

Una aproximación multivariada para identificar la escala de análisis en estudios de asociación entre comunidades de aves y la composición del paisaje

C.L. García^{1*}, I. Teich¹ y M. Balzarini²

¹Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Av. Valparaíso s/n, cc 509, Córdoba, Argentina. CONICET. ²Estadística y Biometría, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Av. Valparaíso s/n cc 509, Córdoba, Argentina. CONICET. *Autor de correspondencia: cesarnon@hotmail.com.

RESUMEN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la disponibilidad de imágenes satelitales proveen una fuente de información que ha permitido el desarrollo de numerosos estudios de la distribución de especies y su relación con variables ambientales. La escala a la que se analiza el fenómeno de interés no es trivial y muchas veces no es claro cuál es la más adecuada. Las aproximaciones metodológicas basadas en métodos algorítmicos, como las técnicas de reducción de la dimensión, permiten explorar grandes conjuntos de datos sin necesidad de asumir un modelo estocástico subyacente. En este trabajo se propone una aproximación multivariada para identificar la escala de análisis en estudios de co-variación entre comunidades y la composición del paisaje. La metodología propuesta se basa en el ordenamiento multidimensional de los datos correspondientes a comunidades de aves y de los datos de composición paisajística, con una posterior cuantificación del consenso entre ambas ordenaciones. Asimismo, se comparan las escalas espaciales a la cual dicha co-variación es máxima entre distintos gremios y grupos de aves. Se utilizaron los datos provenientes del relevamiento de aves en 46 transectas en las Sierras Grandes de Córdoba. La composición del paisaje se estimó a distintas escalas para cada transecta, extrayendo la información de áreas de distintos tamaños de un SIG. La asociación entre ambos sets de variables (densidades de especies y proporciones de tipos de hábitat) se estimó a partir del Análisis de Co-inercia. Las escalas y la magnitud de la máxima co-variación difirieron entre gremios, la comunidad en total y las aves endémicas. La distribución de especies de aves endémicas en la zona de estudio presentó mayor co-variación con la composición del paisaje en áreas mayores que los otros agrupamientos (35-40 ha). Identificar las escalas de mayor asociación entre comunidades y el ambiente es importante tanto para la comprensión de los mecanismos por los cuales los organismos responden al paisaje como para el manejo del hábitat. El algoritmo propuesto representa una herramienta para contribuir con estudios destinados a explorar la variación de patrones y procesos en distintas escalas espaciales sin necesidad de asumir asociaciones ni distribuciones de probabilidad *a priori*.

Palabras clave: Escala, Asociación, Paisaje, Co-inercia, Aves, Sierras Grandes de Córdoba.

ABSTRACT

The increasing availability of Geographic Information Systems (GIS) and satellite images has allowed the development of numerous ecological studies where the relationship among the distribution of species is associated with environmental variables at large scales. Many of these studies have emphasized the importance of landscape-scale structure and composition in the distribution and abundance of many species. The scale at which different species respond to habitat in the landscape is an important matter not easy to deal with. Algorithmic methods, such as dimension reduction techniques, can be used on large complex data sets without *a priori* assumptions. In this work we propose a multivariate approximation to identify the spatial scale of analysis to study the co-variation between communities and landscape composition. The proposed methodology is based on multidimensional ordinations of species densities and of landscape composition with a posterior quantification of the consensus between both ordinations. Bird communities composition data surveyed in 46 transects in the Sierras Grandes of Córdoba were used. Landscape composition was estimated from a GIS at different spatial scales for each transect. The association between both data sets was quantified with Co-inertia Analysis. The scales of maximum co-variation were compared between different groupings of species such as guilds and endemic species. The spatial scales and magnitudes of maximum co-variation differed between the whole community, guilds and endemic species. The distribution of endemic species showed maximum co-variation with landscape compositions at larger areas than other groups of species (35-40 ha). Identifying the scales at which birds respond most strongly to landscape composition could guide habitat management, ensuring that efforts are applied at appropriate scales. Finding the major scales of response could also provide insight into the mechanisms by which birds respond to their surroundings. The proposed algorithm represents a contribution to studies focused on the exploration of the variation of patterns and processes at different spatial scales without the need to assume *a priori* associations or distributions.

Key-words: Scale, Association, Landscape, Co-inertia, Birds, Sierras Grandes de Córdoba.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de conocimiento empírico sobre cómo la heterogeneidad espacial de un paisaje afecta la composición de las comunidades de aves es considerado una prioridad para el manejo y la conservación de las especies y sus hábitats (Wiens, 1989; Ims, 1995). En los últimos años ha crecido notoriamente el interés de los ecólogos en encontrar asociaciones entre la composición del paisaje y los patrones de abundancia de las especies, tornándose cada vez más claro que la presencia, densidad y dinámica poblacional de una especie en un hábitat dependen de procesos que ocurren a escalas espaciales mayores (Gering et al., 2003). Dentro de éste contexto se reconoce que los paisajes son heterogéneos y dinámicos (Pichancourt et al., 2006) y que la clase, tamaño, número y distribución de los parches de hábitat son aspectos importantes de los mismos (Forman y Godron, 1986). La composición de un paisaje puede ser cuantificada utilizando medidas basadas en dichos parches (Gustafson, 1998). La obtención de las mismas se facilita con la disponibilidad de información por sensores remotos y con la posibilidad de analizar y aprovechar dicha información a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Sin embargo, la heterogeneidad del paisaje que puede ser mapeada y medida y la heterogeneidad que es ecológicamente relevante para el recurso que se desea manejar o estudiar es a veces difícil de distinguir (Turner, 1989). Así, para poder comprender la relación de los organismos con su medio debemos comprender las interacciones entre las escalas intrínsecas de la heterogeneidad dentro del ambiente y las escalas a las cuales dichos organismos son capaces de responder a la heterogeneidad ambiental (Fahrig, 1992). La escala de respuesta es un factor muy importante en la delineación de planes de manejo y conservación (Saab, 1999; Cueto, 2006), especialmente cuando es de interés considerar escenarios resultantes de cambios en el hábitat (Wiens y Bachelet, 2010). La elección de la escala de análisis depende de los objetivos del estudio y de las características del objeto de estudio. Este es un factor de suma importancia ya que todos los resultados y conclusiones que se obtengan van a estar referidas a la escala a la cual se realizó el análisis.

Identificar interacciones o asociaciones entre diferentes conjuntos de datos multidimensionales mediante modelos estadísticos, es de difícil operatividad tanto desde el punto de vista computacional como biológico. Por el contrario, los métodos basados en algoritmos computacionalmente intensivos, más que en la teoría probabilística clásica, permiten filtrar las principales señales contenidas en bases de datos multivariados. En este contexto, los algoritmos computacionales de reducción de dimensión, con alta capacidad de visualización de datos multivariados, permiten identificar relaciones importantes, que pueden ser confirmadas en posteriores etapas de modelación estocástica. Las técnicas de reducción de dimensión (TRD) permiten explorar las relaciones existentes entre las observaciones multidimensionales mediante ordenaciones de las mismas sobre planos que, bajo distintos criterios de representación, son óptimos para ordenar las observaciones y analizar interdependencias. Existen TRD específicamente diseñadas para evaluar las correlaciones entre ordenaciones o cuantificar la magnitud de las asociaciones entre grupos heterogéneos de variables.

La relación aves-paisaje constituye un modelo especialmente interesante para este tipo de estudios. Numerosos trabajos demuestran que las características de los parches de hábitat y la composición del paisaje influyen en la ecología poblacional y en el ensamblaje de la comunidad de especies de aves (Laiolo et al., 2004; Whittingham y Evans, 2004; Chapman y Reich, 2007). La heterogeneidad del ambiente, junto con el aumento de la complejidad estructural y vertical del paisaje y la vegetación, ofrecen mayor variedad de recursos para el establecimiento de las aves (Beidleman, 2000; Trager y Mistry, 2003). En las Sierras Grandes de Córdoba, Argentina, las comunidades de aves están asociadas a variables topográficas así como a variables de la vegetación a escala de parche (García et al., 2008). En este trabajo se propone una aproximación multivariada para identificar la escala de análisis en estudios de co-variación entre comunidades de aves y la composición del paisaje. Se comparan las escalas espaciales a la cual dicha co-variación es máxima entre distintos gremios y grupos de aves en las Sierras Grandes de Córdoba. La metodología

propuesta se basa en el ordenamiento multidimensional de los datos correspondientes a las comunidades de aves y de los datos de composición paisajística, con una posterior cuantificación del consenso entre ambas ordenaciones.

MÉTODOS

Área de estudio: Las Sierras Grandes de Córdoba (Fig. 1) incluyen el Parque Nacional Quebrada del Condorito (Ley N°24749/96) y la Reserva Hídrica Provincial de Achala (Decreto N°361/99), abarcando estas dos áreas protegidas aproximadamente 150.000 ha. Las Sierras forman una isla biogeográfica, donde existen taxa de flora y fauna que se comparten únicamente con la cordillera

Andina y la Patagonia o que son endémicos de la región (tanto a nivel específico como sub-específico) y cuya conservación es prioritaria (Luti et al., 1979; Nores, 1995; Cabido et al., 2003). Las áreas bajo estudio se situaron a partir de los 1800 m.s.n.m., límite a partir del cual las especies de aves representan la avifauna denominada "de Achala" (Miatello et al., 1999). El clima es típicamente de montaña, la precipitación media anual es de 854 mm, ocurriendo la mayor parte (el 83%) en verano (entre octubre y marzo), el verano es corto y fresco con una temperatura media de 11,4°C, siendo la media anual de 8°C (Cabido, 1985).

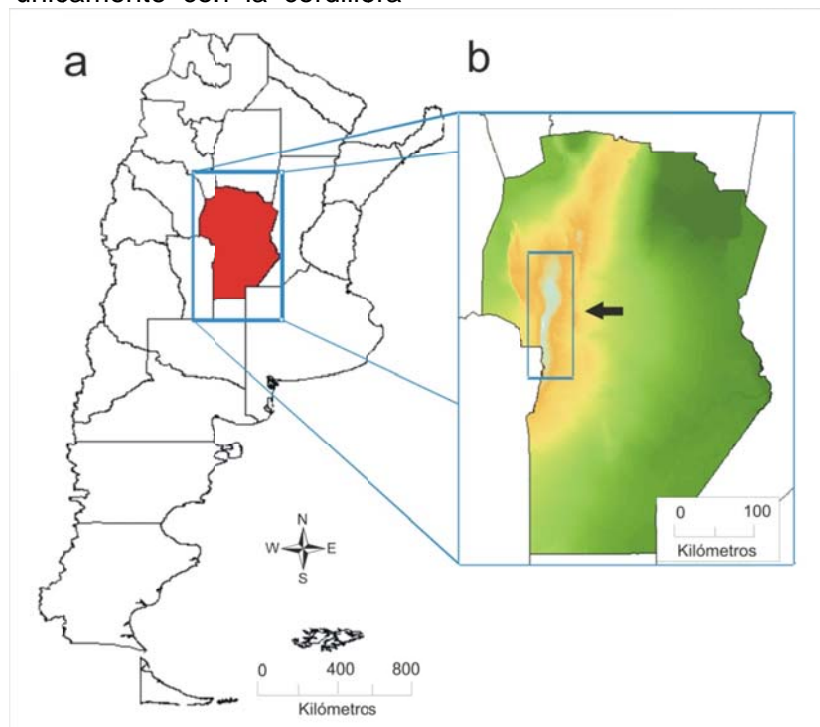


Fig. 1. a) Ubicación de la provincia de Córdoba en el territorio de la República Argentina. b) Ubicación de las Sierras Grandes de Córdoba en la provincia de Córdoba, la flecha indica el área correspondiente a la Reserva Hídrica Provincial de Achala y Parque Nacional Quebrada del Condorito.

Composición de las comunidades de aves: Se utilizaron los datos obtenidos por García et al. (2008) que relevaron las comunidades de aves en los distintos hábitats mediante 46 sitios de muestreo. Los sitios se distribuyeron en 8 tipos de hábitat característicos de la zona (Cingolani et al., 2004), resultando 6 sitios por hábitat, excepto en el hábitat bosque donde se ubicaron 4 sitios, debido a la dificultad de encontrar parches accesibles.

En cada sitio se realizó una transecta de 300 m de longitud y 60 m de ancho donde se registraron todas las aves vistas u oídas en cada observación o visita. El número total de transectas fue de 46. Cada sitio fue visitado tres veces cada 10 días durante el verano de 2003, con el fin de lograr una mejor estimación de las aves que ocupan cada hábitat.

La cantidad de sitios, la longitud de las transectas y número de veces que se recorrieron se determinó mediante un muestreo preliminar haciendo una curva de acumulación de especies. El ancho se estableció como la distancia límite a la que se puede identificar certeramente un ave en el hábitat de bosque donde la visibilidad es más baja. El muestreo se realizó durante el verano cuando la riqueza y diversidad de aves es máxima debido a

la llegada de numerosas especies residentes estivales (Ordano, 1996).

Para cada transecta se calculó la densidad por hectárea de cada especie de ave como el promedio de los individuos observados en las tres visitas dividido la superficie (1,8 ha en todos los casos). A su vez, las especies fueron clasificadas en gremios según la clasificación propuesta por Ordano (1996) y en especies endémicas según la clasificación de Miatello et al. (1999).

Tabla 1. Caracterización de las escalas espaciales evaluadas.

Escala	Distancia [‡] (m)	Superficie (ha)
1	30	2,92
2	60	4,43
3	90	8,60
4	120	12,09
5	150	16,72
6	180	21,80
7	210	27,54
8	240	34,24
9	270	40,33
10	300	48,61
13	390	73,56
16	480	106,17

[‡] Distancia desde la línea de transecta.

Composición del paisaje a distintas escalas: La composición del paisaje fue analizada para una serie de escalas espaciales anidadas en cada sitio. Para esto se generaron en cada sitio, mediante un SIG, 12 escalas espaciales diferentes definidas por distintas distancias simétricas desde la línea de la transecta. La superficie de estudio para la escala de menor tamaño correspondió a 2,92 ha y la mayor a 106,17 ha (Tabla 1). Para cada escala se extrajo la superficie de cada tipo de hábitat dentro del área delimitada. Los hábitat corresponden a unidades de paisaje definidas por Cingolani et al. (2004) que se encuentran cartografiadas en un mapa de vegetación realizado a partir de imágenes satelitales y relevamientos a campo (Cingolani et al., 2003 y 2004). El paisaje consiste en mosaicos de vegetación y está clasificado en tres grandes dominios en base a patrones geomorfológicos, topográficos, y distintos grados de disturbio humano (Cingolani et al.,

2004). Cada dominio, a su vez, está compuesto por ocho unidades de paisaje clasificadas de la siguiente manera (Fig. 2): (A) Dominio de los bosques. Compuesto por: (1) bosques y matorrales densos de *Polylepis australis* Bitter; (2) bosques y matorrales de *P. australis* mezclados con pajonales y afloramientos rocosos. Se encuentra principalmente en laderas y quebradas rocosas escarpadas, pero aparece también en otras unidades fisiográficas. (B) Dominio de los pastizales. Compuesto por: (3) pajonales de *Poa stuckertii* (Hack.) Parodi con vegas de *Eleocharis albibracteata* Nees & Meyen ex Kunth; (4) pajonales finos de *Deyeuxia hieronymi* (Hack.) Túrpe; (5) céspedes de *Lachemilla achilleifolia* (J. Rémy) Rothm. y *Carex fuscula* d'Urv. Se encuentra principalmente sobre planicies con distintos grados de disección y a veces en otras unidades. (C) Dominio de los roquedales. Compuesto por: (6) pajonales de *Festuca tucumanica* E.B. Alexeev mezclados con

afloramientos rocosos; (7) afloramientos rocosos naturales con roca expuesta por erosión; (8) pavimento de erosión. Estas unidades predominan en paisajes de lomas y laderas rocosas pero también se encuentran en otras unidades fisiográ-

ficas. Para caracterizar la composición del paisaje de cada escala en cada sitio se utilizó la distribución porcentual de las unidades de paisaje presentes.

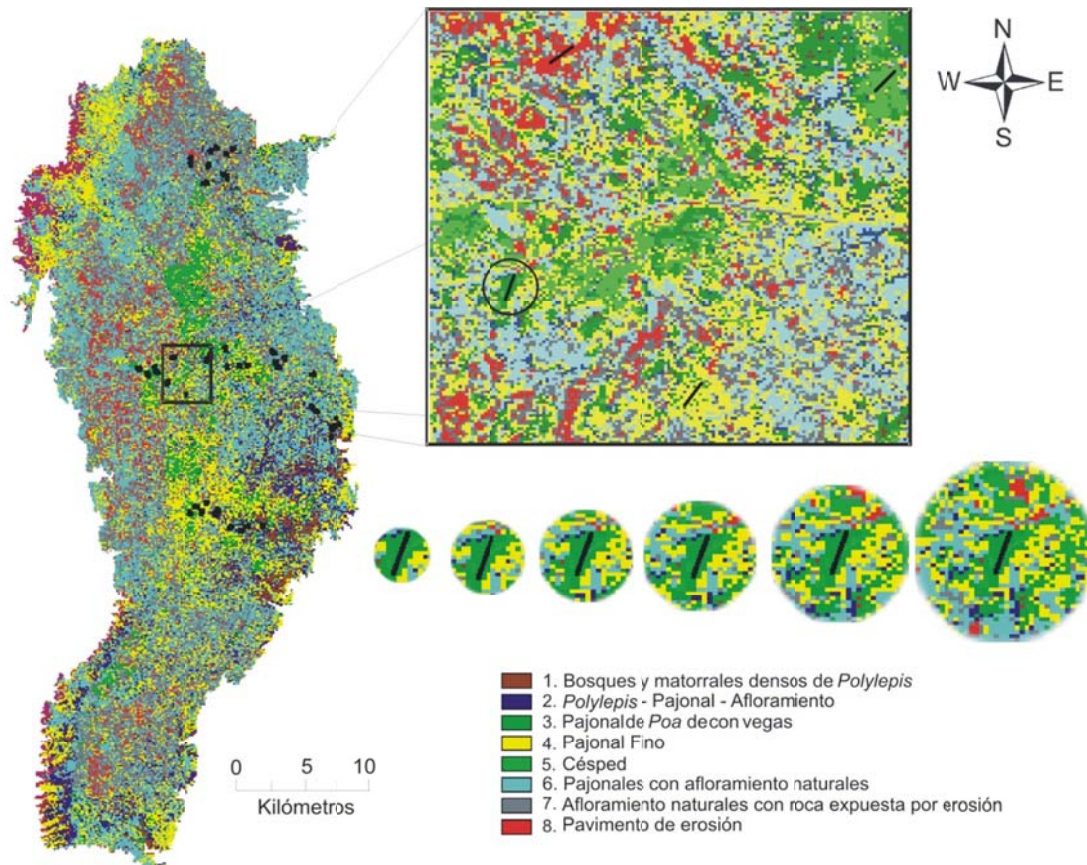


Fig. 2. a) Mapa temático de la cobertura vegetal de las Sierras Grandes de Córdoba (Landsat TM, Cingolani *et al.*, 2003), los puntos negros indican la ubicación de las transectas. b) Detalle de mayor resolución una zona del área de estudio con la ubicación de algunas transectas (líneas). c) Visualización de los cambios en la composición del paisaje alrededor de una transecta al ir aumentando la extensión del área de estudio (escala).

Algoritmo propuesto para identificar la escala de estudio de la asociación aves-paisaje: Se construyeron matrices de densidades de aves $X_{k,t \times r}$, donde k indica el conjunto de aves analizado: todas las aves, carnívoros, granívoros, insectívoros, omnívoros y endémicas; t es la cantidad de transectas ($t=46$) y r es la cantidad de especies de aves ($r_{todas}=48$, $r_{carnívoros}=10$, $r_{granívoros}=7$, $r_{insectívoros}=25$, $r_{omnívoros}=6$, $r_{endémicas}=8$).

$$X_k = \begin{pmatrix} x_{1,1} & \dots & x_{1,r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{46,1} & \dots & x_{46,r} \end{pmatrix}$$

Las proporciones de hábitat para cada transecta y para cada escala también fueron dispuestas en un arreglo matricial, $Y_{e,t \times a}$, donde e indexa la escala ($e=1, \dots, 12$); t corresponde a la cantidad de transectas ($t=46$) y a es la cantidad de unidades de paisaje ($a=8$).

$$Y_e = \begin{pmatrix} y_{1,1} & \cdots & y_{1,8} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{46,1} & \cdots & y_{46,8} \end{pmatrix}$$

Para cada par de matrices (X_k , Y_e) se realizó un análisis multivariado para evaluar el consenso entre las ordenaciones de las transectas realizadas a partir de los datos de cada matriz (datos de comunidades de aves y datos de composición del paisaje).

La co-variación entre la variabilidad de las transectas desde ambas dimensiones de análisis fue cuantificada mediante el estadístico RV del Análisis de Co-inercia (Dray *et al.*, 2003). Todos los análisis de co-inercia se realizaron con el paquete "ade4" (Dray *et al.*, 2007) del software R (www.r-project.com). Finalmente, las magnitudes de la co-inercia entre pares de matrices fueron ordenadas dentro de cada conjunto de aves para identificar el máximo RV. Este valor fue usado como indicador de la escala espacial más apropiada para el análisis de asociación aves-paisaje dentro de cada conjunto de aves.

RESULTADOS

Todos los análisis de co-inercia fueron significativos ($p < 0,05$) salvo para carnívoros con escalas espaciales caracterizadas por una superficie mayor a 12,09 ha. Los mayores niveles de consenso ($RV > 0,40$) se obtuvieron cuando se analizó la asociación entre la comunidad completa de aves y el paisaje. Entre los conjuntos restantes, que representan los distintos gremios y las especies endémicas, con las comunidades de aves insectívoras se observaron los mayores valores de asociación entre las densidades de las especies de aves y la composición del paisaje (Fig. 3).

Las escalas espaciales a las cuales las comunidades de aves presentaron el máximo nivel consenso con la composición del paisaje variaron entre conjuntos de aves. La composición específica de aves insectívoras y granívoras presentaron el máximo consenso con la composición del paisaje a la escala 1, que corresponde a una superficie de observación aproximada de 3 ha. La composición de la comunidad de carnívoros se correlacionó en mayor grado con la composición del paisaje cuando se analizó a nivel de la escala espa-

cial 2 (4,43 ha). La mayor relación entre composición del conjunto de aves omnívoras con composición del paisaje se produjo a la escala 4, aproximadamente 12 ha. La composición del conjunto de especies endémicas se correlacionó con el paisaje a escalas espaciales mayores (entre 35 y 40 ha).

DISCUSIÓN

La metodología propuesta en este trabajo permitió identificar las escalas a las cuales las comunidades de aves se asocian más fuertemente a la composición del paisaje. Es de destacar que los distintos gremios presentan la máxima asociación con el paisaje a distintas escalas espaciales. Estas diferencias se pueden entender en términos de lo que Addicott *et al.* (1987) denominaron vecindario ecológico ("ecological neighbourhood"), es decir áreas que son determinadas en función de un proceso ecológico del organismo particular bajo estudio. Los granívoros y los insectívoros presentaron la máxima asociación a una escala fina, de menos de 3 ha. Este resultado es avalado por otros trabajos que indican que las aves granívoras responden a escalas de micro-hábitat (comunidades vegetales), que incluyen afloramientos rocosos naturales, bosques, matorrales y parches de pastizal (Rumble, 1987, Ward y Anderson, 1988, Beidleman, 2000, Trager y Mistry, 2003). Los insectívoros generalmente tienden a especializarse en formas o tipos particulares de predación, por ejemplo los tiránidos suelen utilizar perchas lo cual conlleva a una selección de un hábitat específico basado en una escala de uso pequeña (Fitzpatrick, 1981). Por el contrario, los omnívoros, que tienen un comportamiento más generalista, respondieron al paisaje a escalas de mayor tamaño (12 ha). Es de especial interés el resultado observado para el caso de las especies endémicas. Notoriamente estas aves respondieron al paisaje a escalas mucho mayores que los otros agrupamientos (35 a 40 ha). Se podría hipotetizar que la detección del ambiente por las aves endémicas no se lleva a cabo por una percepción a nivel de hábitats propicios, sino a nivel de paisaje. Al menos en el área de estudio las aves endémicas posiblemente hagan un uso más integral y complejo de la diversidad de hábitats de la zona, utilizando distintos hábitats para distintos propósitos. La distribución de especies de aves car-

nívoras presentó la mayor co-variación con la composición del paisaje en áreas de 4 ha aproximadamente. Sin embargo, estas especies se encontraron en muy bajas densidades posiblemente por el diseño del estudio observacional utilizado en este trabajo. En primer lugar, la clasificación de gremios utilizada (Ordano, 1996) no distingue

entre aves rapaces y carroñeras, agrupando en el gremio carnívoros aves de un tamaño muy superior a las de los otros gremios. Dado su gran tamaño y su amplia distancia de percepción y huida, es poco probable que sean registradas en un muestreo por transecta de solo 60 m de ancho (García, 2004).

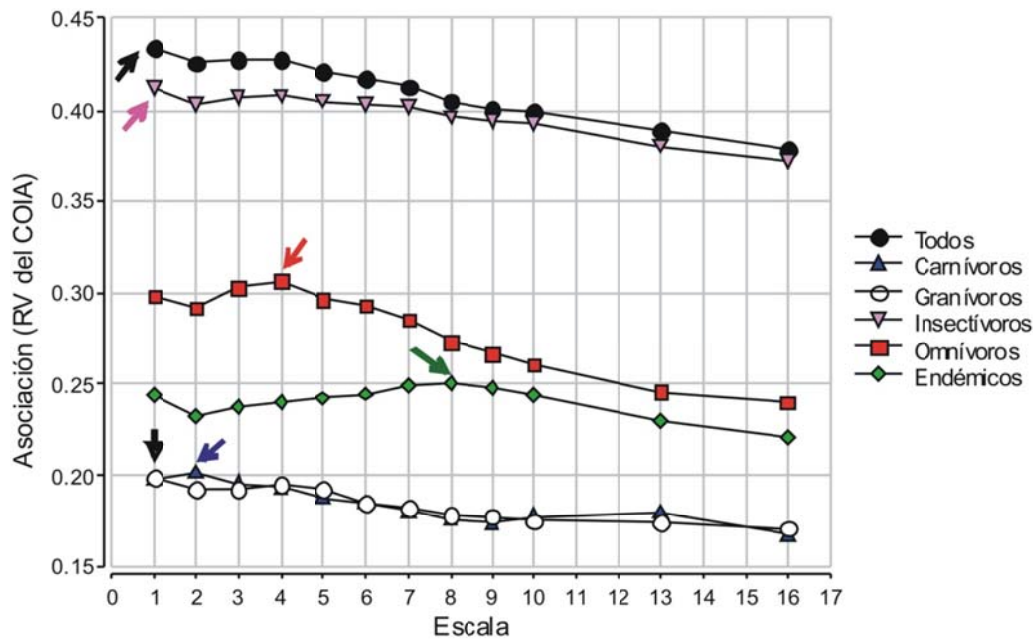


Fig. 3. Niveles de consenso entre la composición de comunidades de aves (densidad de especies) y la composición del paisaje (distribución porcentual de la cobertura vegetal) para distintas escalas espaciales de análisis (Tabla 1). La flecha indica máximo consenso entre aves-paisaje según coeficiente RV del análisis multivariado de co-inercia (COIA).

La selección de la escala espacial en estudios de asociación aves-paisaje no solo es importante para la cuantificación de la asociación, sino también para sugerir prácticas de manejo tendientes a mantener las superficies mínimas requeridas por las aves (a nivel de gremios, especie de interés, etc.), y por lo tanto, tendientes a asegurar su conservación. Conocer la escala a la que estas dependencias son máximas, junto con el conocimiento de la historia natural de las especies de interés, es importante para el diseño de planes de manejo o conservación. Las conclusiones e interpretaciones de los estudios ecológicos de asociación entre comunidades de aves y el paisaje dependerán, en gran medida, de la escala espacial de estudio, por lo cual la elección de la misma

debe estar supeditada a los objetivos del investigador. Asimismo, es de destacar que es importante considerar la escala temporal.

El algoritmo propuesto para la determinación de la escala espacial representa una herramienta para contribuir con estudios destinados a explorar la variación de patrones y procesos en distintas escalas espaciales sin necesidad de asumir asociaciones ni distribuciones de probabilidad *a priori*. La asociación de la estructura de comunidades de aves con los hábitats permite interpretar los efectos del uso humano a largo plazo. Luego de identificar la presencia de correlaciones estadísticamente significativas entre la composición de aves y el paisaje en una escala determinada (la de máxima correlación) sería oportuno comenzar

una etapa de modelación estadística para explicar la contribución relativa de los distintos elementos de una composición (por ejemplo, paisaje) sobre los elementos de la otra composición (aves). Otras técnicas del análisis multivariado como correlaciones canónicas (Hotelling, 1936) o el análisis de correlaciones por mínimos cuadrados parciales (Abdi, 2003) también constituyen herramientas estadísticas de valor para complementar la construcción de modelos estadísticos. No obstante, siempre es necesario llegar a esta etapa con relevamientos hechos a una escala espacial juzgada previamente como apropiada para estudios de asociación.

AGRADECIMIENTOS

A Daniel Renison y Ana Cingolani por su asistencia en el desarrollo de trabajos previos. A la Administración de Parques Nacionales por otorgar el permiso de estudio. A dos revisores anónimos que han propuesto correcciones constructivas y mejorado la calidad del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdi, H. 2003. Partial least squares regression (PLS-regression). En M. Lewis-Beck, A. Bryman, T. Futing (editors) *Encyclopedia for research methods for the social sciences*. Thousand Oaks (CA): Sage. Pp 792-795.
- Addicott, J.F., M.F. Antoli, D.K. Padilla, J.S. Richardson y D.A. Soluk. 1987. Ecological neighbourhoods: scaling environmental patterns. *Oikos* 49: 340-346
- Beidleman, C.A. 2000. Colorado Partners in Flight Land Bird Conservation Plan. Version 1.0. Estes Park, CO, USA. Pp 319.
- Cabido, M., A. Antón, M. Cabrera, A.M Cingolani, I. Di Tada, L. Enrico, G. Funes, G. Haro, J. Polop, D. Renison, V. Rodríguez, J. Roqué Garzón, C. Rosacher y M. Zak. 2003. Línea de base y programa de monitoreo de la biodiversidad del Parque Nacional Quebrada del Condorito y la Reserva Hídrica Provincial Pampa de Achala. Reporte. Córdoba: Administración de Parques Nacionales.
- Chapman, K, y P. Reich. 2007. Land use and habitat gradients determine bird community diversity and abundance in suburban, rural and reserve landscapes of Minnesota, USA. *Biological Conservation* 135(4): 527-541.
- Cingolani, A.M., D. Renison, D. Schinner, M. Cabido, L. Enrico, E. Galli, V. Falczuk, M. Zak, y R. Renison. 2003. Sistema de información geográfica de la Reserva Hídrica Provincial de Achala y Parque Nacional Quebrada del Condorito. En A. Flores y D. Cabido (editores) *Primer Congreso Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Resumen de presentaciones* (pp 104-105). Córdoba: Agencia Córdoba DACyT, Dirección de Ambiente, Administración de Parques Nacionales.
- Cingolani, A. M., D. Renison, M. Zac, y M. Cabido. 2004. Mapping vegetation in a heterogeneous mountain rangeland using Landsat data: an alternative method to define and classify land-cover units. *Remote Sensing of Environment* 92(1): 84-97.
- Cueto, V. R. 2006. Escalas en ecología: su importancia para el estudio de la selección de hábitat en aves. *Hornero* 21(1): 1-13.
- Dray, S., D. Chessel, y J. Thioulouse. 2003. Co-inertia analysis and the linking of ecological tables. *Ecology* 84: 3078-3089.
- Dray, S., A. B. Dufour, y D. Chessel. 2007. The ade4 package - II: Two-table and K-table methods. *R News* 7: 47-54.
- Fahrig, L. 1992. Relative importance of spatial and temporal scales in a patchy environment. *Theoretical Population Biology* 41: 300-314.
- Fitzpatrick, J.W. 1981. Search strategies of tyrant flycatchers. *Animal Behavior* 29(3): 810-821.
- Forman, R. T. T. y M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, USA.
- García, C.L., D. Renison, A. M. Cingolani, y E. Fernández-juricic. 2008. Avifaunal changes as a consequence of large-scale Argentina. *Journal of Applied Ecology* 45: 351- 360.
- García, C.L. 2004. Comunidades estivales de aves de Sierras Grandes de Córdoba: relación con el hábitat y las actividades ganaderas. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.
- Gering, J. C., T. O. Crist, y J. A. Veech. 2003. Additive partitioning of species diversity across multiple spatial scales: implications for regional conservation of biodiversity. *Conserv. Biol.* 17: 488-99.
- Gustafson, E. J. 1998. Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art? *Ecosystems* 1: 143-156.
- Hotelling H. 1936. Relations between two sets of variables. *Biometrika* 28: 321-377.
- Ims, R. A. 1995. Movement patterns related to spatial structures. En: *Mosaic landscapes and ecology*

- ical processes (Hansson, Fahrig, Merriam, Eds). London, UK. Pp 85-109.
- Laiolo, P., F. Dondero, E. Ciliento, y A. Rolando. 2004. Consequences of pastoral abandonment for the structure and diversity of the alpine avifauna. *Journal of Applied Ecology* 41(2): 294-304.
- Luti, R., M. Solis, F. Galera, N. Ferreira, M. Berzal, M. Nores, M. Herrera y J. Barrera. 1979. Vegetación. En: *Geografía Física de la Provincia de Córdoba* (J.B. Vázquez, R.A. Miatello y M.E. Roqué, Eds). Ed. Bolett. Buenos Aires, Argentina. Pp 297-368.
- Miatello, R., J. Baldo, M. Ordano, C. Rosacher y L. Biancucci. 1999. Avifauna del Parque Nacional Quebrada del Condorito y Reserva Hídrica Provincial de Achala, Córdoba, Argentina. Una lista comentada. Talleres Gráficos de Euder S.R.L. Pp 193.
- Nores, M. 1995. Insular biogeography of birds on mountain-tops in north western Argentina. *Journal of Biogeography* 22: 61-70.
- Ordano, M. 1996. Estudio de una comunidad de aves altoserrana (Córdoba, Argentina) durante un ciclo anual. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 27 (2): 83-94.
- Pichancourt, J. B., F. Burel, y P. Auger. 2006. Assessing the effect of habitat fragmentation on population dynamics: An implicit modelling approach. *Ecological Modelling* 192: 543-556
- Saab, V. 1999. Importance of spatial scale to habitat use by breeding birds in riparian forests: a hierarchical analysis. *Ecological Applications* 9: 135-151.
- Turner, M. G. 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20: 171-197.
- Trager, M. y S. Mistry. 2003. Avian community composition of kopjes in a heterogeneous landscape. *Oecologia* 135(3): 458-468.
- Whittingham, M.J. y K.L. Evans. 2004. The effects of habitat structure on predation risk of birds in agricultural landscapes. *Ibis* 146: 210-220.
- Ward, J.P. y S.H. Anderson. 1988. Influences of cliffs on wildlife communities in Southcentral Wyoming. *Journal of Wildlife Management* 52(4): 673-678.
- Wiens, J.A. 1989. Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology* 3: 385-397.
- Wiens, J.A. y D. Bachelet. 2010. Matching the multiple scales of conservation with the multiple scales of climate change. *Conservation Biology* 24(1): 51-62.