

Todo depende del cristal con el que se mira: la escala en ecología

JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ-STEFANONI

Unidad de Recursos Naturales,
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY).
Calle 43, No. 130 x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo, 97205,
Mérida, Yucatán, México.
jl_stefanoni@cicy.mx

La ecología estudia la influencia que los patrones ambientales tienen sobre los procesos ecológicos. Es bien conocido que los patrones y procesos ecológicos operan en un amplio rango de escalas espaciales y temporales. Por lo tanto, para encontrar las relaciones entre los organismos y el ambiente y poder extrapolar esta información ecológica y establecer políticas adecuadas de conservación y manejo de los recursos naturales, se requiere de la incorporación de la escala. Aquí se revisó el concepto de escala, las dimensiones de la escala y su relación con los procesos ecológicos jerárquicos, así como los componentes de la escala y su influencia en los estudios ecológicos. Finalmente se revisó cómo se hacen transformaciones de una escala a otra.

Palabras clave: Dimensiones de la escala, componentes de la escala, escalamiento, procesos ecológicos, patrones ambientales.

El poeta Ramón de Campoamor escribió la frase “Nada es verdad ni mentira, todo es según el color del cristal con que se mira”. Una frase que podría ser aplicada al conocimiento de los patrones ambientales que afectan la diversidad. Así como no puede asegurarse que solamente la temperatura y la precipitación tienen un efecto en la diversidad de especies de plantas, tampoco puede afirmarse que el microambiente y las interacciones bióticas entre los organismos tales como la competencia, son exclusivos para explicar la diversidad de plantas. Una manera de identificar los factores que afectan la diversidad, necesariamente debe abarcar diferentes escalas de análisis (Whittaker *et*.

al., 2001). Es decir, mientras que la temperatura y la precipitación modelan la riqueza de especies de plantas en toda la península de Yucatán, el microclima y las interacciones bióticas lo hacen para un paisaje particular como el de la Reserva Biocultural Kaxil Kiuic. En consecuencia, al utilizar un enfoque jerárquico de escala global a local, o de escala macro a micro se pueden encontrar los factores que afectan la riqueza de especies en una variedad de taxones (Whittaker *et al.*, 2001).

El interés de los científicos por el efecto de la escala al relacionar patrones ambientales con diferentes procesos ecológicos ha incrementado notablemente en los úl-

timos años. Por ejemplo Field y colaboradores (2009), en un meta-análisis, identificaron 297 publicaciones indizadas en las cuales se investigaron los efectos que diferentes patrones ambientales tienen sobre la riqueza de especies, a través de distintas escalas espaciales. En este estudio concluyeron que el clima y la productividad juegan un papel importante como determinantes de la riqueza de especies en grandes extensiones. Mientras que a menores extensiones las características micro-climáticas juegan un rol muy importante. De manera general, los estudios en ecología han demostrado que diferentes controles y procesos tienden a dominar en distintos ámbitos de escala en espacio y tiempo. Por lo tanto, las observaciones hechas en una sola escala pueden, en el mejor de los casos, capturar solamente los patrones pertinentes a esa escala de observación (Wu, 1999).

La escala usualmente se refiere a la dimensión espacial y temporal de un fenómeno ecológico, cuyos procesos están organizados en niveles jerárquicos o niveles de complejidad. Estos niveles comprenden una multiplicidad de patrones y procesos ecológicos en el espacio y el tiempo. Una forma sencilla de observar estos niveles jerárquicos son los diagramas de escala de espacio y tiempo, en donde procesos ecológicos rápidos y de dimensiones pequeñas proveen los mecanismos de los procesos de grandes dimensiones. Mientras que procesos lentos, de grandes extensiones proporcionan contexto para los procesos rápidos de pequeña extensión.

La Figura 1 muestra un ejemplo de los diagramas de escala en espacio y tiempo. En particular sobre la relación que existe entre diferentes procesos ecológicos a diferentes escalas espaciales y temporales. Aquí puede

observarse que a escalas pequeñas ocurren procesos ecológicos tales como el establecimiento y la sucesión de especies, que son producidos por perturbaciones naturales y/o humanas. En tanto que a una escala grande ocurren procesos ecológicos como la migración de especies y el desplazamiento de los ecosistemas, los cuales son efectos de cambios climáticos regionales (Delcourt *et al.*, 1983). Estos diagramas, en el caso de la teledetección, nos ayudan a encontrar el mejor sensor para caracterizar cada proceso ecológico. Por ejemplo, para cambios de cobertura o uso del suelo se requiere de un sensor de mediana resolución espacial como Spot o Landsat, de los cuales disponemos de imágenes cada mes. En cambio si se trata de caracterizar la agricultura de precisión, se utiliza un sensor con una resolución espacial alta o muy alta tales como Ikonos, RapidEye, entre otros (Jensen, 2000).

A pesar de que las dimensiones de la escala son conceptos muy útiles, se requiere de conceptos más precisos y que estén asociados con la medición. Esto con el objeto de poder cuantificar la escala y establecer relaciones entre distintas escalas. Para ello es necesario revisar los componentes de la escala que son el grano y la extensión. El grano es la resolución más fina de un fenómeno o un conjunto de datos en espacio y tiempo dentro del cual se asume homogeneidad. En la práctica, el grano a menudo está dictado por las imágenes, por lo que se considera el tamaño del pixel en una imagen de tipo raster (por ejemplo para Landsat serían 30 metros) (Figura 2A) o el tamaño de la unidad de observación que usa el investigador. Es crítico que el grano se defina para un estudio particular y represente lo mejor posible el fenómeno ecológico u organismo en estudio, de lo contrario los patrones

detectados tendrán poco significado y existen muchas posibilidades de que las conclusiones sean erróneas.

Existen diversos estudios para definir el mejor tamaño de grano para representar algún proceso ecológico. Por ejemplo Hernández-Stefano-

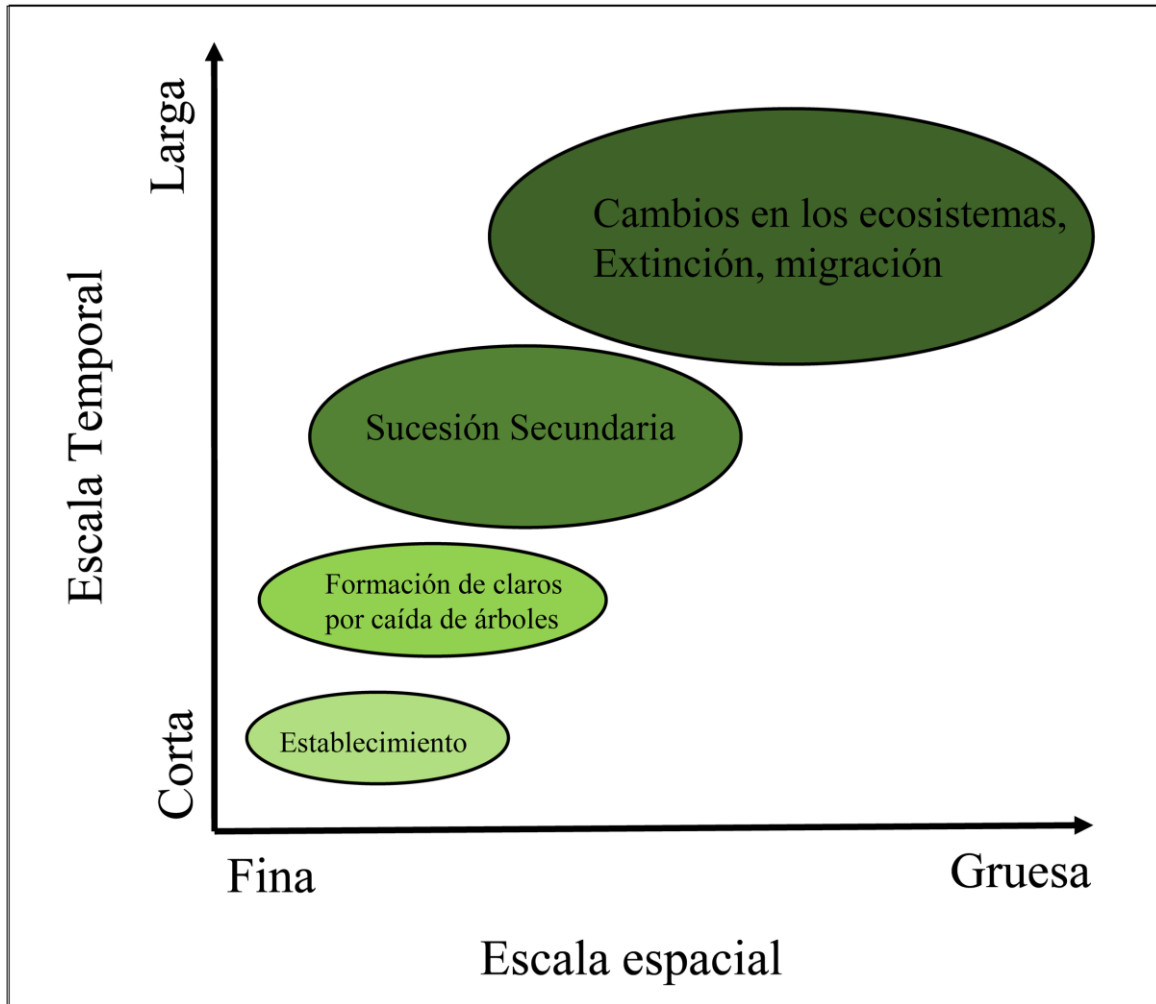


Figura 1. Relación entre escalas espaciales y temporales para diversos fenómenos ecológicos. (Modificado de Turner *et. al.* 2001).

ni y colaboradores (2014) concluyen que 1000 m² es un tamaño adecuado para la estimación de la biomasa aérea, y que el tamaño de la parcela es fundamental para mejorar las estimaciones de biomasa deri-

vadas de LiDAR. Al aumentar el tamaño de la parcela existe una mayor sobreposición entre los datos de campo y los datos de LiDAR, reduciendo así los posibles errores asociados con las ubicaciones de GPS y pro-

blemas potenciales relacionados con el borde. Por otro lado, cambiando el tamaño de grano se modifica la varianza de la variable a estudiar. López-Martínez y colaboradores (2013) presentan un ejemplo en el que la magnitud de la β -diversidad varía según el tamaño de grano, siendo más grande para una parcela de 200 m² que para una 10,000 m². Además encontraron que cuando se utiliza una unidad de observación de 200 m², las condiciones del suelo y la dependencia espacial de los datos afectan fuertemente la β -diversidad, mientras que para el sitio de 10,000 m², la configuración del paisaje jugó un papel más destacado. Por otro lado, la extensión es definida como el tamaño del área de estudio o el paisaje. En otras palabras, es el dominio espacial sobre el que se estudia el proceso ecológico y en el que están disponibles los datos; es decir, el área total abarcada por una investigación (Figura 2B). Similar a lo que pasa con el grano, cuando existen cambios en la extensión, surgen diferentes relaciones entre los patrones ambientales y los procesos ecológicos, la magnitud o el signo de las correlaciones pueden cambiar, las variables importantes pueden cambiar y la varianza de las relaciones puede cambiar. Por ejemplo Hernández-Stefanoni y colaboradores (2011) estudiando las relaciones de la estructura del paisaje, la dependencia espacial y la edad de sucesión con relación la diversidad de plantas y la biomasa aérea en bosques tropicales sobre diferentes extensiones espaciales; encontraron que en una extensión amplia, la edad del rodal fue la variable que más contribuyó a la explicación de la biomasa aérea. Mientras que la estructura del paisaje fue más importante para explicar la

diversidad de plantas. Por otro lado a una extensión media, la edad fue la variable más importante para explicar tanto la diversidad de plantas, como la biomasa aérea.

Por último y recordando la frase de Campoamor, es posible que uno quisiera tener cristales de diferentes colores que nos permitieran pasar de una verdad a otra, o dicho de otra manera de una escala espacial y temporal a otra. En la comunidad científica existe el interés no solamente de conocer la variación de los procesos ecológicos a través de diferentes escalas, sino además pasar información de una escala a otra, es decir realizar un escalamiento. Una definición ampliamente aceptada sobre el escalamiento en ecología es la traducción de información entre o a través de escalas espaciales y/o temporales. En algunos casos esta traslación de información puede hacerse por medio de expresiones matemáticas explícitas y estadísticas, mientras que en otros casos se requieren de modelos complejos como los que utilizan la estadística espacial. Estos métodos serían los cristales de colores de los que habla Campoamor. Por poner algunos ejemplos dentro de las estadísticas explícitas existe la extrapolación, la cual se realiza transfiriendo información de una extensión pequeña a una grande, o de un grano pequeño a uno grande, o bien tamaño de grano grande a uno pequeño. En el caso de la estadística espacial, puede usarse cuando se tiene datos ubicados en el espacio, pero no se tiene una cobertura completa con ellos, y se requiere estimar los valores de ubicaciones no medidas, utilizando un proceso conocido como interpolación espacial. Sin embargo existe un gran número de métodos que se pueden aplicar para realizar el escalamiento.

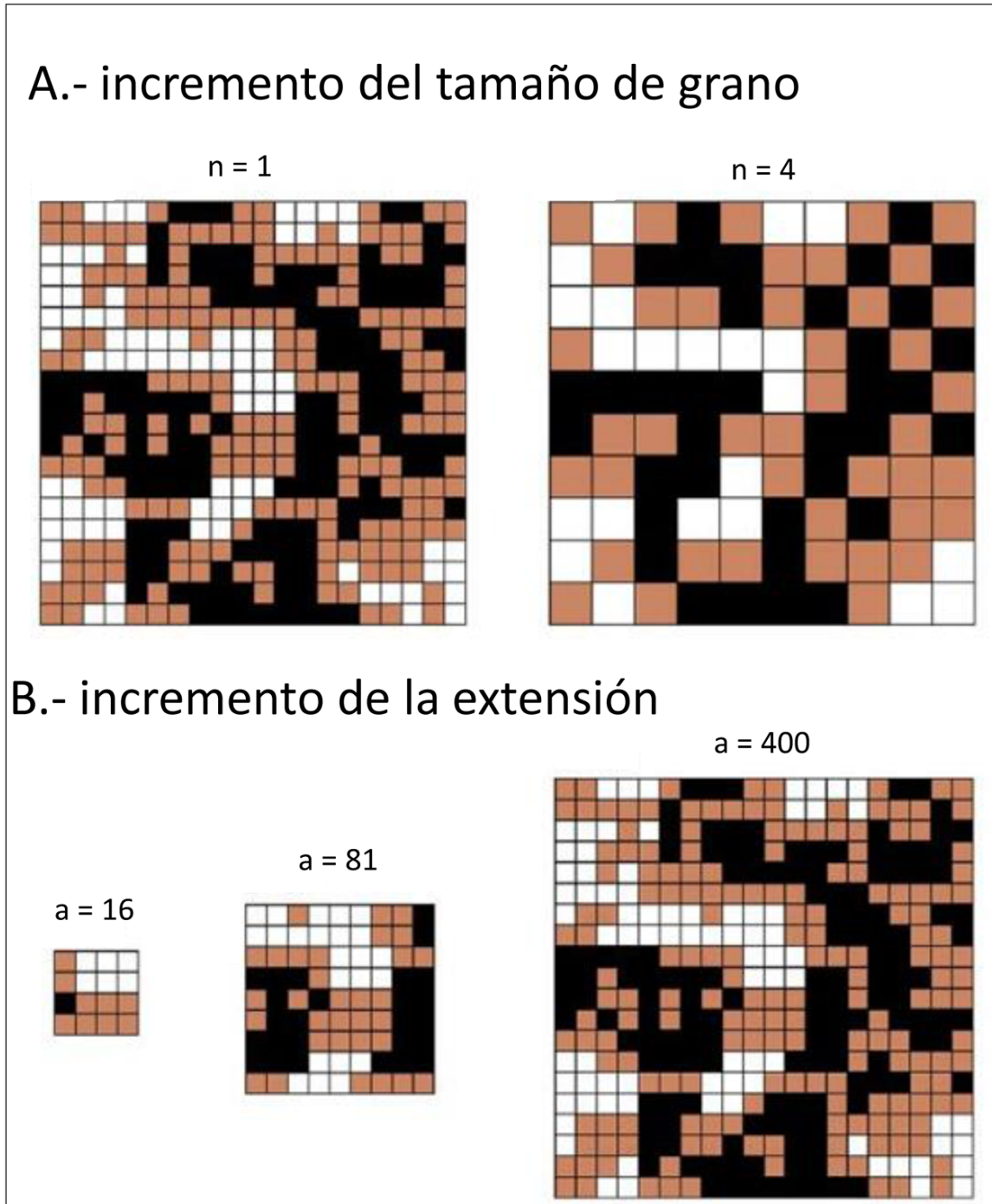


Figura 2. Componentes de la escala. **A.** grano y **B.** extensión. (Modificado de Turner *et. al.* 2001).

Referencias

- Delcourt H.R., Delcourt P.A., Webb III T. 1983.** Dynamic plant ecology: the spectrum of vegetational change in space and time. *Quaternary Science Review* 1: 153-175
- Field R., Hawkins B.A., Cornell H.V., Currie D.J., Diniz-Filho J.A.F., Guégan J.F., Kaufman D.M., Kerr J.T., Mittelbach G.G., Oberdorff T. and O'Brien E.M. 2009.** Spatial species-richness gradients across scales: a meta-analysis. *Journal of biogeography* 36: 132-147.
- Hernández-Stefanoni J.L., Dupuy J.M., Tun-Dzul F. and May-Pat F. 2011.** Influence of landscape structure and stand age on species density and biomass of a tropical dry forest across spatial scales. *Landscape Ecology* 26: 355-370.
- Hernández-Stefanoni J.L., Dupuy J.M., Johnson K.D., Birdsey R., Tun-Dzul F., Peduzzi A., Caamal-Sosa J.P., Sánchez-Santos G. and López-Merlín D. 2014.** Improving species diversity and biomass estimates of tropical dry forests using airborne LiDAR. *Remote Sensing* 6: 4741-4763.
- Jensen J. R. 2000.** *Remote sensing of the environment: an earth resource perspective*. Upper Saddle River, N.J. Prentice Hall.
- López-Martínez J.O., Hernández-Stefanoni J.L., Dupuy J.M. and Meave J.A. 2013.** Partitioning the variation of woody plant β -diversity in a landscape of secondary tropical dry forests across spatial scales. *Journal of Vegetation Science* 24: 33-45.
- Turner M. G., Gardner R. H., & O'Neill R. V. 2001.** *Landscape ecology in theory and practice* Vol. 401. New York: Springer.
- Whittaker R.J., K.J. Willis y R. Field. 2001.** Scale and species richness: Towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of biogeography* 28: 453-470.
- Wu J. 1999.** Hierarchy and scaling: extrapolating information along a scaling ladder. *Canadian Journal of Remote Sensing* 25: 367-380.

Desde el Herbario CICY, 10: 60–65 (15-Marzo-2018), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 232, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano y Lilia Lorena Can Itza. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 23 de noviembre de 2017. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.