



La dinámica del paisaje en un sector del oriente chaqueño: cartografía multiescalar a través de ventanas móviles

The dynamics of the landscape in a sector of the eastern chaqueño: multi-scalar cartography through mobile windows

Patricia Snaider¹ 

¹Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Humanidades, Instituto de Geografía. Chaco, Argentina; e-mail: pasnaider@hum.unne.edu.ar

Cómo citar: Patricia, S. 2023. La dinámica del paisaje en un sector del oriente chaqueño: cartografía multiescalar a través de ventanas móviles. *Novum Ambiens*. 1(2):e2502. <http://doi.org/10.31910/novamb.v1.n2.2023.2502>

Artículo de acceso abierto publicado por Novum Ambiens, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional

Recibido: enero 12 de 2023

Aceptado: junio 22 de 2023

Editado por: Oscar Luis Pyszcsek

RESUMEN

La Ecología del Paisaje proporciona un marco conceptual y herramientas para estudiar la estructura y la dinámica de los paisajes. Existen algunos índices que analizan la composición y la configuración de los mosaicos, teniendo en cuenta la variabilidad temporal, escalar y espacial en el área de estudio. Esta investigación se aplica a un área localizada en la cuenca del río Tragadero, en el Este de la provincia de Chaco (región Nororiental de Argentina). La escala temporal o momentos de análisis fueron los años 1962 y 2004. Los paisajes son dinámicos y, por ello, su composición y su configuración cambian a lo largo del tiempo, como también permanecen estables o con escasa modificación. Este artículo es una investigación original y completa en el que, mediante un abordaje pluriescalar, a partir de diferentes escalas temporales, espaciales y tipológicas, se puede analizar cada tipo de paisaje y sugerir que conviene trabajar con escalas espaciales de granulometría pequeña o media y con tipologías de gran o media escala.

Palabras claves: Ecología del Paisaje; Escala espacial; Escala temporal; Escala tipológica; Indicadores de paisaje.

ABSTRACT

Landscape ecology provides a conceptual framework and tools to study the structure and dynamics of landscapes. There are some indices that analyses the composition and configuration of mosaics, taking into account the temporal, scalar and spatial variability in the study area. This research applies to one area localized in the Rio Tragadero basin, in the east of Chaco province (northeast region of Argentina). The time scale or moments of analysis were the years 1962 and 2004. Landscapes are dynamic and therefore their

composition and configuration change over time, as well as remain stable or with little modification. This paper is an original and complete investigation in which, through a multi-scalar approach based on different temporal, spatial and typological scales, each type of landscape can be analysed, and it is suggested that it is convenient to work with small and/or medium granulometry spatial scales, and with large or medium-scale typologies.

Keywords: Landscape Ecology; Landscape indicators; Spatial scale; Time scale; Typological scale.

INTRODUCCIÓN

La ecología del paisaje, con un marco conceptual y metodológico propio, permite estudiar la estructura de los paisajes y su dinámica. Los cambios forman parte de la sociedad y, por lo tanto, del territorio sobre el que ella se asienta o le da soporte. Burel & Baudry (2002), al referirse al dinamismo de dicho territorio, sostienen que: “El cambio es una característica intrínseca de los paisajes [...]” y, por su parte, Comins (1996) manifiesta que “El tiempo acompaña al paisaje. Cada segundo se vuelve irrepetible, siendo precisamente ese cambio el que lo mantiene vivo”, es decir, que los paisajes tienen dinamismo y evolucionan, sufren cambios que, en principio, son imperceptibles, pero luego se los empieza a percibir cada vez más cerca: los paisajes comienzan a degradarse o a “desfigurarse” (Martínez de Pisón, 2006). Ese cambio o transformación de los territorios, al que se hace referencia, posee diferentes velocidades e intensidades, dependiendo de, por un lado, si fue afectado por algún fenómeno natural o, por otro lado, si se encuentra, en mayor o menor medida, bajo la influencia del hombre o sus actividades (explotaciones agrícolas-ganaderas, explotaciones forestales e incendios, expansión urbana).

La determinación de la escala en una investigación geográfica es de vital importancia para llegar a comprender los elementos, fenómenos o procesos que se analizan. En tal sentido, conviene aclarar que “la escala en ecología adquiere un significado exactamente contrario a aquel con que se usa en Cartografía” (Farina, 2011) y se utiliza en los estudios geográficos. Para esta última disciplina, una escala grande representa al espacio con menos reducción que una escala pequeña; por ejemplo, un plano (1:5.000) posee una escala mayor que un planisferio (1:10.000.000), ya que en el último, la superficie real fue reducida más veces que en el primero, mientras que en Ecología, una gran escala hace referencia a objetos o superficies grandes, que ocupan varios kilómetros cuadrados, como cuencas hidrográficas y una escala pequeña, se utiliza para describir elementos, organismos o procesos, que se llevan a cabo en pocos centímetros o metros cuadrados, como una microcárcava, es decir que, en palabras de Gurrutxaga San Vicente & Lozano Valencia (2008), “la ecología del paisaje se caracteriza por estudiar el territorio a diferentes escalas espaciales”.

No solo interesa la dimensión espacial, sino también la temporal, debido a que los procesos se pueden desarrollar a lo largo de un amplio abanico de escalas espaciotemporales, que oscilan desde unos pocos metros cuadrados, con dinámicas temporales de pocos años, como es el caso de la microcárcava, hasta espacios regionales que se gestan a través de miles de años, como el caso de la cuenca hidrográfica. A su vez, tanto la microcárcava como la cuenca hidrográfica pueden ser abordadas con diversas escalas tipológicas, según el nivel de detalle o de generalización con que se analice cada caso.

Hace más de 30 años, Golley (1987) afirmaba que la escala espacial era una preocupación en la ecología del paisaje que tendía a eclipsar el interés por la escala temporal, como otro parámetro que estructura el análisis, debido, en parte, a que el tiempo era especialmente difícil de incorporar en los estudios de paisajes, por estar operando con un tiempo geológico, uno biológico y otro con la historia humana, pero con el tiempo fue muy común y apropiado realizar análisis que adoptaran las dimensiones espacio-temporales (Casado *et al.* 2008; Gurrutxaga San Vicente & Lozano Valencia, 2008; Arancibia-Arce *et al.* 2013). En palabras de Suárez Seoane (2000), “la escala tipológica fue apenas tratada en este tipo de estudios”, razón por la cual, esta contribución es una interesante oportunidad para hacerlo.

En tal contexto, se han seleccionado las escalas espacial, temporal y tipológica, “La combinación de información a múltiples escalas de medición es una parte esencial de la investigación sobre el cambio global y la dinámica del paisaje” (Cullinan & Thomas 1992), ya que uno de los principales objetivos de la ecología del paisaje es el de estudiar la dinámica paisajística, a través de una dimensión pluriescalar.

Para ello, existen ciertos índices que analizan la composición y la configuración de los mosaicos y se tiene en cuenta la variabilidad espacial, escalar y temporal del área de estudio. En este caso, el trabajo se realiza para un área (de 10 x 7 km), que se ubica en la cuenca del río Tragadero, en el oriente de la Provincia del Chaco, región Nordeste de Argentina (Figura 1).

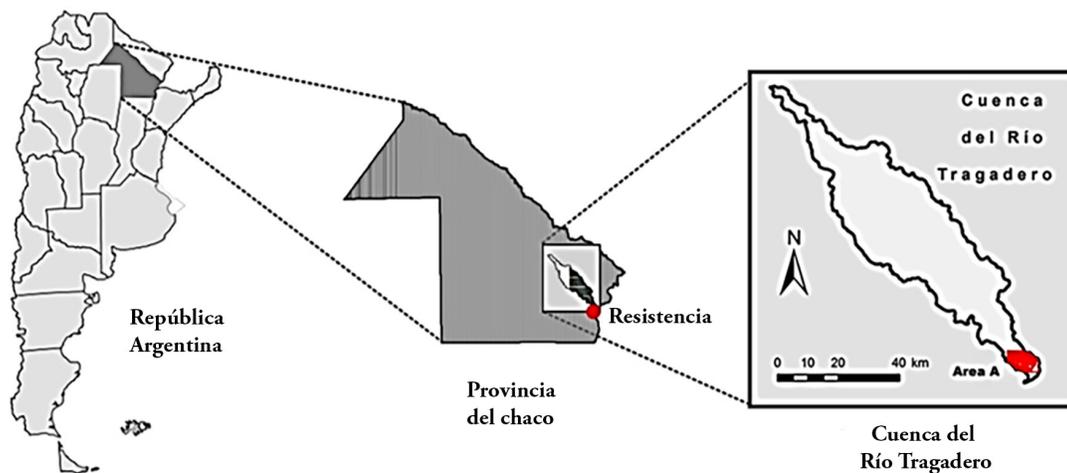


Figura 1. Localización del área de estudio.

Se pretende, entonces, conocer la relación que existe entre la dinámica del paisaje y las variaciones que ofrecen cada una de las escalas, ya que el enfoque multiescalar es una herramienta útil para estudiar diferentes situaciones temporales y espaciales, dentro del mismo marco (Suárez-Seoane & Baudry, 2002), con la finalidad de averiguar la dependencia de los resultados, con tales modificaciones de escala. Para ello, se realizó un análisis de cada una de las tres definiciones tipológicas, expresadas en cuatro resoluciones

espaciales, a partir de las ventanas móviles y en los años 1962 y 2004, que constituyen la dimensión temporal.

La escala y el análisis pluriescalar. En Geografía y particularmente en Cartografía, la noción de escala es fundamental, ya que expresa el nivel de detalle o el grado de generalización que tendrá el fenómeno representado, es decir, la relación entre el tamaño real y su representación en el papel; pero para las ciencias naturales

y específicamente para la ecología, la escala no tiene el mismo significado, puesto que se refiere a “la magnitud de un fenómeno o proceso” (Matteucci, 2004). La escala ecológica es la dimensión espacial o temporal de un objeto o proceso y sus componentes son la extensión y el grano. La extensión es el tamaño del área de estudio o la duración del período en consideración. El grano es la resolución de los datos, es decir, se refiere al área representada por cada unidad de información y corresponde al tamaño del píxel con datos ráster (Figura 2) o a la unidad muestral con un censo ecológico (Turner, 1989; Matteucci, 1998). Por otra parte, la escala geográfica o cartográfica es el grado de reducción espacial o la cantidad de veces que la superficie fue reducida y se expresa gráfica o numéricamente. Tal es así que, en la escala ecológica, un fenómeno a gran escala es aquel que se desarrolla en grandes superficies y a través de un

largo tiempo, mientras que uno a pequeña escala es el que ocurre en espacios reducidos y tiempos cortos; por ejemplo, un fenómeno a gran escala es un sistema que ha alcanzado su clímax, como una selva o un bosque que abarca grandes extensiones y se desarrollaron por un largo tiempo; un fenómeno a pequeña escala es, entre otros, el anegamiento de una pequeña depresión/humedal, debido a una precipitación.

Por el contrario, en la escala cartográfica, un fenómeno se encuentra representado a gran escala cuando ha sido poco reducido y la información se halla plasmada con mayores detalles, mientras que, si la representación está realizada a pequeña escala, indica que ha sufrido mayor generalización y reducción del espacio cartografiado (Figura 3).

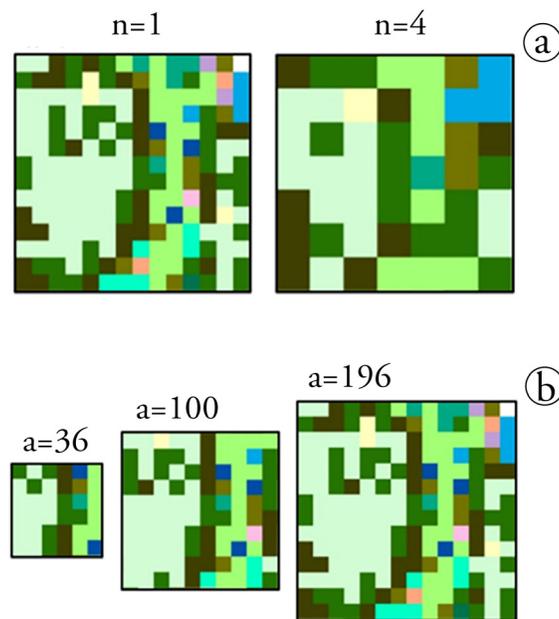


Figura 2. a) Incremento del tamaño del grano (n) y b) Incremento de la extensión (a).

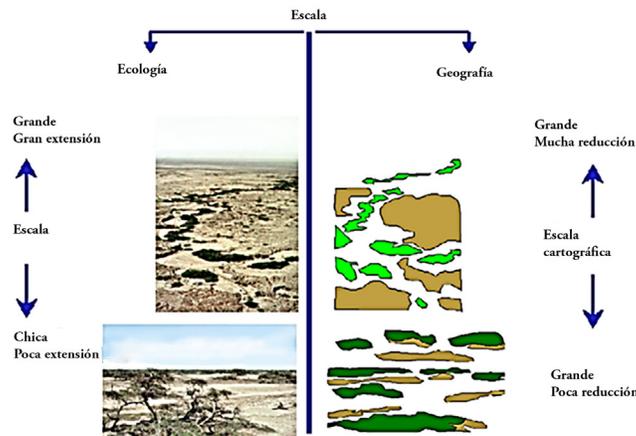


Figura 3. La escala ecológica y geográfica. Adaptado de Matteucci, 2004.

Si siguiendo a Turner (1989), “los parámetros y procesos que son importantes en una escala no lo son en otra escala”. Es por ello por lo que la elección de la escala es fundamental en cualquier trabajo

con una perspectiva espacial o territorial y, más aún, en el caso en que las características de un paisaje varíen, según la escala de análisis. En estos casos es recomendable “llevar a cabo un enfoque

pluriescalar, es decir elegir al menos dos escalas para servirse de la complementariedad de los distintos niveles de análisis del territorio” (Lozano Llanos, 2005); no obstante, si bien la escala espacial de trabajo está condicionada por las fuentes de información de las que se dispone, un análisis multi o pluriescalar ofrece una visión alternativa en el estudio de los tipos de paisaje, ya que posibilita la detección de escalas óptimas.

Constanza & Maxwell (1994) diferencian tres tipos de resoluciones: espacial, temporal y número de componentes, es decir, para el análisis del paisaje se diseñó una aproximación pluriescalar: a diferentes resoluciones espaciales, a diferente escala tipológica en la definición de las unidades paisajísticas y para distintos períodos.

Las escalas espaciales de cada una de las fuentes de partida utilizadas en este trabajo presentan notables diferencias, ya que usaron fotografías aéreas correspondientes a un vuelo realizado por el Instituto Geográfico Militar para el Ministerio de Economía de la Provincia del Chaco, en 1962, con una escala 1:35.000, mientras que la otra fuente fueron las imágenes satelitales del 2004, descargadas directamente de Google Earth, a escalas de captura de aproximadamente 1:10.000. Tanto el tratamiento como la integración de las fuentes de información ha sido un proceso que se pudo llevar a cabo, mediante el empleo de herramientas como los sistemas de información geográfica - SIG.

Por otra parte, es necesario establecer una escala temporal, es decir, el período durante el cual se analizará el espacio y, simultáneamente, también depende de la disponibilidad de fuentes de información más que de una selección y elección planificada del material. En este caso, se han trabajado con fotografías aéreas 1962 y con imágenes satelitales del Google Earth, de la década del 2000, abarcando un lapso de, aproximadamente, 40 años.

Es posible variar la escala tipológica, es decir, el nivel de análisis o desagregación de cada tipo de paisaje, de manera que se puede tener una escala tipológica con 18 tipos de paisajes o con 6 tipologías.

Cartografía por ventanas móviles. La cartografía es fundamental a la hora de estudiar la estructura de los paisajes, porque permite el análisis a partir de la variación de la resolución espacial, temporal y tipológica, mediante lo que se denomina “cartografía por ventanas móviles”. Así como la cartografía es el “lenguaje” que utiliza la Ciencia Geográfica para representar los fenómenos o hechos localizables en el espacio, la cartografía ecológica es útil y básica para la representación del paisaje para la ecología del paisaje, ya que trata de “identificar, para un territorio dado, las unidades ecológicas y espaciales derivadas de un cierto grado de homogeneidad relativo a uno o varios atributos del territorio” (Burel & Baudry, 2002). Tal como mencionan Vannier *et al.* (2011), en la IALE (International Association for Landscape Ecology), las interacciones entre los ecólogos, geógrafos y planificadores de la tierra han promovido una gran cantidad de iniciativas para el desarrollo de técnicas de mapeo, para utilizar imágenes de sensores remotos y para el diseño de software destinados al análisis de mapas, tales como el FRAGSTATS (McGarigal *et al.* 2012).

Buzai & Mendoza (2004a; 2004b) y Buzai & Baxendale (2011) sostienen que las ventanas móviles son un modo de generalización automática a partir del filtrado de la imagen, procedimiento, mediante el cual, se generará una nueva imagen que reemplazará los niveles digitales - ND de los píxeles originales por un nuevo valor calculado entre varios píxeles vecinos y la finalidad es generar cartografía que muestre características específicas del mosaico paisajístico. Las “ventanas” son las cuadrículas de una matriz y pueden tener diferentes tamaños: desde ventanas de 50x50, 25x25, 10x10 y hasta 5x5 píxeles (Figura 4), a partir, de los cuales, se recalcula el valor de mayor frecuencia -MODA- o el mayor ND -MÁXIMO-.

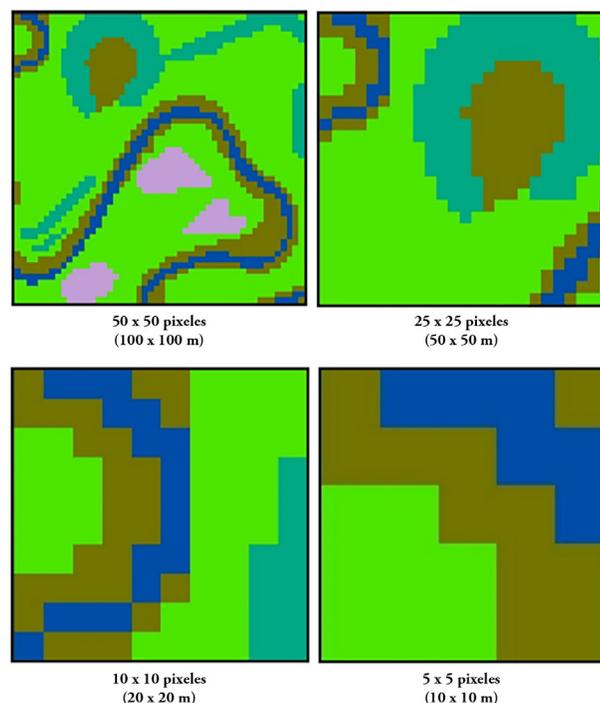


Figura 4. Tamaño de las ventanas móviles.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta contribución se implementó el enfoque de la ecología del paisaje, disciplina que utiliza cuatro caminos metodológicos: el numérico, el espacial, el enfoque multiescalar y de modelación; en este caso, se empleó el enfoque multi o pluriescalar. El desarrollo de este método es posible gracias a la aplicación de etapas metodológicas que guían y organizan su ejecución. La primera de ellas consistió en llevar a cabo la recopilación de fuente de información cartográfica, como imágenes satelitales y fotografías aéreas. Estas últimas serían la base para la elaboración de la cartografía, mediante el proceso de digitalización y, una vez que se cuenta con los mapas en formato vectorial, es posible iniciar la rasterización de la cartografía. Tales procedimientos permitieron el cálculo *de* las métricas o índices de paisaje, formando parte de la etapa de elaboración de la cartografía por ventanas móviles.

Las escalas de trabajo. Al analizar los tres tipos de fuente utilizadas, se advierte que las escalas son distintas y las causas de dichas diferencias, según Sastre & de Lucio (2000), pueden ser “debidas a las características propias de las fuentes de información (tipos de fuentes, variables recogidas, categorías utilizadas, escala de resolución, tipo de muestreo, diferencias temporales o formatos) o debidas a las diferencias en la interpretación o el tratamiento geográfico de la información (objetivos, técnicas de interpretación, criterios de clasificación o errores de interpretación y de digitalización)”. En esta investigación, las diferencias tienen diversos orígenes:

Las fuentes tienen distinta escala de resolución espacial:

- Fotografías aéreas a escala 1:35.000 y digitalizadas a escala 1:5.000 a 1:20.000.
- Imágenes satelitales capturadas del Google Earth, digitalizadas a escala 1:5.000 a 1:20.000 y representadas a escala 1:40.000.

Las fuentes tienen distinta escala de resolución temporal:

- Fotografías aéreas de 1962.
- Imágenes satelitales Google Earth del 25 de enero de 2004.

Hay diferencias en la interpretación y el tratamiento de las fuentes, como ser los criterios de clasificación o la técnica de digitalización:

- Fotografías aéreas: digitalización en pantalla mediante interpretación visual con pares estereoscópicos.
- Imágenes satelitales Google Earth: digitalización en pantalla mediante interpretación visual con apoyo permanente en el Google Earth por el zoom.

El análisis del paisaje y de su dinámica fue diseñado a partir de una aproximación multi o pluriescalar: a diferentes resoluciones espaciales, a diferente escala tipológica en la definición de las

unidades paisajísticas y para distintos períodos de tiempo; por lo tanto, las escalas que se manejaron en esta investigación son la temporal, tipológica y espacial.

Escala temporal: tal como se mencionó, se analiza un mismo espacio a través de tres momentos que, en este caso, son los años 1962 y 2004.

Escala espacial: consiste en la generación de la cartografía por ventanas móviles, explicado en párrafos anteriores, es decir, con variaciones en el tamaño de las ventanas, donde se produce el remuestreo. Éstas tienen dimensiones que van de 5 x 5 (100 x 100 m), 10 x 10 (200 x 200 m), 25 x 25 (500 x 500 m) y 50 x 50 píxeles (1 x 1 km).

Escala tipológica: se trata de una variación en la definición de los tipos de paisaje, que tiene que ver con el nivel de detalle o de generalización al momento de definir el elemento; por ejemplo, en un primer nivel se hace referencia a: “meandro abandonado conectado”, “meandro abandonado viejo” y “meandro abandonado”; luego, en un segundo nivel, más generalizado, la cobertura se define como “meandro abandonado” y en un tercer nivel, a una escala tipológica de menor detalle, este tipo de paisaje se agrupa con otro cuerpo de agua, como el río y definen una nueva categoría.

Suárez Seoane (2000) utilizó una clasificación jerárquica, cuyo principio consiste en reagrupar los individuos o tipos de paisaje más próximos y el resultado final es un árbol, denominado dendrograma, que proporciona la constitución de las distintas clases (Figura 5). Dicho dendrograma fue realizado en ArcGIS y construye un diagrama de árbol que muestra las distancias de los atributos entre clases fusionadas, secuencialmente, en un archivo de firma. El primer componente es una tabla de distancias entre pares de clases, presentadas en la secuencia para fusión; el segundo componente es una representación gráfica de las clases, que demuestra las relaciones y la jerarquía de la fusión. El gráfico ilustra las distancias relativas entre los pares de clases fusionadas en el archivo de firma, las cuales, están basadas en similitudes determinadas estadísticamente (ESRI, 2021). En él, se trazaron dos líneas de corte a diferentes distancias en el árbol, generando determinadas cantidades de paisajes, según se muestra en la tabla 1.

Los cortes realizados en el árbol a una distancia del 15 y 30º percentil permitieron definir la cantidad y los tipos de paisajes que conformarían las nuevas tipologías, denominadas B, correspondiente al 15º percentil y C, al 30º percentil. Cabe mencionar que la tipología A surge directamente de la digitalización de las fuentes, por lo tanto, es la mayor escala de análisis tipológico, tal como se observa en la figura 6, en los que se presenta la cartografía desde las tres escalas, para los años 1962 y 2004.

Seguidamente, a cada escala tipológica (A, B y C) también se le aplicó un cambio de escalas espaciales, mediante la ejecución de un proceso de remuestreo, de manera que las nuevas escalas tipológicas asociadas a las escalas espaciales quedan diseñadas y denominadas de la siguiente forma:

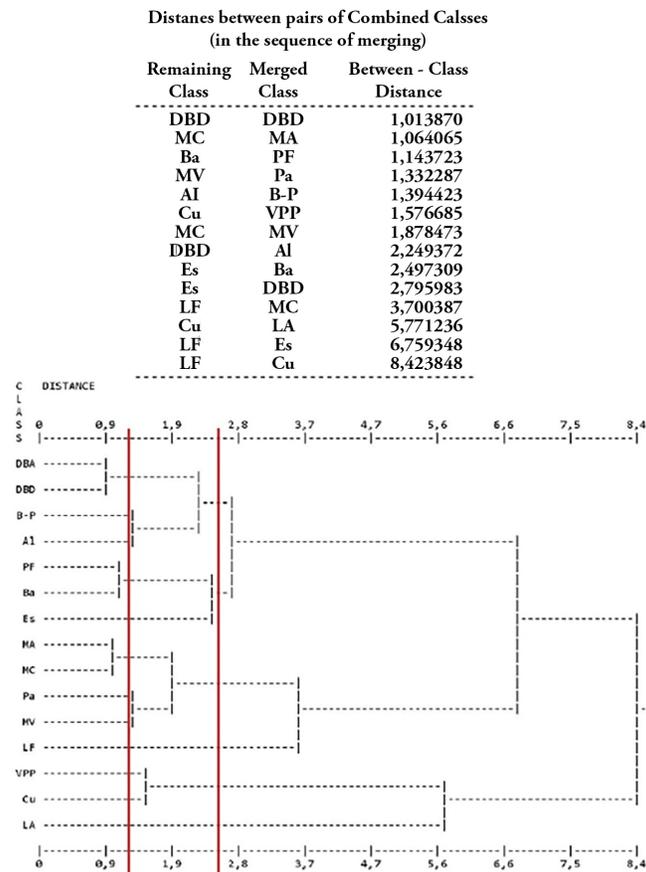


Figura 5. Dendrograma.

Tabla 1. Líneas de corte en el dendrograma.

Líneas de corte	Distancia	Cantidad de paisajes
15° percentil (15%)	1,26	12
30° percentil (30%)	2,53	6

Tipología A: todos los tipos de paisaje o clases de coberturas identificadas a partir de la fuente, es decir, 15 clases en total (Figura 7a):

1. **LF:** Lecho fluvial activo, con escasa o nula vegetación flotante y escorrentía permanente.
2. **MC:** Meandro conectado.
3. **MA:** Meandro abandonado.
4. **MV:** Meandro antiguo, todos meandros en proceso de colmatación y cuentan con vegetación acuática y palustre.
5. **Pa:** Paleocauce o curso fluvial antiguo con vegetación predominantemente palustre.
6. **Es:** Estero con anegamiento permanente y predominio de vegetación palustre y acuática.
7. **Ba:** Bañado con anegamiento semipermanente y con vegetación acuática, palustre y terrestre.
8. **PF:** Planicie fluvial con pastizales y/o palmerales y anegamientos periódicos.
9. **DBD:** Derrame lateral bien drenado con bosque bajo y/o degradado.
10. **DBA:** Derrame lateral bien drenado con bosque alto o muy alto.
11. **AI:** Albardón cubierto con selva de ribera e inundados excepcionalmente.
12. **P-B:** Peladar o suelo desnudo y/o blanquizal.
13. **Cu:** Cultivo o área en barbecho.

14. **VPP:** Valle de inundación de los ríos Paraguay – Paraná con selvas de ribera, esteros y meandros abandonados.

15. **LA:** Laguna artificial.

Tipología B: surge a partir de la selección de la distancia de corte de 2,53 en el dendrograma, es decir, en el 15° percentil, resultando un total de 12 clases (Figura 7b), cuya denominación es la siguiente, en función de las coberturas que se agrupan:

1. **DB:** Derrame lateral bien drenado con bosque alto, mixto, bajo y degradado.
2. **B-P:** Peladar o suelo desnudo y/o blanquizar.
3. **Al:** Albardón cubierto con selva de ribera e inundado excepcionalmente.
4. **PF-Ba:** Planicie fluvial con sectores anegados ocupados por bañados.
5. **Es:** Estero con anegamiento permanente y predominio de vegetación palustre y acuática.
6. **MA-MC:** Meandro abandonado y conectado en proceso de colmatación con vegetación acuática y palustre.
7. **Pa:** Paleocauce con vegetación predominantemente palustre.
8. **MV:** Meandro antiguo en proceso de colmatación con vegetación acuática y palustre.

9. **LF:** Lecho fluvial activo, con escasa o nula vegetación flotante y escorrentía permanente.

10. **VPP:** Valle de inundación de los ríos Paraguay – Paraná con selvas de ribera, esteros y meandros abandonados.

11. **Cu:** Cultivo o área en barbecho.

12. **LA:** Laguna artificial.

Tipología C: con el corte en el 30° percentil, a una distancia de 2,53 en el dendrograma, surgen 6 clases (Figura 7c), a saber:

1. **DB-Al-B:** Derrame lateral bien drenado con albardones y blanquiazales.
2. **PF-Es-Ba:** Planicie fluvial con sectores anegados ocupados por esteros y bañados.
3. **M-Pa:** Meandro abandonado y paleocauce en proceso de colmatación con vegetación acuática y palustre.
4. **LF:** Lecho fluvial activo, con escasa o nula vegetación flotante y escorrentía permanente.
5. **VPP-Cu:** Valle de inundación de los ríos Paraguay – Paraná y cultivo o área en barbecho.
6. **LA:** Laguna artificial.

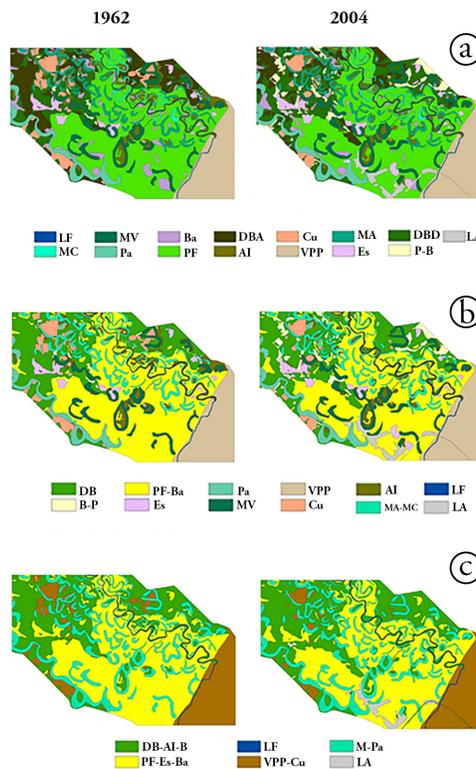


Figura 6. Escalas tipológicas a, b y c, en los años 1962 y 2004.

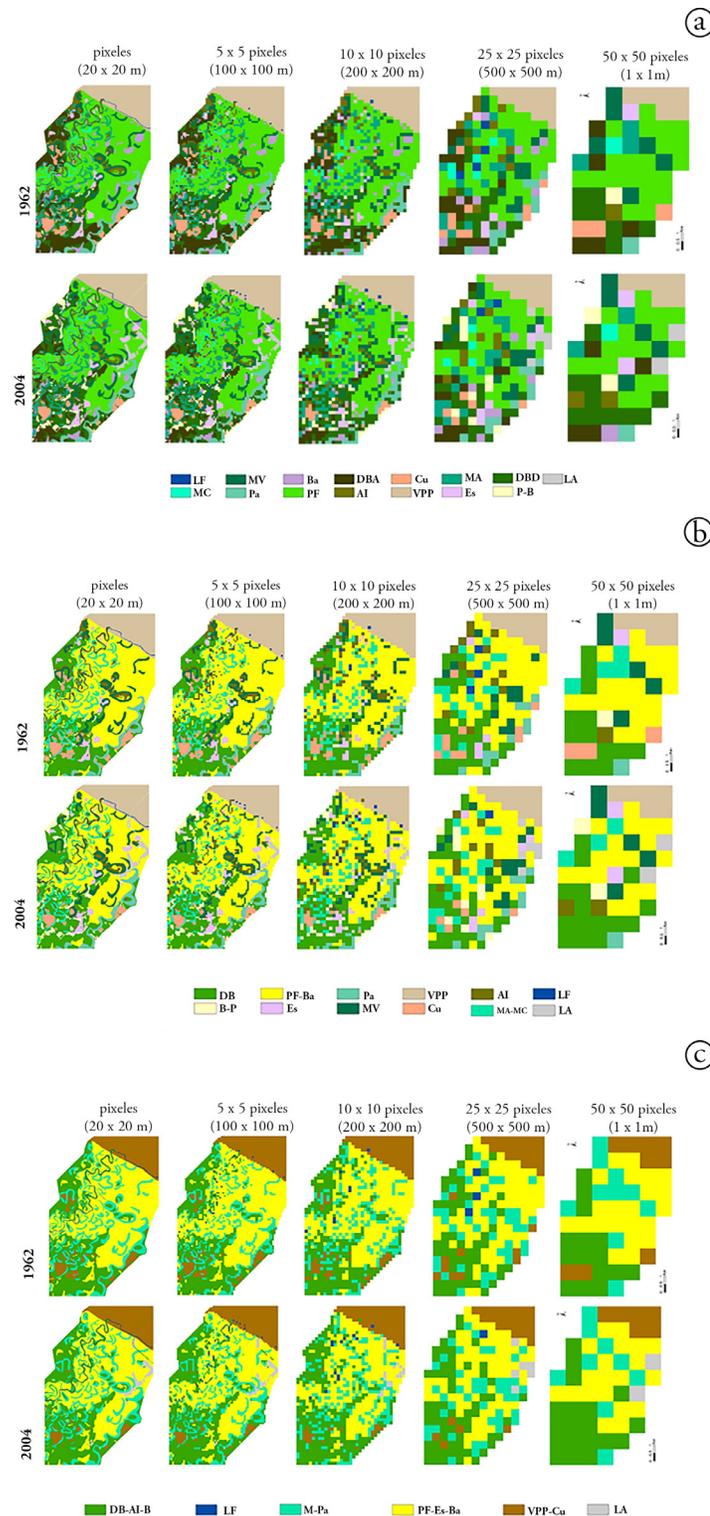


Figura 7. Escalas espaciales: a) Tipología a, en los años 1962 y 2004; b) Tipología b, en los años 1962 y 2004; c) Tipología c, en los años 1962 y 2004.

Finalmente, la cartografía elaborada a partir de las diferentes escalas tipológicas y espaciales fue el insumo para calcular, en el Fragstats, algunos índices de composición y configuración del paisaje, con

el fin de identificar si existe una dependencia de la escala en los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, se elaboró la cartografía por ventanas móviles a diferentes escalas espaciales, tipológicas y temporales. Los aspectos principales de la escala son la extensión y el grano. “La extensión hace referencia al espacio seleccionado para estudiar el fenómeno de interés; el grano es la resolución a la que se estudia un objeto” (Farina, 2011), es decir que, en este caso, se hace alusión al grano. La escala espacial original (píxel de 20 x 20 m) es la que tiene mayor nivel de detalle, por lo cual, se seleccionaron otras cuatro, en las que se va incrementando el grado de generalización, conforme los píxeles adquieren más tamaño (Figuras 7a-c).

De las tres escalas tipológicas, la que tiene mayor nivel de detalle (denominada con la letra A) es la que se originó de la digitalización directa de las fuentes utilizadas. Las demás escalas (B y C) tienen menos detalle y surgen de la aplicación de dos cortes en el árbol del dendrograma (Figura 6).

Los mapas elaborados proporcionan una gama de posibles representaciones del mismo paisaje con diferentes niveles de detalle. En los mapas de la figura 6, se volcaron en formato vectorial las escalas tipológicas, elaboradas a partir de la dimensión temporal. La tipología A es la clasificación original extraída de las imágenes satelitales del Google Earth y estudios de campo. La tipología B, se obtuvo a partir del remuestreo en menos clases, por lo que transmite menos información. La tipología C es la menos detallada y se logró utilizando el mismo procedimiento (estas dos últimas tipologías se obtuvieron reclasificando la original denominada A); por lo tanto, “a medida que la resolución se vuelve más gruesa, se reconocen menos clases” (Suárez-Seoane & Baudry, 2002). Lo más notable es la persistencia de las lagunas artificiales en todas las tipologías en 2004 y su ausencia, en 1962 (Figura 6).

Mediante el procedimiento de rasterización de la cartografía original, cada uno de los mapas vectoriales (seis en total), se convirtieron en una cuadrícula de columnas y filas, cuyas cantidades varían según las diversas resoluciones adoptadas. Resolución espacial de: píxel de 20 x 20 m= 348 filas por 508 columnas; píxel de 100 x 100 m= 70 filas por 102 columnas; píxel de 200 x 200 m= 31 filas por 51 columnas; píxel de 500 x 500 m= 14 filas por 20 columnas; píxel de 1 x 1 km= 7 filas por 10 columnas (Figuras 7a-c).

Dichas representaciones muestran diferentes características:

Tipología A: Notable incremento de los blanquiales entre 1962 y 2004, que se advierte en todas las escalas espaciales; aparición de las lagunas artificiales en 2004, que se observa en todas las escalas espaciales; corredores, como los blanquiales de la ruta, que se ve en 2004, desaparecen a partir de la segunda escala espacial (5 x 5 píxeles) y otros corredores, como el río, no están presente en todas las escalas; en la de 5 x 5 píxeles, el curso fluvial no es continuo y en la de 50 x 50 píxeles, desaparece, mientras que el paleocauce deja de ser un corredor para ser un único píxel, de 1 x 1 km (Figura 7a).

Tipología B: Se aprecia aún más la aparición de las lagunas artificiales en el 2004 y su ausencia en 1962; existe una disminución entre 1962 y 2004 de las superficies dedicadas a los cultivos (Figura 7b).

Tipología C: Al ser la escala tipológica menos detallada, se identifican más rápidamente los tipos de paisaje que registran alguna modificación, por lo que, nuevamente, se nota la aparición de las lagunas artificiales en el 2004 (Figura 7c).

Tantas escalas espaciales, tipológicas y temporales pueden causar inconvenientes en una investigación, si no se tienen en claro los objetivos de esta, ya que, si se cuenta con escalas detalladas, “la información excesiva puede crear desorden inútil, mientras que un mapa con muy pocos detalles transmite poca información” (Suárez-Seoane & Baudry, 2002), como es el caso de las escalas de grano grueso. Además, “a menudo no se comprende un fenómeno en su totalidad porque se ha estudiado a una escala no adecuada” (Farina, 2011). Ahora bien, lo que se pretende comprobar es la dependencia de los índices con las escalas de análisis. Al respecto, Suárez-Seoane & Baudry (2002) sostienen que “existe una dependencia de escala en la observación de un fenómeno cuando la intensidad media de este fenómeno varía con la escala espacial o el tiempo de observación”. Cabe aclarar que se considera que existe una dependencia escalar en la medida en que haya un incremento o disminución continua del valor de los índices, ya sea a lo largo del tiempo o con la disminución de la complejidad de la tipología o con el aumento la granulometría de los píxeles.

A lo largo del desarrollo de la presente investigación, se han calculado índices para la tipología A y en la resolución espacial original, es decir, para las representaciones cartográficas correspondientes al píxel original (20 x 20 m) de la tipología A, en ambos años, que se encuentran en la figura 7a. También, se aplicaron los índices a las demás representaciones cartográficas realizadas a diferentes escalas tipológicas y con variación del grano; sin embargo, no se averiguó el comportamiento de todas las métricas utilizadas en la primera parte del presente capítulo, sino que se seleccionaron solamente para la diversidad: el índice de equidad de Shannon (SHEI) e índice de diversidad de Shannon (SHDI); para la fragmentación: número de parches (NP) e índice de porcentaje de adyacencias similares (PLADJ) y para la conectividad: el índice de Cohesión de Parches (COHESION) e Índice de Conectancia (CONNECT) (Tabla 2).

Lo que se aprecia claramente en los valores de ambas tablas es la inexistencia de un patrón de comportamiento unificado para todos los índices; cada métrica presenta una variabilidad pluriescalar independiente de las demás, pero la identificación de la dependencia de los resultados, con cada una de las escalas temporales, tipológicas y espaciales, es bastante difícil con la mera interpretación de las tablas mencionadas. Por tal motivo, a partir del comportamiento de los guarismos calculados para cada uno de los índices de manera pluriescalar, se elaboraron cuadros que, de forma esquemática y sintética, muestren su comportamiento con relación a cada escala trabajada.

Tabla 2. Índices de diversidad, fragmentación y conectividad, según escalas temporal, tipológica y espacial.

Escalas		Diversidad		Fragmentación		Conectividad		
Temporal	Tipológica	Espacial	SHEI	SHDI	NP	PLADJ	Cohesión	Connect
1962	A	Píxel 20 x 20 m	0,815	2,15	377	90,87	98,39	84,71
		5 x 5 píxeles (100 x 100)	0,810	2,14	343	67,20	94,41	80,67
		10 x 10 píxeles (200 x 200)	0,815	2,15	206	51,80	89,61	77,81
		25 x 25 píxeles (500 x 500)	0,874	2,24	67	34,22	69,66	81,14
		50 x 50 píxeles (1 km x 1 km)	0,803	2,00	22	33,04	62,30	81,25
	B	Píxel 20 x 20 m	0,773	1,85	289	91,94	98,66	87,70
		5 x 5 píxeles (100 x 100)	0,754	1,81	254	71,97	95,61	85,06
		10 x 10 píxeles (200 x 200)	0,762	1,83	144	59,13	92,03	80,37
		25 x 25 píxeles (500 x 500)	0,815	1,88	46	40,67	79,57	83,78
		50 x 50 píxeles (1 km x 1 km)	0,779	1,79	16	38,39	69,65	85,71
	C	Píxel 20 x 20 m	0,841	1,35	239	92,49	98,86	85,58
		5 x 5 píxeles (100 x 100)	0,823	1,32	205	73,74	96,14	83,22
		10 x 10 píxeles (200 x 200)	0,831	1,34	106	61,76	93,17	77,78
		25 x 25 píxeles (500 x 500)	0,854	1,37	35	44,00	82,34	80,00
		50 x 50 píxeles (1 km x 1 km)	0,953	1,32	10	43,75	78,50	60,00
2004	A	Píxel 20 x 20 m	0,826	2,24	464	89,82	98,37	81,48
		5 x 5 píxeles (100 x 100)	0,817	2,21	394	64,40	93,94	82,54
		10 x 10 píxeles (200 x 200)	0,827	2,24	213	48,16	89,12	78,18
		25 x 25 píxeles (500 x 500)	0,864	2,34	72	30,22	70,01	80,70
		50 x 50 píxeles (1 km x 1 km)	0,829	2,13	24	25,00	59,44	92,31
	B	Píxel 20 x 20 m	0,798	1,98	366	90,93	98,66	82,94
		5 x 5 píxeles (100 x 100)	0,781	1,94	308	68,62	94,75	85,13
		10 x 10 píxeles (200 x 200)	0,795	1,98	164	53,82	90,02	81,49
		25 x 25 píxeles (500 x 500)	0,815	2,03	56	36,00	75,33	84,44
		50 x 50 píxeles (1 km x 1 km)	0,815	1,88	20	29,46	64,03	91,67
	C	Píxel 20 x 20 m	0,794	1,42	273	92,12	98,92	84,00
		5 x 5 píxeles (100 x 100)	0,782	1,40	227	72,42	96,41	83,83
		10 x 10 píxeles (200 x 200)	0,788	1,41	109	59,89	93,60	79,11
		25 x 25 píxeles (500 x 500)	0,798	1,43	34	43,11	82,71	81,05
		50 x 50 píxeles (1 km x 1 km)	0,862	1,39	11	39,29	78,14	80,00

Dichos cuadros (Tablas 3 - 5) fueron analizados en dos sentidos: en el vertical (a partir de la información que presentan las columnas), es decir, en búsqueda de un mismo patrón en cada uno de los índices y, en el horizontal (teniendo en cuenta las filas), para detectar variaciones de una escala en función de las dos restantes. Entonces, por un lado, se considera la utilidad de los indicadores desde otras perspectivas, que tienen que ver con las dimensiones escalares y, por otro lado, se indaga sobre los beneficios y las dificultades al adoptar cada una estas escalas, lo que serviría como antecedente para futuros análisis paisajísticos.

Escala temporal. En la tabla 3, se representó esquemáticamente el comportamiento que tienen los índices de diversidad, fragmentación y conectividad, en función de la escala temporal, es decir, de los años 1962 y 2004. Los indicadores se comportan de la siguiente manera: el SHDI, se incrementa con el tiempo en todas

las dimensiones tipológicas y espaciales; por otra parte, la diversidad aumenta, fundamentalmente, porque se encuentra muy próxima a la ciudad. El único índice que conserva un patrón de incremento a lo largo de ambos momentos es el de Conectividad.

Si se examinan los índices en detalle se advierten particulares diferencias. Fundamentalmente, se detecta un patrón en el sentido vertical, es decir, en los índices de fragmentación NP y PLADJ y de diversidad SHDI, lo cual, indica que los mismos registran idéntico comportamiento en el tiempo, a diferentes escalas tipológicas y espaciales. Las restantes métricas de conectividad COHESION y CONNECT y diversidad SHEI no presentan un claro patrón en su dinamismo temporal e, incluso, cuando menos detalles existen en la escala tipológica C, el comportamiento de los indicadores es inverso, como en el SHEI y de Cohesión.

Tabla 3. Índices de diversidad, fragmentación y conectividad, según la escala temporal.

Año Escala	índice	Diversidad		fragmentación		Conectividad	
		SHEI	SHDI	NP	PLADJ	cohesión	Connect
A	Original	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	5 x 5 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	10 x 10 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	25 x 25 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	50 x 50 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
B	Original	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	5 x 5 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	10 x 10 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	25 x 25 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	50 x 50 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
C	Original	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	5 x 5 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	10 x 10 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	25 x 25 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	50 x 50 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Referencias:							

Uno de los elementos que podría explicar este patrón es la escasa distancia a los asentamientos humanos, muy cerca de la ciudad de Resistencia, ya que cuanto menor es el detalle de la dimensión tipológica, se invierte el patrón temporal; por lo tanto, para futuras investigaciones versadas sobre la estructura y dinámica en paisajes del oriente chaqueño, se recomienda utilizar –en la medida en que las fuentes lo permitan– escalas espaciales de granulometría pequeña, con píxeles no mayores de 500 x 500 m y escalas tipológicas de detalle, con una cantidad de clases, que rondan entre los 14 - 15 y 9 - 12, para las tipologías A y B, respectivamente.

Escala tipológica. En la tabla 4 se observa que, en los dos momentos temporales, la mayoría de los indicadores de diversidad, fragmentación y conectividad exhiben un dinamismo, en el que sus valores disminuyen (SHDI y NP) o aumentan (PLADJ y COHESION), a medida que se reduce la complejidad de la escala tipológica, es decir, que existe una dependencia de estos índices con dicha escala de análisis. Por otra parte, los valores de conectividad

(CONNECT) parecen ser independientes de la escala tipológica, ya que tienen un comportamiento variable, a medida que ésta se hace menos detallada. De forma similar fluctúa el SHEI, es decir, que cuando descienden los valores se incrementa la escala tipológica; por lo tanto, hay menor diversidad, cuanto menos detallada es la dimensión tipológica o menos categorías contenga la misma.

Escala espacial. Si se realiza un análisis de la tabla 5 en el sentido vertical es indiscutible la dependencia de la escala que existe en los indicadores de fragmentación NP y PLADJ y conectividad (COHESION), ya que conforme aumenta el tamaño del grano disminuyen la cantidad de parches, el porcentaje de adyacencias similares entre los píxeles y la cohesión de parches o el grado de aglutinamiento de una clase. Para el resto de las métricas, la trayectoria fue irregular y fluctúan sin mostrar un patrón a medida que la escala espacial aumenta, es decir, a medida que los píxeles ocupan mayor superficie.

Tabla 4. Área A. Índices de diversidad, fragmentación y conectividad según la escala tipológica.

Año Escala	Índice	Diversidad		fragmentación		Conectividad	
		SHEI	SHDI	NP	PLADJ	cohesión	Connect
1962	Original	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	5 x 5 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	10 x 10 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	25 x 25 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	50 x 50 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
2004	Original	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	5 x 5 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	10 x 10 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	25 x 25 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
	50 x 50 píxeles	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Referencias:							

CONCLUSIONES

La estructura y dinámica del paisaje varía, en mayor o menor medida, según el indicador, con la tipología de las unidades de paisaje consideradas, con la resolución granulométrica de la escala espacial y con los momentos adoptados en la escala temporal.

Se encontraron diferentes dependencias de escala para distintas tipologías. En este sentido, Suárez Seoane (2000) sostiene que “A gran escala, el entorno físico es el factor principal que controla la estructura del paisaje, mientras que, a escalas finas, las actividades humanas pueden ser más importantes”; por lo tanto, si bien en el trabajo de Suárez-Seoane & Baudry (2002) una “tipología altamente detallada dificultaba la comprensión de los procesos en estudio”, en la presente investigación, se valoró dichas dimensiones tipológicas con mayor nivel de detalle (A y B), como las más apropiadas, para averiguar la estructura y dinámica de los paisajes que tengan alguna influencia antrópica, dejando la resolución tipológica más gruesa –en la que se reconocen menos clases, como la C- solo para los sectores naturales o menos antropizados.

Las resoluciones espaciales más finas son las más fiables y fidedignas de aplicar en este tipo de paisajes, ya que las granulometrías gruesas no presentan patrones en su trayectoria, incluso, muestran un comportamiento opuesto a las escalas más detalladas.

La dependencia con la escala temporal se observa en la mayoría de los indicadores, debido al incremento o descenso de estos con el transcurso del tiempo; sin embargo, en algunos casos, los índices se mantienen estables, especialmente, en las escalas de grano grueso, en correspondencia con lo mencionado por Suárez-Seoane & Baudry (2002): “los bloques pequeños exhibieron una variación de cambio mayor que los más grandes”.

Por último, mientras que la diversidad y el número de parches disminuye con el aumento de la resolución tipológica, el porcentaje de adyacencias similares y la cohesión entre parches, se incrementan.

REFERENCIAS

- ARANCIBIA-ARCE, L.R.; PEROTTO-BALDIVIESO, H.L.; FURLÁN, J.R.; CASTILLO-GARCÍA, M.; SORIA, L.; RIVERO-GUZMÁN, K. 2013. Evaluación espacial y temporal de fragmentación y conectividad para actividades ecoturísticas en un sitio RAMSAR: Los Bañados de Isoo (Santa Cruz, Bolivia). *Ecología en Bolivia*. 48(2):87-103.
- BUREL, F.; BAUDRY, J. 2002. *Ecología del Paisaje: Conceptos, métodos y aplicaciones*. Ediciones Mundi-Prensa. 353p.
- BUZAI, G.D.; MENDOZA, N.E. 2004a. El espacio geográfico como estructura de mosaicos: cálculo de índices y métricas de paisajes a través del tratamiento cuantitativo de imágenes satelitales. *Gerencia Ambiental* 11(104):172-176.
- BUZAI, G.; MENDOZA, N. 2004b. Cálculo de índices y métricas de la estructura del paisaje a partir del tratamiento cuantitativo de imágenes satelitales. *Fronteras*. 3(3):32-36.
- BUZAI, G.D.; BAXENDALE, C.A. 2011. *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Tomo I: Perspectiva científica, temáticas de bases raster*. Memoria XIV Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica. Lugar Editorial. p.391-392.
- CASADO, A.; PEIRY, J.L.; CAMPO, A.M. 2008. Estudio de la estructura y dinámica de paisajes de montaña. Caso de la Cuenca de la Voireuze, Macizo Central, Francia. 10° Congreso Internacional Alexander von Humboldt. Rosario, Argentina.
- COMINS, J.S. 1996. La función del paisaje: cartografía analítica y sintética. *Serie Geográfica*. 6:179-212.
- CONSTANZA, R.; MAXWELL, T. 1994. Resolution and predictability: An approach to the scaling problem. *Landscape Ecology*. 9(1):47-57. <https://doi.org/10.1007/BF00135078>
- CULLINAN, V.; THOMAS, J. 1992. A comparison of quantitative methods for examining landscape pattern and scale. *Landscape Ecology*. 7:211-227. <https://doi.org/10.1007/BF00133311>
- ESRI. 2021. Dendrograma. ArcMap. Disponible desde Internet en: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/dendrogram.htm>
- FARINA, A. 2011. *Ecología del Paisaje*. Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- GOLLEY, F.B. 1987. Introducing landscape ecology. *Landscape Ecology*. 1:1-3. <https://doi.org/10.1007/BF02275260>
- GURRUTXAGA SAN VICENTE, M.; LOZANO VALENCIA, P.J. 2008. *Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre*. *Estudios Geográficos*. 69(265):519-543. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.0427>
- LOZANO LLANOS, J. 2005. El paisaje como base para la ordenación del medio natural. En: Fernández-Manso, A.; San Román Rodríguez, J.; Valbuena Ralea, M. (Edit.) *Nuevos retos de la Ordenación del Medio Natural*. Universidad de León. 40-48p.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. 2006. Reflexión geográfica sobre los paisajes y los Parques Nacionales. Una mirada al futuro. En: Seminario del Paisaje. Universidad Autónoma de Madrid – Instituto del Paisaje FDS. Fundación Duques de Soria, Soria. España. p.9-36.

- MATTEUCCI, S.D. 1998. Capítulo 11. La cuantificación de la estructura del paisaje. En: Matteucci, S.; Buzai, G. (edit.) *Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial*. EUDEBA, Colección CEA N° 21, Centro de Estudios Avanzados. Buenos Aires. p. 271-291.
- MATTEUCCI, S. 2004. Los índices de configuración del mosaico como herramienta para el estudio de las relaciones patrón – proceso. En: Buzai, G. (comp.) *Memorias del Primer Seminario Argentino de Geografía Cuantitativa*. p. 1-28.
- MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.A.; ENE, E. 2012. FRAGSTATS v4: Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Disponible desde Internet en: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- SASTRE OLMOS, P.; DE LUCIO, J.V. 2000. Introducción al estudio de la estructura espacial de los elementos lineales y el mosaico del paisaje a distintas escalas. Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid Fernando González Bernáldez. p.96.
- SUÁREZ SEOANE, S. 2000. Efectos ecológicos derivados del abandono de tierras de cultivo en la Provincia de León (Municipio de Chozas de Abajo). Tesis Doctoral, Universidad de León. 277p.
- SUÁREZ-SEOANE, S.; BAUDRY, J. 2002. Scale dependence of spatial patterns and cartography on the detection of landscape change: relationships with species' perception. *Ecography*. 25(4):499-511. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0587.2002.250412.x>
- TURNER, M.G. 1989. Landscape ecology: The effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 20:171-197.
- VANNIER, C.; VASSEUR, CH.; HUBERT-MOY, L.; BAUDRY, J. 2011. Multiscale ecological assessment of remote sensing images. *Landscape Ecology*. 26:1053-1069. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9626-y>