

Cobertura y uso de la tierra en el área periurbana de la ciudad de Córdoba, Argentina. Aportes a la planificación territorial

A. H. Barchuk^{1*}; L. S. Suez¹ y L. Locati¹

¹Instituto Superior de Estudios Ambientales (ISEA – SECYT - UNC), Av. Filloy S/N Ciudad Universitaria, CP: 5000, Córdoba.
Cátedra de Ecología Agrícola de la FCA – UNC, Av. Valparaíso S/N Ciudad Universitaria, CP: 5000, Córdoba.

*Autor de correspondencia: aliciabarchuk@gmail.com

RESUMEN

El objetivo general del presente trabajo es analizar la estructura actual del paisaje en el área periurbana de Córdoba bajo la hipótesis de que la pérdida de los cinturones verdes fruti-hortícolas está relacionada con la urbanización y la agriculturización extensiva. Se trabajó en base a la teledetección y en Sistema de Información Geográfica (SIG) con una imagen Spot5 de 4 de enero de 2014 (10 m). Para zonificar y clasificar las coberturas presentes en el área de estudio, se realizó primero un análisis visual y luego, para la clasificación se aplicaron tres módulos: *Segmentation*, *Segtrain* y *SegClass* del programa TerrSet. Se realizaron a campo 90 observaciones del uso de la tierra mediante geoposicionador satelital. Se calcularon 8 métricas de parches y se aplicaron técnicas de análisis para describir el patrón del paisaje de todas las clases de cobertura en conjunto tales como entropía normalizada, riqueza relativa, densidad de borde, área de parche o compacidad de parche. Se concluye que la frontera agrícola extensiva aparece como el principal factor de transformación del cinturón verde fruti-hortícola de la ciudad de Córdoba. El cinturón verde fruti-hortícola sur es reemplazado casi completamente por la agricultura intensiva de tipo industrial. También, la urbanización es un factor que conduce a un entorno con una composición fragmentada y heterogénea. El estudio además muestra que las categorías de paisaje: las arboledas, los montes, el río y el cinturón verde hortícola, contribuyen a un patrón de paisaje de alta diversidad, importantes a ser considerados a la hora de la recuperación de los servicios ecosistémicos.

Palabras clave: Patrón de paisaje, Cinturón Verde fruti-hortícola de Córdoba, expansión urbana y agrícola, SIG.

ABSTRACT

The general objective of the present work is to analyze the current structure of the landscape in the periurban area of Córdoba city under the hypothesis that the loss of the fruti-horticultural green belt they are related to urbanization and extensive agriculture. The work was done based on remote sensing and Geographic Information System (GIS) with a Spot5 image of January 4, 2014 (10 m). In order to zonify and to classify the cover present in the study area, a visual analysis was performed first and then, three modules were applied: *Segmentation*, *Segtrain* and *SegClass* of the TerrSet program for the classification. A total of 90 observations were made on each use of land with GPS. Eight patch metrics were applied and analysis techniques were used to describe the landscape pattern of all joint coverage classes such as normalized entropy, relative richness, edge density, patch area, or patch compactness. It is concluded that the extensive agricultural frontier appears as the main factor of transformation of the fruti-horticultural green belt of the city of Córdoba. The southern fruti-horticultural belt is replaced almost entirely by intensive industrial-type agriculture. Also, urbanization is a factor that leads to an environment with a fragmented and heterogeneous composition. The study also shows that the landscape categories: groves, forests, the river and the horticultural green belt contribute to a landscape pattern of high diversity, important to be considered in the recovery of ecosystem services.

Key-words: Landscape Patterns, Horticulture green Belt - Córdoba, agriculture and urban expansion, GIS.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas los cinturones verdes fruti-hortícolas han sido reemplazados por el desarrollo urbano y por la agricultura de tipo industrial. La frontera agraria extensiva con uso de grandes cantidades de agroquímicos y fertilizantes (Altieri, 1995; Pengue, 2014) ha afectado profundamente los cinturones verdes fruti-hortícola de las ciudades argentinas (Manuel-Navarrete et al., 2005), tradicionalmente productoras de los alimentos perecederos necesarios para alimentar a la población local (Pengue, 2005). La tendencia indica que los cinturones verdes están desapareciendo.

Sin embargo, los parques, los bosques y los suelos cultivados periurbanos tienen importantes funciones ecológicas, sociales y económicas (FAO, 2007). Además, la gente de las ciudades está deseosa por acceder a espacios verdes para recrearse y experimentar la naturaleza, así como, poder adquirir alimento fresco variado de calidad, cantidad y saludable (Priego González de Canales, 2004).

Los territorios periurbanos, en términos estructurales, pueden ser considerados como superficies espacialmente heterogéneas, que se expresan

como un mosaico integrado por un conjunto de unidades homogéneas denominadas parches, entre las cuales se establecen relaciones espaciales (Forman, 1995). Los estudios recientes consideran a la fragmentación de los paisajes inducida por la creciente urbanización, como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad (Tian et al. 2011). Sin embargo, han comenzado a crecer las investigaciones que incluyen elementos del paisaje que compensen los efectos negativos de la fragmentación del hábitat en los paisajes agrícolas o naturales (Vergnes et al., 2013) pero poco se conoce como se modela endógenamente el paisaje ante los factores que intervienen en su reestructuración como la expansión de la agricultura de gran escala.

Los cinturones verdes de las ciudades también pueden proveer servicios ecosistémicos significativos. Los mismos se definen como los beneficios que la población humana deriva, directa o indirectamente de las funciones del ecosistema (MEA, 2005). Pueden proteger de las emisiones de dióxido de carbono, purificar el aire y el agua, regular el microclima, reducir el ruido (Loures y Costa, 2012), proteger el suelo y el agua (Smith et al., 2013); mantener la biodiversidad (Quijas et al., 2012), y tener valores recreativos, culturales y sociales (Nahuelhual et al., 2016). Así, el cinturón verde mejora el entorno urbano, contribuye a la salud pública y aumenta la calidad de vida de todos los habitantes.

Coexisten dos posiciones principales de planificación respecto a la relación ciudad-paisaje: por un lado, el paisaje es visto como un elemento separador de la ciudad y el suburbio. Según este punto de vista, los cinturones verdes están diseñados para proteger una forma urbana compacta. Por otro lado, el paisaje es percibido como un elemento de conexión de las regiones y la ciudad, e integrado a la región (Kühn, 2003; Vergnes et al., 2013).

La fragmentación consiste en fraccionar un hábitat continuo, un tipo de uso de la tierra, una biota o un ecosistema, en parches. Los parches son unidades dinámicas que se reconocen a varias escalas espaciales y temporales. Se pueden medir los atributos de los parches (métricas) y a nivel de contraste entre los componentes del paisaje (por ej. las coberturas) (McGarigal y Marks, 1995). Estos atributos pueden ayudar a cuantificar la magnitud del proceso de fragmentación del

paisaje urbano - rural (Tian et al., 2011). Según la teoría de la fragmentación, la condición ecológica de un parche con respecto a factores como la diversidad biológica, la heterogeneidad del hábitat y los niveles de perturbación en su borde e interior, están estrechamente relacionados con los atributos del parche tales como tamaño, forma, aislamiento y conectividad a otros (Farina, 2006). Es necesario tener en cuenta que la descripción cuantitativa permite explorar las relaciones entre el patrón espacial y el proceso, y que deberían tener alguna relevancia ecológica (Li y Wu, 2004). Los avances de ambas fronteras: urbana y de agricultura industrial, ha ocasionado la afectación de los servicios ecosistémicos y la pérdida de producción de alimentos en Córdoba. En particular, su cinturón verde fruti-hortícola viene manifestando un lento retroceso en cuanto al número de productores y hectáreas trabajadas (Díaz Terreno, 2011; Giobellina y Quinteros, 2015).

El objetivo general del presente trabajo es analizar la estructura actual del paisaje en el área periurbana de Córdoba bajo la hipótesis de que la pérdida de los cinturones verdes fruti-hortícolas está relacionada con la urbanización y la agriculturización extensiva. Para esto se interpreta visual y digitalmente la imagen satelital Spot5 con resolución de 10 m; zonifica y clasifica las coberturas presentes en el área de estudio; se describe la composición espacial de las métricas en los diferentes tipos de coberturas y la complejidad del patrón del paisaje considerando en conjunto las unidades de cobertura y uso de la tierra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: Se delimitó un rectángulo de 107 mil hectáreas aproximadamente que comprende el sector centro este de la ciudad de Córdoba y todo el periurbano (Fig. 1), en la provincia de Córdoba, Argentina. El área abarca al Cinturón Verde de Córdoba histórico, conformado por tres zonas bien definidas: sector norte regado por el Canal Maestro Norte que comprende el noreste del departamento Capital y parte del departamento Colón: Villa Retiro, Villa Esquiú, El Quebrachal, El Gateado, Guiñazú y parte de Colonia Tirolesa; el sector este es la zona de Chacras de la Merced a las orillas del Río Suquía, que comprende parte de los tres departamentos Capital, Colón y Santa María; y el sector Sur ocupando parte del sureste del departamento Capital y parte del departamen-

to de Santa María comprendiendo el camino a San Carlos, camino a 60 Cuadras, Camino a San Antonio, Ferreyra y La Carbonada, también definido por el sistema de riego Canal Maestro Sur, que se derivaba del dique San Roque. Actualmente, la Zona Sur se abastece del dique los Molinos. Las localidades que se encuentran dentro de la zona de estudio de norte a sur pasando por el este en forma de anillo irregular alrededor de la ciudad de Córdoba son: Juárez Celman, Colonia

Tirolesa, Malvinas Argentinas, Toledo y Bouwer. La zona estudiada presenta una temperatura media anual de 17°C, con amplitud térmica de 14°C. Manifestándose un período libre de heladas que alcanza los 270 días entre septiembre y mayo. Las precipitaciones oscilan entre 750 mm al Oeste y 800 mm al Este, con una distribución estacional de tipo monzónico presentándose un déficit hídrico de 180 mm al Este y 240 mm al Oeste de la ciudad de Córdoba (Capitanelli, 1979).

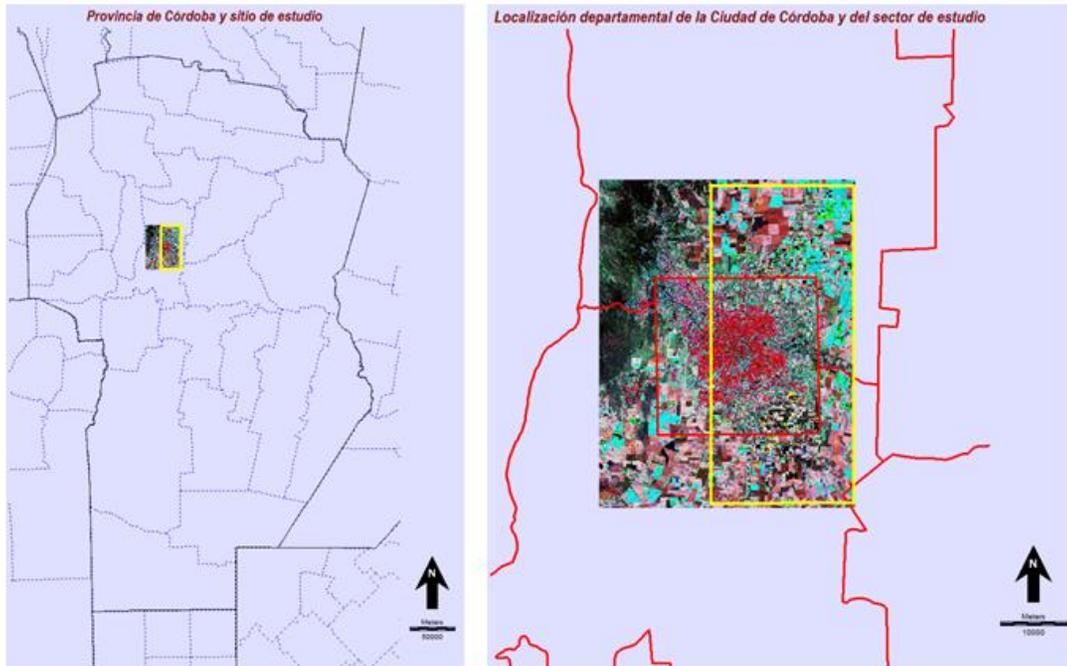


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio (-64,000933; -31,191798; -64,006361; -31,621183; -64,228919; -31,187042; -64,233668; -31,621862) y abarca parte de los departamentos Capital, Colón y Santa María. Imagen falso color compuesta Spot5 (4 enero 2014), en tono rojo se observa la ciudad de Córdoba y en tonos celestes, marrones y rosados las zonas cultivadas; al noroeste se observa parte de las sierras Chica.

Análisis de imagen satelital: Para el estudio se utilizó la imagen satelital Spot5 (Path 684- Row 416, J) del 4 de enero de 2014 (10 m de pixel) obtenidas por convenio con la CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales, Argentina). La escena tiene 4 bandas: B1 (verde: 0,50 – 0,59 μm), B2 (rojo: 0,61 – 0,68 μm), B3 (infrarrojo cercano: 0,78 – 0,89 μm), B4 MIR (infrarrojo medio: 1,58 – 1,75 μm).

Análisis visual: La descripción visual se realizó sobre una imagen falso color compuesta RGB (b2, b3 y b4). La misma se procesó mediante el uso del módulo *Composite* de Terrset. Luego, se determinaron los criterios de visualización para

las 10 unidades de cobertura definidas y su visualización en la imagen satelital. Para el análisis visual se tuvieron en cuenta los criterios propuestos por Chuvieco (2006): color, tono, forma, diseño, tamaño, textura y asociación, el conocimiento del territorio de estudio y material bibliográfico específico (Sánchez y Barberis, 2013; Fernández Lozano, 2012). Así se reconocieron sobre la imagen satelital 10 unidades de cobertura diferenciales: Urbano, represas y ríos, lagunas, arboledas y monte, cultivo extensivo riego norte, cultivo hortícola, cultivos extensivos, cultivo extensivo riego sur, canteras y ladrilleros y suelo en desuso o barbecho.

Análisis digital: Para encontrar los objetos espe-
 rados se inició el proceso de la segmentación,
 que consta de un fraccionamiento y de una com-
 binación de los segmentos. Para obtener los nive-
 les de la segmentación se consideraron los tama-
 ños de fragmentos por medio de la inspección vi-
 sual seleccionadas de la imagen falso color com-
 puesta RGB.

El programa de Sistema de Información Geográfi-
 ca TerrSet provee tres módulos para la classifica-
 ción. Juntos suministran una metodología híbrida
 entre una clasificación basada en píxeles y una
 apoyada en la segmentación. El módulo *Segmen-
 tation* crea una imagen de segmentos; el módulo
Segtrain desarrolla de forma interactiva los sitios
 de entrenamiento y las firmas basadas en los
 segmentos del módulo *Segmentation* y por último
 el módulo *SegClass* es un clasificador basado en
 la clase mayoritaria dentro de cada segmento.
 Esta clase mayoritaria se deriva de la imagen cla-
 sificada previamente utilizando generalmente un
 clasificador basado en píxeles (clasificador baye-
 siano *Maxlike*). *SegClass* produce una classifica-
 ción suavizada ya que preserva los límites de la
 segmentación y combina la clasificación basada
 en píxeles con la clasificación basada en seg-
 mentos (Eastman, 2016).

Muestreo: Mediante el módulo SAMPLE se pro-
 dujo un archivo vectorial de 10000 puntos para
 ser utilizados como muestreo. Los puntos fueron
 seleccionados de acuerdo con un muestreo alea-

torio en una imagen Google Earth de 2013.

**Análisis de concordancia mediante el índice Kap-
 pa:** Se utilizó CROSSTAB para el análisis del
 cambio entre el siguiente par de imágenes: la
 primera clasificación resultante de la aplicación
 del procedimiento de clasificación SEGMENTA-
 TION y del muestreo de 1000 puntos al azar so-
 bre la imagen del Google Earth 2013 (SAMPLE).
 La Tabla 1 de tabulación cruzada muestra las fre-
 cuencias con las que las clases han permanecido
 iguales (frecuencias a lo largo de la diagonal) o
 han cambiado (frecuencias fuera de la diagonal).
 El índice Kappa de acuerdo (KIA) indica el grado
 de acuerdo entre los dos mapas, tanto en un sen-
 tido general como por categoría.

Corrección de los errores de la clasificación: Se
 transformaron en vectores tipo polígonos de cada
 una de las categorías clasificadas y a imágenes
 vectorizadas se las volcó sobre la imagen Google
 Earth 2013. Una vez exportadas a kml las cate-
 gorías clasificadas se realizó un control exhausti-
 vo de la coincidencia con la categoría correspon-
 diente, reasignando la categorización en caso
 necesario. Luego se realizó de nuevo el análisis
 con el coeficiente Kappa (KIA) entre la imagen
 corregida mediante el procedimiento manual y el
 muestreo de los 10000 puntos al azar aplicados
 sobre la imagen del Google Earth 2013 (SAM-
 PLE). Los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 1. Resultado del cálculo de la matriz de confusión entre dos imágenes: la imagen de los puntos
 de muestreo en columnas (m) y la clasificación producida con SEGMENTATION en filas (c).

C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	KIA-m	KIA-c
1	1350	34	0	21	35	202	18	20	66	418	2164	0.6238	0.9754
2	4	23	1	7	2	3	2	3	0	9	54	0.4259	0.3433
3	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	9	0.7778	0.875
4	3	0	0	171	12	171	18	7	2	171	555	0.308	0.1708
5	1	0	0	3	48	24	24	20	0	6	126	0.3809	0.0333
6	4	5	0	12	40	71	2	79	12	52	277	0.2562	0.0524
7	0	3	0	550	1253	577	2364	87	12	246	5092	0.4641	0.9551
8	2	0	0	47	35	188	28	348	0	15	663	0.5249	0.6084
9	10	0	0	9	2	2	0	1	22	12	58	0.3793	0.1774
10	10	0	0	181	15	117	19	7	10	641	1000	0.6409	0.4082
Total	1384	67	8	1001	1442	1355	2475	572	124	1570	Kappa total: 0.7522		

Tabla 2. Resultado del cálculo de la matriz de confusión entre la imagen de los puntos de muestreo en columnas (m) y la clasificación corregida manualmente en filas (cc).

C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	KIA-m	KIA-cc
1	2164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2164	1	0.9949
2	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	54	1	1
3	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9	1	1
4	0	0	0	555	0	0	0	0	0	0	555	1	0.9928
5	0	0	0	0	81	0	44	1	0	0	126	0.6428	0.3092
6	11	0	0	4	97	152	1	9	0	3	277	0.5487	0.6386
7	0	0	0	0	39	0	5049	4	0	0	5092	0.9916	0.9633
8	0	0	0	0	45	86	147	385	0	0	663	0.5807	0.9649
9	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	58	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	1000	1	0.997
Total	2175	54	9	559	262	238	5241	399	58	1003	Kappa total: 0.9754		

Métricas y patrón del paisaje:

Métricas de parche (McGarigal y Marks, 1995). Los tipos de métricas de parches calculadas para todas las unidades de cobertura y uso de la tierra se presentan en la Tabla 3.

Patrón del paisaje: Se aplicaron técnicas de análisis para describir el patrón del paisaje de todas las clases de cobertura en conjunto: entropía normalizada, riqueza relativa, densidad de borde, área de parche o compacidad de parche. Para la entropía normalizada, la riqueza relativa y la densidad del borde se especifica un tamaño de píxeles vecinos de 7 x 7 y como unidad de medida la hectárea.

Entropía normalizada: es la medida de entropía normalizada de Shannon por la entropía máxima: número de clases de cobertura y uso de la suelo, involucradas. El resultado es un índice que oscila entre 0-1, donde 0 indica un caso donde la cobertura es uniforme dentro de la vecindad y 1 (uno) indica la máxima diversidad posible de unidades de cobertura dentro del sector. La fórmula es la siguiente: $E = -(\sum_{i=1}^k P_i + \ln(P_i)) / \ln(n)$

Donde, N: el número de clases en la imagen; P_i: la proporción i clase de todas las clases en la imagen; i: el índice de las clases dentro del sector; k: el número total de clases dentro de la vecindad.

Riqueza Relativa. Es otra medida de la diversidad de clases de cobertura, medida como: $R = n/n_{max} * 100$. Donde n es el número de clases diferentes presentes en el vecindario y n_{max} es el número máximo de clases posibles.

Densidad de borde es una medida simple de la fragmentación. La densidad de los bordes se tabula como el número de pares adyacentes de píxeles dentro de la vecindad que son diferentes entre sí en relación con el número máximo de pares diferentes posibles.

Área de parches agrupa los píxeles adyacentes de una categoría similar de cobertura de suelo en parches, calcula sus áreas y genera una imagen en la que cada píxel expresa el área del parche a la que pertenece.

La compacidad de parches agrupa los píxeles adyacentes de categoría similar de cobertura de suelo en parches, calcula su compacidad y genera una imagen en la que cada píxel expresa la compacidad del parche al que pertenece. La compacidad se calcula como: $C = \text{SQRT}(A_p / A_c)$. Donde SQRT es la función de raíz cuadrada, A_p es el área del parche que se calcula y A_c es el área de un círculo que tiene el mismo perímetro del parche que se mide.

Tabla 3. Descripción de las métricas calculadas para todas las unidades de cobertura y uso del suelo.

Tipo de métrica	Rango de valores	Características
Número de parches (NP)	$1 \leq NP \leq N_{max}$	Número de parches de una clase particular.
Densidad de parches en 100 hectáreas (DP/100 ha)	$0 < DP$	Número de parches de una clase particular por unidad de área (estandarizada a 100 ha)
Tamaño del parche más grande (MaxP)		Área máxima de un parche de una clase en particular.
Tamaño medio del parche (TMP)	$A_{min} < TMP \leq A_{total}$	Área promedio de un parche de una clase en particular, depende de la resolución de los datos; sensible a la adición / eliminación de parches pequeños.
Índice del parche más grande (IPG)	$0 < IPG \leq 1$	Porcentaje del área del paisaje ocupado por el parche más grande de la clase.
Perímetro medio del parche (pTMP)	$pA_{min} < pTMP \leq pA_{total}$	Perímetro promedio de un parche de una clase en particular expresado en metros.
Perímetro del parche más grande (pMaxP)		Perímetro máximo de un parche de una clase en particular expresado en metros.
Relación perímetro área (P/A)	$0 \leq P/A \leq \infty$	la relación entre el perímetro del parche y el área, para una forma dada, depende del área del parche.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Unidades de cobertura y uso de la tierra: Las unidades de cobertura y uso de la tierra presentes en el sector estudiado de 107.398 ha (Tabla 4, Fig. 2): Urbano, Represas y Río, Lagunas, Arboledas y Monte, Cinturón Verde Extensivo Riego Norte, Cinturón Verde Hortícola, Extensivo, Cinturón Verde Extensivo Riego Sur, Canteras y Ladrilleros y Suelo en Desuso – Barbecho, representan la estructura del territorio periurbano, espacialmente heterogénea, que se expresa en el conjunto de unidades homogéneas mencionadas. En la zona urbana (Urbano) se aprecian dos sectores bien definidos (Budovski et al., 2014) uno denso y otro disperso relacionado con las principales rutas (Fig. 2). Esta matriz urbana extendida hacia el “Gran Córdoba”, representa el 21.6 % de la superficie estudiada, donde además existe una marcada segregación residencial. La zona periurbana tiene una estructuración principalmente acorde a la distribución de las vías de acceso en tramos radiales con la zona urbana densa. El área periférica a la Ciudad de Córdoba, externa a la Avenida de Circunvalación se caracteriza por una yuxtaposición de trazados urbanos, suburba-

nos y rurales, con una gran mixtura de usos no compatibles, entre los que se destacan los usos industriales de gran escala y productivos rurales junto a los residenciales; los equipamientos educativos y recreativos de gran escala, aeródromos, aeropuerto, usos militares; usos del suelo residenciales tipo *countries*, barrios cerrados y chacras, planes masivos de viviendas y asentamientos informales, generalmente en un trazado que presenta fuertes rupturas en la red vial (Sánchez y Barberis, 2013). El área tiene baja a nula estructuración y las vinculaciones concéntricas son muy débiles y sólo por tramos. La Ciudad de Córdoba registra un proceso de redistribución poblacional hacia la periferia, con un incremento poblacional del 7,5% (Peralta y Liborio, 2014). Existe una amplia zona de 54.728 ha de cultivos extensivos a soja, maíz y trigo realizados bajo los modelos de agricultura convencional e industrial (Extensivo, Fig. 2) con la aplicación de cantidades desmedidas de agroquímicos (Nicholls y Altieri, 2013). Si aplicáramos dos buffer sobre toda la zona urbana y sub-urbana, de 1500 m y de 500 m de acuerdo a la normativa que restringe la aplicación de varias categorías de productos fitosanitarios aérea y terrestre, respectivamente (Ley Pro-

vincial N° 9164), no sería posible la actividad agrícola convencional o tipo industrial en todo el territorio analizado tal cual se realiza actualmente. El área del buffer de 83188 hectáreas (1500 m) representa el 77.5 % del área estudiada y la del buffer de 500 metros es 60488 ha (56.3 %). O sea, que la superficie afectada con aplicación de agroquímicos está en riesgo para la salud de la población cercana (FAO, 2015).

El Cinturón Verde hortícola (Cv hortícola) de 3167 ha, es una zona que tradicionalmente se caracterizó por proveer de frutas y hortalizas frescas a la ciudad de Córdoba. Se abasteció de riego con la construcción de dos canales maestros: Canal Maestro Norte y el Canal Maestro Sur (abandonado su uso) que se abastecían del dique San Roque. Actualmente, para el riego de zona sur el agua proviene del Dique Los Molinos. En torno a la red de canales de riego se desarrolló una variada gama de producciones que incluyó frutales de carozo principalmente y hortalizas livianas y pesadas (Sánchez y Barberis, 2013).

El Cinturón Verde de Córdoba viene manifestando un retroceso en cuanto al número de productores y hectáreas trabajadas (Giobellina y Quinteros, 2015), así como toda la agricultura periurbana. Existen datos que revelan que en 1987 se explotaban 28.238 hectáreas en el cinturón verde (norte, sur y Chacra de la Merced) donde más de la mitad (14.771 hectáreas) eran cultivos de hortalizas y había 704 productores hortícolas. En 2009, se cultivaban 11 mil hectáreas y en 2012, 5.500 ha (Fernández Lozano, 2012). Hoy, según datos de la Dirección de Ferias y Mercados del municipio de Córdoba, solo quedan 245 quinteros (Giobellina y Quinteros, 2015). Si incluimos al Cv extensivo riego norte, Cv extensivo riego sur y Cv hortícola, abarcan juntos 11575 ha.

Nuestros resultados localizan especialmente el Cinturón verde hortícola remanente al límite histórico dado fundamentalmente por el recorrido de los Canales Maestro Norte y Sur. A esta situación posiblemente se llegó en los últimos 25 años. También se ha generado un desplazamiento de la producción hortícola en las localidades cercanas como: Almafuerte, Río Primero, Río Segundo, Colonia Tirolesa, Colonia Caroya, Jesús María, Capilla de los Remedios, entre otras (Fernández Lozano, 2012). El periurbano de Córdoba posee también cultivos hortícolas en invernadero que

fueron incluidos en esta unidad de cobertura. La posible tendencia de esta unidad de cobertura a reducirse se debería al incremento del precio de la tierra para ampliación del área urbana, prácticas agropecuarias utilizadas en la producción de hortalizas que atentan contra la salud del ambiente, riesgo de presencia de contaminantes de origen microbiológico y químico (plaguicidas, metales pesados) en las napas freáticas y en los productos cosechados, degradación de suelos por mala calidad del agua de riego y/o manejo, alta incidencia de enfermedades y plagas, problemas en la comercialización y precios de la producción bajos y muy variables, escasos recursos financieros y desconocimiento de costos (Fernández Lozano, 2012).

La Zona Sur es la más afectada en la ciudad de Córdoba por el proceso de urbanización, principalmente con el establecimiento de *countries* y barrios cerrados (Svampa, 2001), los cuales se pueden observar principalmente en el Camino a San Antonio y el Camino a San Carlos, dos sectores que tradicionalmente estaban caracterizados por una matriz de quintas hortícolas. Se citan como causas de este proceso la falta de agua, ya que en muchas zonas el canal de riego ha sido cortado por el establecimiento de barrios privados, el avance de la frontera urbana y del cultivo de la soja (Giobellina y Quinteros, 2015). En la Zona hortícola Norte, la producción es mayor. Allí se observan predios hortícolas de tipo familiar, alternados con otros de tipo empresarial. En algunos casos, se observa la permanencia de montes frutales en diferente estado de conservación (durazneros y ciruelos).

El Cinturón verde con cultivos extensivos con riego al norte (CV extensivo riego Norte) abarca un área de 1451 ha (Fig. 2) que tradicionalmente era de producción frutihortícola, y que actualmente se encuentra con cultivos extensivos, principalmente soja, maíz y trigo. El avance de la frontera agropecuaria extensiva ocurre a partir de la instalación de perforaciones y sistemas de riego por aspersión para grandes superficies de tipo *pivot* central o avance frontal.

El Cinturón verde con cultivos extensivos con riego al sur (CV extensivo riego Sur) de 6957 ha (Fig. 2) se corresponde con lo que Fernández Lozano (2012) caracteriza como sistema de producción con la base del cultivo de papa en superfi-

cies que superan las 20 hectáreas. Así de acuerdo a lo observado en estos sistemas, se sigue realizando la papa como cultivo base, habiendo reducido la producción de otras hortalizas pesadas como zanahoria y batata. Por otro lado, se observa un aumento de la rotación con cultivos extensivos como soja y maíz, en sistemas de alto uso de agroquímicos y fertilizantes.

La actividad minera, se visualiza también (Fig. 2) como categoría Canteras y ladrilleros. Esta categoría, en el lecho del Río Suquía (Vásquez et al., 1979) se corresponde con la actividad minera de extracción de áridos para la construcción, mien-

tras que en el resto de la categoría definida en el mapa de usos del suelo se corresponde con la actividad de fabricación de Ladrillos, sustentada principalmente por trabajadores inmigrantes. Escasamente se ha conocido el deterioro enorme que desde más de una década está ejerciendo la extracción continua de áridos sobre el mismo lecho del río (312, 5 ha de zonas de canteras). Los áridos son materiales granulares inertes formados por fragmentos de roca o arenas y gravas, utilizados tanto en la construcción (edificación e infraestructuras) como en numerosas aplicaciones industriales.

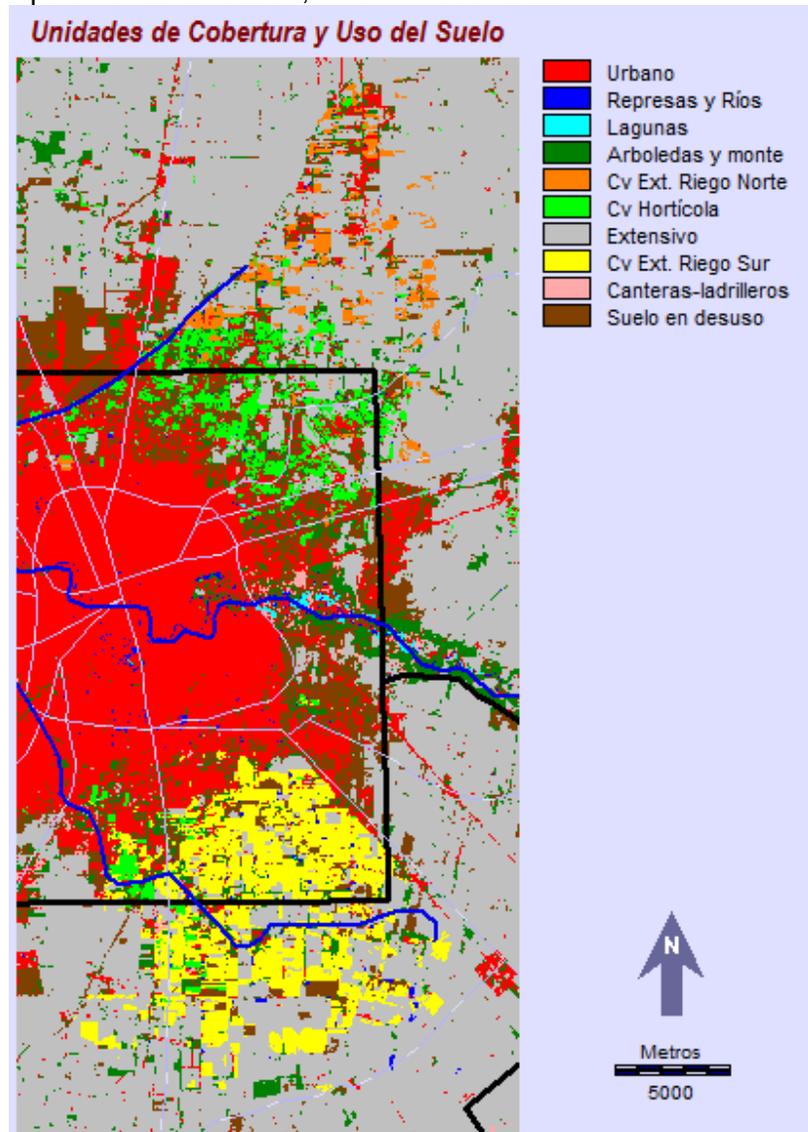


Figura 2. Mapa de cobertura y uso del suelo del sector Este de la Ciudad de Córdoba (107.398 ha). Límite del departamento Capital: línea negra continua. Rutas y camino de circunvalación en líneas color gris.

El impacto negativo que ejerce la ciudad de Córdoba sobre la biodiversidad y la calidad del agua el río Suquía ha sido numerosas veces informado (Gaiero et al., 1997; Bistoni et al., 1999; Pesce y Wunnderlin, 2000, Hued y Bistoni, 2007). Así, las Lagunas (Fig. 2) son producto de la intensa extracción de áridos (178 ha). El origen del agua estancada puede ser debido a que aflora la capa freática, a lechos marginales producto de obstrucciones por material acopiado transitoriamente y por su proximidad a la planta de tratamiento de líquidos cloacales "Bajo Grande". Esta planta contiene los barros cloacales de la ciudad y libera más del 30 % de los líquidos y sólidos. Entonces, estas lagunas están eutrofizadas por la acumulación de materia orgánica sin tratamiento. Hacia el Sureste existe una estructura vegetal boscosa de bosque nativo de 1210 hectáreas (Fig. 2, Arboledas y monte), que se extiende en ambas márgenes del cauce del Río Suquía y otras áreas aledañas. Toda esta zona de bosques de alto valor de conservación se encuentra fragmentada por la presión de los diferentes usos del suelo que se desarrollan en las cercanías del río Suquía.

Históricamente, el cauce se caracterizaba por un corredor de bosque típico del Espinal (Luti et al., 1979), intercalado con la actividad hortícola. En los años 60 - 70 había 1440 ha de cultivos hortícolas bajo riego. En los años posteriores, la actividad hortícola prácticamente desapareció de la zona, quedando sólo unas pocas hectáreas lindando con la Avenida de Circunvalación. Dicha actividad fue remplazada por los cultivos extensivos y por la actividad minera.

Toda el área de estudio de la ciudad de Córdoba y su periferia, se encuentra emplazada en la región fitogeográfica del Espinal. Las prácticas agropecuarias han llevado a la desaparición de gran parte de los bosques de la región, aunque algunas áreas remanentes aisladas y de poca extensión han permitido reconstruir parcialmente las características que la constituían. En los sitios en los que las actividades agrícolas han sido abandonadas se presentan pastizales dominados por especies de la región pampeana y arbustales de Espinal y el corredor de bosque nativo del Río Suquía (Arboledas y monte, 6030 ha). El corredor de bosque nativo del Río Suquía de 1210 ha (Fig. 2) debería ser considerado como un sector de al-

to valor de conservación (Ley 26.331 de "Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos" dado por su valor de conectividad).

Es muy importante la superficie de corredores arbóreos de exóticas que se observan en el territorio estudiado (4820 ha, Fig. 2). Esta capa de cobertura contribuye a la heterogeneidad y diversidad del paisaje. Los elementos paisajísticos parches y corredores son muy interesantes para los diseños agroecológicos de los sistemas agrícolas (Vergnes et al., 2013) y para la recuperación de servicios ambientales (Herrera, 2011). La cobertura vegetal está compuesta por numerosas especies introducidas por el hombre entre las que se pueden citar el paraíso (*Melia azedarach*), eucalipto (*Eucalyptus* sp.), acacia blanca (*Robinia pseudoacacia*), olmo (*Ulmus* sp.), casuarina (*Casuarina equisetifolia*), platanus (*Platanus* sp.), siempre verde (*Ligustrum lucidum*) y álamo (*Populus* sp) (Giorgis y Tecco, 2014). Una de las especies invasoras más conspicuas es el siempre verde (*Ligustrum lucidum*) (Giorgis y Tecco, 2014). Históricamente, DIPAS (ex Dirección Provincial de Aguas Sanitarias de la provincia) ha utilizado como revestimiento de los muros externos de tierra del Canal Maestro Norte y Canal Maestro Sur a lo largo de todo sus tramos a esta especie arbórea. Esta situación ha llevado a que la especie se extienda por la región de riego generando un típico sistema de parcelas rodeadas de cortinas de árboles siempreverdes.

El extenso y disperso sector de Suelo en desuso y barbecho (10.646 hectáreas), tal vez sea producto de zonas abandonadas al uso agrícola, contribuirían al diseño futuro de espacios productivos potencialmente agroecológicos (Vergnes et al., 2013). Así, los corredores que podrían estructurarse a partir de los suelos en desuso y las arboledas y monte podrían constituirse como hábitats de conexión biológica (flujo de organismos) y ecológica (flujo de procesos ecológicos) (Forman, 1995).

Métricas de parches (Tabla 4): La unidad de cobertura Arboleda y monte presentó la mayor cantidad de parches (NP=4.138) seguido por las categorías Urbano (NP=3.385) y Suelo en desuso y barbecho (NP=3.876). Los sistemas Cv hortícola y Represas y ríos presentaron una proporción cuatro veces menor y se presentan dispersos. En

cuanto a la Densidad de parches en 100 hectáreas se presentó la misma tendencia, es decir la DP/100 ha de Arboleda y monte fue de 3,9, seguido por las categorías Urbano (DP/100 ha =3,2) y Suelo en desuso y barbecho (DP/100 ha =3,6), mientras que las demás categorías presentaron menos de un parche por unidad de área estandarizada a 100 hectáreas.

Las categorías Extensiva y Urbana presentan los mayores tamaños del parche más grande (MaxP= 24.762 y 18.640 ha, respectivamente), de tamaños medio del parche (TMP= 19.681 y 14.966 ha, respectivamente) y con índices del parche más grande (IPG) varias veces superior a 1 (uno). Junto con el gran parche urbano (MaxP=18640 ha) se presentan parches interdigitados representando el avance de los tentáculos urbanos hacia el campo.

Le siguen en importancia las categorías Cv extensivo riego sur (MaxP=2.956) y Suelo en desuso y barbecho (MaxP=1.049) (Tabla 4). Mientras que el área máxima de un parche de la unidad de cobertura Cv hortícola y Arboleda y monte son menores (MaxP=224 y 447 ha, respectivamente). Los valores de los tamaños medios del parche (TMP) de las demás categoría oscila entre 2 y 52 ha. La relación perímetro / área varía ampliamente y depende del área del parche. Esta relación muestra claramente las diferencias entre elementos lineales como el caso de Arboledas y monte (P/A= 5,4), Represas y ríos (P/A= 6,5) o muy irregulares como el caso de Canteras y ladrilleros (P/A= 5,3). La categorías de formas más cuadradas y de gran superficie como el sistema Extensivo tienen valores más pequeños (P/A= 0,5).

Tabla 4. Superficie de las categorías de cobertura y uso de la tierra (CyUT) (Superficie total). Métricas de parches para las CyUT: número de parches (NP), densidad de parches en 100 hectáreas (DP/100 ha), tamaño máximo de parche (MaxP), tamaño medio de parche (TMP), Índice de parche más grande (IPG), perímetro borde del parche más grande (pMaxP), perímetro borde del tamaño de parche medio (pTMP), relación perímetro - área (P/A). Desvío estándar (DE).

Categoría de CyUT	Superficie total	NP	DP / 100 ha	MaxP (ha)	TMP (ha) ± DE	IPG	pMaxP (m)	pTMP (m) ± DE	P/A
Arboledas y monte	6.030	4.138	3,9	447	52 ± 118	0,42	74.080	9.187 ± 19.113	5,4
Extensivo	54.728	606	0,6	24.762	19681 ± 8250	23,06	975.220	781.920 ± 325.116	0,5
Cv hortícola	3.167	964	0,9	224	47 ± 58	0,21	33.120	8.317 ± 91.777	2,7
Cv extensivo riego sur	6.957	475	0,4	2.956	1434 ± 1326	2,75	281.140	138.670 ± 124.647	1,3
Cv extensivo riego norte	1.451	356	0,3	145	37 ± 45	0,14	20.400	5.970 ± 6.278	2,6
Urbano	23.228	3.385	3,2	18.640	14966 ± 7405	17,36	1.148.140	922.930 ± 453.957	1,4
Lagunas	179	72	0,1	24	10 ± 7	0,02	3.480	2.005 ± 962	3,3
Suelo en desuso o barbecho	10.646	3.876	3,6	1.049	201 ± 345	0,98	164.440	28.904 ± 49.071	3,2
Represas y río	505	839	0,8	9	2 ± 2	0,01	4.260	911 ± 776	6,5
Canteras y ladrilleros	506	514	0,5	38	7 ± 10	0,04	8.120	2.170 ± 2.138	5,3

Patrón del paisaje: En la Figura 3 se observa el agrupamiento de área de parches de una cate-

goría similar y para todas las categorías estudiadas. Así, la imagen muestra un dominio de agru-

pamiento de píxeles pertenecientes a las categorías Extensivo, Urbano, extensivo bajo riego sur y Cv Hortícola norte, y la supremacía que ejercen sobre las demás categorías. Se contrasta esta imagen con otra a la izquierda que presenta las categorías que tienen parches pequeños y se observa que la categoría Cv hortícola se distribuye en mayor superficie (2.575 ha) hacia el nor-este de la ciudad (Fig. 3, izquierda).

En la Figura 4 (derecha) se observa la compacidad de parches agrupados los píxeles adyacentes de categoría similar que se asemejan al área de un círculo. Se pone en evidencia de manera

explícita el avance de la categoría Extensivo (valores inferiores a 0.23) sobre el Cv hortícola y hacia la categoría Urbano. La densidad de borde (Fig. 4, izquierda) muestra el grado de fragmentación en que se encuentra el sector analizado. La densidad de los bordes es mayor en los sectores donde más categorías de cobertura y uso de la tierra existen. Por ejemplo en el recuadro del sector Cv hortícola norte se observa que predomina el color rojo con valores de índice de 0.12 a 0.25. El mismo patrón se observa en los alrededores de la ciudad en especial en el corredor del río Suquía.

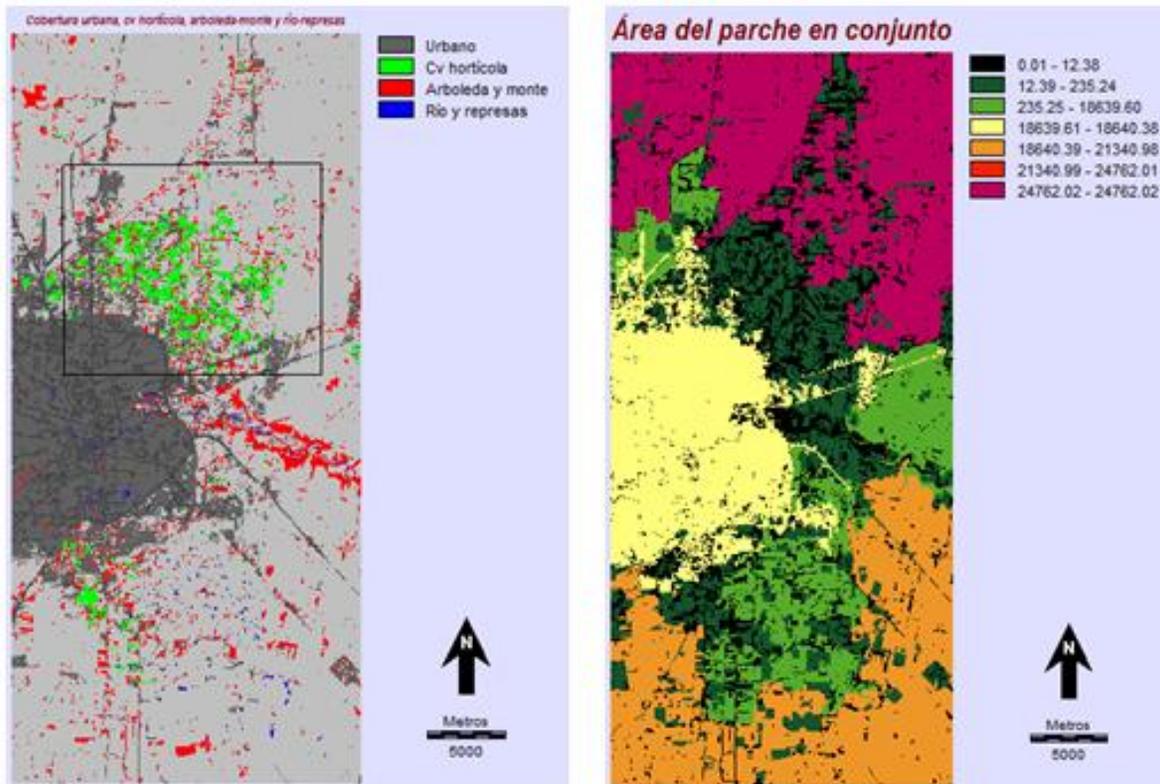


Figura 3. Unidades de cobertura Urbano, Cinturón verde (cv) hortícola, Arboleda – monte y Río – represas (izquierda). Patrón de área de parches donde se agruparon los píxeles adyacentes de cada categoría similar de cobertura de suelo en parches más grandes. Aquí se observa que los grandes parches en conjunto representan a las categorías urbano y Cultivo Extensivo, dejando aislados la mayoría de los parches de Cinturón verde (cv) hortícola, Arboleda – monte y Río – represas (derecha).

El índice de la entropía normalizada o Diversidad oscila entre 0 y 1 (uno). Los valores superiores a 0.65 cercanos a 1 (uno) indica la existencia de máxima diversidad posible de unidades de cobertura dentro del sector Cv hortícola norte, Cv hortícola sur y Corredor del río Suquía (Fig. 5, derecha). La Riqueza Relativa (Fig. 5, izquierda), índice cualitativo que mide el número de clases dife-

rentes presentes en el vecindario, muestra valores intermedios en las cercanías de la ciudad y baja abruptamente a medida que domina el patrón de dominio de la clase Extensivo (cultivos industriales extensivos).

Según el patrón presentado, las arboledas y monte podrían ser los corredores o estructuras lineales constituidas como un tipo de hábitat diferente

del que lo rodea, y que proporciona conexión física entre dos o más fragmentos. Por tanto, las arboledas y monte actuarían generando conectividad paisajística, y fundamentalmente recomponiendo servicios ecosistémicos para la producción agroecológica. El uso del conjunto de métricas permitió identificar la elevada fragmentación del paisaje. A su vez las métricas permitieron mostrar diferentes características de las 10 clases de cobertura estudiadas. Sin embargo, el análisis del patrón del paisaje pudo mostrar el complicado estado de fragmentación al que se ha llegado en la actualidad la ciudad de Córdoba.

Desde un punto de vista estructural, la fragmentación es un proceso que produce la disgregación de un hábitat continuo en dos o más fragmentos progresivamente empujados y aislados entre sí por un nuevo hábitat distinto al original denominado matriz (Forman 1995). Los principios teóricos de la fragmentación se han asentado sobre la teoría de biogeografía de islas promulgada por MacArthur y Wilson (1967). Si se mira solo desde esta perspectiva es poco lo que se podría

realizar en términos de planificación territorial para la recuperación de servicios ecosistémicos y para la agrodiversidad. Al contrario, los fragmentos de hábitat resultantes del proceso de fragmentación rara vez se encuentran rodeados por una matriz homogénea, inhóspita, y por tanto, ecológicamente neutra (Burel y Baudri, 2002). Sin embargo, tenemos en nuestro caso situaciones extremas son matrices altamente modificadas como las áreas urbanas compactas y explotaciones intensivas de cultivos industriales, pero aún en estos casos, la matriz puede soportar diversidad (Fig. 5). De hecho, la matriz no neutra en los paisajes urbanos – rurales fragmentados puede considerarse como un mosaico de hábitats con distinto grado de alteración y destrucción pero con conectividad. Este reconocimiento de un gradiente continuo de degradación más que una disyuntiva entre hábitats idóneos o no idóneos, posee importantes repercusiones para el ordenamiento territorial amigable en paisajes fragmentados (Herrera, 2011).

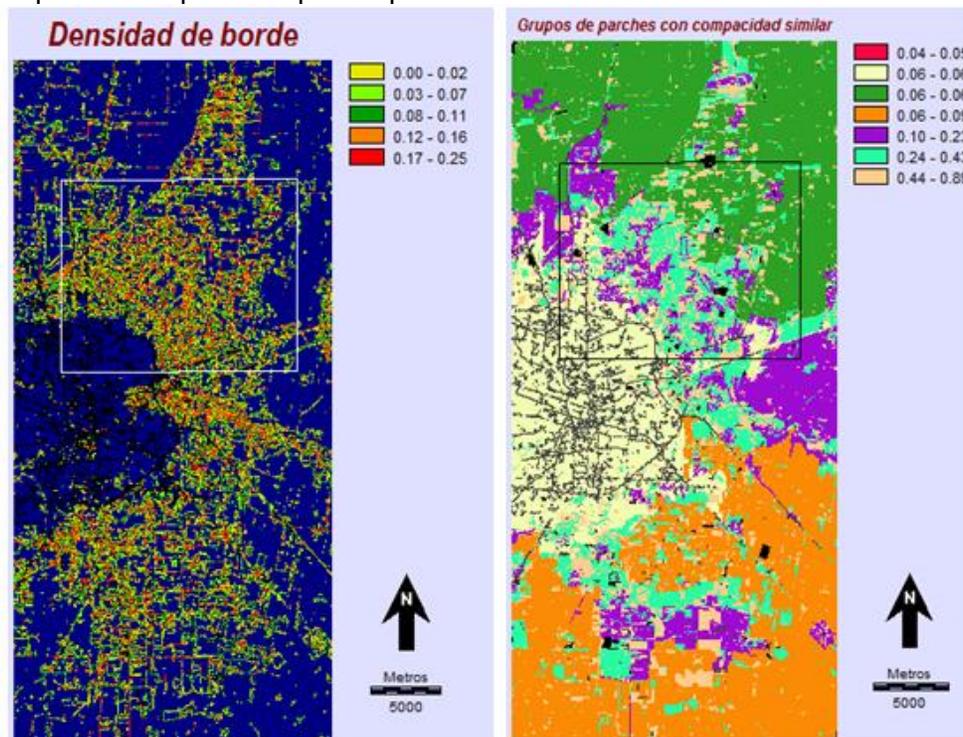


Figura 4. Densidad de borde: muestra el grado de fragmentación en que se encuentra el sector analizado como medida simple de la fragmentación. En el recuadro muestra el sector Cv hortícola norte (izquierda). Imagen de compacidad en la que cada píxel expresa la compacidad del parche al que pertenece. En la ciudad de Córdoba se representan las calles y las principales rutas que se desprenden de ella (derecha).

Finalmente, si bien en el trabajo se sugiere que una mayor densidad de borde muestra la fragmentación del paisaje, esto no siempre es así, ya que de hecho en un proceso de fragmentación avanzado la densidad de borde global podría disminuir producto de la eliminación de pequeños parches remanentes. Por otro lado, si bien la densidad de borde permitió informar sobre la fragmentación del territorio estudiado, ésta debería ser acompañada de la evaluación de otras métricas que permitan un análisis más profundo

de la configuración espacial. Los patrones de paisaje percibidos en el cinturón verde hortícola se correlacionan con la prevalencia de bordes antropogénicos diversos. Esto permite cierto grado de conectividad en el paisaje y heterogeneidad entre las áreas modificadas. Sería interesante orientar estudios de ecología de los paisajes “modificados complementarios”, revisar qué estructuras estarían más interconectadas y promover la conservación de especies nativas en paisajes agrícolas (Fischer y Lindenmayer, 2007).

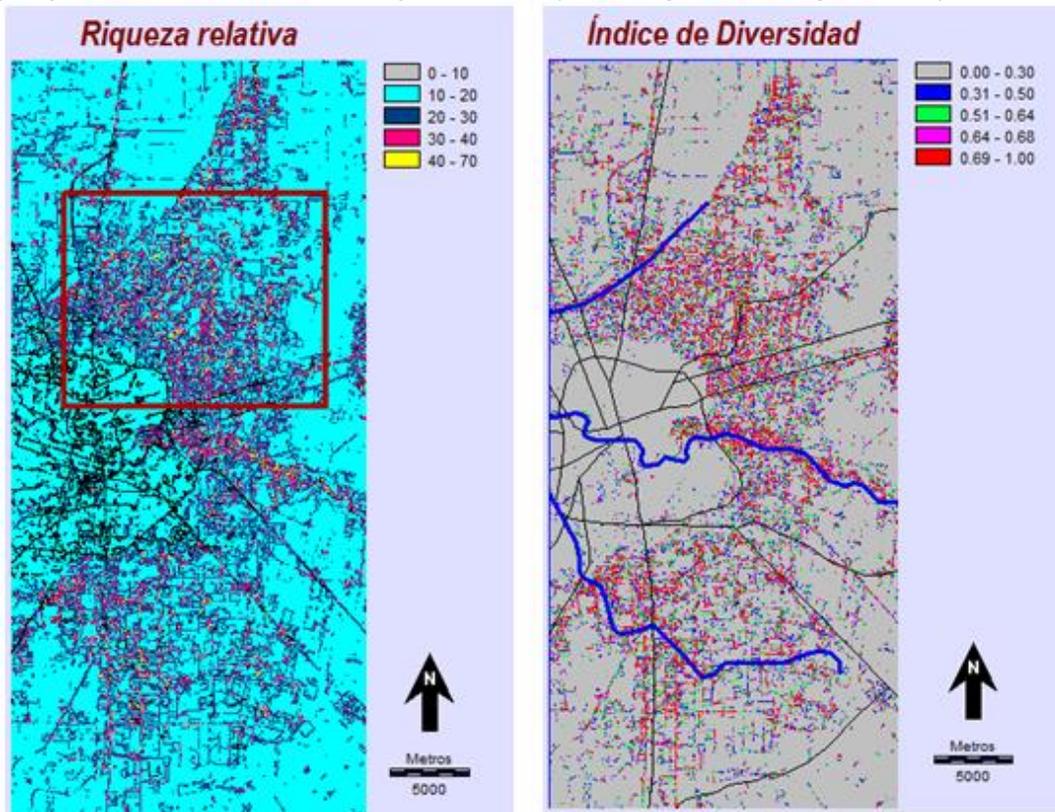


Figura 5. Índice de riqueza: domina un patrón de riqueza intermedia entre 30 y 40 (izquierda). El índice de diversidad o de entropía normalizada se presenta con valores superiores a 0.69 principalmente relacionado con los canales Maestro Norte, Maestro Sur, Corredor Este del río Suquía y la zona del Cv hortícola norte (derecha).

CONCLUSIONES

La frontera agrícola extensiva aparece como el principal factor de transformación del cinturón verde fruti-hortícola de la ciudad de Córdoba. El cinturón verde fruti-hortícola sur es reemplazado casi completamente por la agricultura intensiva de tipo industrial. También la urbanización es un factor que conduce a un entorno con una composi-

ción fragmentada y heterogénea, representado por un tipo complejo de mosaico de cubierta verde (Tian et al., 2011). El estudio también ha demostrado que las categorías de paisaje: las arboledas, los montes, el río y el cinturón verde hortícola contribuyen a un patrón de paisaje de alta biodiversidad y que serían importantes a ser con-

siderados en la creciente necesidad de recuperación de los servicios ecosistémicos teniendo en cuenta la diversidad de componentes (Quijas et al., 2012).

Hemos utilizado índices de paisaje que representan diferentes características del mismo, especialmente la fragmentación de la zona periurbana de Córdoba. Nuestra explicación de la fragmentación desde una perspectiva ecológica del paisaje es útil para una planificación adecuada y futura que aumente la sostenibilidad de los cinturones verdes.

Resultaron apropiadas las definiciones de las unidades de cobertura y uso de la tierra a fin de poder proponer estrategias de análisis para interpretar desde la escala de paisaje las prescripciones de las leyes vigentes: Ley Provincial N° 9164 de *Productos químicos o biológicos de uso agropecuario* y la Ley Provincial N° 9841 de *Regulación de los usos del suelo en la región metropolitana de Córdoba -sector primera etapa*, y la Ley Nacional 26.331 de *Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos*.

El territorio periurbano hortícola, especialmente zona norte de Córdoba, en términos estructurales, pueden ser considerado como una superficie espacialmente heterogénea, se expresa como un mosaico complejo, y cada unidad de cobertura puede describirse integrado por un conjunto de unidades homogéneas denominadas parches. Entre todos podrían establecer relaciones espaciales bajo el concepto de matriz no neutra (Herrera, 2011). Esta mirada podría estar impedida por el otro complejo territorial, expresado por una situación de interfase entre dos tipos geográficos aparentemente bien diferenciados: el modelo de agricultura tipo industrial y la ciudad. Esta situación puede resultar frágil ante cualquier propuesta de ordenamiento territorial que tienda hacia la agroecología. Finalmente, pensamos que la investigación ha contribuido a un acercamiento de los elementos del paisaje que podrían compensar los efectos negativos de la fragmentación del hábitat en los paisajes agrícolas y urbanos (Vergnes et al., 2013).

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a la CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales, Argentina) por facilitar mediante convenio la imagen satelital SPOT5. A

las familias de productores hortícolas del Cinturón Verde y en especial al Movimiento de Agricultores Urbanos por proporcionar información valiosa de la situación del cinturón verde hortícola.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. 1995. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Boulder CO, Westview Press.
- Bistoni, M. A., A. C. Hued, M. M. Videla, y L. Sagretti. 1999. Efectos de la calidad del agua sobre las comunidades ícticas de la región central de Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 72:325-335.
- Budovski, V., G. Baigorri, A. Amione, F. Tolosa, I. Pereyra, P. Carballo, y E. Ermoli. 2014. Los indicadores de sostenibilidad urbana y la gestión de la ciudad. Caso de aplicación Barrio San Vicente. Córdoba. Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes* 5(1):1-16.
- Burel, F. y J. Baudri. 2002. *Ecología del paisaje, conceptos, métodos y aplicaciones*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid/Barcelona. Pp 353.
- Capitanelli, R. 1979. Clima. En: J. Vázquez, R. Miatello, y Roque M (Editores) *Geografía Física de la Provincia de Córdoba*. Editorial Boldt, Buenos Aires. Pp. 45-138.
- Chuvieco, E. 2006. *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*. Editorial Ariel, S.A. Barcelona. Pp. 586.
- Díaz Terreno, F. 2011. Los territorios periurbanos de Córdoba entre lo genérico y lo específico. *Revista Iberoamericana de Urbanismo* 5:65-84.
- Eastman, J. R. 2016. *TerrSet. Geospatial Monitoring and Modeling System. Manual*. Clark Labs-Clark University. Pp 395.
- FAO. 2007. *Profitability and sustainability of urban and peri-urban agriculture*. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1471e/a1471e00.pdf>. Consultado en abril de 2017.
- FAO. 2015. *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido* <http://www.fao.org/3/a-y3557s/y3557s11.htm>. Consultado en septiembre de 2016.
- Fernández Lozano, J. 2012. *La producción de hortalizas en la Argentina. Caracterización*

- del sector y zonas de producción. Gerencia de Calidad y tecnología. Secretaría de comercio interior, corporación del mercado central de Buenos Aires. Argentina. Link: http://www.mercadocentral.gob.ar/zip tecnicas/la_produccion_de_hortalizas_en_argentina.pdf Consultado en setiembre de 2016.
- Farina, A. 2006. Principles and Methods in Landscape Ecology. Towards a Science of the Landscape. 2nd ed. Springer. Pp. 436.
- Fischer, J. and D. B. Lindenmayer 2007. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography* 16:265–280.
- Forman, R T T. 1995. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press. Pp. 632.
- Gaiero, D. M., G. Roman Ross, P. J. Depetris, and S. Kempe. 1997. Spatial and temporal variability of total non-residual heavy metals content in stream sediments from the Suquía River System, Córdoba, Argentina. *Water, Air & Soil Pollution* 93:303-319.
- Giobellina, B., M. y Quinteros. 2015. Perspectivas de la agricultura urbana y periurbana en Córdoba. Aportes del programa Pro-huerta a la producción agroecológica de alimentos. Observatorio O-AUPA. INTA ediciones. Córdoba. Argentina. http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_giobellina_innterritorial_final.pdf. Consultado en julio de 2016.
- Giorgis, M. A. y P. A. Tecco. 2014. Árboles y arbustos invasores de la Provincia de Córdoba (Argentina): una contribución a la sistematización de bases de datos globales. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 49(4):581-603.
- Herrera, J.M. 2011. El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Ecosistemas* 20:21-34.
- Kühn, M. 2003. Greenbelt and Green Heart: separating and integrating landscapes in European city regions. *Landscape and Urban Planning* 64:19–27.
- Li, H. y J. Wu. 2004. Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecology* 19:389–399.
- Hued, A. C. y M. A. Bistoni. 2007. Abundancia y distribución de la fauna íctica en la cuenca del río Suquía (Córdoba, Argentina). *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre, 97(3):286-292.
- Ley Nacional 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. 2007. Boletín oficial de la Nación Argentina.
- Ley Provincia de Córdoba N° 9164. 2004. Productos químicos o biológicos de uso agropecuario. Boletín oficial de la provincia de Córdoba.
- Ley Provincial N° 9841 de Regulación de los usos del suelo en la región metropolitana de Córdoba -sector primera etapa. 2010. Boletín oficial de la provincia de Córdoba.
- Loures, L. y L. Costa. 2012. The role of urban parks to enhance metropolitan sustainability: the case of Oporto. *International Journal of Energy and Environment* 6: 453 – 461.
- Luti, R., M. A. Bertrán de Solís, M. F. Galera, N. Müller de Ferreira, M. Berzal, M. Nores, M. A. Herrera, y J. C. Barrera. 1979. En: J. Vázquez, R. Miatello, y Roque M (Editores) *Geografía Física de la Provincia de Córdoba*. Editorial Boldt, Buenos Aires. Pp. 279-368.
- Manuel-Navarrete, D., G. Gallopín, M. Blanco, M. Díaz-Zorita, D. Ferraro, H. Herzer, P. Latorra, J. Morello, M.R. Murmis, W. Pengue, M. Piñeiro, G. Podestá, E.H. Satorre, M.
- MacArthur, R.H., y E.O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, USA. Pp. 203.
- McGarigal, K., y B. J. Marks. 1995. FRAGSTATS: Spatial analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service. Pacific Northwest Research Station. Portland.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being. Synthesis. <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. Consultado en junio de 2017.
- Nahuelhual, L., F. Benra, F. Rojas, G. Ignacio Díaz, A. Carmona. 2016. Mapping social values of ecosystem services: What is be-

- hind the map? *Ecology and Society* 21(3):24.
- Nicholls, C., y M. Altieri. 2013. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA 33(2):257-274.
- Novello, M. A. 2015. Gestión ambiental del espacio fluvial del Río Suquía. Área urbana Ciudad de Córdoba. *Rev. Pensum* 1:111-125.
- Pesce, S. F., y D. A. Wunderlin. 2000. Use of water quality index to verify the impact of Córdoba city (Argentina) on Suquía River. *Water Research* 3(11):2915-2926.
- Pengue, W. 2005. La importancia de la agricultura familiar en el desarrollo rural sostenible. *La tierra*, periódico de la Federación Agraria Argentina. Año XCIII (7426): 8.
- Pengue, W. A. 2014. Cambios y escenarios en la agricultura Argentina del siglo XXI. GE-PAMA, FADU, UBA / Ecología UNGS / Panel de los Recursos UNEP . Link: http://www.idaes.edu.ar/pdf_papeles/PEN_GUE_Agricultura%20Transformaciones%20Recursos%20y%20Escenarios%20en%20la%20Argentina%20FINAL%20ver%20SocialesBoll.pdf. Consultado en octubre de 2016.
- Priego González de Canales, C. 2004. El paisaje y los espacios públicos urbanos en el desarrollo de las sociedades. http://www.mapama.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2004_05priego_tcm7-53039.pdf. Consultado en mayo de 2017.
- Quijas, S., L. E. Jackson, M. Maass, B. Schmid, D. Raffaelli, and P. Balvanera, 2012. Plant diversity and generation of ecosystem services at the landscape scale: expert knowledge assessment. *Journal of Applied Ecology* 49:929–940.
- Sánchez, C., N. Barberis. 2013. Caracterización del Territorio centro de la Provincia de Córdoba. Ediciones INTA. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi Córdoba, AR.
- Smith, P., M. R. Ashmore, H. I. J. Black, P. J. Burgess, C. D. Evans, T. A. Quine, A. M. Thomson, K. Hicks, and H. G. Orr. 2013. The role of ecosystems and their management in regulating climate, and soil, water and air quality. *Journal of Applied Ecology* 50:812–829.
- Svampa, M. 2001. Los que ganaron. La vida en los countries y barrios privados. *EURE (Santiago)* 29(88):181-184.
- Tian, Y, C. Y. Jim, Y. Tao, T. Shi. 2011. Landscape ecological assessment of green space fragmentation in Hong Kong. *Urban Forestry & Urban Greening* 10:79–86.
- Vergnes, A., C. Kerbiriou, P. Clergeau. 2013. Ecological corridors also operate in an urban matrix: A test case with garden shrews. *Urban Ecosystems* 16:511–525.
- Vásquez, J.B., A.L. Robles, D. F. Sosa, M.P. Saez. 1979. Aguas. En: J. Vázquez, R. Miatello, y Roque M (Editores) *Geografía Física de la Provincia de Córdoba*. Editorial Boldt, Buenos Aires. Pp. 139-211.