

**MODELOS ESPACIO - TEMPORALES DE FACTORES DE DETERIORO DEL RECURSO HÍDRICO:
CASO CENTROS POBLADOS EN LA CUENCA DEL RÍO MAYO, SAN MARTÍN**Segundo Vergara¹, Edilberto Valencia², Luz Torres³

Recepción: 20 de marzo de 2015

Aceptado: 10 de abril de 2014

Resumen

Se planteó realizar una aproximación sobre el comportamiento espacio-temporal de centros poblados como factor que impacta los recursos hídricos de dicho ecosistema. En la modelización se consideró dos técnicas; el análisis de centros poblados con referencia al área (cuenca) y la segunda el análisis de estos con respecto uno del otro con un radio (distancia) de estimación de 3.9 km basado en el modelamiento realizado mediante "pattern análisis" en el Sistema ILWIS v 3.7; se utilizó también la herramienta Spatial Analysis de ArcGIS v.9.2. La fuente de data espacial fue la generada en el proceso de ZEE-SM 2005. Se encontró que los centros poblados estuvieron distribuidos en forma arracimada o aglutinada dentro del ecosistema río Mayo con referencia al área, significando que estos se encontrarían más próximos o más cercanos uno del otro. Por otro lado, la probabilidad de que al menos un centro poblado se pueda localizar dentro de un radio de 3.9 km fue del 95%, que al menos dos se pueden encontrar dentro del mismo radio fue del 87 % y que se encuentren tres el 77%. Por tanto, el hecho de presentar una distribución agrupada implica aproximación y uso común de recursos lo que significaría la posibilidad de encarar problemas con la cooperación de las localidades vecinas, sin embargo, dicha distribución también significaría competencia por los recursos, en particular el agua, generación de conflictos y deterioro de éste máxime si el recurso se considera escaso.

Palabras clave: cuenca río Mayo, modelización espacial, SIG, ZEE-SM**Abstract**

An approximation of the behaviour spatiotemporal population centres as a factor that impacts the water resources of the ecosystem Rio Mayo was decided to perform. Two techniques were considered in modelling; analysis of settlements with reference to the area (basin) and the second analysis of these with respect to one another with a distance of 3.9 km estimation based on modelling done by "pattern analysis" in the ILWIS System v 3.7; also it was used the ArcGIS Spatial Analysis Tool v.9.2. The source of spatial data was generated in the process of ZEE-SM 2005. It was found that the settlements were distributed as clustered or clumped within the Río Mayo ecosystem with reference to the area, meaning that they would find themselves closer each other. Furthermore, the probability that at least one population centre can be located within 3.9 km radius was 95%, that at least two can be found within the same radius was 87% and they can be found three was 77 %. Therefore, the fact of presenting a clustered distribution implies approach and common use of resources which would mean the possibility of facing problems with the cooperation of neighbouring localities, however, that distribution would also mean competition for resources, particularly water, generation of conflict and deterioration of this especially if the resource is considered scarce.

Key words: Myo River Basin, spatial modelling, SIG, ZEE-SM.

¹ Departamento de Ciencias Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, Ucayali, Perú. E mail: seveme@gmx.net

² Departamento de Ciencias Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, Ucayali.edivasa@hotmail.com

³ Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú. azuceluz_27@hotmail.com

Introducción

Basado en estudios anteriores y lecciones aprendidas en temas ambientales en la cuenca del río Mayo, se planteó realizar una aproximación sobre el comportamiento espacio-temporal de centros poblados como factor que impacta a los recursos hídricos de dicho ecosistema. La investigación se basó en un enfoque sistémico y en lo que plantean (1) quienes sostienen “El hombre ha modificado los ecosistemas de tal manera que ha construido uno propio, con estructuras y objetivos sistémicos diferentes de los naturalmente iniciales y un empleo distinto de la materia y la energía así como ha incrementado la riqueza de información semántica, llamando a esto como antroposistema”, planteamiento que nos lleva a reconocer que existen sistemas naturales (los ecosistemas) y sistemas construidos (los no naturales o antropogénicos o también denominados antropocéntricos).

Dicha afirmación además, demuestra algunas de las aplicaciones de la teoría de sistema, útil para explicar y comprender una diversidad de hechos y fenómenos tanto del mundo natural real, como antrópico (2), (3), (4) y (24). En relación a este estudio, se consideró dicho enfoque para analizar y comprender espacio-temporalmente, el factor población en la categoría de centro poblado, respecto a la naturaleza y dinámica del ecosistema río Mayo en particular, el recurso hídrico. Por consiguiente, si se considera a la cuenca del río Mayo como ecosistema (5) y (6), y además, se asume que en dicha cuenca se han presentado, se realizan y se llevarán a cabo procesos ecológicos (naturales) y no naturales (antrópicos) (25) entonces el río Mayo no sólo es un sistema ecológico o ecosistema, sino también un antroposistema debido a que, en este, se han construido procesos y sistemas antropogénicos (ciudades, infraestructura, procesos de desarrollo, culturas, etc.). Además, como mencionan (7) y (8), un sistema está constituido por propiedades estructurales y funcionales y, entre estas, existe una interacción o interacciones de diferente naturaleza, magnitud y manifestación espacio-temporal que se presentan, bajo diferentes condiciones, por tanto, conocer el comportamiento espacial de la población, es decir de los centros poblados, en relación al recurso hídrico y su deterioro en la cuenca del río Mayo fue importante.

Por otro lado, en el marco de los procesos de Zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento Territorial (ZEE-OT) (21) realizados en San Martín no solo fue importante considerar a la población en el análisis e inferencias de los diversos modelos temáticos que implicó, sino que además las conclusiones derivadas han sido importantes para generación de información en el Marco de la Segunda Comunicación Nacional de Cambio

Climático (9). Naturalmente que el recurso agua fue considerado también desde la perspectiva de la modelación de escenarios de precipitación así como de participación en procesos de Gestión Ambiental (10).

En ese sentido, puesto que uno de los principales componentes de un ecosistema, considerado como factor de deterioro del recurso agua, es la población y sus actividades inherentes que desarrolla (11), (12), (13), (14), (15) y (16) y que además la cuenca del río Mayo es un ecosistema y dentro de éste se encuentra establecida la mayoría de la población de San Martín, entonces el recurso hídrico del ecosistema Mayo vendría siendo impactado por la población y las diferentes actividades esenciales que ésta desarrolla.

En consideración a lo anterior, se elaboró modelos espacio-temporales del factor población (centros poblados) en la cuenca del río Mayo mediante la estimación de sus patrones de distribución espacial (17), (18) y (23) en la cuenca. Estos consistieron en el análisis de los centros poblados con referencia al área (cuenca) y el análisis de los centros poblados con respecto uno del otro (19) (4). Estos modelos son útiles para generar, sintetizar, representar, explicar, y en cierto modo, “pronosticar, predecir, proyectar y hasta conjeturar” la dinámica de los sistemas complejos (19).

Materiales y métodos

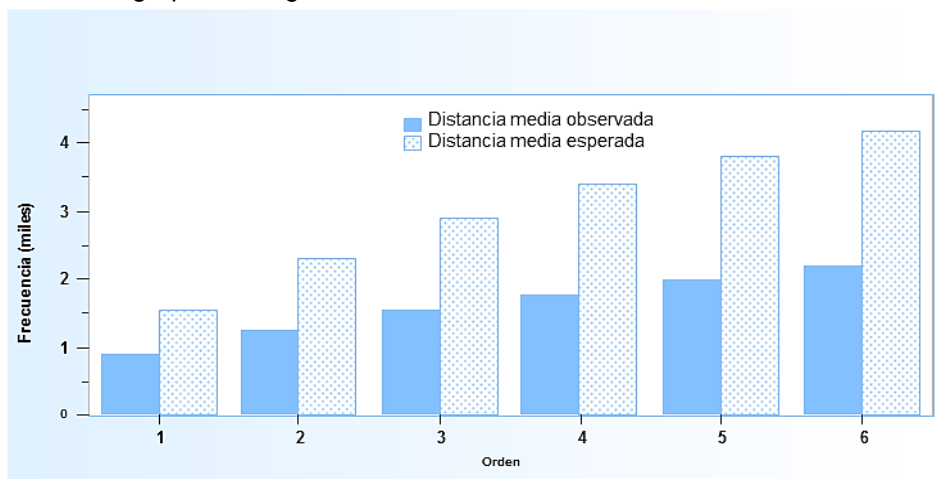
Para determinar estos patrones de distribución poblacional en el espacio del sistema Mayo, se utilizó data georeferenciada que fue generada en el proceso de Zonificación Ecológica Económica de la región San Martín (ZEE-RS) y proporcionada por el gobierno regional y las herramientas y técnicas “Pattern análisis”, moving average del SIG, (ILWIS, 3.7) y Spatial analysis, Pattern Analysis del SIG ArcGis 9.2 además de los criterios y modelos propuestos por (20). Estos permitieron determinar si la data espacial disponible (centros poblados) es apropiada para llevar a cabo el análisis es decir, que los datos espaciales deban estar modelados (mapeados) en plano 2D (coordenadas longitudinales y latitudinales) dentro del sistema de proyección correspondiente, es decir; Datum WGS84; esferoide WGS84, Proyección UTM, Zona 18 Sur y que además el área de estudio debe ser seleccionada y delimitada geográficamente antes del análisis. En este caso el área fue determinada de acuerdo al mapa base generado en el proceso de la ZEE (22); asimismo que los datos de puntos no fue una muestra seleccionada sino que se analizaron el total de datos (Universo) que se encontraron dentro de los límites de la cuenca. Es decir se consideró todo los centros poblados establecidos dentro de la cuenca y una correspondencia de 1:1 entre los objetos (centros poblados) en el área de estudio y la data espacial

(geo referencia) es decir que (X_i, Y_i) = un centro poblado y solo un centro poblado; los puntos deben ser hechos o eventos reales y contar con coordenadas espaciales.

Resultados

Los centros poblados, dentro del espacio de la cuenca del río Mayo, estuvieron distribuidos de forma arracimada o agrupados, significando, en

general, que estos se encontrarían más próximos o más cercanos uno del otro que respecto a una distribución más regular o al azar o aleatoria. Es decir que se observó para todos los casos, que la distancia media esperada es mayor a la observada por tanto los centros poblados se encontraron distribuidos espacialmente en forma arracimada. (Ver la figura 1).



Si la distancia media observada es mucho más corta que la esperada (CSR), esto significa que los centros poblados no están distribuidos al azar, sino se arraciman o aglutinan. Si la distancia media observada es mayor que la esperada (CSR) los centros poblados están distribuidos regularmente

Figura 10. Distribución espacial de centros poblados en todo el espacio que delimita la cuenca del río Mayo

Por otro lado, la probabilidad de encontrarse un centro poblado respecto a otro dentro de una distancia de 3.9 km se muestra en la Figura 2. Es decir, que la probabilidad de que al menos un centro poblado se pueda localizar o encontrar dentro de

una distancia de 3.9 km es del 95%, la probabilidad de que al menos dos centros poblados se puedan localizar o encontrar dentro de la misma distancia es de 87 % y que se encuentren tres el 77%.

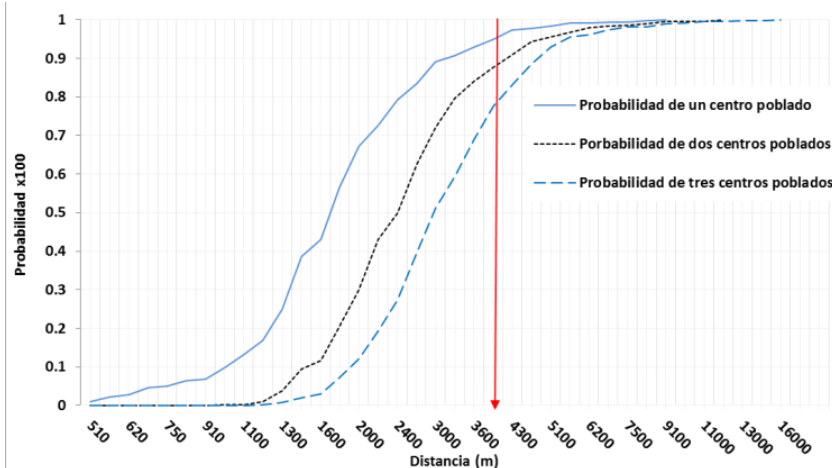


Figura 11. Probabilidad de aproximación entre centros poblados de la cuenca del Río Mayo, región San Martín.

A manera de ejemplo se ha elegido arbitrariamente una distancia de 3.9 Km (tal como indica la flecha) para ilustrar la probabilidad de distribución espacial de los centros poblados en la cuenca del río Mayo. Del 95% de todos los centros poblados en la cuenca del río Mayo, al menos 1 centro poblado se localizó o encontró dentro de una distancia 3.9 Km. Con el

87% de probabilidad se localizaron al menos 2 y con un 77% al menos 3. Fuente de datos espaciales vectoriales. Modelo elaborado por el autor.

Finalmente, la distribución de la aproximación de los centros poblados o "densidad" de estos en la cuenca y sub-cuencas se muestran en la Figura 3.

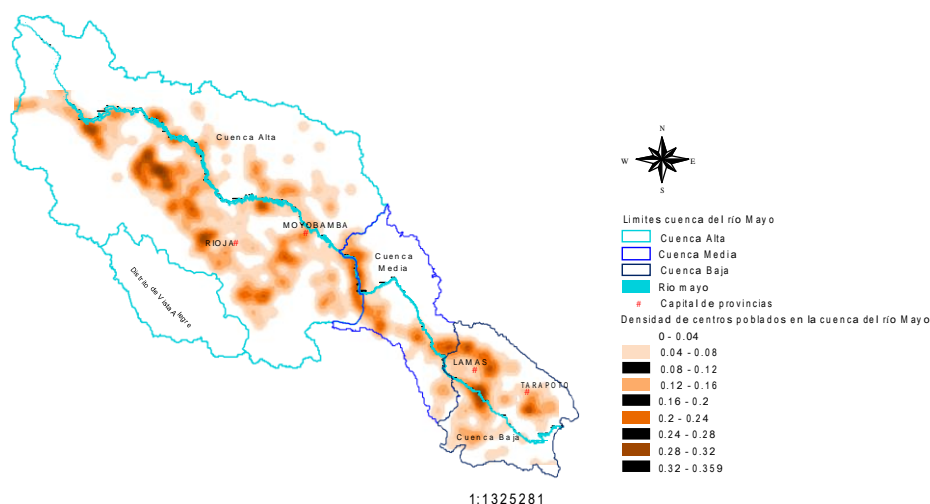


Figura 12. Distribución de la densidad de centros poblados en el territorio de la cuenca del río Mayo. En el mapa se muestra también las cuenca alta, media y baja del río Mayo.

Desde el punto de vista de la cuenca, los centros poblados presentaron mayores valores de densidad en la margen derecha de las cuencas altas y media y en la margen izquierda en la cuenca baja.

Por un lado, se reconoce que los modelos obtenidos son una representación espacial de la realidad para un tiempo y espacio dado y no considera más atributos que la posición en el espacio de dichos centros poblados; por otro, estos modelos podrían permitirnos comprender los arreglos u organización espacial de comunidades e instituciones así como sus interrelaciones en el marco de estudios de vulnerabilidad, resiliencia en particular y de cambio climático en general.

La experiencia puede permitirnos también comprender el uso común de recursos por parte de los centros poblados, entender la posibilidad de encarar problemas con la cooperación de las localidades vecinas, la competencia por los recursos y generación de conflictos, si el recurso es escaso o se deteriora. También de como posibilitar la generación de conocimiento dentro de cambio climático, adaptación, vulnerabilidad y resiliencia entre otros aspectos de intervención en el marco de desarrollo de infraestructura y procesos locales de participación y educativos.

Similarmente, se pretende también incrementar y mejorar la insuficiente información espacial sobre el comportamiento espacial de centros poblados, por ende la población y su incidencia sobre los recursos hídricos a escala de ecosistema así como generar experiencias en cambio climático.

Información que puede dar soporte en la toma de decisiones a Gobiernos locales y regional, instituciones sectoriales, instituciones educativas y organizaciones de la sociedad civil involucradas en el desarrollo en especial de la gestión de los recursos hídricos y de cambio climático.

Finalmente, sistematizar y compartir lecciones aprendidas y conocimiento que permita contribuir con el cumplimiento de los acuerdos ambientales globales a nivel regional y local principalmente.

Conclusiones

Los modelos de distribución espacial de los centros poblados en la cuenca del río Mayo presentaron una distribución arracimada o agrupada, lo que significó que en general, estos centros poblados se encontrarían más próximos o más cercanos uno del otro.

La probabilidad de que al menos un centro poblado se pueda localizar o encontrar dentro de una distancia de 3.9 km fue de 95%, la probabilidad de que al menos dos centros poblados se pueden localizar o encontrar dentro de 3.9 km fue de 87 % y que se encuentren tres el 77%.

La distribución espacial encontrada implicaría una aproximación y uso común de recursos lo que significaría también la posibilidad de encarar problemas ambientales con la cooperación de las localidades vecinas, sin embargo, dicha distribución también significaría competencia y generación de conflictos si el recurso como el agua, es escaso y se deteriora en el tiempo y espacio.

Referencias bibliográficas

1. Bennett SW, Carcavallo RU. Sistemas Ecológicos y Salud Humana. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana 11. 1979.
2. Buzai GD. Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica: sus cinco conceptos fundamentales. (Capítulo 7). 2010.
3. Matteucci SD, Buzai GD. Sistemas Ambientales complejos: Herramientas de análisis espacial. Editorial universitaria de Buenos Aires. Sociedad de Economía Mixta. Av. Rivadavia 1571773 (1033). Centro de estudios Avanzados Universidad de Buenos Aires. ISBN 950-23-0760-7; 1998.

4. Boots BN, Getis A. Point pattern analysis. Sage Publications. Newbury Park, California. 1934- (1988).
5. Vergara MSE. Índices de calidad de agua y diversidad ictiológica como indicadores ambientales de eco gestión de la cuenca alta del río Mayo. Informe de proyecto ejecutado y subvencionado por la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, San Martín, Perú; 2002.
6. Vergara MSE, Torres DJ, Ramírez RK. Distribución espacial de factores ambientales principales en el marco de la gestión integral de la cuenca alta del río Mayo. Facultad de Ecología, Universidad Nacional de San Martín; 2007.
7. Bar-Yam Y. Dynamics Of Complex Systems. (Studies in Nonlinearity). ISBN-10: 0201557487. 2003.
8. Koen PO, Verburg PH. Analysis of land use drivers at the watershed and household level: Linking two paradigms at the Philippine forest fringe. *International Journal of Geographical Information Science*, 2005; 19 (2): 125-152.
9. Proyecto Especial Alto Mayo-Gobierno Regional de San Martín. Informe técnico, "Caracterización Biofísica de la Cuenca del Río Mayo y Sub Cuenca Priorizada". Sub proyecto r1.2.1: evaluación local integrada río Mayo. San Martín; 2007.
10. Vergara MSE. Escenarios de participación en los procesos de Gestión Ambiental Regional, como capacidades de adaptación al cambio climático, en la cuenca del río Mayo, región San Martín, Perú 2009. *Revista Electrónica de la REDLACH*. 2009.
11. Li-Chi C, Yu-Pin L, Huang T, Schmeller DS, Verburg PH, Yen-Lan L. Simulation of ecosystem service responses to multiple disturbances from an earthquake and several typhoons. *Landscape and Urban Planning*, 2014; 122: 41-55.
12. United Nation Enviromental Programme, Integrated Watershed Management- Eco hydrology & Phytotechnology. Manual division of technology, industry and economics International Environmental Technology Centre. United Nations Environment Programme - UNEP.
13. Wallace MG, Cortner HJ, Moote MA, and Burke S. *Moving Toward Ecosystem Management: Examining a Change in Philosophy for Resource Management Introduction*. 1996.
14. Gonzalez L, Piccone LF, Turella S. "Crisis ambiental - Un desafío bioético actual". 2006.
15. Gobierno Regional de San Martin. Plan regional de saneamiento integral de la región San Martín. Proyecto "Fortalecimiento del Proceso de Descentralización y Gobernabilidad en el Sector Agua y Saneamiento". 2008.
16. World Water Assessment Programme, The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. Paris: UNESCO, and London: Earthscan. 2009.
17. Fischer MM, Scholten HJ, Unwin D. "Geographic information systems, spatial data analysis and spatial modelling." *Spatial analytical perspectives on GIS, GISDATA* 1996; 4: 3-19.
18. Getis A, Ord JK. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis*, 1992; 24: 189–206.
19. Borrett SR, Bridewell W, Langley P, Kevin Arrigo R. A method for representing and developing process models. *Ecological Complexity* 4. 2007; 1–1 2. 2007.
20. Tariq E. *Introduction to Point Pattern Analysis*. School of mines and technology, South Dakota. 2004.
21. Gobierno Regional de San Martin. Anuario Geográfico del Departamento de San Martín. Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial. Subgerencia de Planificación, Programación e Inversiones. Gobierno Regional de San Martín. 2007.
22. Buzai GD, editor. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Universidad Nacional de Luján – GESIG. Luján.
23. Fischer MM, Getis A, editors. *Handbook of Applied Spatial Aalysis: Software tools, methods and applications: Springer-Verlog Berlin Heidelberg*. 2010.
24. Koen PO, Verburg PH. Multilevel modelling of land use from field to village level in the Philippines. 2006
25. Proyecto Especial Alto Mayo. Experiencias sobre Manejo Ambiental en el valle del Alto Mayo. Programa de Manejo Ambiental, Moyobamba – San Martín. Gráfica y Ediciones Fénix. Tarapoto, Perú; 1998.