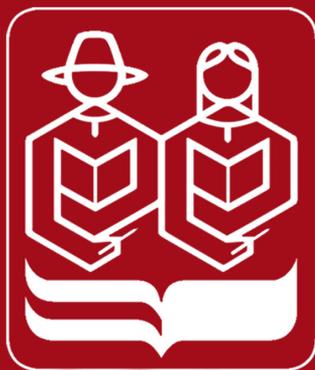


RAÍCES

Revista de Ciencias Sociales y Políticas

Textos *Estudiantiles*



Análisis de las métricas del paisaje
**distrito 1 y 3 del Municipio
de Managua, Nicaragua.**

- María de Jesús Alvarado López
- Celeste Paola Reyes

Año 8 | Edición N°15 2024



Año 8. Enero-Junio 2024

Fecha de recepción: 10/02/2024

Fecha de aceptación: 15/03/2024

DOI: 10.5377/raices.v8i15.18797

Análisis de las métricas del paisaje del Distrito I y III del municipio de Managua, Nicaragua.

Analysis of landscape metrics of district I and III
of the municipality of Managua, Nicaragua.

María de Jesús Alvarado López

maria.alvarado21184305@estu.unan.edu.ni

<https://orcid.org/0000-0002-1904-3989>

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
(UNAN-Managua)

Celeste Paola Reyes Zamora

celeste.reyes21185603@estu.unan.edu.ni

<https://orcid.org/0000-0002-7884-812X>

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
(UNAN-Managua)

Resumen

Análisis de las métricas del paisaje del Distrito I y III del municipio de Managua, Nicaragua, analiza la fragmentación del medio natural o el cambio de la acción humana sobre el medio. El propósito del estudio fue evaluar los cambios en las coberturas de la tierra y las métricas de paisaje entre los años 2015-2023, a través de imágenes satelitales con una resolución espacial de 30 metros tomadas en abril 2015 y mayo 2023. Los cambios de uso de suelo fueron analizados mediante una matriz de tabulación cruzada a diferentes niveles, con el fin de realizar valoraciones de los cambios significativos ocurridos en el territorio. El análisis de fragmentación se realizó con el cálculo de métricas e índices de fragmentación a nivel de clase, todo esto se realizó mediante los sistemas de información geográfica (SIG). Los principales resultados muestran que los cambios de uso de suelo están mayormente determinados por la expansión urbanística. Los cambios de cobertura han significado un paisaje fragmentado, ya que el número de parches en los distritos aumento, siendo la cobertura de área urbana el de mayor impacto.

Palabras Clave: *Métricas del paisaje, fragmentación del medio natural, uso de suelo, acción humana, expansión urbanística.*

Abstract

Analysis of landscape metrics of district one and three of the Municipality of Managua, Nicaragua, analyzes the fragmentation of the natural environment or the change of human action on the environment. The purpose of the study was to evaluate changes in land cover and landscape metrics between the years 2015-2023, through satellite images with a spatial resolution of 30 meters taken in April 2015 and May 2023. Land use changes were analyzed using a cross-tabulation matrix at different levels, in order to make assessments of the significant changes occurred in the territory. The fragmentation analysis was carried out with the calculation of metrics and fragmentation indexes at the class level, all this was done through geographic information systems (GIS). The main results show that land use changes are mostly determined by urban expansion. Changes in coverage have meant a fragmented landscape, as the number of patches in the districts increased, with urban area coverage having the greatest impact.

Keywords: *Landscape metrics, fragmentation of the natural environment, land use, human action, urban expansion.*

Introducción

Los paisajes territoriales han experimentado grandes transformaciones por el cambio en los ecosistemas terrestres debido a la alteración que han sufrido las coberturas del terreno y a la degradación e intensificación del uso del suelo, teniendo como consecuencia un acelerado cambio tanto en ritmo como en intensidad (Makeró & Kashaigili, 2016). Estos cambios son por el efecto del crecimiento demográfico y las actividades antropogénicas que se originan en un determinado territorio como: la intensificación de la producción agrícola y ganadera, la expansión urbana no planificada entre otros, que influyen en el cambio del paisaje debido a la fragmentación y reducción de la biodiversidad de los bosques.

Todas estas dinámicas espaciales en la mayoría de los casos provocan efectos negativos que van en dependencia de la capacidad de carga del territorio, provocando una disminución de las cubiertas vegetales dejando la vegetación original reducida a pequeños fragmentos aislados unos de otros inmersos en una matriz más o menos alterada en un territorio (MarcadorDePosición1).

Por ende, los estudios del cambio en la cobertura de suelo se han ampliado a una ventana temporal de análisis, logrando la reconstitución del paisajes y su conectividad (Salazar, 2017), esto debido a la disponibilidad de imágenes satelitales que permiten realizar la comparación a partir de un análisis espacio temporal que por medio de la metodología de métricas de paisaje se desarrolla un análisis de comportamientos en dinámicas paisajísticas, fragmentaciones de uso de suelo y cambios en la estructura entre estos dos periodos.

Por lo tanto, en esta investigación se presentan análisis de los cambios en la cobertura terrestre en las dos zonas de estudio (Distrito I y III de Managua) realizando comparaciones que permitan analizar las dinámicas que presenta el paisaje a través de los sensores remotos, los resultados demuestran la fragmentación del área por cobertura. El presente trabajo tiene como objetivo general evaluar los cambios en las coberturas de la tierra y las métricas del paisaje en el Distrito I y III del municipio de Managua en los años 2015-2023.

Material y método

El paradigma de esta investigación se basa en el positivismo, ya que, según (Ramos , 2015) el positivismo afirma que la realidad es absoluta y medible, la relación entre investigador y fenómeno de estudio debe ser controlada, puesto que no debe influir en la realización del estudio, cuyos métodos de recopilación de datos se utiliza la descripción y las estadísticas que ayudan a la medición y comprensión del fenómeno en estudio obteniendo así un enfoque riguroso para el estudio sistemático de las fuentes de datos mediante su cuantificación.

El tipo de investigación es descriptivo-cuantitativo, ya que, mediante datos numéricos se determinó la proporción de cada elemento del paisaje mediante los índices del paisaje que permiten la comparación entre distintas configuraciones paisajísticas en la misma área en distintos momentos temporales. La metodología empelada está en función al objetivo que se desarrolla que es Identificar las coberturas de la tierra y la estructura del paisaje en el distrito I y III del municipio de Managua en los años 2015-2023 que se dividen en 3 etapas.

La primera etapa de la investigación consistió en determinar las coberturas de la tierra en ambos distritos, para ello se utilizaron imágenes satelitales con resolución espacial de 30 metros tomadas en los meses de abril 2015 y mayo 2023 en una serie temporal de 8 años, las imágenes fueron obtenidas desde la plataforma Planet.

Para el procesamiento de las imágenes satelitales, como primer paso se realizó un mosaico que consiste en la agrupación de las imágenes, para luego proceder a la identificación de cada cobertura de suelo presentes en las zonas de estudio creando puntos de control que se generó en la georreferenciación para la identificación de cada cobertura, para luego aplicar el método de la clasificación supervisada utilizando la técnica de Maximum Likelihood clasifcation (clasificación de máxima verosimilitud) auxiliándonos de los sistemas de información geográfica (SIG) y realizando el procesamiento de datos en el software de ArcGIS 10.8. Con este procedimiento se determinaron cuatro tipos de coberturas: suelos desnudos (1), zonas de cultivos (2), vegetación (3) y área urbana (4).

En la segunda etapa se calcularon las métricas del paisaje en donde se emplearon las coberturas de la tierra generadas anteriormente, se realizó la cuantificación de datos mediante la herramienta de Patch Analyst en el cual se ofrecen las métricas de paisaje comunes permitiendo elegir entre un análisis basado en clases o basado en todo el

paisaje, en este caso se realizó un análisis basado en nivel de clases por que los cálculos se aplican a cada conjunto de fragmentos de la misma clase, es decir, aquello que tiene el mismo valor o que representan el mismo tipo de uso de suelo porque el nivel apropiado para calcular la superficie que ocupa una determinada cobertura del suelo, así mismo, calcula la extensión media ocupada por los fragmentos del bosque (Britto , 2021).

Los parámetros se procesaron en ArcGIS 10.8 y se utilizó como guía para análisis de procesos ecológicos que según (McGarigal, 2015) se emplea como índice de heterogeneidad del paisaje y se utilizó los siguientes parámetros:

Área total (TA): TA es igual a la superficie total expresada en hectáreas
Ecuación

Área total (TA): TA es igual a la superficie total expresada en hectáreas.

$$= \frac{\sum_n \text{Area de parche}}{Np_n}$$

Donde $n = \text{tipo de clase}$

Área de Clase (CA): Suma de las áreas de todos los parches que pertenecen a una clase determinada

$$= \sum_n \text{Area de parche}$$

Donde $n = \text{tipo de clase}$

Número de parches (NP): Conjunto de polígonos pertenecientes a una clase.

$$PSCOV = \frac{PSDD}{MPS}$$

Tamaño Medio de Parche (MPS). Tamaño promedio del parche de la clase, empleada como indicador de fragmentación si se evalúa el tamaño del tipo de parche de interés.

$$= \frac{\sum_n \text{Area de parche}}{Np_n}$$

Donde $n = \text{tipo de clase}$

Perímetro de los parches (TE): La cantidad total de borde es relevante para el estudio de muchos fenómenos ecológicos, tal es el caso del efecto de borde en bosques, que provoca cambios en la composición y estructura de la vegetación debido principalmente a la alteración en el microclima. La cantidad de borde entre parches puede ser muy importante para el movimiento de organismos o materia a través de las fronteras, y es conocida la importancia del hábitat de borde para diversas especies.

$$= \sum_n \text{Area de parche}$$

Donde $n = \text{tipo de clase}$

Índice de forma media (MSI): Calcula la complejidad de la forma media de los parches en comparación con una forma estándar, como sería la circunferencia en el entorno vectorial o el píxel en el entorno raster. La forma de un parche está caracterizada por la longitud de sus bordes interpretando que, si los valores son iguales a 1, los patrones de forma son circulares y se incrementa al aumentar la irregularidad de la forma del parche.

Media de la Relación Perímetro-Área Ponderada por Área (AWMSI): Calcula en forma ponderada los parches a partir de su tamaño. Los parches más grandes poseen mayor ponderación que los pequeños, calculada por el promedio de la forma del parche. Se interpreta que, si los valores se acercan a 1, los patrones de forma no son circulares, tratándose de áreas fragmentadas.

Coefficiente de variabilidad del tamaño del parche (PSCOV): Calcula la variabilidad relativa sobre el promedio (variabilidad como porcentaje del promedio), no como la varianza absoluta. Utilizada para comparar la variabilidad entre fragmentos, interpreta si los valores relativos tienden a 0 son más homogéneos en su tamaño o solo existe un parche.

$$PSCOV = \frac{PSDD}{MPS}$$

En la tercera etapa metodológica se calcularon la cantidad de suelo que ha cambiado a través de una matriz de transición de uso/cobertura del suelo analizando los cambios de uso de suelo en los dos periodos de tiempo establecidos (2015- 2023) utilizando herramientas de geoprocésamiento y procesándolo en el software ArcGIS 10.8.

Para el procesamiento de los datos se utilizaron los dos raster de cobertura de uso de suelo generados en la clasificación supervisada en la etapa uno de esta investigación, realizando en la capa de uso 2015 y 2023 una codificación de los datos, categorizándolo de acuerdo a la propuesta metodológica de (Pontius, Sushan, & McEachern, 2004) para luego realizar un intersec que como herramienta de geo procesamiento consiste en combinar la capa de uso 2015 y 2023 manteniendo los atributos generados, seguidamente se procede a calcular la suma de los datos de uso del 2015 y 2023 para obtener el cambio de uso de suelo durante los 8 años establecidos. Posteriormente los datos se ejecutan en la matriz de transición utilizando la herramienta de Excel para el cálculo de las ganancias, pérdida, cambio neto, intercambio entre otras, que se obtiene por cada categoría de cobertura de suelo utilizando las ecuaciones sugeridas por (Guaillas Leon, 2015) que son las siguientes:

Figura 1: Ecuaciones a emplear para la medición de cambio de uso de suelo

Descripción de ecuaciones	Ecuación
Ganancias (Gij): es la diferencia de la suma total de la fila 6 (P+) y los valores de la diagonal principal (Pjj)	$Gij = P + j - Pjj$
Perdidas (Lij): es la diferencia de la suma total de la columna 6 (Pj +) y los valores de la diagonal principal (Pjj)	$Lij = Pj + -Pjj$
Cambio neto: es el valor absoluto de la diferencia de perdidas (Lij) y ganancias (Gij) de categoría. El cambio neto indica un cambio definitivo de la categoría entre el tiempo 1 y 2.	$Dj = Lij - Gij $
Intercambio (Sj): es el doble del valor mínimo de las ganancias (Pj + - Pjj) o perdidas (Pj+ - Pjj).	$Sj = 2x \text{ MIN}$ $(Pj+ -Pjj, pj + -Pjj)$
Cambio tota (DTj) : es la suma de las ganancias (Gij) y las perdidas (Lij).	$DTj = Gij + Lij)$

Fuente: Guailas Leon, 2015

Discusión de resultados

Descripción del área de estudio. Para el análisis de las métricas del paisaje se seleccionó como área de estudio el distrito I y III del municipio de Managua, ya que, a pesar de compartir límites estos distritos se caracterizan por tener diferentes particularidades de organización social y territoriales permitiendo entender los procesos de cambios y contraste en área rural y urbana.

Los distritos se localizan en la parte sur occidental de la ciudad. El distrito I se encuentra entre las coordenadas 12°08'15" latitud norte y 86°16'08" longitud oeste mientras el distrito III, se encuentra entre las coordenadas 12°06'18" latitud norte 86°19'15" longitud oeste. El área de estudio en general tiene una extensión total de 11926.35 ha y un perímetro de 103.82 que equivalen al 45% de la extensión del municipio al cual pertenecen.

El distrito I se ubica en la parte central de la ciudad tiene una extensión de 4762 hectáreas que equivale al 17% de la extensión del municipio y que según la (Alcaldía de Managua, 2020) este distrito presenta un gran dinamismo económico en actividades de comercio, servicios e industrias y que esta se compone de zonas heterogéneas que van desde lo netamente urbano en la parte norte y a una zona rural en la parte central.

El distrito III se encuentra localizado en la parte suroccidental de la ciudad, su extensión es de 7163 hectáreas, que equivale al 28% de la extensión del municipio, siendo el distrito con la mayor extensión territorial, la (ALCALDIA DE MANAGUA, 2020) expresa que inicialmente el distrito era meramente rural posterior al terremoto del año de 1972 donde sufrió cambios importantes, ya que, a partir de entonces este distrito concentra áreas institucionales y de comercio.

Cobertura de uso de suelo en el periodo 2015-2023.

Para el período evaluado 2015-2023 como resultado se realizaron dos mapas de cobertura del suelo en el cual se clasificaron 4 categorías de uso de suelo .

Figura 2: Tabla 2, cantidad de hectáreas por cada categoría en los distritos.

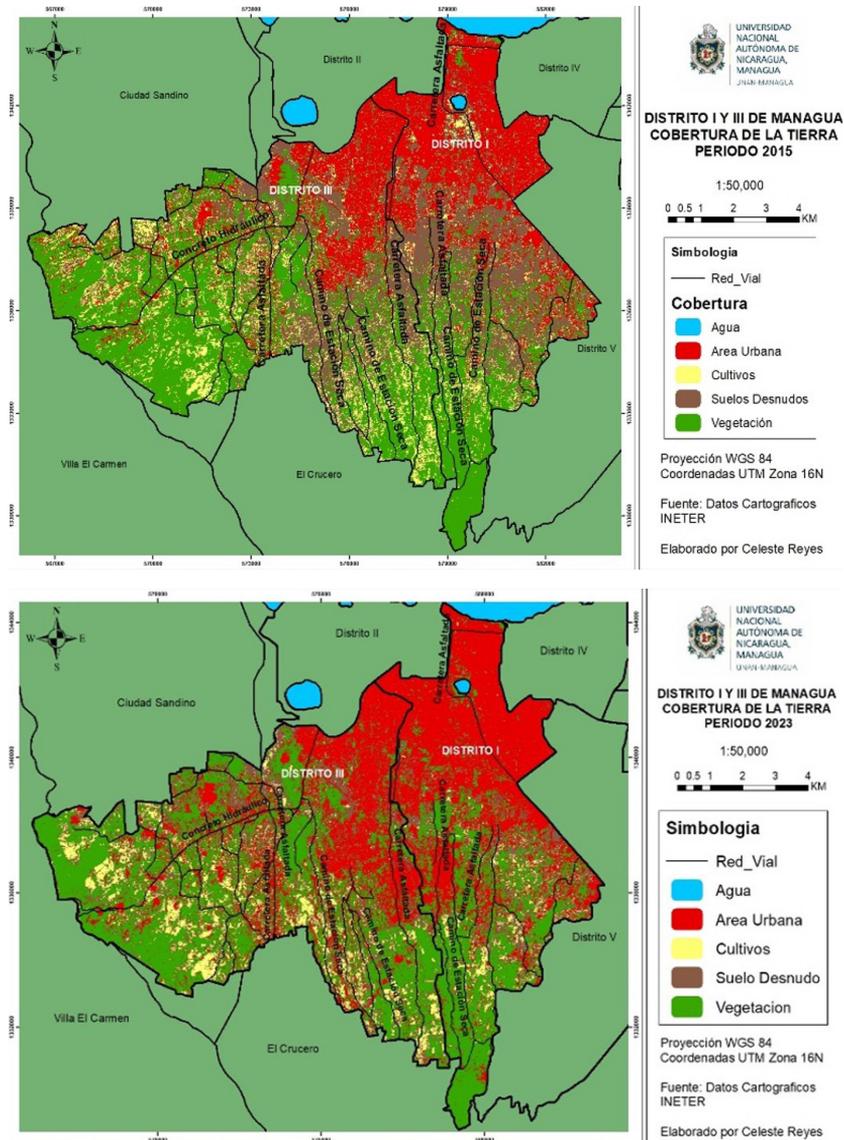
Uso de suelo para ambos distritos				
ID	Categoría	Año 2015	Año 2023	Diferencia (Ha)
1	Suelos desnudos	3029	2022	1007
2	Zonas de cultivo	1450	873	577
3	Vegetación	4539	4715	176
4	Área urbana	2904	4313	1408

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la implementación de Patch Analyst se obtuvieron los siguientes datos por distrito y periodo: El área urbana en los dos distritos ocupa 2904 (ha), que equivale al 24% del total en el año 2015, en 2023 el área urbana aumento a 1408 (ha), equivalente al 36% de superficie ocupada en el territorio (ver tabla 2). Del total de cobertura en el año 2015 el distrito I ocupa 1639 (ha) y el distrito III ocupa 1264 (ha), para el segundo periodo en distrito I aumento el área urbana el 15% y el distrito III aumentos el 9%. El distrito I es 2401 (ha) menor en extensión territorial que el distrito III, sin embargo, la Alcaldía de Managua (2020) señala que el distrito tiene una buena zona

geografía, ya que, está ubicado en el centro de la ciudad donde se localizan importantes centros de producción industrial determinadas como áreas de polos de desarrollo, en ellas convergen toda clase de eventos y servicios tanto para el entretenimiento como para acceder, lo cual genera aceleración del crecimiento poblacional. Según la Alcaldía de Managua (2020), el distrito III presenta que 40% de la población es urbana y el 60% es rural”.

Figura 3: Mapas de cobertura de suelo del año 2015 y 2023



Fuente: Elaboración propia

En los mapas se observa que la población se extendió en la parte norte

del área urbana del territorio extendiéndose en suelos desnudos del 2015 que para el 2023 disminuyeron el 2% de esta cobertura. La cobertura de vegetación en el 2015 corresponde a un área de 4539 (ha) siendo el más predominante equivalente al 38% en ambos distritos. En el segundo periodo la vegetación aumento 2% teniendo 4715 (ha) manteniéndose como la cobertura predominante por los dos distritos. Del total de la cobertura de vegetación el distrito durante el 2015 tiene un área de 1204 (ha) en 2023 aumento 325 (ha) equivalente al 32% en el distrito I, y en el distrito III en el año 2015 la cobertura tiene 3334 (ha), en el segundo período tiene 3186 (ha), el distrito III tiene una disminución del 2% pero supera en 1657 (ha) de vegetación al distrito I por tener mayor extensión territorial, como se había descrito anteriormente era un distrito rural. La vegetación sigue siendo la cobertura predominante, extendiéndose homogéneamente del centro de los distritos hacia el sur y oeste del territorio.

Los suelos desnudos en el 2015 tienen un área de 3029 (ha), equivalente al 26% en los dos distritos, en el 2023 tiene un área de 2022 (ha), el cual disminuyo 9% localizándose mayormente en el centro del territorio. De este total en el 2015 el distrito I ocupa 1532 (ha), en el 2023 disminuyo 871 (ha). En el distrito III en 2015 tiene 1496 (ha), en el segundo periodo tiene 1360 (ha), disminuyendo a 136 (ha). Esta cobertura ocupa el 17% de superficie en ambos distritos en la actualidad, teniendo 699 (ha) más de suelo desnudo en el distrito tres.

La cobertura de zonas de cultivo correspondiente para ambos distritos es de 1450 (ha) de extensión en 2015, y para el año 2023 es de 873 (ha), ocupando en la actualidad el 7% de territorio de los dos distritos (ver tabla 2). En el distrito I las zonas de cultivos tienen una extensión de 383 ha en el 2015, para el 2023 la cobertura disminuyo a 209 (ha). En el distrito III en el primer periodo tiene una extensión de 1066 (ha) en 2023, también disminuyó y tiene un total de 698 (ha) de zona de cultivo y ocupa el 7% de la superficie en ambos distritos.

Una vez realizada la interpretación de las coberturas presentes para el año 2015 y 2023, se tiene que los fragmentos de vegetación natural se encuentran inmersos como parches dentro de una matriz transformada asociada a las actividades agrícolas y sociales (vías, centros poblados) desarrolladas por acción humanas en los dos distritos.

Con la finalidad de realizar el análisis de la estructura del paisaje para las coberturas identificadas se procedió a obtener las métricas del paisaje, en donde, se realizó la comparación de números de parche por ambos distritos, en el año 2015 se obtuvo una cantidad de 184726 parches y en el año 2023 tiene 184597 parches reduciendo a 129 parches.

Figura 4: Tabla 3 Métricas de análisis de la estructura de las coberturas de la tierra Distrito I

Distrito I								
Cobertura de la tierra	Área de clase		Número de parches		Tamaño medio de parches		Índice de forma media	
	2015	2023	2015	2023	2015	2023	2015	2023
Área urbana	1639	2394	11845	17935	0.14	0.13	1.33	1.31
Vegetación	1204	1529	7874	7776	0.15	0.19	1.36	1.38
Zona de cultivos	383	174	34565	10716	0.011	0.016	1.31	1.32
Suelos desnudos	1532	661	19581	25062	0.078	0.026	1.36	1.37

Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2015 el distrito I tiene un total de 73865 parches y en el 2023 se redujo a 61489 parches. Los cultivos en 2015 tienen el mayor número de parche en 2023 reduciendo el 30%, y los suelos desnudos presentan el mayor número de parches en el segundo periodo aumentando el 15% de parches, mientras que la vegetación incremento el 2% de parches, el área urbana presenta el menor número de parches comparados a las otras coberturas en ambos periodos, pero aumento 13% de parches (Ver Tabla 3).

Conforme aumenta el número de parches, disminuye el tamaño promedio de los mismos, se refleja en los valores presentados del área urbana, el tamaño promedio de los parches de esta cobertura es igual a 0.14 que corresponde a un tamaño ± 11.6 (ha) y en el Segundo periodo corresponde a (0.13 ± 14.75) ha), la categoría de vegetación presenta el tamaño de parche promedio más altos en ambos periodos (2015, 0.15 ± 7.60 ha, 2023 0.19 ± 9.72 ha). Los cultivos y suelos desnudos presentan los valores más bajos (en 2015 con 0.011 ± 0.08 ha, en el 2023 0.034 ± 0.14 ha), suelo desnudo 0.047 ± 5.8 (ha) y 0.027 ± 0.27 (ha) respectivamente) y se encuentran distribuidos en toda la matriz.

Figura 5: Tabla 4 Métricas de análisis de la estructura de las coberturas de la tierra Distrito III

Distrito III								
Cobertura de la tierra	Área de clase		Número de parches		Tamaño medio de parches		Índice de forma media	
	2015	2023	2015	2023	2015	2023	2015	2023
Área urbana	1264	1918	19494	41406	0.064	0.046	1.31	1.31
Vegetación	3334	3186	11916	12383	0.27	0.25	1.36	1.38
Zona de cultivos	1066	698	47647	20458	0.022	0.034	1.33	1.35
Suelos desnudos	1496	1360	31779	49001	0.047	0.027	1.34	1.37

Fuente: Elaboración propia.

El valor del MSI es 1, entre más lejano a 1 es el valor, más compleja es la forma del parche, en este caso a nivel de categoría todas presentan valores cercanos a 1 lo que indica que los fragmentos tienen perímetros simples, como círculos y cuadrados, tenemos que a nivel de paisaje los valores fueron similares en todos los años (1.3), indicando una mínima complejidad en los fragmentos para las 5 clases de cobertura.

El distrito III, tiene un total de 110836 parches en el año 2015 y 123248 en el segundo periodo. De acuerdo con las métricas obtenidas (ver tabla 4) se obtiene que la cobertura con mayor fragmentación corresponde a suelos desnudos que en 2023 aumento 11% de parches, seguido del área urbana que aumento 16% de parches, la cobertura de cultivos en el 2023 se redujo el 26%, y la vegetación tubo una pequeña disminución de 1% en parches.

El tamaño promedio de los parches no tiene tanta variabilidad en ambos distritos. Se describirá a continuación el tamaño promedio de parches presentes en el año 2023, se obtiene que el tamaño promedio de los parches del área urbana es igual a (0.046 ±4.83 ha) y la vegetación representan el tamaño de parches promedio más alto en ambos periodos (2015 con 0.27 ±17.14 ha, 2023 con 0.25 ±9.70 ha).

Los cultivos y suelos desnudos presentan los valores más bajos (0.034 ±0.38ha), suelo desnudo (0.027 ±0.44ha) y el índice de forma media (MSI) del distrito III tiene sus valores cercanos a 1 el cual significa que tiene formas redondas u cuadradas igual que el distrito I (ver tabla 4).

Figura 6: Tabla 4 Métricas de análisis de la estructura de las coberturas de la tierra Distrito III

Distrito III									
Cobertura de la tierra	Área de clase		Número de parches		Tamaño medio de parches		Índice de forma media		
	2015	2023	2015	2023	2015	2023	2015	2023	
Área urbana	1264	1918	19494	41406	0.064	0.046	1.31	1.31	
Vegetación	3334	3186	11916	12383	0.27	0.25	1.36	1.38	
Zona de cultivos	1066	698	47647	20458	0.022	0.034	1.33	1.35	
Suelos desnudos	1496	1360	31779	49001	0.047	0.027	1.34	1.37	

Fuente: Elaboración propia.

Según Britto (2021), “El borde (TE) se define como la zona de transición entre hábitats adyacentes, es decir la transición entre la matriz y cada uno de los parches del paisaje”. Por lo tanto, para este análisis se tomará la zona de borde como el área o eco tono que los rodea. El distrito I tiene coberturas con mayor TE o zona de transición con la matriz y cada uno de los parches del paisaje en el 2015, es el suelo desnudo con 35% en (ha), y área urbana con 25%. Por su parte la cobertura de cultivos tiene 24% y la vegetación 16% de TE respectivamente. En el 2023 la cobertura con mayor TE es el área urbana con 35% en (ha), los suelos desnudos con 33%, la vegetación con 22% y los cultivos con 16% (ver tabla 5)

Figura 7: Tabla 5 Métricas de análisis de la estructura de las coberturas de la tierra Distrito I

Distrito I						
Cobertura de la tierra	(TE)		(PSCOV)		(AWMSI)	
	2015	2023	2015	2023	2015	2023
Área urbana	1411661.29	1673371.88	8404.47	11048.05	40.71	37.95
Vegetación	918394.91	1101175.13	4970.25	4941.84	12.35	18.59
Cultivos	1381426.77	505376.58	748.13	874.62	2.40	2.74
Suelos desnudos	2022908.02	1671904.85	7470.22	1032.67	33.3	4.92

Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de variabilidad del tamaño del parche (PSCOV) nos permite verificar la variabilidad de tamaños entre los parches, en lo que se observa que se tiene valores altos, aunque comparando los valores entre el año 2015 y el año 2023 se puede observar tamaño homogéneo del paisaje en todas las coberturas.

Teniendo en cuenta (AWMSI) los cultivos con un valor cercano a 1 tienen menor irregularidad en ambos periodos, los patrones de forma no son circulares tratándose de áreas fragmentadas con respecto a las otras coberturas.

En el distrito III la cobertura con mayor TE en el 2015 son los cultivos con 30% en ha y en el 2023 es el de menor TE con 14%, suelos desnudos 27% y en 2023 aumento a 34%, área urbana con 18% y en la actualidad aumento a 28%, con respecto a la vegetación en 2015 tiene 25% y en 2023 tiene 24%.

Coeficiente de variabilidad del tamaño del parche (PSCOV) en el distrito III tiene valores similares al distrito I, el cual presenta tamaños homogéneos en todas las coberturas.

Figura 8: Tabla 6 Métricas de análisis de la estructura de las coberturas de la tierra Distrito III

Distrito III						
Cobertura de la tierra	(TE)		(PSCOV)		(AWMSI)	
	2015	2023	2015	2023	2015	2023
Área urbana	1637489.18	2759684.85	7808.67	10441.95	28.28	30.77
Vegetación	2251481.10	2331955.45	6127	3770.81	34	22.36
Cultivos	2691272.38	1320740.11	979.41	1137.2	3.32	3.86
Suelos desnudos	2475771.28	3361180.75	3942.8	1589.99	14.95	5.73

Fuente: Elaboración propia.

La media de la Relación Perímetro-Área Ponderada por Área (AWMSI) los cultivos en este distrito también presentan valores cercanos a 1, igual que el distrito I tiene menor irregularidad en ambos periodos los patrones de forma no son circulares siendo de las áreas fragmentadas (ver tabla 6).

Análisis en los cambios en las coberturas del paisaje en los años 2015 y 2023.

La siguiente tabla presenta un resumen del total de área, ganancias, pérdidas, cambio neto, intercambio y cambio total de cada cobertura de los dos distritos.

Figura 9: Tabla 7. Valores de cambios distrito I y III, 2015-2023 por categoría expresados en porcentaje en el área de estudio.

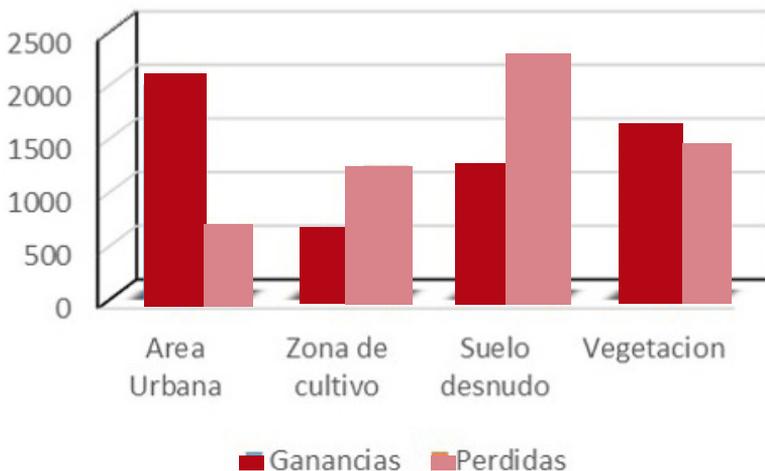
Categoría	Total 2015	Total 2023	Ganancias	Pérdidas	Cambio neto	Intercambio	Cambio total
Área urbana	24.36	36.16	38.17	11.23	44.43	16.11	24.70
Zona de cultivo	12.16	7.32	10.65	21.69	18.21	15.28	16.17
Suelos desnudos	25.40	16.96	22.17	41.45	31.79	31.82	31.81
Vegetación	38.06	39.54	28.99	25.61	5.57	36.76	27.30
Cuerpos de agua	0.02	0.02	0.02	0.2	0.00	0.02	0.02
Total(% del área total)	100	100					

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la tabla 7 se puede observar el incremento que tiene la cobertura de área urbana con un 11.81% (1408.2373 en hectáreas), mientras la categoría de zona de cultivo tiene una reducción significativa de 4.84% al igual que los suelos desnudos obteniendo una pérdida de 8.45% (1007.547719 ha) en área, sin embargo, la cobertura que predomina en las dos fechas 2015-2023 es la categoría de vegetación con un incremento de 1.48% (176.492439 ha) para el 2023. De los dos distritos el que mayormente presenta más área de cobertura de vegetación es el distrito III con un 44.48% (3186.08537 en hectáreas) mientras que el distrito I presenta un 32.12% (1529.76807 en hectáreas).

Al analizar los valores de ganancias (ver gráfico 1) se puede observar que la categoría de área urbana es la que experimenta el mayor valor de ganancias con un 38.17% y esto se ve reflejado, ya que, en el distrito I el área urbana aumento en un 15.85% (755.055974 ha) y en el distrito III aumento en un 16.42% (653.18167) en el año 2023, esto se puede relacionar a la perdida de cobertura que sufrió los suelos desnudos en el 2023 debido al incremento que tiene las áreas urbanas, si relacionamos esto, Managua es una ciudad en crecimiento, la cual se ve reflejado en tener ejes viales importantes como lo es la carretera a Masaya, en la cual se ha venido construyendo un corredor de gran dinamismo económico. Evidenciando la concentración de actividades de comercios, servicios e industrias. Estas características benefician al distrito I, ya que, lo consideran un distrito con potencial turístico por sus diversas características (Historia, ubicación geográfica). (García , 2019) además, estos atributos representan uno de los grandes potenciales del distrito cuando se piensa en un área densificada de uso del suelo en zonas atractivas y eficientes en términos urbanos.

Figura 10: Gráfico 1 Ganancias y pérdidas por los dos distritos entre 2015-2023 expresados en hectáreas.

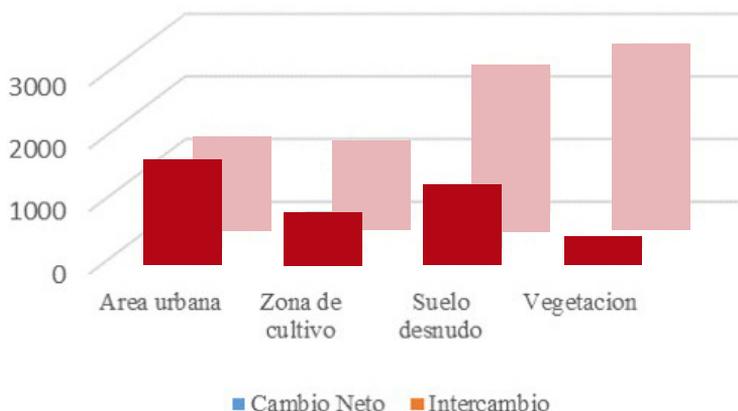


Fuente: Elaboración propia

La categoría de vegetación es la segunda cobertura que presenta mayor ganancia con un 28.99% esto lo podemos asociar a la perdida en la categoría de zona de cultivo que disminuyó un 4.84% (577.137116 ha) pasando de ser suelos agrícolas a ser vegetación, actividad que ha perdido paulatinamente su fuerza dentro de los dos distritos, ya que en el distrito III disminuyo con un 9.25% (368.074995 ha) y en el distrito I disminuyo en 4.39% (209.061843 ha) presentando la categoría que tuvo más perdidas en los dos distritos.

En el grafico 2 se realizó un análisis en función a los cambios netos. Estos cambios permiten determinar el cambio absoluto de una categoría a otra donde un cambio neto positivo indica un predominio de las ganancias sobre las pérdidas y un cambio neto negativo indica un predominio de las perdidas sobre las ganancias. Donde la categoría de área urbana (1408.2376 ha) y vegetación (176.4923 ha) presentan cambios netos positivos mientras las zonas de cultivos (577.1368 ha) y los suelos desnudos (1007.547625 ha) presentan cambios neto negativos lo que indica que tiene cambios definitivos entre los dos periodos de tiempo. También se puede observar los intercambios presentados durante los dos periodos de tiempo de estudio, la categoría de suelo desnudos con un 31.82% y vegetación con un 36.76% son los que mayor intercambio presentan seguidamente de las áreas urbanas con un 16.11% y las zonas de cultivos con un 15.28% lo que indica que las 4 clases de coberturas han sufrido cambios de posición de una categoría a otra.

Figura 11: Gráfico 2 Cambio neto e intercambio por cobertura en los dos distritos 2015-2013 expresados en hectáreas.



Fuente: Elaboración propia.

Por lo que de esta manera se observa que en realidad el área en estudio presenta una dinámica de cambio muy considerable, ya que, el cambio total (real) resulto ser muy superior al cambio neto determinando variación espacial en las 4 categorías mayormente en suelos desnudos (3325.784281 ha), vegetación (2854.269 ha), área urbana (2581.9491 ha) y zonas de cultivo (1690.43 ha) lo que indica cambios en el territorio.

Conclusiones

El paisaje de acuerdo a las áreas de estudio está compuesta por cuatro categorías concluyendo que la cobertura con mayor predominio es la vegetación con 40% y el área urbana con el 36% que corresponde a coberturas transformadas, este resultado muestra la intervención antropogénica dentro del territorio la cual es significativa. El distrito I tiene mayor extensión en la cobertura de área urbana, ya que, en este distrito se localizan actividades terciarias las cuales impulsan la economía. Con respecto al distrito III se concluye que por ser un distrito con mayor población rural equivaliendo al 60% la cobertura de vegetación es la que predomina con el 44% siendo menos intervenida por acciones humanas.

Los suelos desnudos en ambos distritos para el 2015 ocupan el 26% del territorio, para el año 2023 disminuyo 9%, conforme al mapa el suelo desnudo que disminuyo es ahora ocupado por la cobertura de área urbana, concluyendo con esto que en 2015 el área de suelos desnudo es destinada a lotificaciones ocasionando que para el 2023 redujera. La cobertura de cultivos en el distrito I ocupa solo el 4%, ya que, es un distrito meramente urbano, con respecto al distrito III se obtuvo que cuenta con mayor porcentaje de actividad agrícola ocupando el 10%, sin embargo, a pesar de ser considerada como zona rural y tener mayor extensión territorial esta categoría es la que menos presenta área en su territorio.

En el distrito I la cobertura con mayor fragmentación es la cobertura de área urbana, la cual aumento 6090 parches aumentando 755 (ha), la vegetación disminuye 98 parches, pero aumento 325 (ha) a lo que se concluye que los parches se unieron, los cultivos disminuyeron 23849 parche disminuyendo su extensión en 174 (ha), los suelos desnudos aumentaron 5481 parches.

El distrito III la cobertura de área urbana aumento 21912 parches, correspondiente al mapa estos parches aumentaron en la parte norte y oeste del distrito donde se encuentra la mayor concentración de la vegetación concluyendo que es un crecimiento de población rural, el crecimiento de la población en esta área fragmento la vegetación y aumento el número de parches con 467 parches más en 2023 y disminuye 148 (ha) de extensión de vegetación. La cobertura de cultivos se redujo 27189 parche perdiendo 368 (ha), los suelos desnudos sumo 17222 parche, pero su extensión se redujo perdiendo 136 (ha).

Los cambios ocurridos en el distrito I en la cobertura de área urbana está en constante crecimiento con una persistencia de 52% obteniendo incrementos en su porcentaje de área del primer al segundo periodo de tiempo, esta presión estuvo dirigida principalmente hacia la cobertura de suelos desnudos donde se localizaron las mayores pérdidas por superficie con un 40.32%. También se pudo analizar que la categoría de zonas de cultivos tiene una persistencia mínima a las demás coberturas con un 2% demostrando ser una actividad que se ha estado perdiendo en estos lapsos de tiempo debido al aumento de edificios, entre otras, disminuyendo área de esta categoría.

Los datos obtenidos del distrito III demuestran que no es un área tan urbanizada como lo es el distrito I, ya que, la categoría con mayor persistencia es la cobertura de vegetación con un 58.88% teniendo una superficie superior a las demás coberturas, también se comprobó que los cambios totales de las coberturas están asociados casi en su totalidad con intercambios con otras coberturas y no con cambios netos concluyendo que las dos áreas de estudio presentan dinámicas muy considerables en estos dos periodos de tiempo.

Se recomienda hacer seguimiento mediante una escala cartográfica mediana que permita hacer un análisis más detallado que tenga en cuenta la fragmentación de las coberturas y el efecto de la urbanización visualizada y los cambios de cobertura que se reflejan a partir del análisis temporal del presente estudio.

Realizar estudios presentando las diferentes medidas de cuantificación para la pérdida y la fragmentación del hábitat para poder tener un conocimiento mejor del grado de fragmentación y así promover programas para el manejo racional de los hábitats con el objetivo de la disminución del impacto negativo de la fragmentación.

Agradecimientos

Es un placer poder reconocer que este artículo no hubiera sido posible sin el asesoramiento de la Master en Ciencias del agua con énfasis en calidad, la docente Lisseth Carolina Blandón Chavarría de la carrera de Geografía, que su servicio profesional de información y consejos fueron de gran ayuda para realizar esta investigación que tiene como eje dar a conocer la estructura o composición que tiene el paisaje siendo una herramienta para la gestión ambiental.

Listado de referencias

- Britto , G. A. (01 de Julio de 2021). Análisis de Métricas de Paisaje en el Departamento del Amazonas entre Los Años 2002-2018. *Universidad Antonio Nariño*. Obtenido de <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/5194>
- ALCALDIA DE MANAGUA. (Abril de 2020). *CARACTERIZACIÓN DE LOS DISTRITOS URBANOS DE MANAGUA, DISTRITO III*. Obtenido de https://urbanismo.managua.gob.ni/wp-content/uploads/2020/04/CARACTERIZACI%C3%93N_DI11.pdf
- Alcaldía de Managua. (Abril de 2020). *CARACTERIZACIÓN DE LOS DISTRITOS URBANOS DE MANAGUA, DISTRITO I*. Obtenido de https://urbanismo.managua.gob.ni/wp-content/uploads/2020/04/CARACTERIZACI%C3%93N_DI-1.pdf
- García , T. (23 de Marzo de 2019). *Diagnóstico del Potencial Turístico en el Distrito I del Municipio de Managua, período Octubre 2018 – Enero 2019*. Obtenido de Diagnóstico del Potencial Turístico en el Distrito I del Municipio de Managua, período Octubre 2018 – Enero 2019.: <https://repositorio.unan.edu.ni/10871/3/19521.pdf>
- Guaillas Leon, M. V. (02 de Julio de 2015). *Análisis de cambios de uso de suelo multitemporal en el Canton Cuenca-Ecuador* . Obtenido de Analisis de cambios de uso de suelo multitemporal en el Canton Cuenca-Ecuador : [file:///C:/Users/HP/Downloads/11374%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/11374%20(1).pdf)
- Makero, J., & Kashaigili, J. (31 de Diciembre de 2016). *Análisis de cambios en la cobertura del suelo y actividades antropogénicas en el matorral de Itigi, Tanzania*. Obtenido de Análisis de cambios en la cobertura del suelo y actividades antropogénicas en el matorral de Itigi, Tanzania:[https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55\)\)/journal/paperinformation.aspx?paperid=72479#return18](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55))/journal/paperinformation.aspx?paperid=72479#return18)
- McGarigal, K. (02 de julio de 2015). *Fragstats User Guidelines Versión 3*. Amhers: University of . Obtenido de Fragstats User Guidelines Versión 3. Amhers: University of : https://www.researchgate.net/profile/Samuel-Cushman-2/publication/259011515_FRAGSTATS_Spatial_pattern_analysis_program_for_categorical_maps/links/564217ea08aebaaea-1f8b8dd/FRAGSTATS-Spatial-pattern-analysis-program-for-categorical-maps.pdf
- Pontius, R., Sushan, E., & McEachern, M. (02 de julio de 2004). *Detecting important categorical land changes while*. Obtenido de Detecting important categorical land changes while: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016788090300327X>

Ramos , C. A. (2015). *LOS PARADIGMAS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*.
Obtenido de <https://revistas.unife.edu.pe/index.php/avancesenpsicologia/article/download/167/159>

Salazar, E. (2017). Evaluación de la conectividad del paisaje en la región Puuc-Chenes, México, con base en los requerimientos de hábitat del jaguar (*Panthera onca*). *SciELO*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018846112017000100009&script=sci_abstract#:~:text=De%20acuerdo%20con%20nuestros%20resultados,tres%20corredores%20para%20ambos%20sexos.