

Entropía del crecimiento habitacional en el río Blanco de la metrópoli de Guadalajara, México

Dr. Mario Guadalupe González Pérez

Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara, CUTONALÁ, Tonalá, México.

e-mail: inge_united@hotmail.com

Ing. Luis Fernando López Lara

Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara, CUTONALÁ, Tonalá, México

e-mail: ing.fernandolopez@gmail.com

RESUMEN

La construcción urbano-habitacional consume enormes cantidades de materia y energía provenientes del ambiente. En este sentido, el objetivo del artículo es identificar y diagnosticar los componentes entrópicos relacionados con los residuos sólidos urbanos en la micro-cuenca del río Blanco en la metrópoli de Guadalajara, México, el cual atraviesa un rápido proceso de urbanización. Para ello, se utiliza el modelo Presión-Estado-Respuesta, la inspección in situ y el Simulador de Flujos de Agua en Cuencas Hidrográficas proporcionado por el Instituto de Geografía, Estadística e Informática. Los principales resultados muestran que el avance de la urbanización en la microcuenca ha generado entropía que afecta la homeostasia en el sistema urbano, por lo cual, se convierte en relevante la implementación de medidas negentrópicas relacionadas con la gestión integrada de los recursos naturales disponibles.

Palabras clave: afluentes hídricos, componentes entrópicos, componentes negentrópicos, habitabilidad, residuos sólidos urbanos.

Residential construction and water tributaries in the metropolis of Guadalajara, Mexico

ABSTRACT

Urban-residential construction consumes enormous amounts of matter and energy from the environment. In this sense, the objective of the article is to identify and diagnose the entropic components related to urban solid wastes in the micro-basin of the Blanco river in the metropolis of Guadalajara, Mexico, which goes through a rapid process of urbanization. For this, the Pressure-State-Response model, the on-site inspection and the Water Flow Simulator in Hydrographic Basins provided by the Institute of Geography, Statistics and Information Technology are used. The main results show that the progress of urbanization in the microbasin has generated entropy that affects homeostasis in the urban system. Therefore, the implementation of negentropic measures related to the integrated management of available natural resources becomes relevant.

Keywords: water tributaries, entropic forces, negentropic forces, habitability, urban solid wastes.

INTRODUCCIÓN

El Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) es la segunda metrópoli más importante en magnitud poblacional y una de las de mayor crecimiento habitacional en México. En este sistema urbano, la construcción inmobiliaria se extiende rápidamente por algunos municipios adyacentes al municipio central, la que demanda el uso de grandes cantidades de suelo, y en consecuencia aparecen desafíos para mantener la homeostasia del sistema.

Desde una concepción sistémica, el proceso antrópico de expansión habitacional en las franjas limítrofes al sistema urbano ha dado origen a procesos entrópicos (desordenados), por medio del ejercicio de urbanización difusa que ha facilitado la incorporación de fuerzas externas con potencial modificador de las condiciones in situ del agua, suelo, fauna, flora y subsistemas atmosféricos (componentes entrópicos), los cuales están cambiando su composición y características originarias, de manera incluso irreversible.

Estos efectos por lo general son negativos y se manifiestan en el bienestar social de las comunidades urbanas, la salud y calidad de vida de la población; así mismo, al deterioro intra-sistémico se adhieren afectaciones de tipo inter-sistémicas.

En este contexto, el habitar las periferias se ha caracterizado por un creciente aumento habitacional identificado por la urbanización de áreas propicias para la actividad agroalimentaria, o la recarga freática, que no solo modifican la fisonomía sino contaminan directamente al suelo, ofreciendo un factor explicativo de primer orden para entender la forma en que se degradan los ecosistemas.

En resumen, desde una perspectiva ingenieril estas acciones dificultan la provisión de infraestructura hidráulica, la dotación de recursos hídricos, el manejo de las aguas producidas por las precipitaciones, la evacuación de residuales y su disposición final (González y Asprilla 2016).

En función de lo anterior, este trabajo identifica la presión antrópica ejercida sobre los recursos hídricos en las inmediaciones del río Blanco, para posteriormente determinar implicaciones y definir algunos criterios de intervención, que permitan articular acciones de recuperación y amortigüen su condición de vulnerabilidad (balance ecológico). Se presenta el diagnóstico de la contaminación por residuos sólidos urbanos, a través de la utilización del modelo Presión-Estado-Respuesta (PER) propuesto por la Environment Canada y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD). El esquema proporciona un marco analítico mediante el uso de indicadores cuantificables que relacionan las actividades humanas y la contaminación del afluente (OECD 2002).

El proceso de urbanización, entendido como “la concentración gradual de la población humana en pueblos, ciudades y áreas metropolitanas” (Ángel 2014), ha sido tradicionalmente la fuente de contaminación puntual y difusa de las cuencas hidrográficas en México, y confirman una serie de características similares en relación con el fenómeno acelerado de urbanización que en el caso del Área Metropolitana de Guadalajara detonó en el último cuarto del siglo XX (Barranco y González 2016).

En el caso de Guadalajara por ejemplo, la urbanización moderna se identifica por tres períodos: urbanización lenta (1900-1940); urbanización rápida (1941-1970) y urbanización metropolitana (1971- actualidad) (Fausto y Munguía 2010).

Esta tendencia global sobre la expansión urbana obedece a diferentes factores multicausales, sin embargo, la ocupación irregular del suelo es una de las fuerzas antrópicas-entrópicas principales del AMG, donde paralelamente se han manifestado diversos acontecimientos y procesos que están favoreciendo la complejidad del proceso metropolitano.

Es importante indicar que la mancha urbana de la metrópoli creció de tal manera, que en la década de 1990 se consideraban sólo cuatro municipios conurbados: Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá, denominados como la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG); sin embargo, actualmente se reconoce la integración funcional de cinco municipios más: Tlajomulco, El Salto, Juanacatlán, Ixtlahuacán de los Membrillos y Zapotlanejo.

En este sentido, de acuerdo con el Instituto Metropolitano de Planeación (IMEPLAN) el AMG ha alcanzado las 61 mil 820 hectáreas de espacio urbano construido y una huella de ciudad de 98 mil 450 hectáreas (IMEPLAN 2015) (figura 1).

En materia de población metropolitana, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), en la década de 1980 se contaba con 2 millones 244 mil 715 habitantes, los cuales se duplicaron 20 años después, alcanzando los 4 millones 434 mil 878 habitantes en el año 2010. La ocupación dispersa del suelo incrementó a su vez, la tasa de crecimiento de la superficie urbana ubicada en 2,8%, mientras que la tasa de crecimiento poblacional disminuyó hasta el 1,8 % anual (INEGI 2010).

De igual manera, a partir del año 2011, la producción de residuos sólidos urbanos (RSU) creció de manera sostenida, a grado tal que para el año 2013 el área metropolitana de Guadalajara producía cerca de las 5000 toneladas diarias de RSU; de estos, más de 880 toneladas corresponden a residuos de manejo especial (RME). Estos residuos son depositados en cuatro sitios de disposición final: Matatlán, Los Laureles, La Micaelia y El Taray (Bernache 2006, 2015); a su vez, aunados con los residuos sólidos se tienen desechos químico-industriales, aguas residuales, agentes patógenos agrícolas, materiales orgánicos, sustancias radioactivas, o derivados del petróleo, que son considerados como altamente contaminantes para los procesos biológicos de los afluentes hídricos.

Los contaminantes se incorporan al cauce en forma de gases, sustancias disueltas, partículas y formas sólidas, a través de la atmósfera y el suelo (escurrimiento y lixiviación). Esto conlleva a que la contaminación se genere a partir de fuentes puntuales y difusas.

Los contaminantes originados por una fuente puntual pueden ser identificados, medidos y tratados, mientras que los provenientes de una fuente difusa (la más común en los cuerpos de agua) se originan en la colección y descarga de aguas residuales urbanas, industriales y ciertas actividades agrícolas (rociado de pesticidas y fertilizantes).

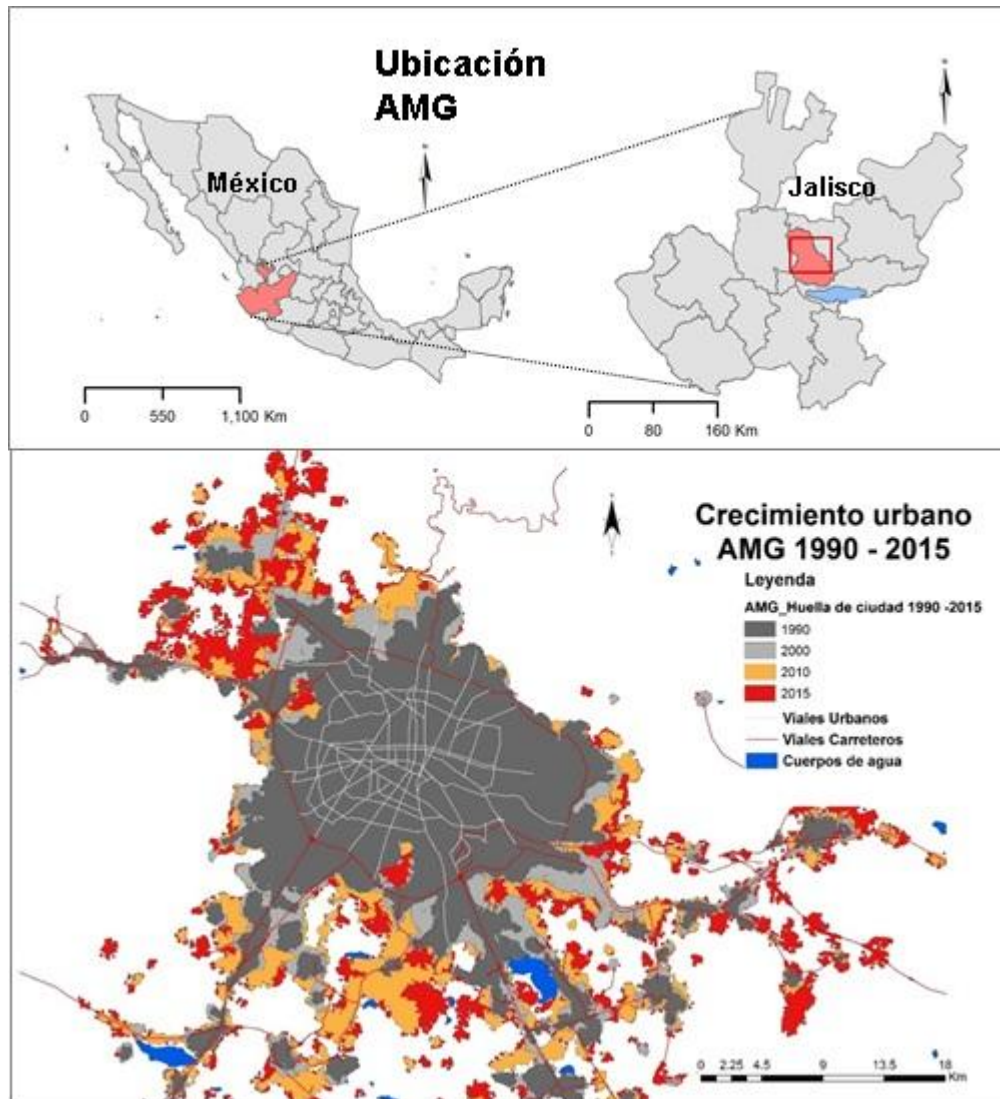


Figura 1. Crecimiento urbano de 1990-2015 en el AMG (IMEPLAN 2015)

CASO DE ESTUDIO: MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO

En la parte norte del municipio de Zapopan se están construyendo múltiples fraccionamientos de interés medio adyacentes al río Blanco, el cual se encuentra localizado dentro del municipio, y tiene una longitud superior a los 20 km. El afluente corre de poniente a oriente, desde la represa San José, o también conocida como Santa Lucía, hasta desembocar en la barranca del río Grande de Santiago.

En su orografía nace al norte del Valle de Tesistán, cruza al sur con la zona serrana de San Esteban hasta el borde de la barranca, para posteriormente caer cerca de 300 metros por una escarpada pendiente y conectar con el río Santiago; como tantos otros ríos cercanos a zonas urbanas tiene un ecosistema complejo donde interactúan diversos componentes.

En este caso, el río está en riesgo dado que los balances naturales (biota, ciclo del agua,

sedimentos del suelo, microclima, etc.) son sometidos a una fuerte presión provocada por la actividad inmobiliaria en su zona de influencia.

La microcuenca del río tiene una superficie aproximada de 160 km², y pertenece a la cuenca Santiago-Guadalajara, según datos proporcionados por el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL-INEGI (2017). El río recibe 400 litros por segundo de aguas residuales crudas provenientes de múltiples localidades ubicadas en los poblados de Nextipac, Tesistán, Santa Lucía, Jardines de Nuevo México, río Blanco, Cañadas de San Isidro y San Isidro, hasta la desembocadura en el río Santiago (Guillén 2010).

Asimismo, el río sostenido por múltiples arroyos intermitentes y efímeros alimenta en su paso a las represas San José y Copalita, que proveen el agua de riego para los huertos de hortalizas en la zona (figura 2).

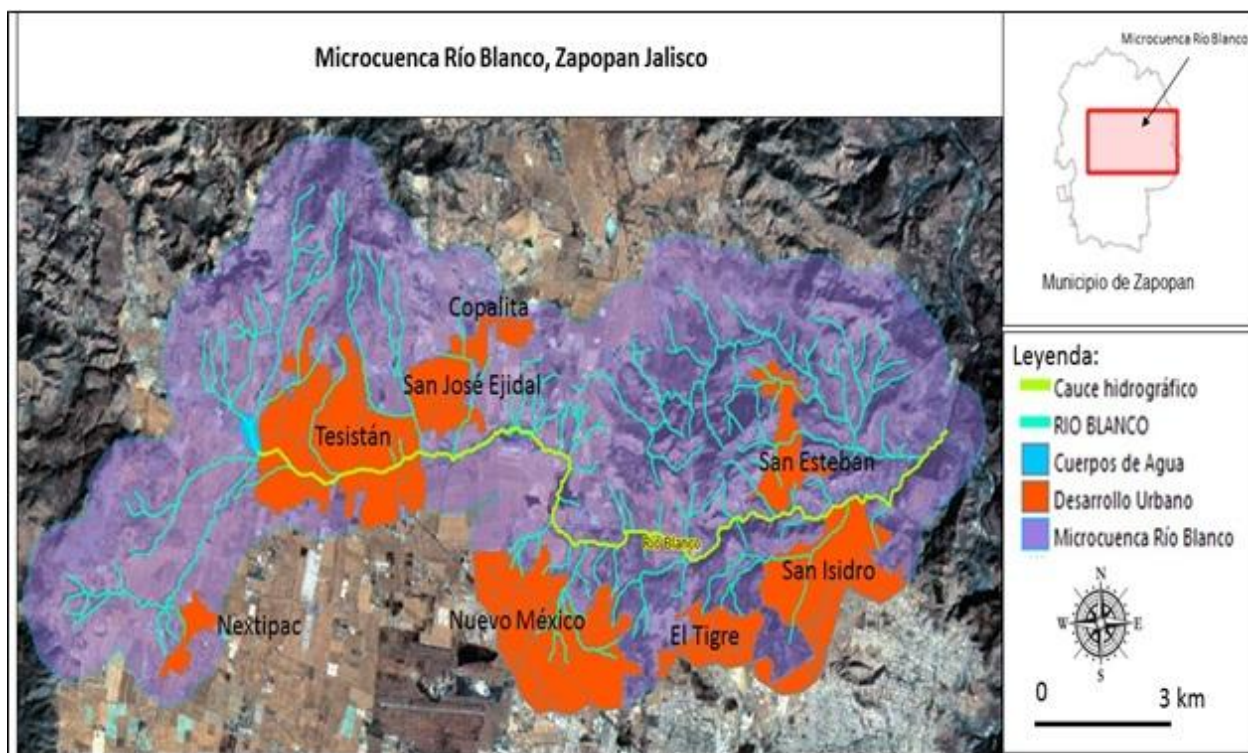


Figura 2. Trayectoria del Río Blanco (SIAT-INEGI 2017)

LA INSTRUMENTACIÓN PER

El modelo PER propone una metodología causal de los principales problemas relacionados con temas ambientales principalmente; fue adoptado por la OECD (2002) con la intención de medir y reportar del estado del medio ambiente natural en sus países miembros. El modelo consiste en el establecimiento de la interrelación entre las actividades humanas (presión) y su impacto en el estado del medioambiente natural (estado), con ello se generan acciones para atender la problemática en cuestión (respuesta).

Esto de manera sistemática representa un marco conceptual adecuado para el planteamiento de indicadores, que además de reflejar una problemática en común, permite establecer la

efectividad de las acciones y mejorar el estado ambiental en referencia a la presión de la actividad antropogénica. En suma, el modelo permite el establecimiento y reorientación de las políticas públicas o los criterios para la toma de decisiones de los principales sectores estatales; además, es una herramienta vital para lograr la sustentabilidad de las acciones planteadas en los planes de desarrollo.

En la siguiente figura se muestra esquemáticamente el desarrollo del análisis con base en el modelo PER (figura 3).

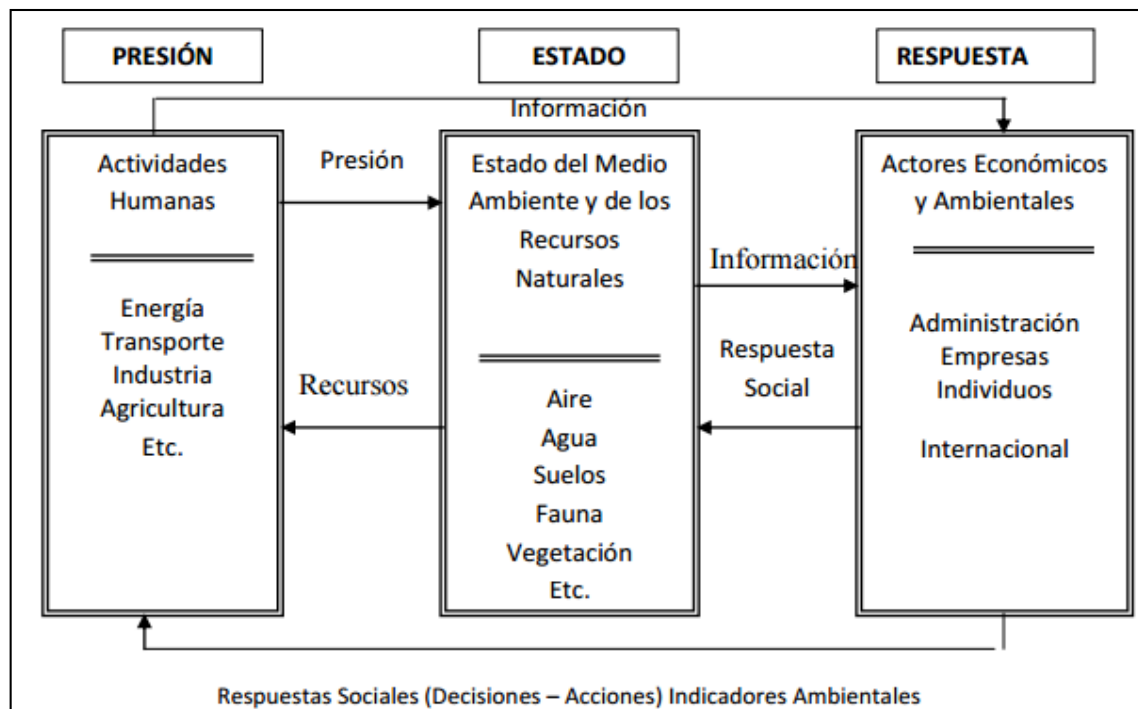


Figura 3. Sistema de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad (SIASEG 2012)

ESCENARIO ACTUAL Y EXPECTATIVAS AMBIENTALES

Los indicadores de presión inciden en las condiciones del medioambiente natural (recursos naturales).

Estos se clasifican en presión antrópica directa al medioambiente y en indicadores que reflejan la evolución de las actividades antrópicas, las cuales por su crecimiento o modificación originan presión al ambiente; un ejemplo del primer grupo es el relacionado con la generación los residuos sólidos urbanos (basura) generados por los asentamientos humanos que se han ido expandiendo en el AMG.

En este sentido, la delimitación que abarca la microcuenca que a este análisis compete, se pueden localizar un total de 72 localidades rurales, las cuales se encuentran muy dispersas unas respecto a otras (espacios intersticiales).

En la figura 4 se pueden apreciar los rangos de población por Área Geoadministrativa Básica (AGEB) urbana que se encuentran inmersos dentro de la microcuenca del río Blanco. El avance de la urbanización en la zona ha modificado de forma alarmante las coberturas del suelo y la estructura de población anterior. La microcuenca contiene una gran cantidad de núcleos agrícolas destinados inicialmente a la siembra de cultivos como el maíz, sorgo y frijol, por ello, los predios pertenecientes al Valle de Tesistán, Zapopan son altamente productivos; no obstante, las actividades agrícolas han disminuido en la actualidad por la venta a gran escala de estos terrenos.

Asimismo, a esta actividad entrópica permisible por parte de la autoridad se suma la ocupación irregular del suelo (invasiones), la sobre explotación de los mantos acuíferos a través de la extracción de agua subterránea para el abasto de los nuevos desarrollos inmobiliarios y la precaria concepción y aplicación de los fundamentos sistémicos en la ocupación del territorio.

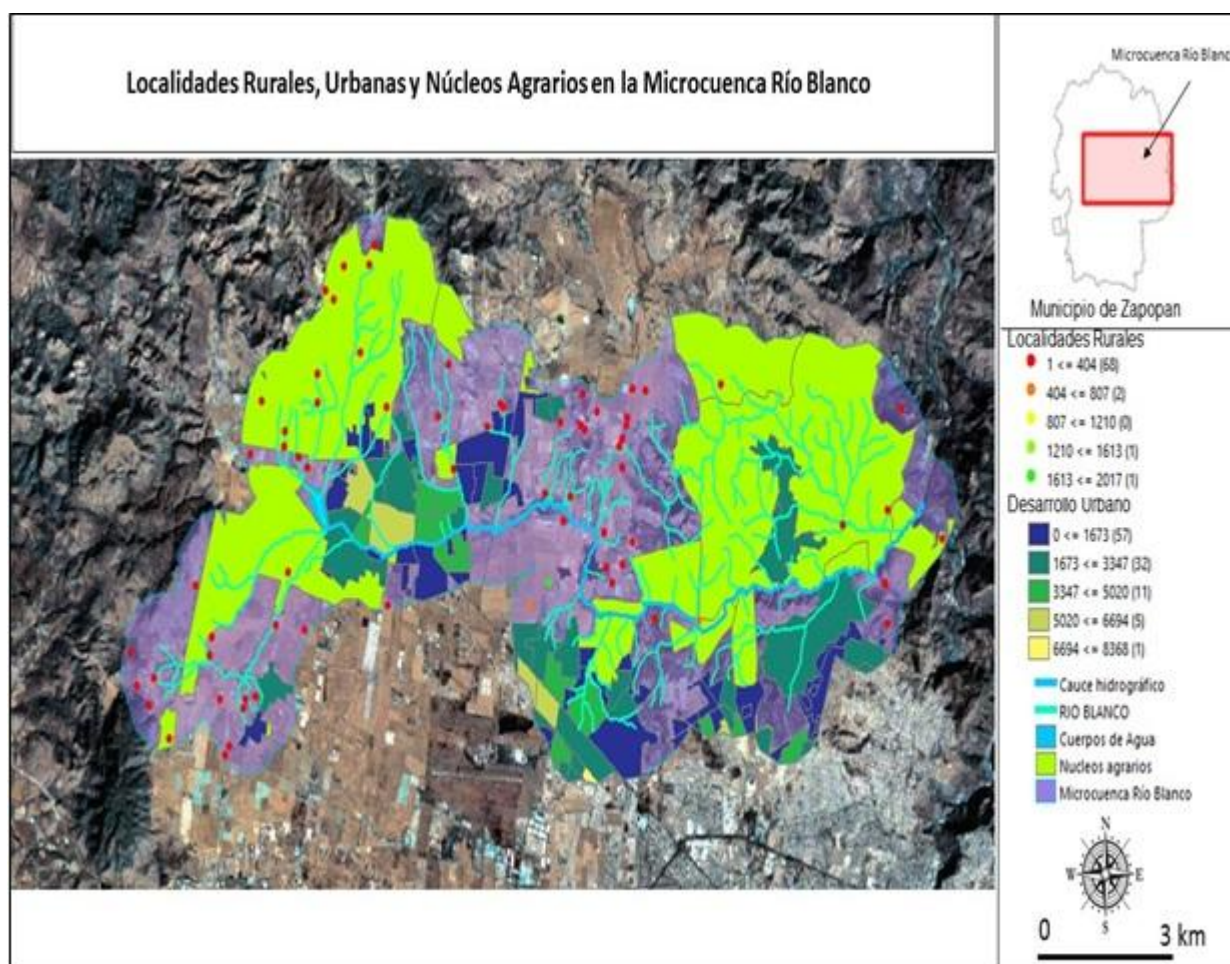


Figura 4. Localidades localizadas en la microcuenca del río Blanco (SIATL-INEGI 2017)

Por otra parte, los indicadores de estado son aquellos que muestran la calidad ambiental y situación de los recursos naturales a través del tiempo. Su importancia estriba en que también son los que indican la salud de la población y de los ecosistemas. Por ello, son el principal fundamento de las políticas de protección ambiental; sin embargo, actualmente, el agua que

transita por este río contiene una cantidad importante de contaminantes generados por la población reciente y por industrias colindantes.

En un buffer de 500 m con respecto al río Blanco se localizan diez localidades rurales; entre las que se encuentran: San Isidro, Los Guayabos, Copalita y El Quemado (figura 5). Estas poblaciones están siendo afectadas directamente por la contaminación del río y han llegado a presentar una variedad de problemas tales como la contaminación del agua para riego en huertos y sembradíos, afectaciones a la salud por plagas e infiltración de contaminantes a pozos de agua para uso doméstico.

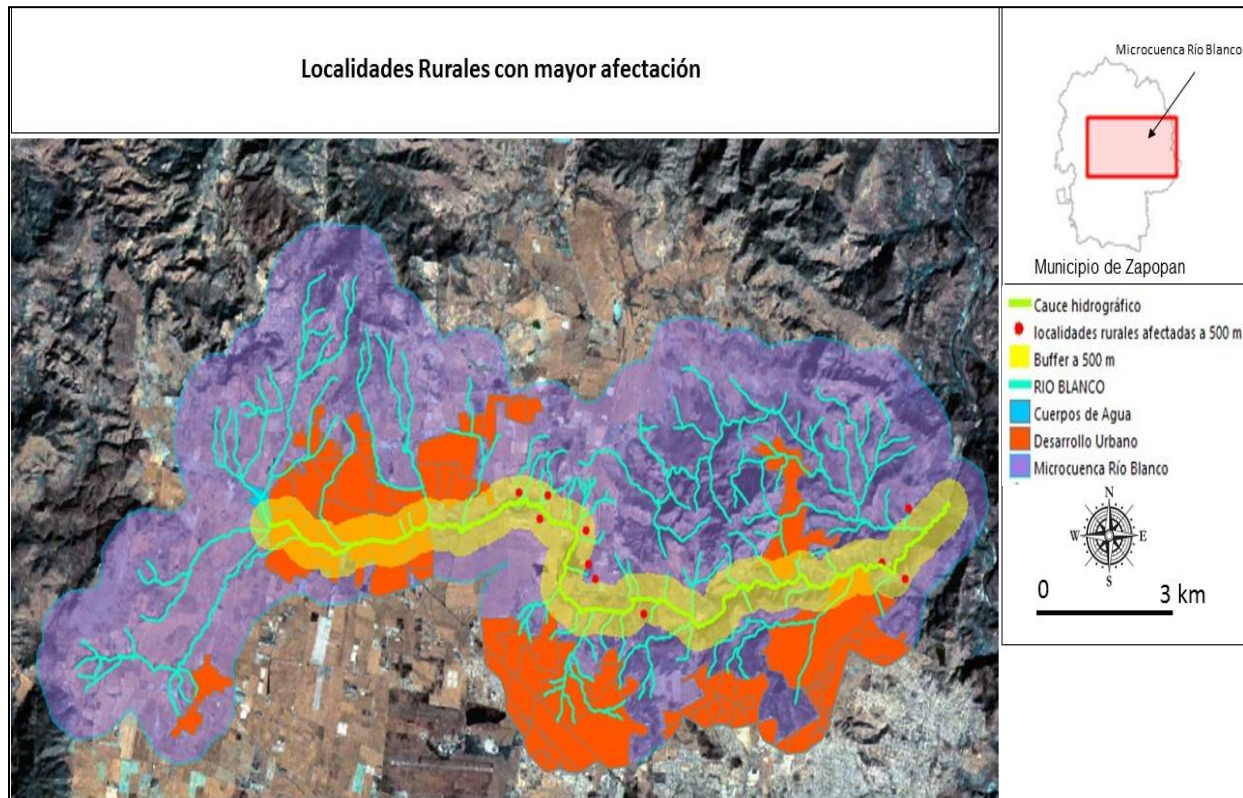


Figura 5. Área de mayor afectación (SIAT-INEGI 2017)

En la población de San Esteban viven alrededor de dos mil 300 habitantes, y los más afectados por las aguas residuales urbanas son los pobladores de San Isidro, ambas poblaciones ubicadas en la desembocadura del río Blanco al río Santiago (Guillén 2010). Las localidades urbanas por su parte pudieran considerarse como los principales generadores de residuos antrópicos dentro de la microcuenca. San Francisco, Tesistán es la segunda localidad con mayor población dentro del municipio de Zapopan al contabilizar cerca de 62 mil 397 habitantes, lo que la convierte en la segunda localidad más habitada después de la cabecera municipal (Ciudad Zapopan).

Asimismo, alrededor de esta localidad se están generando múltiples desarrollos habitacionales como Parques de Tesistán, Puerta del Llano, Villas de la Loma, Campo Real, Valle Imperial, San Gonzalo, Sendas Residencial, La Cima, Alta Vista residencial, y Lago Real entre otros, los

cuales han agravado el problema de contaminación al ubicarse en las partes altas de la microcuenca.

Finalmente, los indicadores de respuesta van dirigidos a la atención de los agentes de presión y de las variables de estado. Este tipo de indicadores pueden ser muy diversos y específicos en comparación con los anteriores, ya que describen situaciones muy particulares del ambiente o de los recursos naturales. Incluso en este tipo de indicadores es común que su naturaleza sea cualitativa y que para su evaluación se requiera del estudio de la percepción de la sociedad (tabla 1).

Tabla 1. Resumen del modelo PER en la microcuenca río Blanco

Variable de análisis	Índice de Presión (componentes entrópico)	Índice de Estado (escenario del subsistema)	Índice de Respuesta (componentes negentrópicos)
Agua	Descargas directas al afluente	-Incremento de <i>Eichhornia crassipes</i> (concentración de nitrógeno, fosforo y potasio). -Generación de olores desagradables (sulfuro de hidrógeno). -Afectaciones a la salud	-Tratamiento del agua residual -Mecanismos de monitoreo de la población afectada -Infraestructura hidráulica complementaria
Suelo	Cambios de uso (agrícola/urbano)	-Cambios de dirección de los flujos pluviales e incremento del volumen y velocidad de los escurrimientos. -Reducción del índice de infiltración. -Inundaciones.	-Política pública en materia de ordenamiento territorial y ecológico -Infraestructura hidráulica de captación -Detección de zonas vulnerables (ATLAS de riesgo a inundaciones)
Población	Crecimiento habitacional	-Transformación de las actividades originarias - Incremento de desechos sólidos -Taponamiento y reducción de la eficiencia de la infraestructura hidráulica -Alteraciones en la homeostasia ecosistémica	-Programas de concientización ciudadana sobre el manejo y disposición final de los desechos sólidos -Programas de educación integral sobre Gestión integrada de los Recursos Hídricos

CONCLUSIONES

- Como se ha mencionado en los apartados anteriores, se puede observar la existencia de una fuerte presión antropogénica sobre la microcuenca del río Blanco, que se ha traducido en un acelerado deterioro de las condiciones ambientales para los habitantes originarios en la zona.
- En este sentido, de acuerdo con el modelo PER las acciones que tendrán que implementarse en el corto y mediano plazos deben orientarse al saneamiento de la microcuenca, con intervenciones concertadas entre los tres niveles del gobierno (federal, estatal y municipal), los agentes privados como los promotores inmobiliarios y los propietarios de predios y la sociedad civil en su conjunto.
- Esto sobre todo, porque desde una perspectiva sistémica se están generando condiciones propicias para el desorden de los componentes intra-sistémicos; en otros términos, se genera entropía; de ahí la urgencia de implementar políticas públicas en materia de cuidado del medio ambiente y de protección a los grupos vulnerables que subsisten a través de la producción de hortalizas y la crianza de animales de corral (aves, ganado vacuno, equino o porcino).
- En resumen, la acción determinante para ésta y otras microcuencas contaminadas se centra en la elaboración desde una concepción sistémica de Programas de Ordenamiento Ecológico y Territorial que consideren el diseño de medidas emergentes en la prevención y mitigación de los daños ambientales provocados.
- Pese a que se han buscado respuestas hacia la contaminación de la microcuenca del río Blanco por distintas administraciones desde hace diez años, hasta el día de hoy no se observa una disminución de la contaminación en la zona, por el contrario, el incremento de los desarrollos inmobiliarios y el aumento poblacional, ha tenido un impacto negativo mediante el gran volumen de residuos generados.
- En este contexto, la nula aplicación de políticas ambientales y la falta de implementaciones de programas sociales han propiciado el avance habitacional y con ello, la degradación ambiental del área, la cual aún se encuentra carente de estudios sobre la calidad del agua o sobre los problemas de salud de la población.
- La falta de control de las acciones especulativas en la conversión del suelo, surgidas del mercado inmobiliario, contribuye a la reproducción y ensanchamiento de la desigualdad social, y el agravamiento de las formas de sobrevivencia y reproducción de la población que habita en la zona, no solo de las que residen en las localidades originarias que han sido impactadas en todas las esferas de su existencia, sino también en los nuevos grupos sociales que habitan en la zona por medio de la adquisición del predio o la vivienda.
- Finalmente, ante la presión ejercida en la microcuenca (componentes entrópicos), con el vertido de aguas residuales, la modificación de los usos del suelo adyacentes al cauce y el crecimiento habitacional y poblacional, e incremento de *Eichhornia crassipes*, la presencia de sulfuro de hidrógeno, los cambios de dirección de los flujos pluviales, que

tanto en volumen como en velocidad afectan con inundaciones las áreas bajas de la cuenca, se suman a la reducción de la eficiencia de la infraestructura hidráulica.

- Por ello, la respuesta (componentes negentrópicos), que a través del PER se encuentra trasciende al sólo tratamiento del agua residual o al monitoreo de la población afectada; demandando además, la necesaria implementación de una política pública en materia de ordenamiento territorial y ecológico, con énfasis en la educación de la población sobre el manejo y disposición de los desechos, de igual forma priorizando la gestión integrada de los recursos naturales.

REFERENCIAS

Ángel S. (2014). “Planeta de ciudades”. Lincoln Institute on Land Policy, ISBN 978-1-55844-296-2, Cambridge, Ma., EE.UU.

Barranco C. y González M. (2016). “El transporte intracondominal en la movilidad cotidiana de la periurbanización: el enlace comunitario del Área Metropolitana de Guadalajara”, Revista Transporte y Territorio no. 14, pp. 167-188, ISSN: 1852-7175, Instituto de Geografía Dr. Romualdo Ardisson- Filo-UBA, extraído de <http://revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/rtt/article/view/2434> en junio de 2017.

Bernache G. (2006). “Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental”, ISBN 968-496-604-0, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), México.

Bernache G. (2015). “La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales” Sociedad y Ambiente, vol. 1, no. 7, pp. 72-98, ISSN: 2007-6576, El Colegio de la Frontera Sur, Campeche, México, extraído de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455744912004> en diciembre de 2017.

Fausto A. y Munguía R. (2010). “Capital inmobiliario habitacional en el desarrollo metropolitano de Guadalajara. Caos y corrupción urbanística”. En Impacto de la vivienda en el desarrollo urbano. Una mirada a la política habitacional en México. Memorias del III Congreso Nacional de Suelo Urbano (ed. Iracheta A. y Soto E.), pp. 95-125, ISBN 978-607-7761-19-8, El Colegio Mexiquense, Zinacantepec, México.

González M. y Asprilla Y. (2016). “La habitabilidad del espacio periurbano en el área metropolitana de Guadalajara: entropías en la provisión de recursos hidrosanitarios”, Tecnogestión: una mirada al ambiente, vol. 14, no. 1, pp. 92-106, ISSN: 2346-2531, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, extraído de: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tecges/article/view/12130/12697> en octubre de 2017.

- Guillén A.** (2010). “El Blanco, otro río contaminado”. Periódico El Informador. Nota publicada el día 19 de febrero de 2010, Guadalajara, México, extraído de: <https://www.informador.mx/Jalisco/El-Blanco-otro-rio-contaminado-20100219-0242.html> en septiembre de 2017.
- IMEPLAN** (2015). “Expansión urbana. Análisis y prospectiva: 1970-2045”, ISBN 978-607-69412-8, Instituto Metropolitano de Planeación, Guadalajara, Jalisco, México.
- INEGI** (2010). “Censo de población y vivienda 2010”. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Ciudad de México, México, extraído de: http://www3.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/71/related_materials?idPro= en junio de 2017.
- OECD** (2002). “Rumo a um Desenvolvimento Sustentável Indicadores Ambientais: indicadores Ambientais”. Série Cadernos de Referência Ambiental v. 9. pp. 244, ISBN 85-88595-08-7, Centro De Recursos Ambientais, Salvador, Brasil.
- SIASEG** (2012). “Modelo P-E-R”, Sistema de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad”, Instituto de Ecología, Gobierno de Guanajuato, México, extraído de: <http://ecologia.guanajuato.gob.mx/sitio/micro/siaseg/modeloper.php> en julio de 2017.
- SIATL-INEGI (2017)**. “Simulador de flujos de agua de Cuencas Hidrográficas”. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Ciudad de México, México, extraído de: http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/# en julio de 2017.