

Eficacia tecnológica ambientalmente racional del agua aplicada en desarrollos urbanos integralmente sustentables

## TECNOLOGÍAS

# Eficacia tecnológica ambientalmente racional del agua aplicada en desarrollos urbanos integralmente sustentables: el área del Fraccionamiento Terralta en Guadalajara, Jalisco, México.

Environmentally sound technological efficiency of water applied in fully sustainable urban developments: the Terralta area Fractionation in Guadalajara, Jalisco, Mexico.

Fernando Córdova Canela\*, Jesús Enrique de Hoyos Martínez\*\* y Gilberto Velázquez Angulo\*\*\*

---

Citar este artículo como: Fernando Córdova Canela, F., De Hoyos Martínez, J. E. y Velázquez Angulo, G. Eficacia tecnológica ambientalmente racional del agua aplicada en desarrollos urbanos integralmente sustentables: el área del Fraccionamiento Terralta en Guadalajara, Jalisco, México, *Revista nodo*, 12(22). Bogotá, 2017, pp. 20-40.

---

## Resumen

En la presente investigación se ha realizado un trabajo en conjunto en donde participan la Universidad de Guadalajara, la Universidad Autónoma del Estado de México y la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. El proyecto comenzó con análisis y discusión teórica que llevó al desarrollo de un instrumento de evaluación desarrollado por los autores, posteriormente dicho instrumento fue

aplicado en una tesis de maestría<sup>1</sup> para la evaluación de un desarrollo habitacional dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

El artículo propone la construcción de un modelo de evaluación de eficacia tecnológica ambientalmente racional aplicado al primer Desarrollo Urbano Integralmente Sustentable (DUIS) de vivienda situado en el área metropolitana de Guadalajara, que permita la generación de recomendaciones

Fecha de recepción: 14 de julio de 2016 • Fecha de aceptación: 25 septiembre de 2016

\* Doctor en Arquitectura por la Universidad Nacional Autónoma de México, profesor investigador del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño de la Universidad de Guadalajara, nivel 1 del Sistema Nacional de Investigadores de México, correo electrónico: [fernando.cordova@cuaad.udg.mx](mailto:fernando.cordova@cuaad.udg.mx)

\*\* Doctor en Ciencias Sociales, con Énfasis Socio-Territorial (urbano) por la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad Autónoma de Estado de México, profesor investigador de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Estado de México, correo electrónico: [investigacionyposgrado@yahoo.com.mx](mailto:investigacionyposgrado@yahoo.com.mx)

\*\*\* Doctor en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Profesor del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, nivel candidato del Sistema Nacional de Investigadores de México, correo electrónico: [gvelazq@uacj.mx](mailto:gvelazq@uacj.mx)

1 Dentro del presente trabajo se desarrolló al par la tesis de maestría que lleva por nombre “Modelo de evaluación metabólica de la infraestructura hidráulica en la ciudad: alternativa instrumental para la proyectación de comunidades sustentables centradas en el agua” elaborada por la Maestra Alejandra Villagrana Gutiérrez, egresada de la Maestría en Procesos y Expresión Gráfica para la Proyectación Arquitectónica Urbana (MPEGPAU) del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño de la Universidad de Guadalajara.

tecnológicas ambientalmente racionales de infraestructura hidráulica en dicho proyecto. El modelo contempla en su análisis dimensiones ambientales, tecnológicas, urbanas y de participación ciudadana, proponiéndolo como un insumo de planeación urbana que permita visualizar de manera inicial el manejo integrado a nivel local y ambientalmente racional del agua para los DUIS.

**Palabras clave:** Tecnología ambientalmente racional, desarrollos urbanos integralmente sustentables, gestión integrada del agua en la vivienda.

## Abstract

In this paper, we propose the construction of the efficacy evaluation model; environmentally sound technology applied to the first Integrally Sustainable Urban Development (DUIS) located in the Metropolitan Area of Guadalajara, in order to analyze the environmentally sound technology hydraulic infrastructure alternatives which can be recommended in this project. The model includes categories such as environment, technology, urban and citizen participation, and it's proposed as an input to urban planning, which allows the visualization of how the environmentally sound water technologies could be implanted in the DUIS.

**Keywords:** Environmentally sound technologies, sustainable integral urban development, integrated water management in housing.

## Introducción

### **Tecnología ambientalmente racional y manejo del agua de la vivienda sustentable en México**

La consecuencia más representativa que se propone en el mundo tecnológico, respecto a la relación del sujeto con la naturaleza, es que el sujeto centra la imagen de su mundo y modo de vida en los fines pragmáticos sugeridos por la tecnología (Linares, 2008: 381), y deja en segundo lugar esferas vitales

significativas, como por ejemplo la cultura o la existencia y supervivencia de ecosistemas naturales.

Una alternativa conceptual desarrollada en la actualidad que permite acercar al mundo tecnológico esferas vitales ajenas a los fines pragmáticos de la tecnología ha sido formulada por el Programa 21 en su capítulo 34 y la representan las llamadas Tecnologías Ambientalmente Racionales (TAR). Las TAR se conceptualizan como sistemas tecnológicos que incluyen conocimientos técnicos, procedimientos, bienes y servicios, y equipo, así como procedimientos de organización y gestión en términos de fomento de sistemas de cooperación tecnológica, formación de recursos humanos y de aumento de las capacidades económicas, tecnológicas y administrativas para la operación eficiente y el desarrollo eficaz de la tecnología (Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992).

Su fin pragmático se orienta, por un lado, a la protección ambiental por minimización en la emisión de contaminantes y el reciclaje de la mayor parte de los desechos y productos; y por otro, a la utilización de los recursos de manera sostenible —en términos de la preservación y el mejoramiento de la salud, la disminución de la pobreza y la promoción de valores sociales y culturales—, de bajos costos de operación y mantenimiento, de productividad a largo plazo y de protección de ecosistemas y recursos naturales (Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992).

Operativamente, las tecnologías ecológicamente racionales manifiestan su eficiencia en dos modalidades: como sistemas, dispositivos, procesos o productos con un nivel mejorado o neutro de generación de desechos o consumo de recursos; o como sistemas, dispositivos, procesos o productos que en términos del ciclo de vida de un producto tratan, recuperan o reciclan los desechos generados por su proceso de transformación (Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992).

Su eficacia depende de dos aspectos: la compatibilidad de los sistemas tecnológicos con las prioridades socioeconómicas, culturales y ambientales determinadas en el plano nacional o comunitario, que guardan relación con los intereses propios del hombre y la mujer; y su impacto positivo en el desarrollo de los recursos humanos y el aumento de la capacidad local e institucional (Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992).

Por otra parte, en México existe una serie de acciones de política pública orientadas al desarrollo del concepto de vivienda sustentable, definido a nivel de unidad (CONAVI, 2011) como aquella vivienda cuyo diseño es bioclimático y tiene un manejo eficiente de energía a través de la implantación de tecnologías que minimizan las emisiones de CO<sub>2</sub>, el consumo energético y el pago de servicios públicos relacionados con el agua, la electricidad y el gas; y a nivel del desarrollo habitacional, cuando es rentable como modelo de negocio generador de empleo y beneficioso para las finanzas públicas, cuando minimiza las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo de su ciclo de vida, aprovechando y reutilizando el agua desde una perspectiva ecológicamente racional, tratando adecuadamente sus residuos sólidos y detonando una mejor calidad de vida a nivel comunitario en términos de menores gastos de operación, transporte accesible y eficiente, equipamiento urbano, servicios de salud, esparcimiento, comercio y educación adecuados, el cual es en principio concurrente con el concepto de tecnología ambientalmente racional, por lo cual, la sustentabilidad de la vivienda es en principio un problema de carácter tecnológico.

En México, existen actualmente tres conceptos que se operan a través del mismo número de instrumentos de política pública para cubrir el espectro conceptual de la vivienda sustentable, se trata de los programas de Hipoteca Verde, Ésta es tu Casa y Desarrollos Urbanos Integralmente Sustentables (DUIS).

Cada programa tiene alcances y metas diferentes: la idea que guía al concepto de Hipotecas Verdes

(CONAVI, 2011) se centra en la implantación de paquetes tecnológicos, que son financiados mediante un monto adicional al crédito otorgado al derechohabiente del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (Infonavit), por lo que su introducción en términos de población atendida se circunscribe a aquellos que cotizan en Infonavit, por lo tanto, la mayoría de los beneficiarios son trabajadores asalariados formales que tienen acceso a seguridad social y su aplicación se hace preferentemente en nuevos desarrollos habitacionales.

Los paquetes tecnológicos por lo general consideran cuatro categorías (CONAVI, 2011): iluminación, mediante la implantación de focos ahorradores, equipos de aire acondicionado de alta eficiencia o de bajo consumo —1 a 1.5 toneladas—, refrigeradores de alta eficiencia —aunque Infonavit no financia su compra—, aislamiento térmico y recubrimientos reflectivos en techo y muro; gas, que incluye calentadores solares planos y de tubos evacuados de agua respaldados por calentadores de gas de paso de rápida recuperación o instantáneos; agua, con inodoros que descarguen máximo entre 5 o 6 litros, regaderas de grado ecológico con dispositivo ahorrador integrado, llaves ahorradoras en lavabos, cocina y válvulas reguladoras de flujo en tuberías de suministro; salud, que implica el suministro de agua purificada a la vivienda y filtros purificadores de agua con dos repuestos integrados.

Las categorías que componen los paquetes tecnológicos y su aplicación dependen de la región bioclimática en la que se encuentra la vivienda; aun cuando se definen diez regiones bioclimáticas a nivel nacional, el programa las agrupa por sus características generales en tres categorías para su adaptación, en este caso la región cálida, semifría y templada.

Estos paquetes tecnológicos por región son los siguientes (CONAVI, 2011, 2012). Región cálida, que implica el aislamiento térmico en techo y muro, lámparas de bajo consumo, equipos ahorradores de agua, calentadores de paso y aire acondicionado de

alta eficiencia. Región semifrías, con calentadores de agua solares, aislamiento térmico de techo y muro, lámparas de bajo consumo y dispositivos ahorradores de agua. Región templada, con calentadores de agua solares, lámparas de bajo consumo y dispositivos ahorradores de agua. En las tres regiones se considera un sistema de manejo de residuos sólidos y de mantenimiento (CONAVI, 2012), y dispositivos adicionales (CONAVI, 2012), como: alumbrado público LED con celdas fotosensibles, cubiertas verdes, sistema presurizado de suministro de agua potable, red de gas natural, celdas fotovoltaicas interconectadas a la red de suministro general, sellado en puertas y ventanas, combinación de lámparas LFC y LED, sembrado de dos árboles por vivienda, distribución de agua purificada, incremento de la altura de piso a techo a 2.70 metros e incorporación de parasoles opacos en la fachada.

Por su parte, los Desarrollos Urbanos Integralmente Sustentables (DUIS) representan el concepto que vincula una estrategia de desarrollo urbano sustentable con la vivienda, incluyen aspectos significativos vinculados con el desarrollo regional, como (CONAVI, 2011a): infraestructura urbana eficiente que esté orientada a la sustentabilidad; integración de la industria y el comercio a los desarrollos de vivienda de modo que se promueva la creación de empleos en la región; estrategias que faciliten la accesibilidad y la movilidad; adecuado aprovisionamiento de servicios de salud, educativos, de ocio y recreación; y protección ambiental, es decir, uso racional de los recursos naturales nacionales y articulación territorial.

En general, los DUIS se inscriben en una política pública que busca promover el crecimiento ordenado de las ciudades mediante el aprovechamiento del suelo intraurbano y la promoción de la verticalidad, que resulte en vivienda con infraestructura, servicios y transporte suficiente para la calidad de vida adecuada de sus habitantes (CONAVI, 2011).

El concepto de “Es tu casa” está orientado por una parte a incorporar paquetes tecnológicos homologados con el programa de Hipoteca Verde desde

2009 (CONAVI, 2011), sin embargo a diferencia de las Hipotecas Verdes es un subsidio operado por la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) que tiene como fin por una parte, impulsar la producción social de la vivienda y su autoproducción, y por otra coadyuvar la recuperación de las comunidades afectadas por situaciones de emergencia originadas por fenómenos naturales, mediante el apoyo para la adquisición o el mejoramiento de vivienda. La población objetivo debe tener un ingreso menor a 2.6 salarios mínimos y comprobar que sin el apoyo federal no les sería posible adquirir la vivienda., con la particularidad de que en caso de que el usuario del subsidio es derechohabiente o beneficiario de alguna institución financiera de vivienda, es decir INFONAVIT, FOVISSSTE o SHE, puede ser sumado al crédito que obtenga de dichas instituciones (CONAVI, 2011). Otro aspecto significativo que distingue “Es tu casa” de la Hipoteca Verde es que no necesariamente es un instrumento de financiamiento dirigido a los desarrolladores de vivienda, sino que está dirigido al usuario final, por lo que puede ser utilizado para adquirir o mejorar vivienda usada.

Si bien en México, Hipoteca Verde y DUIS permiten la introducción del concepto de tecnología ambientalmente racional, esta es aún incipiente en el manejo integrado del agua en la vivienda. Si bien se tiene prevista como alternativa la captación de agua de lluvia, la infiltración, el saneamiento primario y el re-uso de agua, aún no se tienen definiciones tecnológicamente robustas, ni instrumentos de transferencia a través de normas y políticas públicas.

No obstante, el análisis del manejo del agua en la vivienda en México puede seguir una lógica que relacione subsidiariamente a los dos subsistemas tecnológicos de infraestructura hidráulica urbana, en este caso, el sistema de abastecimiento de agua potable y el de alcantarillado y saneamiento, con las instalaciones hidrosanitarias presentes a nivel de la unidad de vivienda.

Desde la perspectiva de diseño y normativa mexicana, un sistema de abastecimiento de agua

potable urbano contempla general y muy sintéticamente una fuente de abastecimiento, que puede ser superficial o subterránea, que se conecta mediante un dispositivo de bombeo a una planta o instalación de potabilización, tanques de regulación y almacenamiento, estaciones de rebombeo —si es el caso— y tuberías, cuyo fin es llevar el agua a las tomas domiciliarias o los hidrantes públicos. El objetivo de un sistema de abastecimiento es que la distribución sea permanente, con agua de buena calidad y con presiones constantes (CONAFOVI, 2005).

Una vez que el agua llega a la vivienda se distribuye en su interior a través de la red intradomiciliaria, conformada por el conjunto de tubos de conducción que distribuyen el agua al interior de la vivienda, y conectada generalmente al dispositivo de micro-medición con los muebles sanitarios, lavabos, cocina, lavadero u otros receptores asociados con usos específicos en la vivienda. Otro aspecto substancial es que la red intradomiciliaria utilice materiales que cumplan con las normas mexicanas de producto NMX, que con una buena instalación, permitirá la durabilidad de la red y la inexistencia de fugas (CONAFOVI, 2005).

La dotación mínima para viviendas de hasta 99 metros cuadrados construidos es de 150 litros por habitante por día, y para aquellas de más de 100 metros cuadrados se consideran 195 litros por habitante por día (CONAVI, 2010). De igual manera, la tubería de distribución de agua en la vivienda debe diseñarse y dimensionarse bajo las condiciones de demanda pico, y tomar en cuenta las especificaciones del fabricante para la presión mínima y el consumo de los muebles (CONAVI, 2010).

Por otra parte, la Comisión Nacional de Fomento de la Vivienda incluye, en su guía de uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales, la captación pluvial como una alternativa válida de abastecimiento de agua en la vivienda (CONAFOVI, 2005). La infiltración de agua superficial depende de las características de la lluvia, la porosidad, la permeabilidad y humedad del suelo, y la presencia

de vegetación (CONAFOVI, 2005). El reciclaje de agua es una alternativa para emplazamientos con fuertes presiones por estrés hídrico, sobre todo en regiones áridas. En el caso de la vivienda, un primer escenario de reciclaje es el uso del agua de lluvia para su uso en el paisaje y las emergencias (Han, 2011).

Conceptualmente, en México la red de drenaje sanitario está compuesta por una red de tubería que recolecta y transporta las descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, hasta los colectores, por lo que una consecuencia lógica es el incremento del diámetro de la tubería en la dirección del flujo (CONAFOVI, 2005).

A su vez, la descarga domiciliaria o albañal exterior, cuyo diámetro mínimo es de 15 cm, se conecta herméticamente a una atarjea con una pendiente mínima de 1 por ciento (CONAFOVI, 2005). Los pozos de visita son las estructuras mediante las cuales se unen dos tramos de la red y permiten la inspección y salida de gases. Los materiales con los cuales está constituida la tubería pueden variar desde el concreto simple con junta hermética, el concreto reforzado con junta hermética, el fibrocemento, y el PVC y el polietileno de alta densidad (CONAFOVI, 2005).

Una alternativa para el tratamiento local y el tratamiento primario de las aguas residuales es la utilización de fosas o tanques sépticos. No obstante, su aplicación sólo es recomendable en viviendas individuales o pequeños grupos de viviendas —de 10 a 100—, que presentan ventajas significativas en términos de su bajo mantenimiento y su flexibilidad para el tratamiento de las aguas residuales residenciales, como por ejemplo: las aguas procedentes del sanitario o de la cocina que no afectan su funcionamiento porque el lodo generado no tiene un volumen significativo (CONAFOVI, 2005).

Otro proceso significativo es el tratamiento secundario de las aguas residuales a través de una planta de tratamiento. Por lo general consta de un tanque de almacenamiento y regulación, que da paso a etapas de coagulación, floculación, filtración y

desinfección (CONAFOVI, 2005). Se debe tener en cuenta el uso potencial que se dará a los lodos generados y su tratamiento por espesamiento, digestión y deshidratado (CONAFOVI, 2005).

### **Ciclo urbano del agua y diseño urbano sensible al agua: alternativas conceptuales de manejo integrado del agua en la ciudad orientadas a la sustentabilidad**

El Ciclo Urbano del Agua estudiado por Marsalek *et al* (2008) reconoce que existe una estrecha conexión e interdependencia entre los recursos hídricos urbanos y las actividades humanas, lo cual genera la necesidad de un manejo integrado. Marsalek *et al* parten de dos consideraciones principales, primero, que los efectos combinados por la urbanización, la industrialización y el crecimiento poblacional han afectado el paisaje natural y el desempeño hidrológico de las cuencas; y segundo, que aún a pesar de dichas afectaciones en el entorno natural y en las cuencas, el ciclo hidrológico se mantiene intacto en las ciudades, pero se hace complejo por las múltiples intervenciones e influencias producto de la actividad humana. Entonces, el ciclo hidrológico que tiene lugar en la ciudad y sus cuatro componentes, es decir, precipitación, evapotranspiración, infiltración y escurrimiento, se describen inicialmente desde una perspectiva geohidrológica, interactúan dinámicamente con las actividades económicas, con la configuración social de la ciudad y con su infraestructura hidráulica (Marsalek *et al*, 2008).

El Ciclo Urbano del Agua se abastece por el sistema municipal de abastecimiento de agua potable, por fuentes externas y por extracción subterránea. En su distribución una parte se perderá por fugas y se infiltrará al subsuelo; otra parte será usada por la población para convertirse en agua residual de la cual una fracción será conducida a través de un sistema de drenaje sanitario para ser o reutilizada o reintegrada a la naturaleza a través de su descarga en un cuerpo de agua superficial o subterráneo, y otra se infiltrará al subsuelo por filtraciones de la red; y de la precipitación pluvial, la cual puede ser

almacenada, pero que en general se evapotranspira, una pequeña porción se infiltrará y la restante escurrirá hasta un cuerpo de agua (Marsalek *et al*, 2008).

El 'diseño urbano sensible al agua' es un enfoque para planear y diseñar entornos urbanos fundados en ecosistemas saludables, estilos de vida y medios de subsistencia que promuevan el manejo sustentable del ciclo urbano del agua, conceptualmente, pretende integrar a la planeación urbana con el manejo, la protección y la conservación hídrica asegurada mediante su aplicación, que el ciclo urbano del agua sea compatible con el ciclo hidrológico. (Water by Design, 2009).

Su aplicación en entornos urbanos pretende (Water by Design, 2009): minimizar los impactos en los procesos y características naturales existentes; mitigar los impactos en el comportamiento natural hidrológico de los cuerpos de agua; proteger la calidad del agua superficial y subterránea; reducir la demanda de los sistemas de abastecimiento de agua; mejorar la calidad y mermar las descargas de aguas residuales en el medio ambiente; incorporar la captación, tratamiento y/o re-uso del agua de lluvia; reducir los picos de las escorrentías generados por el desarrollo urbano; re-usar los efluentes y disminuir la generación de aguas residuales; incrementar los espacios recreativos y de convivencia en la ciudad mediante espacios verdes multipropósito y la integración del agua al paisaje, con el fin de mejorar los valores sociales, culturales y ambientales; vincular el uso del agua con temas sociales y de administración de recursos; armonizar las prácticas asociadas con el manejo del ciclo del agua en las instituciones responsables de su abastecimiento y del manejo de inundaciones, así como de las encargadas de temas ambientales y sociales.

### **Métodos e instrumentos**

Desde la perspectiva conceptual el presente trabajo se organiza en dos niveles. El primero posibilita la construcción teórica de las variables

<b>Las cuatro perspectivas de Diseño Integral Sustentable</b>	
<p>Lo subjetivo</p> <p><b>PERSPECTIVA DE LA EXPERIENCIA</b>  <b>Configura la forma para generar experiencias</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenomenología ambiental</li> <li>• Vivencia de los ciclos naturales</li> <li>• Estética del diseño verde</li> </ul>	<p>Lo objetivo</p> <p><b>PERSPECTIVA DE COMPORTAMIENTO</b>  <b>Configura la forma para maximizar el desempeño</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficacia energética, hídrica y material</li> <li>• Emisiones cero</li> <li>• Edificios de alto desempeño ambiental</li> </ul>
<p>Lo colectivo</p> <p><b>PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL</b>  <b>Configurar la forma para manifestar significados</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relaciones con la naturaleza</li> <li>• Ética del diseño verde</li> <li>• Cultura de edificios verdes</li> <li>• Mitos y rituales</li> </ul>	<p><b>PERSPECTIVA SISTÉMICA</b>  <b>Configurar la forma para guiar los flujos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste al sitio y al contexto</li> <li>• Funcionalismo ecoeficiente</li> <li>• Edificios y comunidades como ecosistemas</li> <li>• Edificios vivos</li> </ul>

De Kay M. (2011). Integral sustainable desing transformative perspectives Earthscan: Washington D.C.

Figura 1. *Los cuatro cuadrantes del diseño integral sustentable de De Kay (2011).*

### Modelo integral del Diseño Sustentable aplicado al diseño sensible al agua

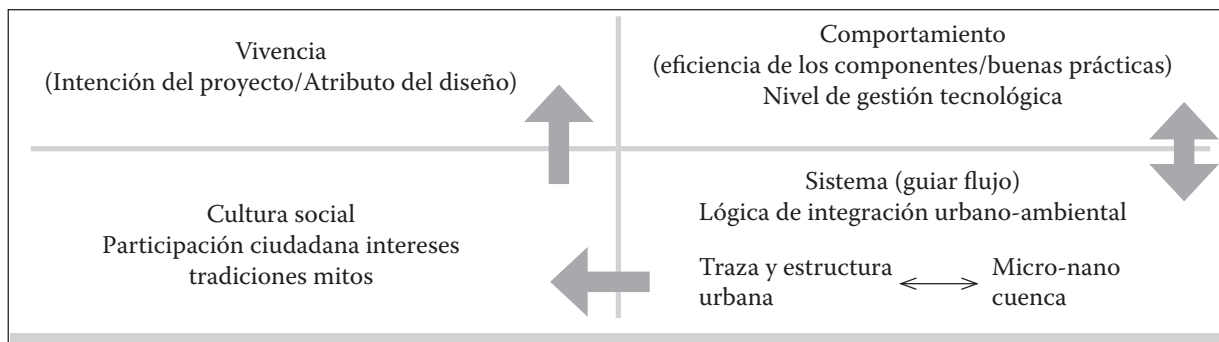
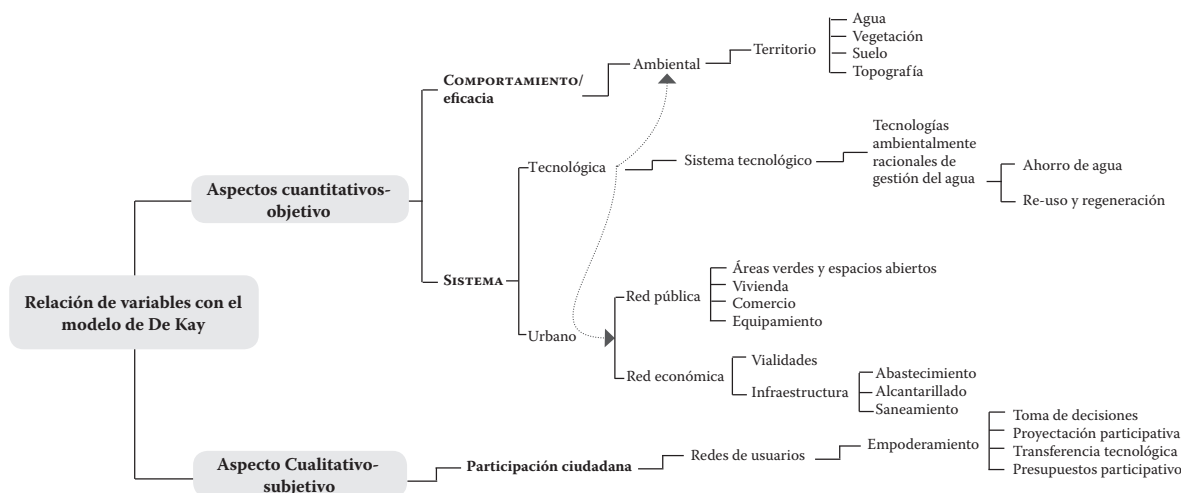


Figura 2. *Diseño Integral Sustentable entendido desde el diseño sensible al agua. Elaboración propia.*

que componen el modelo, a través de una reinterpretación de las perspectivas del Diseño Integral Sustentable propuesto por De Kay (2011) expuestas en la figura 1, trabajando dicha propuesta en un primer término hacia una adaptación tal como se presenta en la figura 2, adaptándola luego al concepto de Diseño Sensible al Agua, para por último sintetizarla en dos categorías operativas, una cuantitativa-objetiva y otro cualitativa-subjetiva tal y como se describen en la figura 3.

A partir de dicha conceptualización se propone como instrumento, la integración de las variables y los indicadores en matrices que permitan a nivel operativo la ponderación de las variables propuestas a través de análisis multicriterios. El resultado global de dicha ponderación es la determinación de la eficacia metabólica de la infraestructura hidráulica. Se considera que las variables ambientales estarán contempladas en la descripción de las principales características del territorio que



**Figura 3.** Reinterpretación operativa del Diseño Integral Sustentable vs Diseño Sensible al Agua. Elaboración propia.

incluye a su vez aspectos hidrológicos, vegetación, topografía y textura de la cuenca, descritos en la tabla 1.

Las variables e indicadores urbanos (ver tabla 2), se agrupan a través de dos categorías que son una adaptación de los conceptos de red pública y red económica de Krier (2011):

- La red pública es el conjunto que constituyen todos los usos de suelo dentro de la zona de estudio, incluyendo vivienda, comercio, equipamientos, áreas verdes y espacios abiertos. La información referente a la clasificación y el uso de suelo ha sido tomada del Reglamento

de Zonificación del Estado de Jalisco, por ser el estado donde se aplicará el modelo de evaluación.

- La red económica está constituida por un lado por las vialidades que, de acuerdo al Reglamento de Zonificación del Estado de Jalisco, pueden ser de acceso controlado, principales, colectoras, subcolectoras, locales, tranquilizadas, peatonales y ciclovías, atendiendo dicha clasificación al flujo vial y las actividades que en ellas convergen; y por otro, por la infraestructura hidráulica en términos de abastecimiento, alcantarillado y saneamiento.

**Tabla 1.** Variables e indicadores Ambientales.

Categoría	Variables dependientes	Variables independientes	Indicadores
1. Aspectos ambientales	1.1 Territorio	1.1.1 Hidrología	Pluviometría Agua superficial Agua subterránea
		1.1.2 Vegetación	Superficie de área verde Arbolado
		1.1.3 Textura	Permeable Impermeable
		1.1.4 Topografía	Porcentaje de pendiente Escurrimientos lógicos

Fuente: Elaboración Propia.



**Tabla 2.** Variables e indicadores Urbanos.

Categoría	Variables dependientes	Variables independientes	Indicadores	
2. Urbana	2.1 Red Pública	2.1.1 Áreas verdes y espacios abiertos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área Construida</li> <li>• Área no construida</li> </ul>	
		2.1.2 Vivienda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área Construida</li> <li>• Área no construida</li> </ul>	
		2.1.3 Comercio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área Construida</li> <li>• Área no construida</li> </ul>	
		2.1.4 Equipamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área Construida</li> <li>• Área no construida</li> </ul>	
	2.2 Red económica	2.2.1 Validades		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso controlado</li> <li>• Principales</li> <li>• Colectoras</li> <li>• Subcolectoras</li> <li>• Locales</li> <li>• Tranquilizadas</li> <li>• Peatonales</li> <li>• Ciclovías</li> </ul>
			2.2.2 Infraestructura Hidraulica	
			• Abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia física</li> <li>• Cobertura</li> <li>• Dotación</li> </ul>
			• Alcantarillado	• Cobertura de drenaje pluvial
			• Saneamiento	• Cobertura de Drenaje sanitario

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 3.** Variables e indicadores Tecnológicos.

Categoría	Variables dependientes	Variables independientes	Indicadores
3. Sistema Tecnológico	3.1 Tecnologías centradas en el agua	3.1.1 Ahorro de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos de hipoteca verde</li> <li>• Dispositivos ahorradores</li> <li>• Riego tecnificado</li> </ul>
		3.1.2 Re-uso y regeneración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento del agua residual</li> <li>• Tratamiento de agua gris</li> <li>• Tratamiento de agua pluvial</li> <li>• Desalación</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 3 incluye a las variables tecnológicas relacionadas con los enfoques teóricos de ahorro, re-uso y regeneración del agua.

La tabla 4 expone lo que compete a las variables de participación ciudadana, enfocándose en la existencia de capacidades ciudadanas en términos de organizaciones vecinales que puedan encontrarse dentro de la escala espacial del área de estudio.

De otra parte, el segundo nivel de la metodología propone la operatividad del modelo de evaluación,

el cual es una adaptación de la metodología de metabolismo urbano propuesta por Zhang (2013), considerando para tal fin tres etapas:

- Análisis de procesos y cuantificación, que incluiría el uso de instrumentos de mapeo desarrollados mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), que describirían las esferas ambiental, urbana y social, y comprende dos actividades: i) Análisis de las condiciones hidrográficas de la cuenca; y ii) Inventario de usos de suelo.

**Tabla 4.** Variables e indicadores de Participación Ciudadana.

Categoría	VARIABLES DEPENDIENTES	VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADORES
4. Participación ciudadana	4.1 Organizaciones sociales	4.1.1 Redes de socios	Áreas que cuentan con algún tipo de organización social

Fuente: Elaboración Propia.

- Evaluación, que incluiría dos aspectos, uno de potencial de captación pluvial y otro de eficacia eco-tecnológica.
- Regulación, que incluiría los paquetes tecnológicos recomendados de acuerdo al análisis de procesos, cuantificación y evaluación precedentes.

En la primera etapa el SIG ambiental (ver figura 4), expondría el estado actual de los aspectos ambientales, en donde se presentarán las condiciones hidrográficas del territorio como son la topografía, los cauces, la textura, la vegetación y la precipitación pluvial, visualizando las propiedades hidrográficas del emplazamiento. Cada uno de estos aspectos ambientales son convertidos en una capa dentro del SIG, para después superponerlas y detectar, por ejemplo, zonas en riesgo por inundación o deslave, zonas donde no será permitido construir por el tipo de suelo o porque pasa algún cuerpo de agua, así como el área existente de área verde en la zona analizada, entre otros.

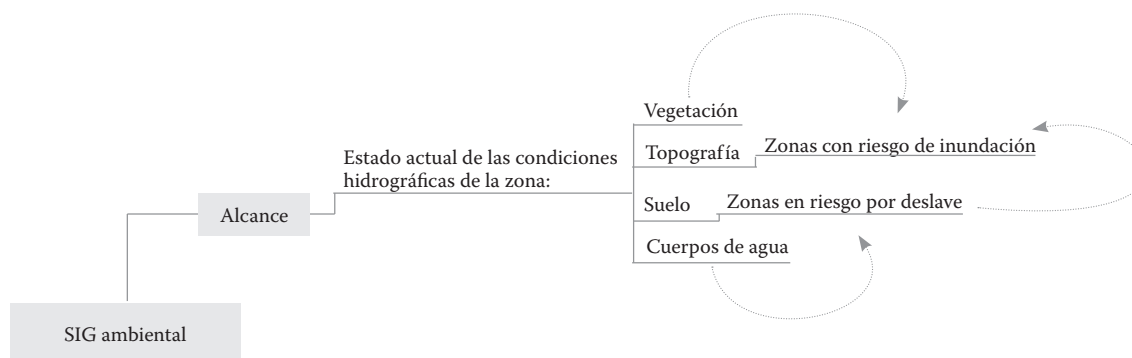
Mediante el SIG urbano (ver figura 5), se pretende establecer las condiciones actuales de la infraestructura hidráulica de la comunidad, respecto al uso y la ocupación del suelo en torno a la red pública y la red económica del área de análisis.

Además, detallar las condiciones de los sistemas de abastecimiento que comprenderían la dotación promedio por habitante, su eficiencia física y cobertura; la dotación de saneamiento a través de la cobertura y tipo de saneamiento; y la dotación de alcantarillado, mediante la cobertura de drenaje pluvial.

El SIG social pretende identificar espacialmente la existencia de organizaciones vecinales en área de estudio, que puedan coadyuvar en la gestión y transferencia de los paquetes tecnológicos previstos en la Buenas Prácticas de Manejo (BMP).

En la etapa de evaluación el primer indicador de eficacia es el potencial de captación de agua pluvial (ver tabla 5), el cual evalúa la capacidad de captación de la urbanización mediante un análisis multicriterio que estima la cantidad de agua de lluvia que realmente puede ser cosechada o captada, con base en: pluviometría, áreas permeables e impermeables, coeficiente de eficiencia del material y pendiente del terreno (Silva López, 2011), siendo su desarrollo el siguiente:

<sup>2</sup>Pluviometría (datos de precipitación en la zona), que aporta los valores de entrada del proceso, por lo que se le asigna el mayor peso en la ponderación.



**Figura 4.** SIG ambiental. Elaboración propia

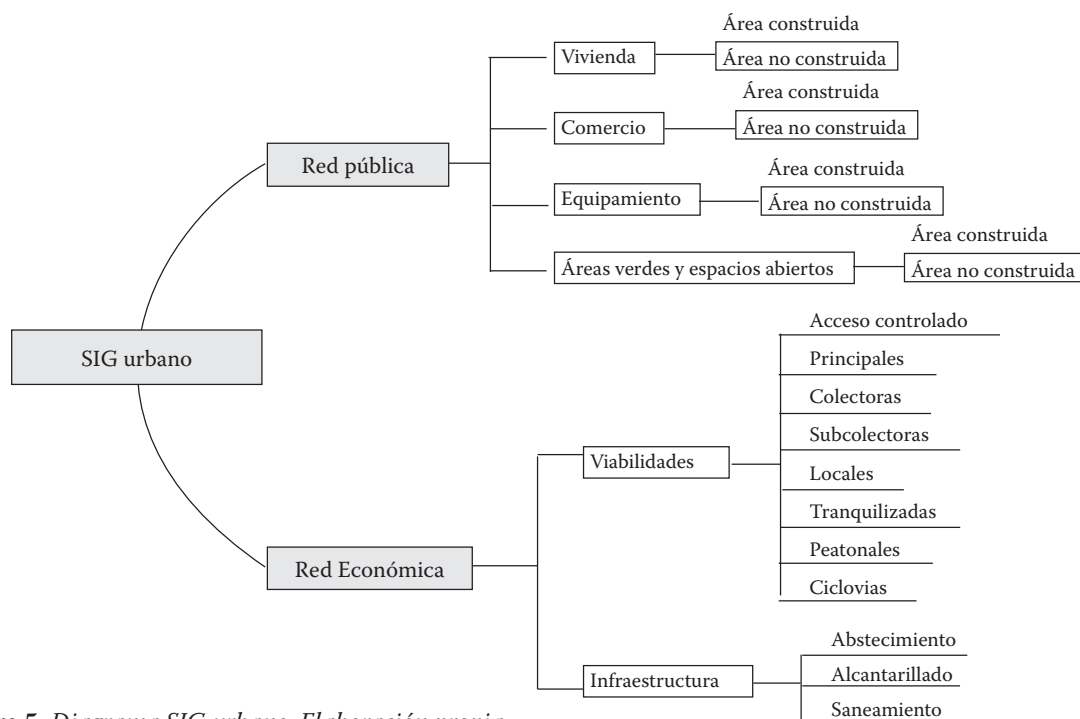


Figura 5. Diagrama SIG urbano. Elaboración propia.

- Áreas permeables/ impermeables (tomadas de las variables red pública y red económica), que establece el tipo de cobertura del suelo, en términos de su permeabilidad, enfatizando en las áreas construidas o impermeables que pueden funcionar como áreas captadoras.
- Coeficiente de eficiencia de captación del material del área de captación, o coeficiente de escorrentía, que especifica la capacidad de escurrimiento de agua de lluvia de acuerdo a la permeabilidad del material (Gleason Espíndola, 2005).
- Pendiente del terreno, tomada de las curvas de nivel de la zona, estableciendo un criterio típico de pendientes menores de 15% (Bazant, 2003) en terrenos urbanizables.
- Área verde. Determina la presencia de áreas verdes como áreas de amortiguamiento, donde es posible la infiltración de agua al subsuelo. El dato es tomado de las variables red pública y red económica mostradas en el SIG urbano.
- *Implementación tecnológica centrada en el agua.* Especifica si existen paquetes tecnológicos de ahorro de agua, de re-uso y/o de drenaje urbano sustentable.
- *Descentralización.* Establece si el edificio, manzana o asentamiento es independiente respecto de la infraestructura municipal de agua potable, alcantarillado y saneamiento, por lo que se gestiona de forma autónoma el agua que maneja (Sommer, 2012).
- *Tipo de drenaje sanitario.* Identifica si el drenaje es separado o mixto, dando más valor en la ponderación a la separación, por brindar beneficios al no combinar aguas lluvias con aguas residuales.
- *Tipo de drenaje pluvial urbano.* Distingue si es abierto o cerrado, especificando que el abierto

**Tabla 5.** Evaluación multicriterio del potencial de captación de agua pluvial (áreas construidas y no construidas).

Variable	Concepto	Peso	Valor	Global
Pluviometría	Mayor de 771.3 mm	35	0	0
	400-800 mm		1	25
	800-1600 mm		2	30
	Mayor a 1600 mm		3	35
Porcentaje de pendiente	Mayor del 15%	25	0	0
	Menor del 15%		25	30
Permeabilidad	Permeable	30	0	0
	No permeable		30	25
Coeficiente de eficiencia del material (en caso de ser un área impermeable).	Menor de 0.4%	10	1	3.33
	Mayor de 0.4 - Menor de 0.6		2	6.66
	Mayor de 0.6		3	10

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 6.** Evaluación multicriterio de la eficacia tecnológica ambientalmente racional (áreas construidas y no construidas).

Variable	Concepto	Peso	Valor	Global
Área verde	Con áreas verdes	20%	3	20
	Sin áreas verdes		0	0
Implementación tecnológica	Ahorro de agua (water conservation)	30%	3	40
	Reuso de agua (water reuse)		2	26.66
	Drenaje urbano sustentable (sustentable urban drainage)		1	13.33
	No hay		0	13.33
Descentralización	Con sistema descentralizado	10%	3	15
	Sin sistema descentralizado		0	0
Tipo de drenaje sanitario	Separado	5%	3	5
	Misto		0	0
Drenaje urbano	Interior	5%	1	1.66
	Exterior		3	5
Organización social	Existe	30%	3	20
	No existe		0	0

Fuente: Elaboración Propia.

tiene más peso si está integrado en una estrategia de paisaje que enriquezca la configuración urbana.

- *Participación ciudadana.* Se considerarían aquellos asentamientos que cuentan con algún tipo de organización vecinal, que puedan coadyuvar la transferencia y manejo de los paquetes tecnológicos propuestos por las BMP.

## Discusión y resultados

La aplicación del modelo propuesto tomó como área de estudio el Fraccionamiento Terralta, ubicado en la Área Metropolitana de Guadalajara. Las principales características que le distinguen son (Sociedad Hipotecaria Federal, 2011):

- Primer DUIS intra-urbano certificado, ubicado en el límite poniente del municipio de Tlaque-

paque, en la parte media del Cerro del Cuatro, con una distancia de un kilómetro del Sistema de Tren Ligerero y a 800 metros del Sistema Macrobús.

- En la primer etapa está previsto que se implanten 4.800 viviendas, que representan aproximadamente una población de 20.000 habitantes en 74 hectáreas.
- La segunda etapa prevé la construcción de vivienda en altura, en términos de 4 mil a 5 mil departamentos que se construirán en los próximos 15 años.
- DUIS con incorporación de ciclovías, áreas verdes y espacios públicos, equipamientos urbanos y ahorro de agua y energía en la urbanización y las viviendas.

La elección de dicha área de estudio, obedece a que Terralta es el primer y único DUIS actualmente certificado en Guadalajara. Su evaluación podría arrojar luces acerca de los vacíos, contradicciones y oportunidades en materia de gestión sustentable del agua que por una parte tendría el proyecto urbano mismo, y por otra el concepto DUIS, permitiendo además reconocer el alcance de las aportaciones del modelo de evaluación y eventualmente las mejoras y prospectivas que pudieran ser necesarias, tanto para el desarrollo del modelo como instrumento de evaluación, como del concepto DUIS y sus procesos de gestión y transferencia tecnológica.

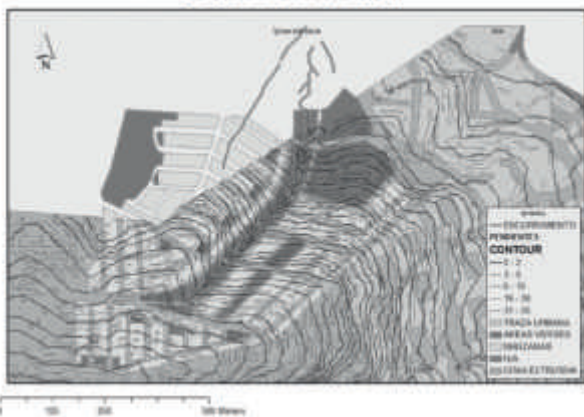


Figura 6. SIG ambiental Terralta. Elaboración propia.

La topografía del terreno corre en sentido nororiente-suroccidente. Los puntos altos se encuentran en el nororiente del terreno y los más bajos en el suroccidente. La topografía cuenta con una pendiente aproximada del 15%. La vegetación que predomina en la zona es el pastizal inducido que se desarrolla al eliminarse la vegetación original (bosque, selva, matorral, etc.) o en zonas agrícolas abandonadas (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2009). En cuanto a la permeabilidad se identifican texturas diferenciadas correspondientes a suelo urbanizado por construcción y vialidades, así como áreas verdes correspondientes a jardines pertenecientes a las viviendas, arriates en banquetas, camellones, y un área central de escurrimiento. En el suroriente del fraccionamiento se detectan áreas recreativas. En cuanto a la pluviometría del área se toma como referencia la precipitación promedio anual de 851.6 mm que reporta la Comisión Nacional de Agua (2012).

Respecto al inventario de usos de suelo, se observa actualmente que dentro del fraccionamiento los usos de suelo que predominan de acuerdo al Reglamento Estatal de Zonificación (2001) son:

- Vivienda unifamiliar horizontal de alta densidad, que se caracteriza por una densidad máxima de 290 habitantes /ha, 58 viviendas/ha, una superficie mínima de lote de 90 m<sup>2</sup>, restricciones frontales de 2 m con un porcentaje ajardinado del 30%, restricciones posteriores de 3 m, un coeficiente de ocupación de suelo de 0.8 y uno de utilización del suelo de 1.6, un cajón de estacionamiento y un modo de edificación semi-cerrado.
- Un corredor barrial de uso mixto en la parte central del fraccionamiento.
- Espacios verdes, abiertos y recreativos vecinales, que articulan la parte suroriente del fraccionamiento.
- Espacios verdes abiertos y recreativos barriales, que se utilizan por un lado, como amortiguamiento asociado a los escurrimientos naturales

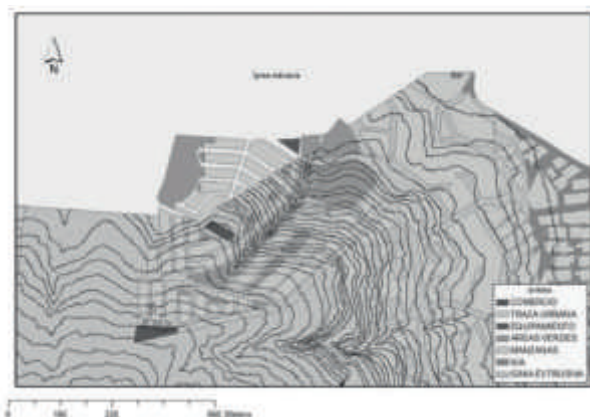


Figura 7. SIG urbano Terralta. Elaboración propia.

dentro del fraccionamiento, y por otro como parque barrial en la parte nororiente del desarrollo.

- Áreas de protección de cauces sobre los escurrimientos que cruzan el fraccionamiento.

El SIG Urbano y Ambiental se presentan en la figuras 6 y 7, (Figura 6: SIG ambiental; figura 7: SIG urbano) exponiendo la conformación de las áreas construidas y áreas no construidas de acuerdo a los usos de suelo detectados, respecto a la red económica que incluye vialidades e infraestructura, y a la red pública que contempla áreas verdes y espacio públicos, vivienda, comercio y equipamiento.

En cuanto al SIG social se detectó que aún falta desarrollar organizaciones vecinales en la zona, por lo que se prevé que esta sea un área de oportunidad en el futuro inmediato.

La evaluación de la eficacia tecnológica ambientalmente racional de la infraestructura hidráulica se compuso de dos elementos: Potencial de captación y eficacia eco-tecnológica.

Los datos necesarios para realizar la evaluación del potencial de captación pluvial de la zona son:

- *Pluviometría.* De 851.6 mm, que es la pluviometría anual del Estado de Jalisco establecida por la Comisión Nacional del Agua (s. f.), Estado en donde se está efectuando la aplicación del modelo.

- *Permeabilidad.* Para definir si el suelo es permeable o impermeable en sus diferentes usos. Se clasificó en dos tipos: i) áreas permeables, es decir, áreas verdes; y ii) áreas impermeables, compuestas por vialidades y áreas construidas (vivienda, equipamiento, comercio).

- *Coefficiente de eficiencia del material.* Se considera el coeficiente de eficiencia de captación de los materiales de las diferentes áreas, construida y no construida, adaptando los datos propuestos por Gleason Espíndola (2005):

- Vialidades:* el material que se consideró para las vialidades fue el pavimento con un coeficiente de 0.5 a 0.6.
- Vivienda, comercio y equipamiento:* el material de la azotea que se consideró fue el concreto con un coeficiente de 0.6 a 0.8.
- Áreas verdes:* para las áreas verdes se consideró el coeficiente para superficies naturales que es de 0.2 a 0.5.

Según la primera evaluación realizada se tiene como resultado que los espacios con mayor potencial de captación se encuentran dentro de la vivienda, quedando en término medio las vialidades para dejar el último lugar a las áreas verdes debido a ser áreas donde se permea el agua. A pesar de que la evaluación de la vivienda y las vialidades tienen el mismo porcentaje se ha considerado a las vialidades con potencial intermedio ya que la calidad del agua que se capta se distorsiona por los contaminantes que se encuentran en las vialidades, por ejemplo aceites, desechos sólidos entre otros. Dichos resultados de la evaluación del potencial de captación pueden ser visualizados en un SIG (ver figura 9), el cual expone los potenciales que han sido clasificados.

Posteriormente este producto deberá de ser considerado con otras variables, como la topografía del terreno, para generar consideraciones y recomendaciones en torno a las áreas del fraccionamiento que tienen mejores condiciones de captación pluvial.

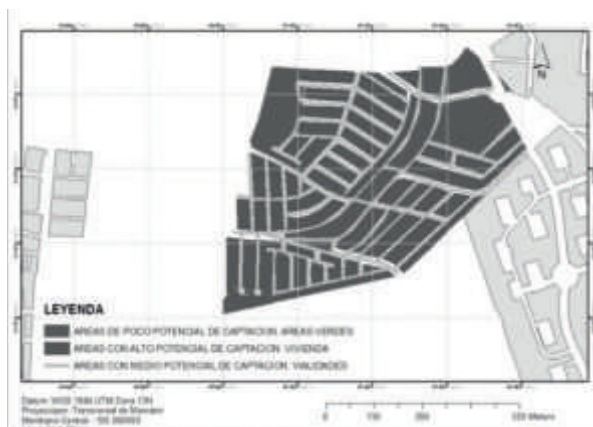


Figura 8. SIG de potencial de captación pluvial Fraccionamiento Terralta. Elaboración propia.

Para la evaluación de la eficacia tecnológica ambientalmente racional en áreas construidas y áreas no construidas han sido considerados las siguientes variables:

- Áreas verdes. El dato de la presencia de área verde en las viviendas fue tomado de las imágenes de las plantas arquitectónicas que muestra la página web de la constructora de Terralta, y se comprobó con una visita de campo al lugar. En lo que compete al comercio, equipamiento y espacios abiertos el dato fue tomado del SIG urbano, sumado a visita de campo y levantamiento fotográfico.
- *Implementación tecnológica.* Se consideró que al interior de cada vivienda ubicada en el DUIS, debería implementarse por lo menos un paquete básico de ahorro de agua (como se contempla en las hipotecas verdes del INFONAVIT), que puede ser:
  - a. Inodoro grado ecológico máximo de 5 litros por descarga. Regadera grado ecológico con dispositivo ahorrador integrado. Llaves (válvulas) con dispositivo ahorrador de agua en lavabos de baño. Llaves (válvulas) con dispositivo ahorrador de agua en cocina. Válvula reguladora, para flujo de agua, en tubería de suministro.

- *Descentralización en sistema hidráulico.* Terralta es un fraccionamiento centralizado tanto en su sistema de abastecimiento como en su sistema de drenaje y alcantarillado.
- *Tipo de drenaje sanitario.* El sistema de saneamiento o drenaje sanitario en Terralta es combinado.
- *Organización espacial<sup>1</sup>.* Está organizado en cuatro cotos ocupados y uno sin habitar, cuenta con caseta de vigilancia y se encuentran limitados al acceso general. Aunque no es un modelo de organización que se plantea dentro de los DUIS podría ser una oportunidad para la implementación de ecotecnologías a nivel urbano.
- *Comercio y equipamientos.* No se detectaron implantaciones de tecnologías ambientalmente racionales centradas en el agua.

Una vez cargada la información se observan las zonas con mayor eficacia eco-tecnológica, así como las áreas con menor eficacia. Los espacios que presentaron mayor eficacia se encuentran dentro de la vivienda, con una eficacia de media a alta. Las áreas con menor eficacia tecnológicamente racional fueron las áreas verdes que presentaron una eficacia baja, dejando en último lugar al comercio y el equipamiento con una eficacia eco-tecnológica de baja a nula (ver figura 10).

A la vez se observó que la vivienda cuenta con una eficacia eco-tecnológica media, la cual podría aumentar si implementara además de los sistemas de ahorro, sistemas para el re-uso y regeneración del agua. Un ejemplo de ello podría ser la aplicación de sistemas de captación pluvial, en donde el sistema puede funcionar a manera de cisterna, mobiliario, o en asociación con una cubierta o muro verde.

.....

<sup>1</sup> Esta variable pretende identificar espacialmente la existencia de organizaciones vecinales en el área de estudio, que puedan coadyuvar en la gestión y transferencia de los paquetes tecnológicos previstos en la Buenas Prácticas de Manejo (BMP).



**Figura 9.** Eficacia tecnológica ambientalmente racional de gestión del agua en Fraccionamiento Terralta. Elaboración propia.

En lo que respecta a las vialidades, estas también presentan buen potencial de captación, por lo que podrían ser otro medio captador dentro del fraccionamiento para dirigir y almacenar el agua de lluvia en espacios comunales como áreas verdes o espacios abiertos. Un aspecto que tendría que cuidarse son las medidas que eviten, o bien el contacto del agua de lluvia con desechos tales como aceites y basura, o bien la consideración de diseños específicos que permitan en las bocas de tormenta la implantación de dispositivos como trampas atrapa grasa, filtros de arena y grava, y soluciones de decantación, que pre-traten el agua de lluvia a fin de aumentar su potencial de re-uso.

Respecto a los resultados de la eficacia tecnológica ambientalmente racional en áreas construidas y no construidas, esta evaluación permite visualizar en principio, las posibles propuestas para la implantación de sistemas y dispositivos tecnológicos, tanto de manejo de agua pluvial, de re-uso, integración en una propuesta de paisaje y de imagen urbana.

A nivel urbano las recomendaciones principales que se hacen son respecto a la aplicación de tecnologías centradas en el agua en las áreas verdes y espacios abiertos, áreas comerciales, equipamiento y vialidades ya que actualmente es nula la implementación de las mismas dentro de estas zonas, las recomendaciones propuestas

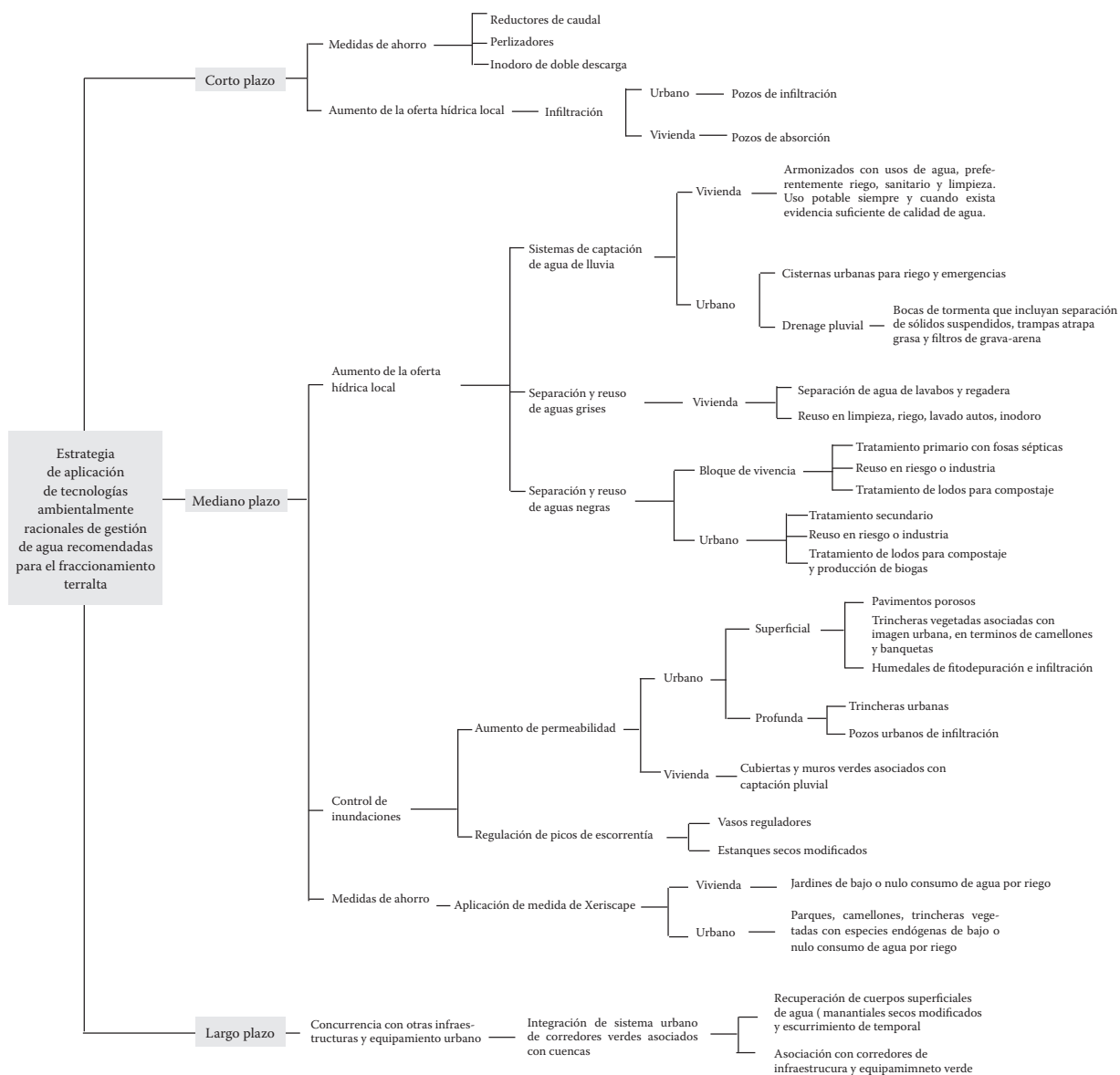
están descritas en la tabla 7. Lo planteado anteriormente es resultado de una evaluación dentro de la cual se obtuvo que en dichas áreas la concentración tecnológica es poca o nula, por lo tanto es que se han efectuado las siguientes recomendaciones de implementación tecnológica a nivel urbano, dejando a la vivienda en un siguiente apartado.

**Tabla 7.** Tecnologías ambientalmente racionales de gestión de agua recomendadas para el Fraccionamiento Terralta.

Uso espacial	Tecnologías recomendadas
Áreas verdes y espacios abiertos	Sistemas comunales Sistemas de filtración Bajo impacto en el diseño de jardines Estanques y humedales Diseño de paisaje Estanques secos modificados Separadores de sólidos de tormenta y aceites Reguladores concentradores y separadores Filtro de arena Vasos reguladores o cuencas de almacenamiento Pavimentos porosos Surcos de arbustos Líneas filtrantes
Equipamiento	Reductores de caudal Perlizadores Baños ahorradores Pozos de infiltración Sistemas de captación Techos verdes
Comercio	Reductores de caudal Perlizadores Baños ahorradores Pozos de infiltración Sistemas de captación Techos verdes
Vialidades	Prácticas de infiltración: Infiltración de escorrentías y reducción de escorrentía Sistema de conducción de escorrentía Almacenamiento de escorrentía: disminución del flujo máximo Pavimentos porosos Surcos de arbustos Líneas filtrantes

Fuente: Elaboración Propia.





**Figura 10.** Estrategias de aplicación de Tecnologías ambientalmente racionales de gestión de agua recomendadas para el Fraccionamiento Terralta. **Fuente:** Elaboración Propia.

Es deseable que la implantación de estas recomendaciones se realice en el marco de una propuesta de diseño de paisaje integral en áreas no construidas, tratando en lo posible de vincular dichas consideraciones en las propuestas arquitectónicas de usos mixtos y equipamiento, a fin de promover análisis de eficacia que configuren clusters colaborativos de tecnologías ambientalmente racionales del agua, siguiendo la estrategia sugerida en la figura 11.

## Conclusiones

Una de las primeras conclusiones que arrojó el presente trabajo fue que se pudieron detectar oportunidades de aplicación tecnológica en el área de estudio, a través de las modelaciones y análisis urbanos que se propusieron. Sin embargo, es claro que existe la posibilidad de afinar, tanto la escala de los instrumentos de análisis, como nuevos

indicadores que permitan modelar el desempeño a nivel urbano de las oportunidades detectadas. Dicho desempeño pudiera estar relacionado con, por ejemplo, los consumos energéticos del uso del agua en la vivienda, y la identificación puntual de las entradas y salidas del agua, como un problema de metabolismo urbano, armonizando el ciclo urbano del agua con el ciclo hidrológico.

Otra oportunidad que se detectó es la profundización en la esfera social para la transferencia tecnológica, la cual quizá sea una de los retos y oportunidades más importantes, como parte de una estrategia de reconversión e innovación tecnológica asociada con la gestión integrada del agua en la vivienda, y que eventualmente haga más robusta la gestión y la transferencia tecnológica que propone el concepto DUIS

La eficacia tecnológica ambientalmente racional de la infraestructura hidráulica puede ser construida desde la interrelación de las esferas ambiental, urbana, tecnológica y de participación ciudadana, por lo que quizá el problema de la mejora del desempeño en el uso del agua no esté necesariamente atado a la sofisticación tecnológica, sino a la armonización de las esferas citadas, las cuales plantean, por un lado procesos de gestión tecnológica que incluyan selección de nuevas tecnologías, evaluación, validación y normalización, y por otro, la intersección de una forma más incluyente de diseño y planeación urbana, orientada a la innovación y a la transferencia tecnológica, y al aprovechamiento de los recursos a escala local, incluyendo el empoderamiento de las organizaciones vecinales y/o sociales, a fin de promover la disseminación y apropiación social de esta forma alternativa de hacer vivienda.

Otro aspecto importante que se detectó a través del análisis propuesto, es que a escala de Desarrollo Habitacional la valoración e incorporación del contexto natural en términos hidrográficos, permitiría la identificación de las BMP deseables para la promoción de un uso racional del agua, que armonicen el desempeño del ciclo urbano del agua con el ciclo hidrológico, reconfigurando formas

alternativas de consumo y de aprovechamiento del espacio, en donde la infraestructura hidráulica tenga más cualidades, tanto para formar parte de equipamientos de recreación y ocio, como para minimizar su huella ecológica.

A nivel tecnológico se detectó que una mayor concentración de sistemas y dispositivos tecnológicos generarían mediante su gestión integrada, un aumento de la eficacia tecnológica ambientalmente racional en el uso racional del agua, sin embargo, esto genera otro problema, que es la transferencia y apropiación tecnológica, por el robustecimiento tecnológico necesario para una gestión integrada del agua en el área de estudio. Lo anteriormente planteado no es un tema menor, dado que en el fondo se propone una paradoja interesante, en este momento la complejidad tecnológica de la ciudad nos resulta inmanejable, y nuestra propuesta es complejizarla más. Sin embargo, pudiera haber una alternativa, este robustecimiento tendría que pasar no por estrategias de manejo y gestión centralizadas, sino que fueran descentralizadas y autónomas, recurriendo así a un enfoque más orgánico y autopoietico. No obstante, se prevé que es necesario fortalecer líneas de investigación e instrumentos que permitan hacer generalizable y operativa esta alternativa, dado que en sí misma representaría una amenaza para quienes administran, manejan y toman decisiones centralizadas en la ciudad.

En cuanto a la operatividad de una propuesta de concentración tecnológica ambientalmente racional, una alternativa es la formación de clústeres o células colaborativas que articulen dentro y fuera de los desarrollos habitacionales relaciones orgánicas fundadas en un enfoque de metabolismo urbano, el uso y re-uso del agua, teniendo en cuenta en la unidad hidrográfica a las cuencas, sub-cuencas, micro y nano cuencas, de tal modo que a partir de dicha unidad de análisis sea compatible armonizar el ciclo urbano del agua con el ciclo hidrológico. Dicha organización tendría como elementos articuladores tanto la colaboración y la complementariedad de BMP como de

organizaciones vecinales y sociales, para su gestión y negociación de conflictos.

Especial atención merecería en trabajos futuros la propuesta y modelación de redes de usuarios de agua en la vivienda, como gestores de tecnologías ambientalmente racionales de manejo de agua. Uno de los temas en los cuales se tendrían los esquemas de transferencia de tecnológica, y de toma de decisiones de planeación de infraestructuras hidráulicas asociadas a la comunidad, promoviendo su convergencia para la inclusión efectiva de tales aspectos en planes y programas de desarrollo urbano.

Una de los resultados más evidentes fue la desarticulación de las características que definen un DUIS con la observaciones realizadas en el área de estudio, lo cual demuestra que existe un amplio margen para mejorar el concepto, el cual en un sentido estricto es intra-urbano, pero no redensifica sino que se desarrolla en una reserva territorial de corto plazo, por lo que su contribución es mínima y su huella en el territorio requiere, de acuerdo a la evaluación, una concentración eco-tecnológica significativa.

Una hipótesis conservadora de concentración tecnológica ambientalmente racional centrada en el agua, que resultado del análisis del área de estudio podría ser la siguiente:

- *Captación pluvial*. Con mayor peso a fin de promover la utilización de agua de lluvia como fuente alternativa de abastecimiento, considerando una aprovechamiento de máximo el 20% del potencial de captación de la vivienda, esto debido a la restricción espacial y constructiva para ubicar el tanque de almacenamiento de agua pluvial (Córdova et al, 2011), y en la medida de lo posible, la implantación de cisternas urbanas de captación pluvial, cuya agua pueda ser utilizada para riego y emergencias.
- *Infiltración local*. Prevista en el Reglamento Estatal de Zonificación (artículo 147), mediante la implantación de pozos de absorción de agua de lluvia, y en la medida de lo posible promover pozos o trincheras de infiltración urbanas que

estén armonizadas con una propuesta de manejo de paisaje de áreas verdes e imagen urbana.

- *Cubiertas y muros verdes*. Utilizadas preferentemente en asociación con sistemas de captación pluvial, como filtros de sólidos suspendidos, valorando que su implantación puede ser limitada, tanto por aspectos estructurales como por mantenimiento (Córdova Canela, 2013).
- *Cuerpos de agua superficiales*. Promoviendo la recuperación de cauces y cuerpos de agua presentes en afloramientos, manantiales, arroyos y espejos de agua, siempre y cuando estén armonizados con una propuesta de manejo de paisaje de áreas verdes e imagen urbana.

## Referencias

Bazant, J. (2003). *Manual de Diseño Urbano*. México, D.F.: Trillas.

Comisión Nacional del Agua (s. f.). *Precipitaciones Medias Anuales en México*. Recuperado el 10 de octubre de 2012 desde [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=26&Itemid=119](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=26&Itemid=119)

Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda. (2005). *Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales*. México: Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda.

Comisión Nacional de Vivienda (2010). "Código de Edificación de Vivienda" [documento PDF], Comisión Nacional de Vivienda: México. Recuperado en noviembre de 2012 desde <[www.conavi.gob.mx/documentos/publicaciones/CEV%20PDF.pdf](http://www.conavi.gob.mx/documentos/publicaciones/CEV%20PDF.pdf)>.

Comisión Nacional de Vivienda (2011a). "Vivienda sustentable en México" [documento PDF]. México: Comisión Nacional de Vivienda. Recuperado en noviembre de 2012 desde <[www.conavi.gob.mx/viviendasustentable](http://www.conavi.gob.mx/viviendasustentable)>.

Comisión Nacional de Vivienda (2011b). "Sustainable Urban Strategy Concept" [documento PDF], Comisión Nacional de Vivienda: México. Recuperado en noviembre de 2012 desde <[www.conavi.gob.mx/viviendasustentable](http://www.conavi.gob.mx/viviendasustentable)>.

- Comisión Nacional de Vivienda (2012). "Política pública, vivienda sustentable" [Presentación Power Point], Conferencia Magistral presentada en el Primer Encuentro Desarrollos habitacionales sustentables y vivienda actual en México, Red de vivienda CUMex. Comisión Nacional de Vivienda: Coahuila.
- Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992). Programa 21, Organización de las Naciones Unidas, División de Desarrollo Sostenible: Nueva York. Recuperado el 30 de junio de 2012 en <[www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm](http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm)>.
- Córdova Canela, F. et al. (2011). *Sistema de captación de agua pluvial para vivienda de interés social en Guadalajara*. Reporte Técnico. Universidad de Guadalajara/Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Jalisco: Guadalajara.
- Córdova Canela, F. (2013). *Propuesta de eficiencia hídrica para el Código Energético para la Vivienda de Tamaulipas*. Reporte Técnico. Universidad Autónoma de Tamaulipas/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología: México D.F.
- De Kay, M. (2011). *Integral sustainable design transformative perspective*. Washington D.C.: Earthscan.
- Espíndola, J. A. (2005). Manual de aprovechamiento de aguas pluviales en centros urbanos. Guadalajara: Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño.
- Gobierno del Estado de Jalisco. (2001). Reglamento Estatal de Zonificación. Gobierno del Estado de Jalisco: Guadalajara, Jalisco. Recuperado en noviembre de 2012 desde <http://prodeur.jalisco.gob.mx/RegEstZonif.pdf>
- Han, M. (2011). Promotion of Rain Cities for Climate Change Adaptation, Conferencia Magistral en Seminario Taller, Agua, Ciudad y Cambio Climático. Universidad de Guadalajara/Red de Agua/CONACYT/ITESO: Guadalajara, Jalisco.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tlaquepaque, Jalisco. Clave geoestadística 14098. Documento PDF. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática: Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- Krier, L. (2011). *The Architecture of community*. Washington, DC.: Island Press.
- Leduc, W.R.W.A. & Van Kann, F.M.G. (2012). "Spatial planning based on urban energy harvesting toward productive urban regions", en *Journal of Cleaner Production*, pp. 1-11, <[dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.014](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.014)>.
- Linares, J. E. (2008). Ética y mundo tecnológico. México: Fondo de Cultura Económica/Universidad Nacional Autónoma de México.
- Marsalek, J. (2007). *Urban water cycle processes and interactions*. London: UNESCO.
- Martínez Trigueros, L. (2012). "Identificación de vocaciones y equipamientos específicos en DUIS" [documento PDF], Secretaría de Economía y Subsecretaría de Industria y Comercio: México. Recuperado en noviembre de 2012 desde <[www.economia.gob.mx/files/ppt-ccd\\_taller\\_shf.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/ppt-ccd_taller_shf.pdf)>.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2008). "Every Drop Counts, Environmental Sound Technologies for Urban and Domestic Water Use Efficiency" [documento PDF], Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Environment Management Centre/International Environmental Technology Centre/Delft University of Technology: Osaka. Recuperado en noviembre de 2012 desde <[www.unep.org/ietc/portals/136/publications/water&sanitation/everydropcounts\\_sourcebook\\_final\\_web.pdf](http://www.unep.org/ietc/portals/136/publications/water&sanitation/everydropcounts_sourcebook_final_web.pdf)>.
- Silva López V. M. (2011). *Hacia la Gestión Integral del Agua Urban: Modelo de análisis territorial del sistema de abasto local del Municipio de Zapopan, Jalisco*. Tesis de Maestría. Programa de Maestría en Procesos y Expresión Gráfica en la Proyección Arquitectónica Urbana. Universidad de Guadalajara: Guadalajara, Jalisco.

- Sommer, H. (Abril de 2012). *Stormwater water source control measures in urban drainage*. Berlín: Kompetenz in Sachen Regenwasser.
- Sociedad Hipotecaria Federal. (2011). *Desarrollos Urbanos Integralmente Sustentables*. México D.F.: Sociedad Hipotecaria Federal.
- Water by Design. (Marzo. de 2009). *Concept Desing Guidelines for Water Sensitive Urban Desing*, Version 1. South East Queensland Healthy Waterways Partnership: Brisbane.
- Zhang, Y. (2013). Urban metabolism: A review of research methodologies. *Environmental Pollution*. 178. Pp, 463-473,
- Fraccionamiento Terralta. Recuperado el 12 de agosto de 2011 desde <http://www.terraltagdl.com.mx>