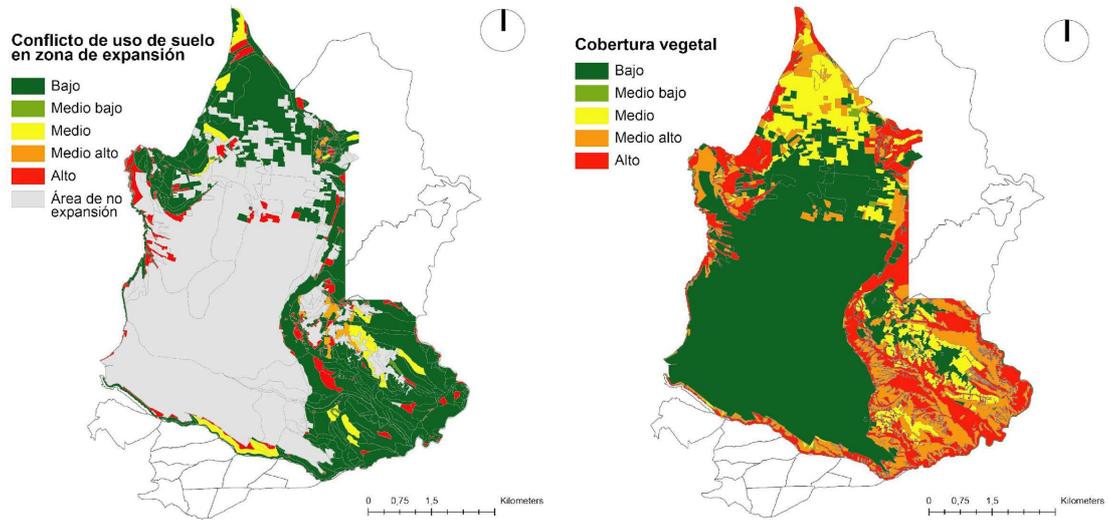


Figura 6. a) Conflicto por uso de suelo en zonas de expansión. b) Cobertura vegetal. Fuente: Elaboración propia a partir de datos en formato shape del año 2019 del Geoportel del Instituto Geográfico Militar (2019).

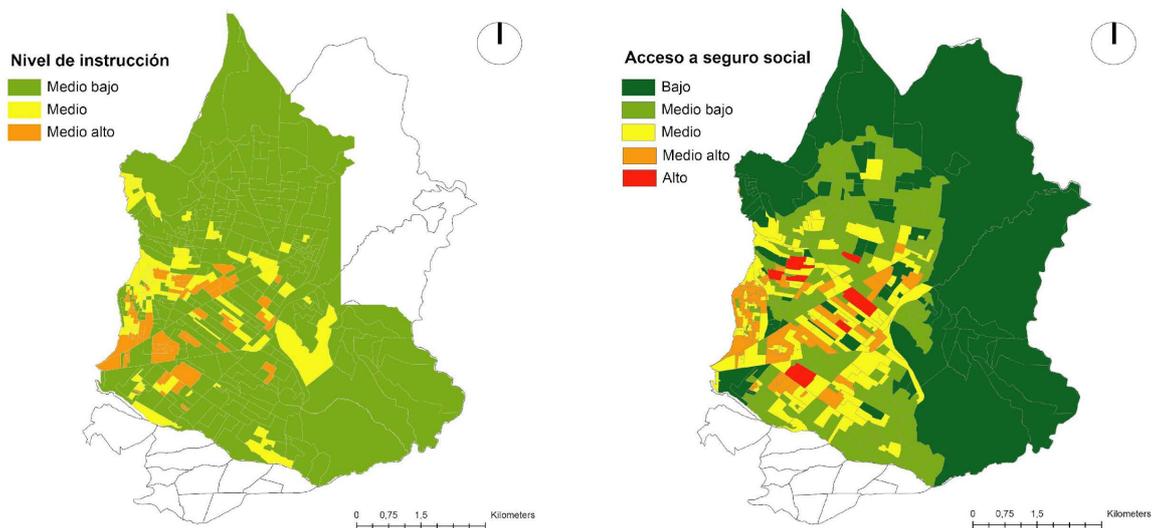


Figura 7. a) Nivel de instrucción. b) Acceso al seguro social IESS. Fuente: Elaboración propia a partir de datos en formato shape del año 2019 del Geoportel del Instituto Geográfico Militar (2019) y Censo de Población y Vivienda (INEC 2010).

Acciones y proyectos		Planes
Recuperación de hectáreas de cobertura vegetal	5 ha de cobertura vegetal con mingas de reforestación en zonas de protección ecológica y quebradas	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Calderón 2021 (actualización 2023)
Levantamiento del 100% de los reportes de análisis de riesgos	22 informes para localizar actividades antrópicas que originan riesgo	Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2021-2033
Ejecución de 22 acciones para mitigación de riesgos menores	15 mingas para mitigación de riesgos de desastre 6 capacitaciones en temas de riesgos en barrios	Plan de Acción de Cambio Climático de Quito PACQ 2020

Tabla 4. Acciones y proyectos implementados y planes con relación al cambio climático y gestión de riesgos. Fuente: Elaboración propia a partir de matrices de información secundaria y Municipio de Quito (2022).

IESS, que en este caso representa a 473.086 habitantes. El nivel bajo corresponde a 4693.16 ha, (Figura 7b) esta zona corresponde a áreas de expansión, uso de protección ecológica, así como también dispersos en el área consolidada. El nivel alto representa solamente 115.38 ha de todo el territorio.

También en este componente se valoró la capacidad adaptativa mediante dos factores (Tabla 4): acciones y proyectos implementados por el municipio y la Administración Zonal Calderón y la disponibilidad de planes locales en relación con el cambio climático y la gestión de riesgo de desastres.

Medidas de adaptación al cambio climático

Para las amenazas climáticas se consideraron factores como la vulnerabilidad y la exposición. En este sentido, resulta importante que en el modelo de gestión de los PDOT se establezcan mecanismos para implementar las medidas climáticas de adaptación. Esto teniendo en cuenta los actores clave, mecanismos vigentes, tiempos de vinculación y si existe una unidad dentro de cada GADM, que se encargue del seguimiento y ejecución. En este contexto, la implementación de instrumentos de planificación respecto al cambio climático puede mejorar la capacidad de adaptación y poder enfrentar los impactos negativos que desembocan en el cambio climático.

Por su parte, el Plan de Acción Climático Quito PACQ 2020 (Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito y C40, 2020), en su componente de adaptación, priorizó algunas dimensiones que facilitaron el diseño de las acciones con la identificación de mayor impacto y beneficios territoriales. De este PACQ, se destacan algunas acciones: (1) la propuesta de estándares urbanísticos compatibles con el clima mediante lineamientos para la adaptación al cambio climático en áreas de expansión

urbana y agrícola, que comprende la zonificación y normas para áreas cercanas a suelos de conservación; (2) las condiciones de ocupación del suelo a la neutralidad climática, que implicó áreas que aporten al banco de suelo para reducir riesgos, siempre que exista la disponibilidad de suelo para cubrir la falta de áreas verdes, espacio público y vivienda; (3) el manejo adaptativo del agua mediante alerta temprana para disminuir riesgo por inundaciones, es decir, la implementación de notificaciones de eventos de precipitación extrema; (4) la propuesta de una infraestructura de drenajes urbanos sostenibles que controlen el escurrimiento superficial en zonas urbanas, para aumentar la resiliencia al cambio climático; (5) la capacitación y fortalecimiento de capacidades frente a incendios forestales que permitan reducir la incidencia de incendios por causas antrópicas; y finalmente, (6) involucrar la agricultura sostenible y compatible con el clima, a través de la gestión del uso del suelo para la agricultura sostenible, lo que contribuye a la seguridad y soberanía alimentaria (Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito y C40, 2020).

VI. DISCUSIONES

ONU (2011) acota que la combustión de elementos inflamables fósiles, la contaminación industrial extensa, la destrucción de bosques y los cambios en la utilización del suelo han resultado en una acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, disminuyendo la capacidad de los océanos y la vegetación para absorber estos gases, lo que ha provocado en las ciudades cambios en las temperaturas. Entender el crecimiento urbano se vuelve crucial para mitigar el cambio climático, especialmente en América Latina y el Caribe donde la mayoría de la población reside en áreas urbanas y las actividades económicas se concentran en las ciudades.

Esta concentración genera una alta demanda de recursos y servicios, contribuyendo a la contaminación ambiental. Además, la transformación del paisaje urbano, con la sustitución de áreas naturales por infraestructuras, altera los patrones climáticos locales exacerbando los niveles de contaminación en las ciudades (Duque y Montoya, 2021).

De esta manera, los hallazgos de la investigación sobre la parroquia Calderón resaltan la interconexión entre el crecimiento urbano, el cambio climático y la vulnerabilidad. Históricamente, el crecimiento poblacional, impulsó la expansión urbana, especialmente hacia las áreas periféricas, generándose un aumento significativo en la densidad habitacional. Este crecimiento descontrolado exacerbó los riesgos climáticos como movimientos de masa, inundaciones y olas de calor, afectando el territorio y a la población de manera desigual, además de crear conflictos ambientales y sociales. Esta relación se alinea con el marco teórico presentado, en que se describe cómo la expansión urbana altera el clima local y regional, contribuyendo a un entorno más caluroso y menos ventilado debido a la retención de calor en las superficies urbanas. La vulnerabilidad definida como la predisposición a ser afectado negativamente por el cambio climático, se manifiesta en las áreas urbanas periféricas donde la exposición a riesgos climáticos se combina con una sensibilidad creciente y una capacidad adaptativa limitada. En conjunto, estos hallazgos subrayan la importancia de abordar el crecimiento urbano de manera sostenible y de implementar medidas de adaptación al cambio climático, para reducir la vulnerabilidad de las comunidades urbanas frente a los desafíos ambientales emergentes.

En consecuencia, "el modelo de crecimiento urbano efectivamente representa un factor de vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático" (Cerde, 2020, p. 48). Factores climáticos, sociales y ambientales se han convertido en foco fundamental para la vulnerabilidad de la población, es decir, un modelo de crecimiento urbano puede reducir los recursos ecosistémicos, elevándose la vulnerabilidad (Cerde, 2020). Así, "el proceso de urbanización, entendido como concentración de habitantes, expansión de los límites urbanos o creación de nuevas urbes supone un alto impacto sobre el medio ambiente y sobre las dinámicas sociales" (Rosales, 2013, p. 1).

VII. CONCLUSIONES

La presente investigación propuso identificar la vulnerabilidad al cambio climático mediante el análisis del crecimiento urbano de la parroquia Calderón para la

definición de medidas de adaptación al cambio climático. Para ello, se desarrollaron las variables de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación presentes en el territorio mediante trece indicadores que permitieron determinar las condiciones de vulnerabilidad en la parroquia.

El crecimiento poblacional de la parroquia Calderón ha sido uno de los factores principales en el proceso de expansión, lo que ha propiciado la implantación de nuevas áreas residenciales, industriales y comerciales. Sin embargo, esta zona presenta condiciones geomorfológicas y geológicas desfavorables y propensas a que se produzcan amenazas naturales como inundaciones, movimientos de masa, caída de ceniza con riesgo alto en el Este de la parroquia. En la variable de capacidad adaptativa se observa una alta vulnerabilidad, debido a las escasas acciones y proyectos destinados directamente a la adaptación al cambio climático, por parte del Municipio del DMQ como del GAD Parroquial de Calderón. La falta de instrumentos legales impide que se coordinen acciones de carácter climático, así como la falta de iniciativas para vincularse con el sector privado y desarrollar acciones que partan desde la investigación e innovación hacia el avance de mecanismos que aseguren medidas eficientes ante la vulnerabilidad del cambio climático.

En conclusión, la investigación revela la relación íntima entre el crecimiento descontrolado y su vulnerabilidad al cambio climático. El aumento de la población ha impulsado la expansión de áreas residenciales, industriales y comerciales, lo que ha expuesto a la parroquia a riesgos naturales como inundaciones y deslizamientos de tierra, especialmente en la zona Oriente. La falta de acciones y proyectos específicos de adaptación al cambio climático, por parte de las autoridades municipales y parroquiales, ha dejado a la comunidad en una situación de alta vulnerabilidad. La investigación destaca la urgencia de integrar medidas de adaptación en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) con la participación de actores clave y la necesidad de contar con unidades de gestión de riesgos en cada municipio. Las propuestas de acción presentadas se basan en instrumentos existentes como el Plan de Acción Climática de Quito 2020, que ofrece un marco para abordar de manera efectiva la vulnerabilidad climática en la parroquia Calderón.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, J. (2021). Barreras invisibles del territorio: segregación residencial socioespacial multitemporal de la parroquia Calderón. *El DOS*, 97-107. <https://revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos/article/view/992>

- Altamirano, E. (2016). *Expansión urbana y justicia ambiental: el caso de la Parroquia Calderón – DMQ*. [Tesis pregrado Ingeniero Geógrafo en Planificación Territorial. Pontificia Universidad Católica del Ecuador] <https://repositoriolatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2967186>
- Bazant, J. (2008). Procesos de expansión y consolidación urbana de bajos ingresos en las periferias. *Bitácora* 13(2), 117-132. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/bitacora/article/view/18527>
- CAF (Banco De Desarrollo De América Latina). (2018). *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Guayaquil*. [Archivo PDF] <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1276>
- Cerda, S. (2020). *Aproximación a la relación entre la vulnerabilidad a los efectos del Cambio Climático y el modelo del crecimiento urbano en la Parroquia Limoncocha del Cantón Shushufindi*. [Tesis Flacso, Ecuador] <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/xmlui/handle/10469/17280>
- Centro Internacional para la Investigación del fenómeno de El Niño, CLIFEN. (2012). *Estrategia provincial de cambio climático. Fase I: Diagnóstico Vulnerabilidad sectorial de la provincia del GUAYAS frente al cambio climático y la variabilidad climática*. [Archivo PDF] https://www.researchgate.net/publication/306107811_Estrategia_Provincial_de_Cambio_Climatico_del_Guayas
- Duque, I. y Montoya, J. (2021). Cambio climático y urbanización. *Revista Cuadernos de Geografía*. 30(2), 274-279. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X2021000200274
- Farinango, F. (2017). Segregación e informalidad de los espacios periurbanos de Calderón. El rol de las políticas públicas de planificación. <https://repositorio.puce.edu.ec/items/9b01cc38-268d-4ea9-8612-7bbad7f61b2>
- Ferrelli, F., Luján, M. y Piccolo, M. (2016). La expansión urbana y sus impactos sobre el clima y la sociedad de la ciudad de Bahía Blanca. *Revista Estudios Geográficos*, 77(281), 469-489. https://www.researchgate.net/publication/312356005_La_expansion_urbana_y_sus_impactos_sobre_el_clima_y_la_sociedad_de_la_ciudad_de_Bahia_Blanca_Argentina/fulltext/587dee0908aed3826af3c03a/La-expansion-urbana-y-sus-impactos-sobre-el-clima-y-la-sociedad-de-la-ciudad-de-Bahia-Blanca-Argentina.pdf
- FIC (Fundación para la Investigación del Clima) y Universidad Técnica Particular de Loja. (2021). Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático y Plan de Adaptación para la ciudad de Loja, Ecuador. Resumen ejecutivo. Caracas: CAF [Archivo PDF] <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1812>
- GAD Calderón. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial* [Archivo PDF] <https://gobierno.gadcalderon.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/PDOT-FINAL-PROPUESTA-2021.pdf>
- GIS Atlas of Urban Expansion (2016). *Volume I: Areas and Densities* [Archivo PDF] <https://www.lincolinst.edu/es/publications/other/atlas-urban-expansion-2016-edition>
- GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). (2017). *El libro de la vulnerabilidad. Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad*. Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo.
- Herrera, L., y Pecht, W. (1976). *Crecimiento urbano de América Latina*. Banco Interamericano de Desarrollo. [Archivo PDF] https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_es.pdf
- Instituto Geográfico Militar. (2019). *Catálogo de Datos Geográficos*. <https://www.geoportaligm.gob.ec/geonetwerk/srv/spa/catalog.search#/home>
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2010). Censo Nacional de Población y Vivienda 2010. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático) (2007). Cambio Climático 2007. Impacto, adaptación y vulnerabilidad. [Archivo PDF]. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/02/ar4-wg2-sum-vol-sp.pdf>
- IPCC Grupo Intergubernamental De Expertos Sobre El Cambio Climático, (2019). Calentamiento global de 1.5C. [Archivo PDF]. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático) (2020). El cambio climático y la tierra. [Archivo PDF]. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf
- Loachamín, A. (2017). Análisis del cambio de uso de suelo de la parroquia rural Calderón del Distrito Metropolitano de Quito entre los años 2005 y 2015 como aporte a la actualización del PDOT de Calderón [Tesis para la obtención del Título de Ingeniería en Ciencias Geográficas y Planificación Territorial. Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13262>
- Mendes, F., Romero, H., y Ferreira da Silva, D. (2020). Cambio Climático adverso provocado por la urbanización sin planificación ni evaluación ambiental en Santiago de Chile. *Revista Geografía Norte Grande*, 77, 191-210. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022020000300191
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2023). *Sistema de información de Proyecciones y Riesgo Climático, Medidas de Adaptación al Cambio Climático e Indicador de Vulnerabilidad del Ecuador (SPRACC)*. <http://spracc.ambiente.gob.ec/geovisor-web-s-pracc/frontend/>
- Mora, T. (2017). Vulnerabilidad social frente amenazas sísmicas en la Parroquia Calderón. [Tesis de pregrado Ingeniería en Ciencias Geográficas y Planificación Territorial. Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13235>
- Municipio de Quito. (2022). *Informe de rendición de cuentas*. Administración Zonal Calderón. <https://www.quito.gob.ec/index.php/rendicion-de-cuentas/2022>
- Municipio del Dmq. (2023). *Geoportal Quito*. Secretaría General de Planificación. <https://geoportal.quito.gob.ec/visor/>
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). (2011). *Informe Mundial sobre Asentamientos Humanos 2011. Las ciudades y el cambio climático: Orientaciones para políticas* [Archivo PDF] <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Las%20Ciudades%20Y%20El%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20Orientaciones%20Para%20Pol%C3%ADticas.pdf>
- Ramírez, L., y Pértile, V. (2013). Cambio de uso de suelo y tendencias de la expansión urbana entre 1990 y 2030 en Juan José Castelli y Villa Ángela, Chaco, Argentina, Universidad de Luján. Extraído el 25/06/2023 de *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 5(12), 194-216. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/8572>
- Ron, K. (2017). *La producción social del espacio en el periurbano del Distrito Metropolitano de Quito: Calderón de los rural a lo urbano* [Tesis maestría en Estudios Urbanos. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Flacso Ecuador] <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/11882>
- Rosales, E. (2013). *Estudio prospectivo de la expansión del límite urbano del Distrito Metropolitano de Quito para las Parroquias Orientales de Calderón, Puenbo y Tababela y su interrelación con la dinámica urbana de centralidades* [Tesis pregrado Ingeniero Geógrafo en Planificación Territorial. Pontificia Universidad Católica del Ecuador] <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11043>
- Secretaría De Ambiente Del Distrito Metropolitano De Quito Y C40. (2020). Plan de Acción de Cambio Climático de Quito, PACQ, [Archivo PDF]. https://www.fondoambientalquito.gob.ec/wp-content/uploads/2022/10/Quito_CAP_2020.pdf

ONU Habitat, NYU, Lincoln Institute of Land Policy. (2016). Atlas of Urban Expansion. Recuperado el 04/04/2023, de The 2016 Edition. Volume 1: Areas and Densities. <http://www.atlasofurbanexpansion.org/data>

Vásquez, J. (2007). Afectación socio-ambiental por procesos de urbanización en la parroquia de Calderón [Tesis pregrado Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente. Universidad de las Fuerzas Armadas]. <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/2339?locale-attribute=en>

Vilela, M., y Moschella, P. (2017). Paisaje y expansión urbana sobre espacios naturales en ciudades intermedias. El caso de Purumpampa en Huamachuco La Libertad, Perú. *Bulletin de Institut francais d'études andines* 46(3), 1- 146. <https://doi.org/10.4000/bifea.8515>