

La continuidad y fragmentación de los espacios verdes en el Distrito Metropolitano de Quito

Recepción / *Received*: 18, 03, 2019

Aceptación / *Accepted*: 27, 05, 2019

Publicado / *Published*: 30, 06, 2019

¹Andrés Santiago Bustamante Campoverde,

¹Universidad de Cuenca, Cuenca - Ecuador, andres.bustamantec@ucuenca.edu.ec

Resumen:

Las áreas verdes son elementos fundamentales para el espacio urbano. La modificación de la cobertura vegetal constituye un análisis que permite evaluar su desarrollo en relación con la expansión urbana a través de los años. La presente investigación aborda el análisis del desarrollo y diferencia de la cobertura vegetal en las parroquias urbanas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) para los años de 1991 y 2018. Mediante el uso de imágenes satelitales Landsat y el índice de diferencia normalizada de vegetación (NDVI) se clasifica la cobertura vegetal por valores y porcentaje de ocupación. Finalmente, se muestra una fragmentación y discontinuidad del espacio a escala parroquial por la transformación de las áreas verdes en el DMQ.

Palabras clave: áreas verdes, expansión urbana, Landsat, NDVI, Quito.

Abstract:

The green areas are fundamental elements in the urban space. The modification of plant cover is an analysis that enables to assess their development in relation to urban sprawl over the years. This paper deals with the analysis of the development and differentiation of the vegetation in the urban parishes of the Quito Metropolitan District (DMQ) in the years 1991 and 2018. By using Landsat satellite images and the index of the normalized difference vegetation index (NDVI) classifies the plant cover by values and percentage of occupation. Finally, due to the transformation of the green areas there are a fragmentation and discontinuity on the parish scale space of the DMQ

Keywords: green areas, urban sprawl, Landsat, NDVI, Quito

I. INTRODUCCIÓN

Entre los principales objetivos del desarrollo futuro, figura el “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” (UNICEF, 2017, p. 41). Sin embargo, los cambios del mundo han supuesto importantes transformaciones en la agenda del desarrollo que, por primera vez, aborda problemas ambientales (Sanahuja, 2015); entre estos destaca la disminución de la cobertura vegetal, los cambios de la superficie natural por construcciones (Ferrelli, Bustos, Huamantico-Cisneros y Piccolo, 2015) y la deforestación (Farfán Gutiérrez, Rodríguez-Tapia y Mas, 2016).

La tendencia anterior sugiere reflexión debido a los beneficios que ofrece la vegetación desde el punto de vista ambiental, como la mejora del confort térmico que contribuye a la salud humana (Guillén-Mena y Orellana, 2016). Por otra parte, la presencia de infraestructura verde está ligada a la mitigación de impactos en la urbanización, como la reducción contaminante y sonora (Redondo, 2014). Adicionalmente, según Del Caz Enjuto: “En un contexto global, la vegetación se comporta como un importante sumidero de carbono y como un elemento para incrementar la biodiversidad urbana que necesita una estrategia holística de planificación” (Del Caz Enjuto, 2017, p.111). En otras palabras, la vegetación constituye un aspecto fundamental del desarrollo territorial que no siempre revela una acertada planificación.

Tal comportamiento puede reflejarse en la fragmentación de la forma urbana que genera fraccionamientos ocasionando discontinuidad en un mismo territorio (Camacho, 2017) y refleja problemas del entorno urbano y rural que enfrenta retos y presiones del desarrollo industrial y para la mejora de calidad de urbanización (Wei y Zhang, 2012). Además, contribuye a la reproducción de los procesos de marginalidad y exclusión que impiden revertir procesos de pobreza estructural (Barreto, Benítez, Abildgaard, Cazorla y Puntel, 2015).

En efecto, el análisis de la fragmentación provee información relevante del

planteamiento de usos de suelo y de mejoras en el entorno (Wei y Zhang, 2012).

En Latinoamérica, las periferias metropolitanas se han caracterizado por contar con desarrollos aislados, tanto residenciales como comerciales, abarcando conjuntos de interés social y privado, con razones sociales diferentes, que genera segregación y fragmentación (Capron y Esquivel Hernández, 2016).

Para aquello, el análisis de la fragmentación urbana puede valerse del estudio de la cobertura vegetal en el territorio. Este último ha seguido, en parte, una metodología enfocada al análisis temporal por series de años y mediante el uso de imágenes satelitales (Bhat, Shafiq, Mir y Ahmed, 2017; Magidi y Ahmed, 2018; Mosammam, Nia y Khani, 2017). Las imágenes satelitales sirven para calcular varios índices de vegetación, no obstante, sobresale el índice normalizado de diferencia de vegetación (NDVI) ya que muestra un comportamiento más uniforme respecto a otros índices de vegetación que emplean las mismas bandas espectrales para su cálculo (Carvacho-Bart y Sánchez-Martínez, 2010). Así, el uso del NDVI es útil para múltiples investigaciones en apoyo de la ecología y planificación (Robinson et al., 2017), ya que permiten definir escalas de vegetación. Además, la fragmentación urbana, desde la vegetación y el uso de teledetección, es útil para cuantificar la evolución de áreas metropolitanas y periurbanas, geográfica social y económica (Sapena y Ruiz, 2015).

En el caso de Ecuador, los modelos de cambio de uso de suelo han sido útiles para conocer la dinámica territorial en relación con la cobertura vegetal (Pinos, 2016). En la ciudad capital Quito, el crecimiento urbano, asociado a los procesos de gentrificación, ha coadyuvado a la preferencia por ocupar las zonas suburbanas (Martí-Costa, Durán y Muralanda, 2016). Esto ha promovido la ocupación de suelo vacante que en un inicio pudo estar caracterizado por áreas verdes, aunque no todo muestra un panorama negativo. Así, Cuví afirma que “si bien la riqueza y abundancia de aves y plantas ha disminuido como consecuencia de la deforestación y contaminación, también han existido predisposiciones

positivas para conservarla o restaurarla” (2017, p. 22).

De esta forma, la evaluación de la cobertura vegetal en parroquias urbanas no tiene la importancia suficiente. En este contexto, el presente estudio tiene por objetivo evaluar la modificación de la cobertura vegetal en las parroquias urbanas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) mediante el uso de imágenes satelitales Landsat, que, a través de escalas de vegetación y porcentaje de área ocupada, permitan describir la fragmentación y discontinuidad como una lectura de la expansión urbana (crecimiento hacia las periferias). Estos análisis resultan de gran interés para el entendimiento del desarrollo urbano del DMQ.

II. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

Área de estudio. El DMQ se encuentra ubicado en la parte norte de la sierra andina ecuatoriana. Esta localidad es la capital de la República del Ecuador y de la provincia de Pichincha. Por otra parte, el centro urbano del DMQ se ubica en las coordenadas: 0°13'07" al sur y 78°30'35" al oeste (Figura 1).

El DMQ tiene una altitud promedio de 2 850 m s.n.m y cuenta con una población estimada de 2 690 150 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2018) que lo convierte en la urbe más poblada del país. Además, el clima está caracterizado como oceánico Cfb (Kottek, Grieser, Beck, Rudolf, y Rubel, 2006) para una ciudad de latitud media y lluviosa.

En la presente investigación se empleó el área de estudio delimitada en la zona urbana del DMQ (Municipio metropolitano de Quito, 2018) la cual está conformada por 32 parroquias urbanas organizadas en sentido norte a sur, cuya área total suma 193,86 km² (Figura 2).

Por otro lado, se determinó un periodo de análisis temporal que se considera desde la creación del DMQ definida en los primeros años de la década de los 90 hasta la presente fecha (2018). De esta manera, la evolución o transformación de las áreas verdes se caracterizó en un intervalo de los últimos 30 años.

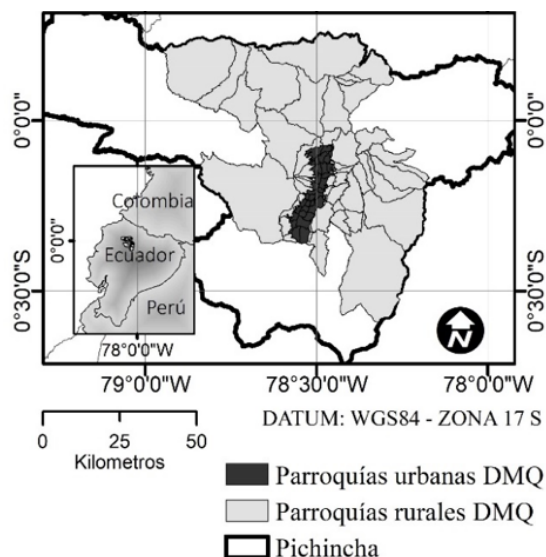
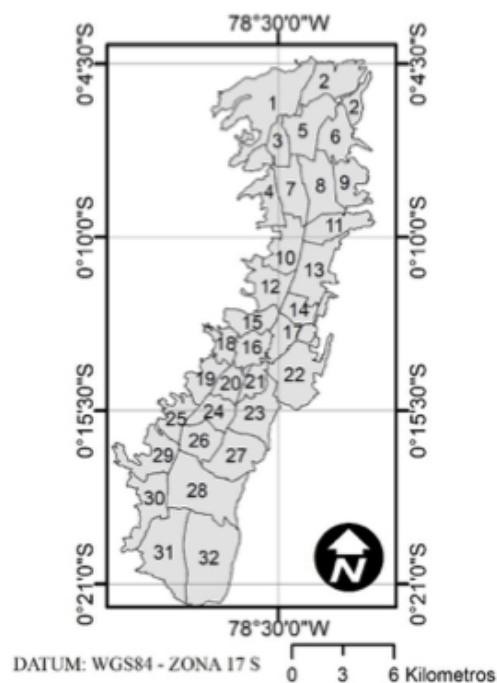


Figura 1. Ubicación del DMQ en Ecuador y Pichincha



Parroquia Urbana	Área (Km ²)	Parroquia Urbana	Área (Km ²)
1. El Condado	15,16	17. Itchimbia	5,06
2. Carcelén	8,47	18. La Libertad	2,65
3. Cotocollao	2,77	19. Chilibulo	3,85
4. Cochapamba	5,85	20. Magdalena	2,93
5. Poncaano	6,65	21. Chimbacalle	2,40
6. Comité del Pueblo	5,10	22. Puengasí	9,17
7. Concepción	5,21	23. La Ferroviaria	6,38
8. Kennedy	6,68	24. San Bartolo	3,93
9. El Inca	4,59	25. La Mena	3,73
10. Rumipamba	5,37	26. Solanda	4,45
11. Jipijapa	4,79	27. La Argelia	6,91
12. Belisario Quevedo	5,51	28. Quitumbe	12,04
13. Iñaquito	7,23	29. Chillogallo	5,82
14. Mariscal Sucre	2,79	30. La Ecuatoriana	6,26
15. San Juan	3,77	31. Guamaní	10,37
16. Centro Histórico	3,73	32. Turuhamba	14,23

Figura 2. Parroquias urbanas y áreas del DMQ

Selección de imágenes satelitales. El estudio utilizó imágenes de los satélites Landsat (U.S. Geological Survey, 2018), y su selección considero dos criterios.

Primero, se tuvo presente la interferencia de obstrucciones atmosféricas como nubes. Las imágenes satelitales pueden ofrecer nubes en mayor o menor medida, sin embargo, en la presente investigación se cuidó este aspecto ya que el área de estudio solo abarcó el 1 % de la imagen total del satélite, lo que conllevó a un análisis de vegetación en área despejada y con suficiente resolución.

Segundo, se escogieron imágenes de una misma temporalidad —época seca— debido a que la vegetación puede ser sensible a modificaciones de sus valores por diferentes estacionalidades.

Características	Landsat 5	Landsat 8
Fecha de imagen	09/13/1991	08/15/2018
Sensor	TM	OLI TIRS
Resolución (m)	30	30
% cobertura nubes	36	69
Área de imagen (km ²)	37.000	37.000
Área estudio (km ²)	193,85	193,85
% nubes área estudio	0	0
Id. Banda: rojo	3	4
Id. Banda: infrarrojo	4	5

Tabla 1: Características de las imágenes satelitales
Fuente: U.S. Geological Survey, 2018

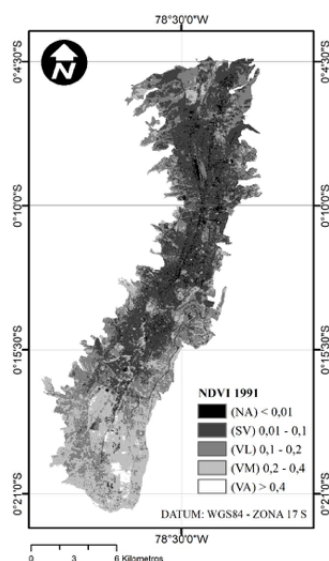


Figura 3. NDVI en parroquias urbanas del DMQ en el año de 1991. Fuente: U.S. Geological Survey, 2018

Finalmente, las características de las imágenes utilizadas se resumen en la Tabla 1.

Cálculo del NDVI. Seleccionadas las imágenes y los años para el estudio, se procesa la información a partir del siguiente índice.

El NDVI se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación. Este índice se calcula mediante la diferencia de la reflectancia de la banda del infrarrojo (IRC) y del rojo (R). En definitiva los rangos de valores del NDVI varía entre 1 y -1 (Merg et al., 2011).

El NDVI se determinó mediante la aplicación del software QGIS 2.4, y el uso de imágenes satelitales mencionadas anteriormente. En seguida, su cálculo empleó la expresión 1 citada en (López-Pérez, Martínez-Menes, y Fernández-Reynoso, 2015; Merg et al., 2011).

$$NDVI = (IRC - R) / (IRC + R) \quad (1)$$

En donde, IRC es la reflectividad en el infrarrojo cercano y R es la reflectividad en el rojo.

Adicionalmente, para la interpretación del NDVI, se usa las siguientes escalas de valor (López-Pérez et al., 2015, p. 125; Merg et al., 2011, p. 5). Un primer rango de valor se considera menor a 0,01 que representa las nubes con valores cercanos a cero, y agua con valores negativos (NA); una segunda categoría con valores entre 0,01 y 0,1 para un suelo sin vegetación (SV); un tercer rango de valores entre 0,1 y 0,2 que corresponde a una vegetación ligera o escasa (VL); una cuarta categoría de valores entre 0,2 y 0,4 como vegetación media (VM) o más vigorosa; y una categoría final de valores superiores a 0,4 para definir la vegetación alta (VA) la cual es densa, húmeda y bien desarrollada.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Gráficas de NDVI. Los resultados de NDVI se muestran en la (Figura 3) y (Figura 4) para los años de 1991 y 2018, respectivamente. Con estas imágenes,

en primera instancia se puede verificar visualmente una modificación, a partir de las distintas categorías de NDVI.

A partir de las imágenes se observa que la categoría NA, tanto en el año de 1991 y 2018 es imperceptible y similar, mientras que el porcentaje SV se incrementa y VL disminuye para el año de 2018. Estas dos últimas categorías, para el año 2018, se extienden de forma dispersa y longitudinal hacia las parroquias del sur, hecho que no presentaba la imagen de 1991.

Por otra parte, el año 2018 mostró una modificación en la distribución de la categoría VM, que se aminora en las parroquias del sur, aunque, la intensidad de esta vegetación se caracteriza en las parroquias a través de extensos fragmentos lineales dispersos desde norte a sur y en sentido horizontal y vertical. Finalmente, la categoría VA muestra incremento y dispersión para el 2018, pero sigue teniendo poca presencia.

NDVI en parroquias urbanas. Los valores promedios de vegetación (Figura 5), sugieren un primer análisis que puede describirse para cada año, y por grupos de parroquias de acuerdo a su NDVI promedio.

El año de 1991 se describe de la siguiente manera (Figura 5). El primer grupo está conformado por 14 parroquias con valores inferiores a 0,1 del NDVI. Estas parroquias son al norte: Cotocollao, Ponceano, Comité del Pueblo, Concepción, Kennedy, Rumipamba y Jipijapa; al centro: Belisario Quevedo, Ñaquito, Mariscal Sucre, San Juan, Centro Histórico, Magdalena y Chimbacalle. Un segundo grupo se encuentra conformado por 14 parroquias cuya vegetación varía entre 0,1 y 0,20 de NDVI. Las parroquias son al norte: El Condado, Carcelén, Cochapamba y El Inca; parroquias del centro: Itchimbia, La Libertad, Chilibulo y Puengasí; parroquias del sur: La Ferroviaria, San Bartolo, La Mena, Solanda, La Argelia y Chillogallo. El tercer grupo —NDVI mayor a 0,2— se conforma por 4 parroquias del sur: Quitumbe, La Ecuatoriana, Guamaní y Turubamba.

De forma análoga se describe el NDVI para 2018 (Figura 5). El primer grupo está

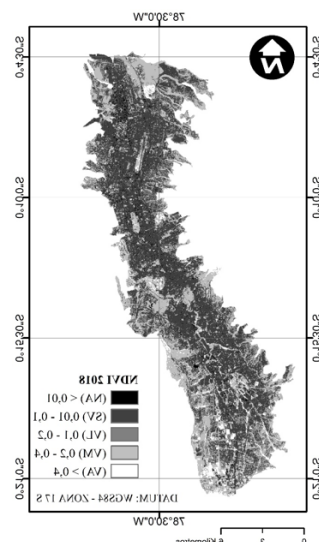


Figura 4. NDVI en parroquias urbanas del DMQ en el año de 2018. Fuente: U.S. Geological Survey, 2018

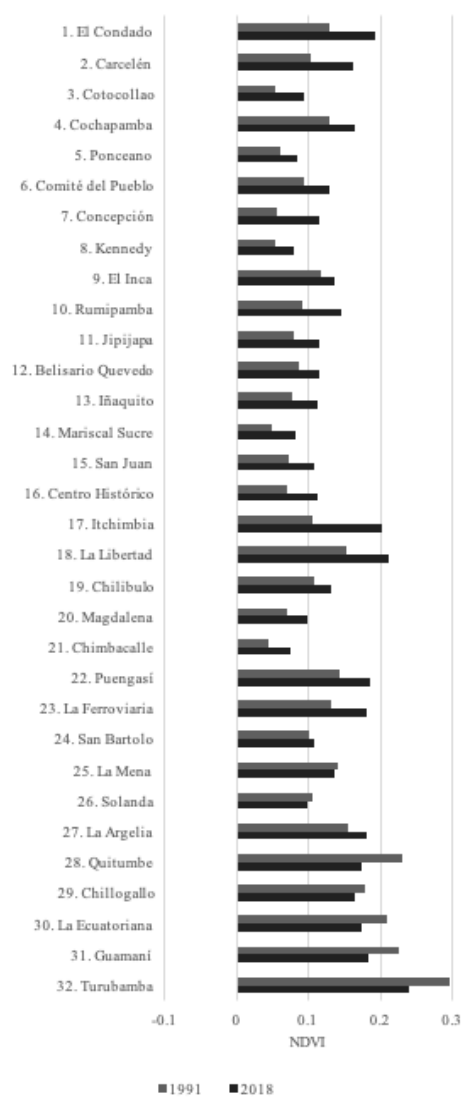


Figura 5. Comparativa de valores promedio de NDVI para las parroquias urbanas en los años 1991 y 2018.

conformado por 7 parroquias con valores inferiores a 0,1 de NDVI. Estas son al norte: Cotocollao, Ponceano y Kennedy; las del centro: Mariscal Sucre, Magdalena y Chimbacalle, y hacia el sur: Solanda. Un segundo grupo conformado por 22 parroquias con valores entre 0,1 a 0,20 de NDVI, y son las siguientes: al norte con El Condado, Carcelén, Cochapamba, Comité del Pueblo, Concepción, El Inca, Rumipamba y Jipijapa; parroquias del centro: Belisario Quevedo, Iñaquito, San Juan, Centro Histórico, Chilibulo y Puengasí; parroquias del sur como La Ferroviaria, San Bartolo, La Mena, La Argelia, Quitumbe, Chillogallo, La Ecuatoriana y Guamaní. El tercer grupo —NDVI mayor a 0,2— conformado por 3 parroquias. Al centro con Itchimbia y La Libertad, y al sur con Turubamba.

De este primer análisis, las parroquias del sur como Chillogallo, La Ecuatoriana, Quitumbe, Guamaní y Turubamba muestran un decremento en el índice de vegetación, mientras que el resto de parroquias del centro —menos extensas— y norte muestran un incremento de NDVI.

Datos estadísticos	NDVI 1991	NDVI 2018
Mínimo	-0,09	-0,16
Máximo	0,55	0,62
Promedio	0,13	0,15
Desviación estándar	0,09	0,11

Tabla 2. Datos estadísticos de NDVI por años
Fuente: Elaboración Propia.

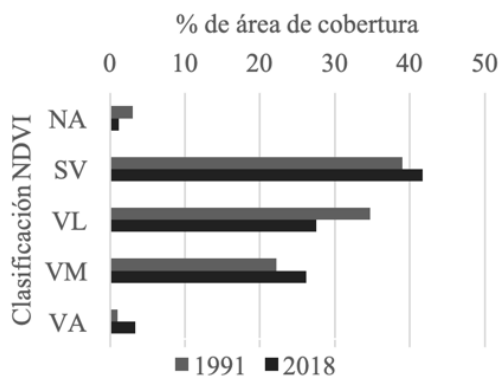


Figura 6. Rangos de NDVI y área de cobertura total por años

A esto se suma que parroquias sin mayor variación de NDVI en ambos años de estudio corresponde a San Bartolo, La Mena y Solanda (Figura 5).

En adición, destaca la parroquia central e interna de Chimbacalle con un valor mínimo de NDVI de 0,04 y 0,07 respectivamente para 1991 y 2018, mientras que la parroquia sur y periférica de Turubamba tiene el valor máximo de NDVI con cifras promedio de 0,23 y 0,29 respectivamente para 1991 y 2018 (Figura 5).

Finalmente, en la Tabla 2, se resumen datos promedios de toda el área de estudio para los dos años analizados. Por un lado el valor mínimo y máximo de NDVI se muestra en el año 2018; mientras que por otro lado, el promedio del NDVI para 1991 y 2018 se caracteriza en una categoría de vegetación ligera (VL) y con un incremento de NDVI en 0,02. Además, un aspecto importante es la desviación estándar que muestra un incremento en la dispersión del índice de vegetación en 0,02 desde el año de 1991 a 2018.

NDVI por área de cobertura. Un segundo análisis se enfoca en los porcentajes de área total ocupada según rangos de NDVI para cada año.

De la Figura 6, se hace la siguiente descripción de cada categoría en relación a los dos años de estudio. La categoría NA, como presencia de agua o nubes, se traduce como ausencia de vegetación, donde para ambos años no superan el 3,03 % de área ocupada. Esta categoría disminuye en un 2 % de área ocupada de 1991 a 2018. A continuación esta la categoría SV, que también significa ausencia de vegetación, en donde los porcentajes de ocupación para ambos años están cerca del 40 %. Esta categoría aumenta en un 2 % en área de ocupación desde 1991 a 2018. La tercera categoría VL para el año 1991 tiene un porcentaje de cobertura superior al 30%, y este último porcentaje merma su área en 7 % para la misma categoría en el 2018. Por su parte, la categoría VM, tanto para 1991 y 2018, supera el 20 % de área ocupada, y muestra un incremento de área en un 4 % desde 1991 a 2018. La última categoría VA presenta el menor porcentaje de las tres últimas categorías de vegetación, ya

que en ninguno de los dos años supera el 4% de área ocupada.

En definitiva, los valores promedios de categorías de cobertura sin vegetación (SV) representa alrededor de un 42 % (81,42 km²) —ausencia de vegetación— del área urbana, mientras que las categorías de VL, VM y VA representan el 56 % (108,56 km²) de cobertura vegetal, que sigue siendo mayor.

Evolución por sectores. En la Figura 7, se refleja la evolución de NDVI por parroquias. Estos cambios se entienden por promedios globales agrupados en el norte, centro y sur. Para el caso norte y centro se observa un cambio de categoría de SV a VL, mientras que en la parte sur se mantiene el promedio de VM. Además, en la tabla 3 se pueden identificar acciones genéricas orientadas hacia el incremento o merma de la vegetación del periodo estudiado. Así se resumen dos tendencias principales: el incremento de vegetación debido a la propuesta de parques o por la reutilización del suelo para áreas verdes (Parque Bicentenario); y la segunda acción que mitiga la vegetación, que parte básicamente de la ampliación vial, desarrollo habitacional y desarrollo de infraestructura hacia el sur.

Fragmentación y discontinuidad. De los análisis realizados de acuerdo a categorías y porcentajes ocupados del NDVI, podemos resumir la modificación de la cobertura vegetal en tres tendencias: continuidad, discontinuidad y fragmentación.

La tendencia de continuidad se entiende como la permanencia de vegetación que, a la vez, puede significar crecimiento o incremento en la ocupación territorial. Este incremento de la vegetación desde 1991 a 2018 se muestra sobre todo en las parroquias consolidadas en la zona urbana —céntricas— debido a las acciones locales emprendidas como reforestación y el incremento de la siembra de árboles.

En el caso de la tendencia de discontinuidad, se refiere a la eliminación de la vegetación o el remplazo de esta en el espacio urbano; esta pérdida en el promedio de vegetación y porcentajes de cobertura de vegetación desde el

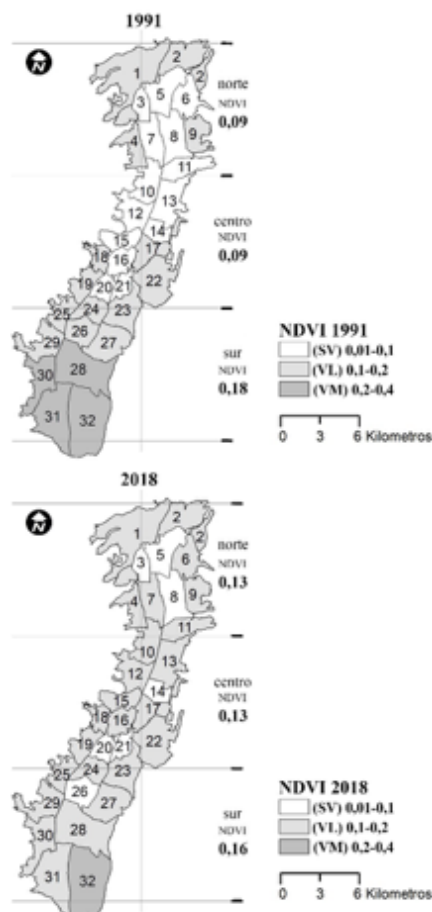


Figura 7. Evolución de valores de NDVI por sectores de 1991 a 2018

Parroquias con incremento de vegetación de 1991 a 2018	
1. El Condado	La vegetación se concentra cerca de Quito, Tennis Golf Club y áreas verdes al este de Parcayacu
6. Comité del Pueblo	Propuesta de áreas verdes
7. Concepción	Propuesta de Parque Bicentenario, 2013
10. Rumipamba	Incremento del Parque Arqueológico de Rumipamba se extiende hacia el sur mediante anexos con los parques de la Mujer, El Niño y la Familia (2011)
11. Jipijapa	Vegetación próxima a Campo Alegre
12. Belisario Quevedo.	Vegetación periférica de Armero y Bosque Miraflores, vegetación próxima a la ciudadela universitaria
13. Iñaquito	En el parque de la Carolina se anexan más espacios verdes como canchas (2005, 2016). Además, se ha incrementado área verdes para el Parque Botánico como Parque Acuático.
15. San Juan	Parque Mirador San Juan y otros parques.
16. Centro Histórico	Mejora en la vegetación en el Bosque del Panecillo y los parques ubicados hacia el sur.
Parroquias con decremento de vegetación de 1991 a 2018	
26. Solanda	En el año 2000 constituye parte de la ampliación para el sistema vial, como ampliación hacia el extremo meridional.
28. Quitumbe	Ampliación vial e infraestructura (inauguración Terminal de Quitumbe 2008).
30. La Ecuatoriana	Ampliación vial e infraestructura, planes habitacionales.
31. Guamaní	Ampliación vial e infraestructura, planes habitacionales.
32. Turubamba	Ampliación vial e infraestructura, planes habitacionales.

Tabla 3. Modificación de vegetación de 1991 a 2018. Fuente: Elaboración Propia.

periodo de 1991 a 2018; se identifica, sobre todo, en parroquias periféricas del sur. Esta segunda manifestación expresa la expansión urbana que se corrobora con un incremento en la población para las fechas evaluadas. Según datos del periodo de 2001 hasta 2010, Quito tiene una tasa de crecimiento poblacional rural máxima, donde la tasa de crecimiento poblacional de áreas suburbanas es de hasta 4 %, frente a un 2 % en la zona urbana (como se cita en Secretaria de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2012, p. 15), lo que se traduce en una expansión hacia las periferias.

Por último, la tendencia de fragmentación se entiende como un resultado de la modificación anterior da paso a la expansión y dispersión del área urbana en remplazo de la cobertura vegetal. Este hecho refleja que en el periodo de 1991 a 2018 se incrementa el porcentaje de ocupación por suelo sin vegetación (SV), es decir este porcentaje ya caracteriza las parroquias de las periferias y sur. Así, el periodo evaluado del presente trabajo coincide con el periodo de análisis que va de finales del siglo pasado hasta los presentes días, en donde “el patrón de la ciudad expansivo y centrifugo, se sustentó en la dispersión de asentamientos populares en la periferia” (Carrión y Erazo Espinosa, 2012, p. 521). Esta última idea se refleja en la Figura 8, a través de la mancha urbana que puede entenderse a través de la selección aislada de la

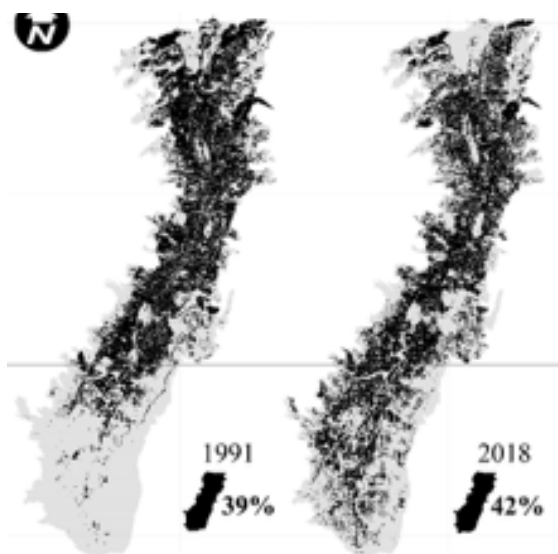


Figura 8. Evolución de la mancha urbana en el DMQ de 1991 a 2018

categoría SV del NDVI —tanto en 1991 como para 2018—, cuya ocupación en el territorio aumenta en un 3 %, pero se dispersa y se extiende hacia el sur para el último año.

Es cierto que la vegetación ha tenido una perspectiva desde la biodiversidad — que puede ser más limitada en la zona urbana— esto no significa que se deba subestimar el cuidado en los impactos del crecimiento poblacional así como cambios del uso de suelo (Williams-Linera, 2015), donde las coberturas verdes tenderán a disminuir incluso en escalas menores (Sánchez Sastre, Marcos-Robles, Herrero Llorente, Navarro Hernández y Carrión Prieto, 2016).

Estas escalas reducidas bien pueden representar el interior de las parroquias, debido a la consolidación urbana y proximidad al centro urbano en el DMQ. Así, el desarrollo de la ciudad refleja su doble rol frente a las áreas verdes que por un lado las menosprecia y que por otro las conserva (Cuvi, 2017).

Por su parte, la metodología abordada permitió apreciar los resultados de forma subjetiva y objetiva. Primero, se puede verificar una modificación visual o cualitativa a partir de las gráficas de NDVI entre 1991 y 2018. Segundo, este modelo también muestra cuantitativamente la dispersión con base en los índices como coeficientes numéricos de desarrollo de vegetación y de los porcentajes reales de cobertura de área vegetal que permitieron su lectura numérica.

Finalmente, si bien el enfoque del estudio analiza la distribución superficial de las áreas verdes en el territorio, esta interpretación debe complementarse con las visiones de los actores del mismo, es decir, las acciones de la Municipalidad, el rol del sector inmobiliario y la visión de la ciudadanía, que en definitiva ofrecen una lectura para la comprensión de la estructura urbana y problemática actual.

IV. CONCLUSIONES

La presente investigación ha permitido demostrar la evolución y modificación de la cobertura vegetal en las parroquias urbanas del DMQ, cuya consolidación del suelo urbano hacia las periferias, ha reemplazado las áreas

verdes, sobre todo en la parte sur del DMQ.

EINDVI, como índice de calidad y desarrollo de vegetación, determina categorías para la clasificación de la misma, en donde el promedio del área total de NDVI no necesariamente refleja la realidad a nivel parroquial, ya que los valores de NDVI o presencia de vegetación varían en distribución, ubicación y concentración.

Apesar de las transformaciones presentadas y de la creciente mancha urbana del DMQ, reflejada en la categoría SV de NDVI, esta localidad sigue conservando y propiciando áreas verdes. Esto se destaca puesto que el desafío de conservación de cobertura vegetal y biodiversidad es aún mayor en las áreas urbanas.

Además, es cierto que la fragmentación es una definición que constituye un análisis desde una categoría más general como el ambiente (Camacho, 2017), pero también permite su análisis enfocado en la vegetación, cuyo desarrollo y modificación altera directamente la lectura de la ciudad en relación a su expansión urbana.

Finalmente, para futuros trabajos, queda pendiente el análisis con mayor detalle de lo que acontece a menor escala, precisando el papel que tiene los distintos captadores de vegetación como parques, recintos verdes, vegetación marginal, zonas boscosas, entre otros., además de incluir otras variables urbanas no abordadas en el estudio; esto con el fin de alcanzar una resiliencia a los efectos ambientales, hecho que no se prioriza totalmente.

V. REFERENCIAS

Barreto, M., Benítez, M., Abildgaard, E., Cazorla, M. y Puntel, M. (2015). Desigualdad y fragmentación durante una década contradictoria. Trayectorias sociales y localizaciones residenciales posneoliberales en una Área Urbana Deficitaria Crítica de Resistencia (Argentina). *Memoria Académica*. Recuperado de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.9359/ev.9359.pdf%0AInformación

Bhat, P., Shafiq, M., Mir, A. y Ahmed, P. (2017). Urban sprawl and its impact on

landuse / land cover dynamics of Dehradun City , India. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6, 513–521. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.10.003>

Camacho, M. (2017). Regeneración de la fragmentación de la forma urbana. *Legado de arquitectura y diseño*, 10 (21), 20–29.

Capron, G. y Esquivel, M. (2016). El enclave urbano, lógica socioespacial de la periferia urbanizada y sus efectos sobre la segregación residencial y la fragmentación urbana. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 25 (2), 125–149. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v25n2.54720>

Carrión, F. y Erazo Espinosa, J. (2012). La forma urbana de Quito : una historia de centros y periferias. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 41 (3), 503–522. <https://doi.org/10.4000/bifea.361>

Carvacho-Bart, L. y Sánchez-Martínez, M. (2010). Comparación de índices de vegetación a partir de imágenes modis en la región del libertador Bernardo O'Higgins, Chile, en el periodo 2001-2005. *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*, 728–737.

Cuvi, N. (2017). Las ciudades como mosaicos bioculturales: el caso del centro histórico de Quito. *Revista Etnobiología*, 15 (1), 5–25.

Del Caz Enjuto, C. (2017). El papel de la vegetación en la mejora del entorno de los edificios en los procesos de regeneración urbana: Estudio de caso. *Urbano*, (35), 102–113. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19851049008%0ACómo>

Farfán, M., Rodríguez-Tapia, G. y Mas, J. (2016). Análisis jerárquico de la intensidad de cambio de cobertura / uso de suelo y deforestación (2000-2008) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán , México. *Investigaciones Geográficas*, (90), 89–104. <https://doi.org/10.14350/rig.48600>

Ferrelli, F., Bustos, M. L., Huamantico-Cisneros, M. y Piccolo, M. (2015). Utilización de imágenes satelitales para

- el estudio de la distribución térmica en distintas coberturas del suelo de la ciudad de Bahía Blanca (Argentina). *Revista de Teledetección*, (44), 31–42. <https://doi.org/10.4995/raet.2015.4018>
- Guillén-Mena, V. y Orellana, D. (2016). La influencia de la vegetación arbórea urbana para disminuir el nivel de polución y alcanzar el confort climático. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, (Ed. especial), 67–75.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2018). Proyecciones Poblacionales. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. y Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- López-Pérez, A., Martínez-Menes, M. y Fernández-Reynoso, D. (2015). Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VI, 121–137. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v6n1/v6n1a7.pdf>
- Magidi, J. y Ahmed, F. (2018). Assessing urban sprawl using remote sensing and landscape metrics : A case study of City of Tshwane , South Africa (1984 – 2015). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.07.003>
- Martí-Costa, M., Durán, G. y Muralanda, A. (2016). Entre la movilidad social y el desplazamiento. Una aproximación cuantitativa a la gentrificación en Quito. *Revista Invi*, 31(88), 131–160.
- Merg, C. et al. (2011). Mapas digitales regionales de lluvias, índice estandarizado de precipitación e índice verde. *Revista Pilquen, Sección Agronomía*, 11(Año XIII), 1–11. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3788351>
- Mosammam, H., Nia, J. y Khani, H. (2017). Monitoring land use change and measuring urban sprawl based on its spatial forms The case of Qom city. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 103–116. <https://doi.org/10.1016/j.ers.2016.08.002>
- Municipio metropolitano de Quito. (2018). Información Geográfica. Recuperado de http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/?page_id=1122
- Pinos, N. (2016). Prospectiva del uso de suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial - Caso cantón Cuenca. *Estoa*, 5, 7–19. <https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.02>
- Redondo, D. (2014). Beneficios socio ambientales de las infraestructuras verdes urbanas y su aplicación en la construcción y planificación urbanística en la ciudad de Bucaramanga. *Puente Revista Científica*, 8 (2), 15–23.
- Robinson, N. et al. (2017). A Dynamic Landsat Derived Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Product for the Conterminous United States. *Remote Sensing*, 9 (863), 1–14. <https://doi.org/10.3390/rs9080863>
- Sanahuja, J. (2015). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible : hacia una ética universalista del desarrollo global. *Razón y Fe*, 272 (1405), 367–384.
- Sánchez, L. et al. (2016). Aplicación de tecnologías de teledetección al estudio de biomasa forestal. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, (19), 61–76. <https://doi.org/10.17013/risti.19.61-76>
- Sapena, M. y Ruiz, L. (2015). Descripción y cálculo de índices de fragmentación urbana: Herramienta IndiFrag. *Revista de Teledetección*, (43), 77–89. <https://doi.org/10.4995/raet.2015.3476>
- Secretaría de Territorio Hábitat y Vivienda. (2012). *Plan metropolitano de ordenamiento territorial*. Recuperado de http://www.quito.gob.ec/documents/rendicion_cuentas/AZC/Articulacion_politicas_publicas/PLAN_ORDENAMIENTO_TERRITORIAL2012.pdf

U.S. Geological Survey. (2018). Earth Explorer. Recuperado de <https://earthexplorer.usgs.gov/>

UNICEF. (2017). Construir el futuro. Los niños y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en los países ricos. Recuperado de www.unicef-irc.org

Wei, Y. y Zhang, Z. (2012). Assessing the fragmentation of construction land in urban areas: An index method and case study in Shunde, China. *Land Use Policy*, 29(2), 417–428. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.08.006>

Williams-Linera, G. (2015). El bosque mesófilo de montaña, veinte años de investigación ecológica ¿que hemos hecho y hacia dónde vamos? *Maderas y Bosques*, 21(especial), 51–61.