

---

# Entropías urbano-ambientales: huella ecológica y metropolización en Tepic-Xalisco, México

Urban Environmental Entropies: ecological impact and metropolisation in Tepic-Xalisco, Mexico

---

Sylvia Lorena Serafín González<sup>1</sup>  
Susana Marcela Flores<sup>2</sup>  
Mario Guadalupe González Pérez<sup>3</sup>

Fecha de recepción: Febrero de 2017

Fecha aprobación: Mayo de 2017

**Para citar este artículo:** Serafín González, S. L., Marcela Flores, S., & González Pérez, M. G. (2017). Entropías urbano-ambientales: huella ecológica y metropolización en Tepic-Xalisco, México. *Tecnogestión*, 14(1).

## Resumen

Genera alarma global el consumo acelerado de los recursos naturales para la satisfacción de las necesidades antrópicas. Sobre todo, porque las actuaciones en el medio físico tendientes a favorecer el proceso de metropolización le ocasionan entropía al sistema. En este sentido, el escrito determina la huella ecológica de la zona metropolitana Tepic-Xalisco, con la intención de establecer el balance ecológico (déficit/superávit), a través de la metodología establecida por Wackernagel y Rees. Se partió de que un mayor incremento poblacional, con los mismos modos de consumo, dispara no necesariamente de forma aritmética el indicador de huella ecológica. Sin embargo, los resultados arrojaron para el caso de estudio un superávit en la disponibilidad ambiental, lo que conduce a tomar medidas de prevención y gestión integral de los

recursos naturales ante la presencia a todas luces irreversibles de la actividad urbanizadora.

**Palabras clave:** entropía, huella ecológica, metropolización, disponibilidad ambiental

## Abstract

The global consumption of natural resources is accelerating to the satisfaction of anthropic needs. Above all, because the actions in the physical environment tending to favor the process of metropolization cause entropy to the system. In this sense, the paper determines the ecological footprint of the metropolitan area Tepic-Xalisco, with the intention of establishing the ecological balance (deficit / surplus), through the methodology established by Wackernagel and Rees. It was assumed that a greater population increase, with the same consumption patterns,

---

<sup>1</sup> Estudiante del doctorado en Geografía y Ordenación Territorial, del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad de Guadalajara. e-mail: lore\_serafin@hotmail.com

<sup>2</sup> Profesora-investigadora en la Universidad Autónoma de Nayarit. Miembro del cuerpo académico Recursos Naturales, en la línea de Planeación y desarrollo ambiental. e-mail: smimarcel@hotmail.com

<sup>3</sup> Profesor-Investigador en el Centro Universitario de Tonalá. Docente en el Doctorado en Geografía y Ordenamiento territorial del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad de Guadalajara. e-mail: inge\_united@hotmail.com.

does not necessarily trigger the ecological footprint indicator. However, the results yielded a surplus in the environmental disposition for the study case, which leads to measures to prevent and manage natural resources in the presence of the irreversible presence of the urbanization activity.

## Introducción

El hablar de huella ecológica implica necesariamente un traslado a la categoría conceptual del desarrollo sustentable, pues representa un parámetro que indica el grado de afectación de la sustentabilidad. Sus orígenes se remontan a los trabajos de William Rees y Malthis Wackernagel (1996), que desde mediados de la década de los noventa del siglo XX, pretendían conocer el grado de impacto que ejerce cierta comunidad humana, región, ciudad o país sobre el ambiente. En su medición, se toma en cuenta la población que habita un espacio en un periodo determinado y los usos productivos de la tierra. En este sentido, es un indicador útil para saber las condiciones que experimenta el planeta, sin embargo, también puede ser un punto de partida de justicia ambiental y social, donde se analicen las relaciones globales de injusticia entre países ricos y pobres. Así pues, la huella ecológica (HE) constituye un referente para la investigación y la búsqueda de nuevos estilos de vida y valores; desde luego, individualmente resulta complejo modificar los modos de producción, aún y cuando, las tesis pro ambientalistas sugieren que a partir de pequeñas aportaciones es posible la construcción de entornos mejores (Martínez, 2008; Muñiz, *et al.*, 2016). El supuesto en que se fundamenta la HE considera una asimetría en la utilización de los recursos naturales respecto al tiempo que el propio ecosistema destina naturalmente para su

**Keywords:** entropy, ecological footprint, metropolization, environmental availability

regeneración o producción. Asimismo, en la evidencia de las grandes cantidades de producción de desechos antrópicos por encima de la capacidad de absorción del sistema natural.

En la primera década del siglo XXI se estimaba que dentro de los primeros nueve meses del año se consumían y desechaban lo que la tierra se tardaba 12 meses en regenerar (Global footprint network, 2015). No obstante, actualmente de acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo y Global Environmental Alert Service (2012), “*la humanidad utiliza el equivalente a 1.5 planetas para proporcionar los recursos que utilizamos y absorber los desechos. Esto significa que la Tierra tarda un año y medio para regenerar lo que utilizamos en un año*”.

Ciertamente, la importancia científica que representa el proceso de metropolización identificado por altas tasas de consumo de recursos, y consecuentemente de generación de desechos pone a discusión el modo de cómo se vive la ciudad y el territorio. Esta preocupación se intensifica en las ciudades circunscritas en la metropolización, como por ejemplo, la zona metropolitana de Tepic y Xalisco (ZM Tepic-Jalisco), ambos municipios pertenecientes al estado de Nayarit en el noroeste de México. Aquí, similar con otras ciudades de país, se han conjuntado espacialmente ambas delimitaciones administrativas y han conformado un entramado

urbano complejo, manifiesto en ampliaciones habitacionales con morfologías diversas, que han trasladado el espacio periurbano hacia entornos previamente no urbanos, o en otros términos, ese espacio se ha configurado en formas complejas de habitar (González y Jalomo, 2017). En efecto, el trasladar el periurbano no implica que se mueva físicamente, sino más bien, se experimentan cambios en sus características que lo identificaban como tal. De ahí que en el caso de la ZM Tepic-Xalisco, se ha tenido que dar respuesta a las demandas de la población creciente, donde los congestionamientos viales ocasionados por la interacción entre el vehículo privado y el transporte público, la provisión de servicios hidrosanitarios o la disposición final de los desechos sólidos, entre otros, se han ido acentuando a raíz de las modificaciones en el sistema de propiedad agrario y a la práctica de la política de vivienda implementada durante el sexenio del ex presidente Vicente Fox (Mellado, 2013).

Efectivamente, el crecimiento de población a nivel mundial ha sido exponencial; esto ha provocado una mayor demanda de recursos, y consecuentemente, mayores presiones en los recursos del planeta, a tal grado que mientras en 1927 se tenían 2 mil millones de personas, para 1974 la población global se había duplicado, y en 1999 ya se tenían 6 mil millones de habitantes. No obstante, doce años después la cifra ya rondaba los 7 mil millones, y en 2015 la población mundial se estimaba en aproximadamente 7 mil 376 millones de habitantes (BBC mundo, 2015). De esta forma, la ZM Tepic-Xalisco, también se ha caracterizado por un crecimiento poblacional y habitacional acelerado los últimos 50 años. Esto porque, de acuerdo con el Inegi (2010), en 1970 se tenía una población de 124,754 habitantes y 21,831 viviendas, sin embargo, para el año 2010 ya se contaba con 368,565 habitantes y un total de viviendas de 115,746, tal como se muestra en la Tabla 1 y figura 1.

**Tabla 1. Crecimiento demográfico histórico de la Zona Metropolitana Tepic-Xalisco con base a datos de los Censos 1970, 1980, 1990, 2000, 2010 del Inegi.**

<b>Año</b>	<b>Población</b>	<b>Superficie (Has)</b>	<b>Densidad (Hab/Ha)</b>	<b>Vivienda ZM Tepic</b>
<b>1970</b>	124 754	1 131	110,30	21 831
<b>1980</b>	196 712	2 005	98,11	36 289
<b>1990</b>	221 855	3 936	56,36	55 842
<b>2000</b>	289 533	5 109	56,67	82 245
<b>2010</b>	368 565	5 676	64,93	115 746

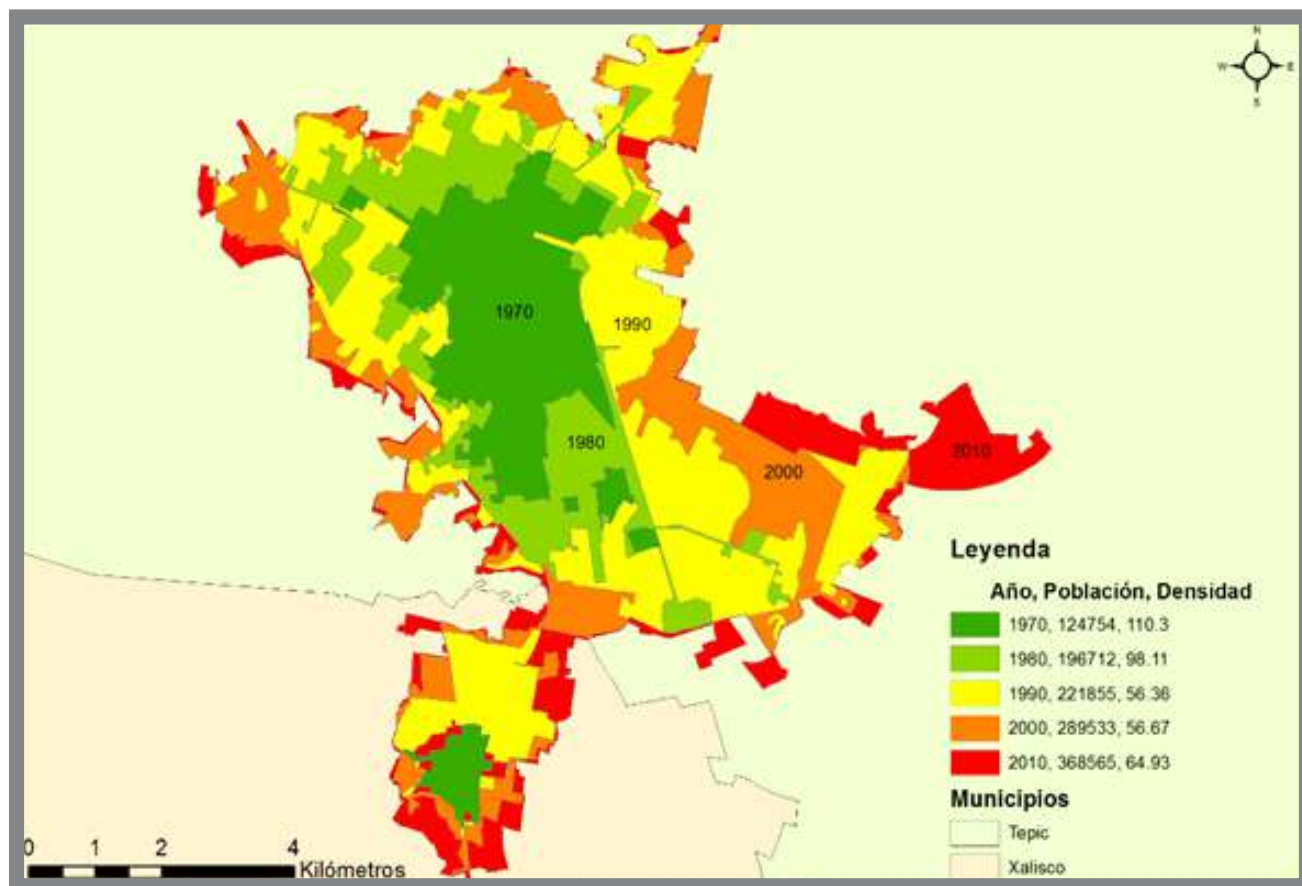


Figura 1. Densidad de población de zona metropolitana Tepic 1970-2010, con base a datos de Inegi 2010.

La ZM Tepic-Xalisco, conocida como la región centro, es la que tiene menor superficie, con cerca de 2,135 km<sup>2</sup>. En el municipio de Tepic se ubica la capital del estado, sin embargo, el municipio de Xalisco, concentra la mayor cantidad de servicios educativos y de salud, además tiene el mayor desarrollo económico y social de la entidad y conserva las mejores condiciones socioeconómicas. Asimismo, según el nivel de potencial de desarrollo socioeconómico cuenta con un nivel alto: mostrando densidad poblacional muy alta, de alrededor de 166 habitantes por km<sup>2</sup> (la distribución promedio en el estado era de 39 hab), ello le da el beneficio de la fuerza de trabajo. Sobre todo, porque el 39.6% de la población total del estado vive en el 7.7% de la superficie estatal (De Haro, Flores y Bojórquez, 2015).

Con base en lo anterior, es posible identificar una zona con características entrópicas, es decir, un entorno donde convergen componentes que desestabilizan la armonía del habitar urbano, mediante caos cotidiano sustentado en intervenciones hostiles en el espacio público (González y Aprilla, 2017). En este sentido, la entropía es un término comúnmente utilizado para indicar el grado de desgaste que presenta un sistema, o el desorden por su propio funcionamiento. Además, la teoría provee un cuerpo conceptual que facilita el análisis y reflexión de los fenómenos urbanos, donde los intercambios de materia y energía causados por el funcionamiento del sistema parecen incidir en la fisonomía del mismo (González, 2017: 61). En este entendido, la variación en el tamaño de la HE no solo depende de la cantidad de personas que

habitan el sistema urbano, sino del número de superficies con posibilidad para absorber los desechos, es decir, de su capacidad de resiliencia. La resiliencia urbana considera que las ciudades medias de nuestro entorno se enfrentan a una competencia creciente derivada de la globalización. Aunque cada ciudad es heredada de su propio pasado y debe enfrentar búsqueda de caminos para su desarrollo en entornos espacio-temporales. La resiliencia urbana se entiende como la capacidad adaptativa de las ciudades para afrontar situaciones de crisis derivadas de acontecimientos o procesos externos positivos o negativos que se ven reforzados por ciertas debilidades endógenas que las convierten en vulnerables o bien pueden resurgir fortalecidas a partir de una transformación interna (Pike, Dawley y Tomaney, 2010; Lang, 2011; Martin, 2012).

En este trabajo se analiza la región centro del estado de Nayarit, particularmente la ZM Tepic-Xalisco. Por tanto, en función de la información censal existente, *el objetivo principal determina la HE de la ZM Tepic-Xalisco y establecer el balance ecológico (déficit/superávit)*. Desde luego, en función de la tasa de crecimiento anual, la cantidad poblacional ya no es la misma que la registrada en los censos base del estudio.

## Metodología

La estimación de la HE para la ZM Tepic-Xalisco fue realizada de acuerdo con la metodología establecida por Wackernagel y Rees (1996), creadores de este indicador, el cual considera la determinación de la superficie en hectáreas globales por persona requerida para consumos asociados con la *alimentación* como cultivos, pastos, productos pesqueros y acuáticos; *productos forestales* conformado por bosques y

áreas con especies no maderables, *gasto energético* a través del consumo energético directo de la población para la elaboración de bienes, o el consumo indirecto a través de bienes importados. De igual forma, la ocupación de las áreas urbanizadas o utilizadas para infraestructuras. Por ello, para llevar a cabo el cálculo de la huella ecológica se tomó como población base la del censo de población y vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática de México (inegi), correspondiente a nuestra área de estudio. Además, se consideró la carta V de uso de suelo y vegetación que muestra el estado actual en que se encuentran los diversos tipos de vegetación para el año 2012 (figura 2).

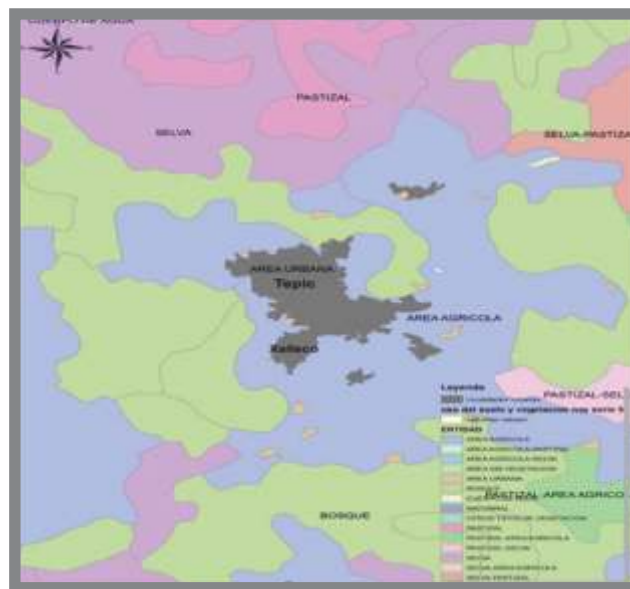


Figura 2. Tipos de vegetación de la Zona Metropolitana Tepic-Xalisco, con base al Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2012.

El cálculo de la HE para la ZM Tepic-Xalisco considera como elementos de referencia básicos de Wackernagel y Rees (1996), tanto en su definición teórica inicial, como en las aplicaciones desarrolladas posteriormente a escala estatal en y municipal. La metodología de cálculo se basa en la determinación de la superficie necesaria para



satisfacer los consumos asociados a la alimentación (cultivos, pastos, mar), los productos forestales (bosques), el gasto energético (consumo energético directo de la población y el necesario para la elaboración de bienes de consumo), y la ocupación del terreno. Estas superficies vienen expresadas en términos de hectáreas globales per cápita (gha/cap), es decir, en hectáreas de superficie biológicamente productiva con una productividad igual a la media mundial. Esto permite establecer comparaciones entre países, regiones, etc.

Una vez calculada la HE que representa la superficie que cada habitante utiliza para el consumo de alimentos e infraestructura (expresada en hectáreas por persona), esta se corrige con un factor de equivalencia (media mundial) utilizado para estandarizar los

resultados, expresados en hectáreas globales por persona. La finalidad de esta conversión es poder comparar la HE estimada con el mundo y otros países y tomar decisiones pro ambientales. Por último se hace una comparación entre la HE y la superficie productiva disponible en el mundo por persona con la finalidad de comparar la superficie utilizada y la disponible.

## Resultados

El resultado de la HE una vez realizado el cálculo, nos arroja que cada habitante de la zona metropolitana utilizó 1,4331 hectáreas de terreno para el consumo de alimentos y productos energéticos, para la vivienda e infraestructura construida que tiene la zona metropolitana, las huellas más elevadas son para cultivos y bosques (tabla 2).

Tabla 2. HE de la ZM Tepic-Xalisco 2012 (hectáreas per cápita)

Tipo de superficie	Hectáreas totales		Huella Ecológica	
			Hectáreas per cápita	
	Xalisco	Tepic	Xalisco	Tepic
Cultivos	18526,7	52883,31	0,3773	0,139
Pastos	237,8	8582,40	0,0048	0,022
Bosques	18301,7	44924,88	0,3727	0,118
Áreas Verdes para absorción de CO2	11667,8	45492,87	0,2376	0,119
Superficie construida	1163,5	6731,70	0,0236	0,017
Subtotal	49897,5	158615,16	1,016	0,4171
<b>Total</b> <b>HE Zona Urbana</b>	208512,66		1,4331	

La huella ecológica global fue de 4,0012 hectáreas globales por persona, siendo el tipo de superficie de bosque el valor más alto y el menor el correspondiente a pastos (tabla 3).

**Tabla 3. HE Global ZM Tepic-Xalisco 2012**

Tipo de superficie	Huella ecológica		Factor de equivalencia*	Huella ecológica global	
			(The Ecological Footprint Atlas 2007)		
	Hectáreas per cápita (ha/hab)		Hectárea global: hectárea con productividad estándar (media mundial) (gha/ha)	Hectáreas globales per cápita (gha/hab)	
	Xalisco	Tepic		Xalisco	Tepic
Cultivos	0,3773	0,139	2,21	0,8338	0,3071
Pastos	0,0048	0,022	0,49	0,0023	0,0107
Bosques	0,3727	0,118	1,33	0,4956	0,1569
Áreas Verdes para absorción de CO <sub>2</sub>	0,2376	0,119	1,18	0,2803	0,1404
Superficie Construida	0,0236	0,017	2,64	0,0623	0,0448
Subtotal	1,016	0,4171	7,85	1,6743	0,6599
<b>Total</b>	1,4331		7,85	4,0012	

Finalmente, se comparó la HE de la ZM Tepic-Xalisco con la Biocapacidad nacional reportada, donde se puede observar que los bosques y la superficie construida exceden la capacidad

disponible que se tiene a nivel país, lo que repercute que finalmente la HE. En resumen, se tiene un superávit ambiental a nivel nacional (tabla 4).

**Tabla 4. Biocapacidad disponible para México conforme el The Ecological Footprint Atlas, 2008.**

Tipo de Superficie	Biocapacidad(gha/hab)	Huella Ecológica Global México
Cultivos	0,70	0,4066
Pasto	0,37	0,0179
Bosques	0,36	1,2552
Superficie construida	0,08	0,1265
<b>Total disponible</b>	<b>1,51</b>	<b>1,81</b>

## Discusión

La ciudad es un combinado complejo configurado por un conjunto de fuerzas, donde la de origen antrópico se ha perfilado como el agente transformador principal. En efecto, desde la teoría de los sistemas en sus diferentes vertientes, la ciudad está conformada por diversos subsistemas que inciden en el funcionamiento y consecuentemente en la morfología del subsistema ambiental. En este sentido, aspectos como la degradación ambiental originada por la urbanización y el modo de vida de la población son causales de escenarios caóticos, a través de la generación de entropía en la ciudad, y por tanto, desorden en sus componentes.

Hace más de dos décadas Wackrnagel y Rees (1996) comparaban la ciudad con un animal pastando en una pradera y se preguntaban qué área de la pradera era necesaria para producir todo el alimento que el animal requería, así como todo lo que necesitaba para absorber los desperdicios de forma sustentable. Su metodología se ha empleado en diversos países del mundo como España, específicamente en Barcelona, donde los

cálculos se hicieron a partir de dos matrices, la primera calculaba el consumo de suelo y la segunda el área necesaria para absorber todo el CO<sub>2</sub> emitido en el consumo directo de productos energéticos, la huella dio como resultado 3,23 ha/per cápita (Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, 2008). En cambio, para la ZM Tepic-Xalisco el resultado que se obtuvo fue de 4,0012 ha/per cápita, lo que refleja que al menos en ese tiempo del estudio se estaba en superávit, ya que contaba con una biocapacidad mayor a su HE, respecto a los 1,81 de biocapacidad disponible para México (The economical footprint atlas, 2008).

La huella ecológica es un indicador muy utilizado en el mundo, sin embargo no es la única manera de medir el impacto ecológico, pero se ha constituido como un método valioso para evaluar la contabilidad de los recursos naturales que controla la demanda humana sobre la capacidad de regeneración y absorción de la biosfera.

## Conclusiones

El tema ambiental se ha convertido en pieza clave para la toma de decisiones sectoriales relacionadas con la urbanización, sin embargo,



más que por un compromiso con los diferentes componentes del sistema, se ha vuelto una obligación normativa. Por ello, en muchas ocasiones se busca cumplir con lo mínimo permitido, sin lograr con ello subsanar los efectos generados por nuestra forma de vivir en el medio físico. En otros términos, de la forma cómo vivimos la ciudad y como consumimos nuestros recursos naturales ocasiona desestabilidad en el sistema urbano-territorial y en el ecosistema en sí.

La huella ecológica es un índice de aviso del comportamiento de nuestros modos de vivir. En este sentido, se vuelve base para la toma de decisiones que posibiliten resarcir el daño ocasionado cuando esta supera la disponibilidad ambiental o tomar medidas cautelares cuando se tenga una mayor capacidad carga antrópica. Efectivamente, a nivel México se tenía en 2012 un déficit en materia ambiental respecto al superávit que mostraba la ZM Tepic-Xalisco, es decir, que mientras la HE a nivel nacional estaba en 1.8, en la zona de estudio el valor superaba el 1.4. Sin embargo, la biocapacidad se encuentra en poco más de 4 en el primero contra 1.5 en el segundo. En este sentido, la política de planeación bien puede asumir una postura pro ambiental, por el bien de los residentes de la zona metropolitana, del propio país, y desde luego del ecosistema global.

## Referencias Bibliográficas

- BBC Mundo (2015). “Somos 7,000 millones ¿Cuáles son los desafíos?”. Recuperado el 2 de diciembre de 2015 de: [http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias\\_población\\_informe\\_am.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias_población_informe_am.shtml).
- De Haro R, Flores S. y Bojórquez, J. (2015). Potencial de desarrollo socioeconómico en las regiones de Nayarit, México. *Revista Bio ciencias* 3(3). Recuperado el 12 de noviembre de 2016 de: <http://revistabiociencias.uan.mx/BIOCIENCIAS/article/view/136>
- Global Footprint Network (2015). “Curious about the Footprints of individual countries?”. Recuperado el 9 de mayo de 2016 de: [www.footprintnetwork.org/es/index.php/GFN/page/world\\_footprint/](http://www.footprintnetwork.org/es/index.php/GFN/page/world_footprint/)
- González Pérez, M.G. y Aprilla Lara, Y. (2016). La habitabilidad del espacio periurbano en el área metropolitana de Guadalajara: entropías en la provisión de recursos hidrosanitarios. En *Revista Tecnogestión: una mirada al ambiente*, 1 (13). Recuperado el 30 de junio de 2017 de: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tecges/article/view/12130/12697>
- González Pérez, M.G. y Jalomo Aguirre, F. (2017). “Expansión periurbana y transformaciones en el espacio geográfico: la recarga hídrica en el Área Metropolitana de Guadalajara”. Trabajo presentado en el 11° Congreso Nacional Marejadas rurales y luchas por la vida, Bahía de Banderas, Nayarit.
- González Pérez, M.G. (2017). Movilidad motorizada e infraestructuras de transporte en Culiacán: una situación entrópica. En I.J. Jasso (coord.) Poder, Cultura y desarrollo. Universidad de Guanajuato, México.
- Inegi (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado el 11 de septiembre de 2016 de: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010/>
- (2012). Carta de Uso de Suelo y Vegetación serie V. Recuperado el 11 de septiembre de 2016: [www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/usuarios/](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/usuarios/)

- Lang, T. (2011). Urban resilience and new institutional theory. A happy couple for urban and regional studies. En B. Muller (ed). Urban regional resilience; how do cities and regions deal with change? Berlín-Heidelber: Springer Verlag.
- Martín, R. (2012). Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shock. *Journal of Economic Geography* 12 (1). Recuperado el 12 de julio de 2016 de: <https://academic.oup.com/joeg/article-abstract/12/1/1/1161617/Regional-economic-resilience-hysteresis-and>
- Martínez Castillo, R. (2008). Educación y huella ecológica. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación* 8(1). Recuperado el 4 de marzo de 2016 de: <http://www.redalyc.org/html/447/44780103/>
- Mellado, R. (2013). “La política de vivienda en las administraciones del Partido Acción Nacional: 2000-2012”. Trabajo presentado en el congreso nacional de vivienda 2013. UNAM.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2008). *Análisis de huella ecológica de España*. Recuperado el 12 de junio de 2016 de <http://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Huella%20ecologica%20de%20Espa%20a.pdf>
- Muñiz I., Rojas C., Busuldu C., García A., Filipe M. y Quintana, M. (2016). Forma urbana y Huella Ecológica en el Área Metropolitana de Concepción (Chile). *EURE (Santiago)*, 42(127), 209-230. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612016000300009>
- Pike A., Dawley S. y Tomaney J. (2010). Resilience, adaptation and adaptability. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* 3 (1). Recuperado el 11 de marzo de 2016 de: <https://academic.oup.com/cjres/article-abstract/3/1/59/340694/Resilience-adaptation-and-adaptability?redirectedFrom=fulltext>
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo y Global Environmental Alert Service (2012). “Un planeta, cuántas personas”. Recuperado el 12 de mayo de 2016 de: [http://igskmncnvs522.cr.usgs.gov/geas/archive/pdfs/GEAS\\_Jun\\_12\\_Carrying\\_Capacity.pdf](http://igskmncnvs522.cr.usgs.gov/geas/archive/pdfs/GEAS_Jun_12_Carrying_Capacity.pdf).
- The Ecological Footprint Atlas (2008). Recuperado el 12 de enero de 2016 de: [www.footprintnetwork.org/content/images/.../Ecological\\_Footprint\\_Atlas\\_2008.pdf](http://www.footprintnetwork.org/content/images/.../Ecological_Footprint_Atlas_2008.pdf)
- Wackernagel, M. y Rees, W. (1996). *Our ecological footprint. Reducing human impact on the earth*. Canada: New society publishers.