

Análisis de patrones espaciales de vegetación ligados a distintas teorías de optimización

del Jesus, M.^{a1}, Díez-Sierra, J.^{a1}, Rinaldo, A.^{b,c} y Rodríguez-Iturbe, I.^d

^a Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria - Avda. Isabel Torres, 15, Parque Científico y Tecnológico de Cantabria, 39011, Santander, España. E-mail: a1manuel.deljesus@unican.es, a2javier.diez@unican.es. ^b Department of Civil, Environmental and Architectural Engineering, University of Padova, Padua, Italy. ^c Laboratory of Ecohydrology ECHO/IE/ENAC, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Switzerland. E-mail: andrea.rinaldo@epfl.ch ^d Zachry Department of Civil Engineering, Texas A&M University, College Station, Texas (USA). E-mail: irodriguez@ocen.tamu.edu

Línea temática B | Hidrología, usos y gestión del agua. Riegos. Energía hidroeléctrica.

RESUMEN

La organización de la vegetación en las cuencas es uno de los factores que condicionan los flujos de agua y energía dentro de la cuenca. Para una correcta caracterización de la incertidumbre de los flujos hidrológicos es necesario caracterizar adecuadamente la incertidumbre generada por las dinámicas de vegetación y para ello es necesario comprender como se organiza espacialmente la vegetación en las cuencas. El presente trabajo se centra en el estudio de la distribución espacial de vegetación en cuencas a través del marco simplificado que proporcionan las teorías de optimización de la vegetación, debido a que su sencillez de aplicación las hace susceptibles de ser incluidas en aplicaciones de ingeniería hidrológica.

Distintas teorías de optimización de la vegetación (TOV, Dewar 2010, del Jesus et al. 2012, Caylor et al. 2004) se han utilizado de forma extensiva para modelar la organización espacial de tipos funcionales de vegetación en cuencas hidrográficas. Se han utilizado también para estudiar el comportamiento y sensibilidad de los patrones de vegetación a condicionantes externos tales como el clima. Las TOV proporcionan un marco conceptual útil que incorpora pocos parámetros para el análisis cuantitativo de los patrones espaciales de vegetación. La mayoría de TOV asumen que las plantas optimizan alguna función que mide la idoneidad del individuo al medio bajo las restricciones impuestas por este, lo que lleva a la dominancia de los individuos más adaptados (Dewar 1996).

Sin embargo, existen aproximaciones alternativas, basadas en principios termodinámicos, basadas en la maximización de alguna función del ecosistema en su conjunto. Bajo estas TOV la organización de la vegetación tiende a estados estacionarios dinámicamente accesibles que maximizan dicha función global, sin atender a su función de idoneidad individual. El resultado final siempre puede interpretarse como una medida de la adaptación individual, aunque la medida sería la adaptación del individuo a su medio, es decir, la dominancia sería para los individuos más resilientes (Whitfield 2007), aquellos con mayor probabilidad de dominar bajo un amplio rango de condiciones ambientales.

En este trabajo se estudia la estructura espacial de una cuenca semiárida, la cuenca del río Salado, en el centro de investigación de ecología al largo plazo de Sevilleta, en el estado de Nuevo México (EEUU), bajo el marco de cuatro TOV diferentes: máxima asimilación de carbono, máxima evapotranspiración, mínimo estrés hídrico de la vegetación y máxima evapotranspiración ponderada por el estrés. Todas las TOV están relacionadas con el uso del agua por parte de la vegetación ya que en ecosistemas semiáridos el agua suele ser el elemento limitante.

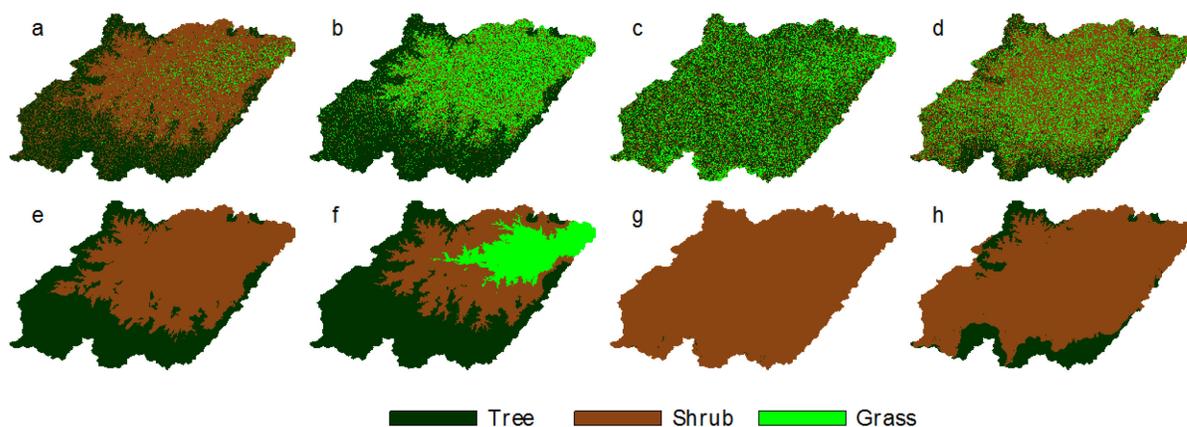


Figura 1. Estados estacionarios de la vegetación generados por “simulated annealing” (paneles del a al d) y estados fundamentales de la vegetación (paneles del e al h) para la cuenca del río Salado considerando diversas teorías de optimización de la vegetación. Paneles a y e, máxima asimilación de carbono. Paneles b y f, máxima evapotranspiración. Paneles c y g, mínimo estrés de las plantas. Paneles d y h, máxima evapotranspiración ponderada.

Para resolver la hidrología se hace uso de un modelo estacionario del balance hídrico, donde los principales flujos, precipitación, evapotranspiración, escorrentía y pérdidas profundas, se consideran a nivel diario, al igual que la humedad del suelo. El modelo proporciona las distribuciones estadísticas de las distintas variables, con las que se pueden calcular los valores necesarios para evaluar las diferentes TOV.

La optimización de cada TOV se lleva a cabo mediante “simulated annealing”, un esquema de optimización en que se proponen cambios aleatorios a una configuración inicial arbitraria hasta alcanzar un estado estacionario en que todos los estados alcanzados con sucesivos cambios son estadísticamente equivalentes. El “simulated annealing” se basa en aceptar todos los cambios que cambien la configuración hacia otra más óptima, y en aceptar aquellos que la empeoren en base a una ley de probabilidad decreciente cuanto mayor sea el empeoramiento.

En los resultados se mostrará que la TOV de máxima asimilación de carbono, que deriva del postulado de máxima producción de entropía para sistema termodinámicos en no equilibrio, es el que mejor aproxima los patrones de vegetación observados en la cuenca alta del río Salado (del Jesus et al. 2012).

Manuel del Jesus agradece además a la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y al Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) la financiación aportada a través del proyecto BIA2016-78397-P (AEI/FEDER, UE).

REFERENCIAS

- R. Dewar. 2010. Maximum entropy production and plant optimization theories., *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 365 (1545) 1429–1435.
- M. del Jesus, R. Foti, A. Rinaldo, I. Rodriguez-Iturbe. 2012. Maximum entropy production, carbon assimilation, and the spatial organization of vegetation in river basins. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (51) 20837–20841.
- K. K. Caylor, T. M. Scanlon, I. Rodriguez-Iturbe. 2004. Feasible optimality of vegetation patterns in river basins, *Geophysical Research Letters* 31 (13) L13502.
- R. Dewar. 1996. The correlation between plant growth and intercepted radiation: an interpretation in terms of optimal plant nitrogen content, *Annals of Botany* 78 (1) 125–136.
- J. Whitfield. 2007. Survival of the likeliest?, *PLoS Biology* 5 (5) e142.