

**cuadernos**

**C u a d e r n o s  
U n i v e r s i t a r i o s  
d e S u s t e n t a b i l i d a d**

Año 3 | Núm. 5 | Enero-Junio 2017

ISSN 2448-4970

# **Cambio climático y sustentabilidad**

**La percepción remota,  
las tecnologías de la  
información y  
la sustentabilidad**

**Cambio climático  
y desastres urbanos.  
El caso de México**

**El hábitat bioclimático  
y la sustentabilidad**

**Relatoría del  
2° Foro académico  
para el desarrollo  
de la zona Poniente  
de la CDMX**

**Revisitando el tema  
de la contaminación  
atmosférica  
en el Valle de México**



# Directorio

## Consejo Editorial

Dra. Ma. Eugenia Ibararán Viniegra  
(UIA-Puebla)

Dra. Rosalva Landa Ordaz  
(Asesora en Desarrollo Sustentable  
y Cambio Climático)

Dr. Oscar Monroy Hermosillo  
(UAM-I)

Dr. Jorge Soberón Mainero  
(Universidad de Kansas)

Mtra. Susana Cruz Ramírez  
(UIA-Puebla)

## Comité Editorial

Dr. Eduardo A. Peñalosa Castro

Dra. Esperanza García López

Dr. Hiram Isaac Beltrán Conde

Dr. Rodolfo Suárez Molnar

Dr. Alfonso Mauricio Sales Cruz

Dra. Miriam Alfie Cohen

Dr. Diego Carlos Méndez Granados

Dra. Ana Leticia Arregui Mena

Cuadernos universitarios de sustentabilidad  
año 3, número 5, enero-junio 2017

Revista semestral de divulgación científica  
de la Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Cuajimalpa

## Director de la Revista

Manuel Rodríguez Viqueira

## Diseño de portada

Manuel Rodríguez Viqueira

## Diseño de interiores

Ricardo López Gómez

## Ilustración de portada

Leszek Maluga

# Contenido

Editorial ..... 1

## Artículos

Cambio climático y desastres urbanos.  
El caso de México

*Jan Bazant*..... 2

El hábitat bioclimático y la sustentabilidad

*Víctor Armando Fuentes Freixanet*..... 12

La percepción remota,  
las tecnologías de la información  
y la sustentabilidad

*Erick López Ornelas* ..... 17

Revisitando el tema de la contaminación  
atmosférica en el Valle de México

*Adrián Fernández Bremauntz*..... 24

Relatoría del

2° Foro académico para

el desarrollo de la zona Poniente de la CDMX .... 29

Cuadernos Universitarios de Sustentabilidad. Año 3, número 5, enero-junio de 2017, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma Metropolitana a través de la Unidad Cuajimalpa. Prolongación Canal de Miramontes 3855, colonia Ex-Hacienda San Juan de Dios, delegación Tlalpan, C.P. 14387, México, Ciudad de México y Av. Vasco de Quiroga 4871, Torre III, 8° piso, Esq. Carlos Graef, colonia Santa Fe Cuajimalpa, delegación Cuajimalpa de Morelos, código postal 05348, México, Ciudad de México. Teléfono 58146506. Página electrónica de la revista [http://www.cua.uam.mx/pdfs/revistas\\_electronicas/sustentabilidad/05/revista05\\_electron.pdf](http://www.cua.uam.mx/pdfs/revistas_electronicas/sustentabilidad/05/revista05_electron.pdf). Dirección electrónica de la revista [cuasus@correo.cua.uam.mx](mailto:cuasus@correo.cua.uam.mx). Editor Responsable: Dr. Manuel Rodríguez Viqueira. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título N° 04-2015-072414040500-203, ISSN 2448-4970, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Manuel Rodríguez Viqueira, Unidad Cuajimalpa, Avenida Vasco de Quiroga 4871, Torre III, 8° piso, colonia Santa Fe Cuajimalpa, delegación Cuajimalpa de Morelos, C.P. 05348, México, Ciudad de México; fecha de la última modificación: 2 de febrero de 2017. Tamaño del archivo 19 MB.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana.

# Editorial

El contenido de este quinto número de Cuadernos Universitarios de Sustentabilidad, publicación periódica de la Unidad Cuajimalpa de la Universidad Autónoma Metropolitana, se centra en la problemática del Cambio Climático y la Sustentabilidad. El hecho de estar conscientes de la crisis de las grandes concentraciones urbanas, de su degradación ambiental, del cambio climático, del desarrollo sin control y de su relación con los procesos civilizatorios, nos obliga a comprometernos en la búsqueda de mejores alternativas para su desarrollo y volverlas más sustentables e incluyentes.

El primer artículo, “Cambio climático y desastres urbanos. El caso de México”, de Jan Bazant, aborda la problemática del intenso crecimiento demográfico de México en las últimas décadas, lo que ha inducido a la población de todos los niveles socioeconómicos a pugnar por un espacio vital en el que ubicarse dentro de las ciudades. En consecuencia, se da un proceso de expansión urbana que lleva a un daño ambiental irreversible, es por ello que los impactos del cambio climático hacen muy vulnerable la vida de sus habitantes y del contexto urbano en que habitan. En este artículo se presenta una reseña de lo que está aconteciendo en algunas regiones de México.

En un segundo trabajo, “El hábitat bioclimático y la sustentabilidad”, Víctor Fuentes Freixanet, a partir del concepto de hábitat bioclimático, establece una serie de interrelaciones entre el ambiente y el hombre, donde las condiciones de un ambiente pueden manejarse, controlarse o moderarse a partir de la arquitectura y de esta forma diseñar un hábitat donde las condiciones sean más saludables y confortables para que el hombre pueda desarrollarse de manera integral y equilibrada a fin de lograr una arquitectura sustentable, la cual se centra de manera importante en no generar impactos ambientales y en lograr ahorros energéticos y de recursos. La arquitectura bioclimática se fundamenta en el bienestar y el confort de los usuarios por medio del diseño arquitectónico. Ambos enfoques son importantes, de tal manera que el autor plantea que en la arquitectura deben considerarse tanto los criterios sustentables como los bioclimáticos, siempre con el hombre como punto central del diseño.

El tercer escrito: “La percepción remota, las tecnologías de la información y la sustentabilidad”, de Erick López Ornelas, busca introducirnos en el mundo de las imágenes

satelitales como herramienta de información y de estudio en distintos temas, como la evaluación de desastres, estudios sobre la vegetación, la prospección de recursos naturales, la detección de dinámicas antropogénicas o naturales (contaminación, sequía, incendios forestales, etc.); además de que sirven de insumo, muy importante, para la cartografía digital temática.

A continuación se presenta la transcripción de la conferencia magistral: “Revisitando el tema de la contaminación atmosférica en el Valle de México” impartida por el Dr. Adrián Fernández Bremauntz, en la Unidad Cuajimalpa, con motivo del “2º Foro académico para el desarrollo de la zona Poniente de la Ciudad de México”. Durante su intervención planteó varias interrogantes entre las que destacan ¿Cuál es el nivel de riesgo que la sociedad está dispuesta a aceptar si entendiera los conceptos? ¿Cuál es el nivel de riesgo que los tomadores de decisiones están dispuestos a permitir que ocurra, balanceado con cuestiones de presupuesto o de inversión? ¿Cuánto necesitaría o cuánto cuesta seguir bajando la contaminación?

Por último presentamos la relatoría de las mesas de trabajo del evento “Analizando los impactos ambientales generados por las instituciones de educación superior”, que se llevó a cabo en la Unidad Cuajimalpa de la UAM, como parte del 2º Foro académico para el desarrollo de la zona Poniente de la CDMX. Dicho evento fue organizado, en los días 7 y 8 de noviembre de 2016, en conjunto con el Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE), el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (TEC) y la Universidad Iberoamericana (IBERO).

Finalmente, aprovechamos la ocasión para invitar a nuestros lectores a que nos hagan llegar sus trabajos de investigación para anexarlos a esta revista semestral Cuadernos Universitarios de Sustentabilidad, en sus distintas áreas: Artículos, Replicas, Reseña crítica de libros, y Experiencias docentes, con el objetivo de difundir el conocimiento, promover la reflexión y el debate en torno a la problemática del desarrollo sustentable visto en su expresión más amplia. El tema central del número 5 será Cambio Climático y Sustentabilidad. Las colaboraciones deben ser enviadas, antes del 30 de mayo de 2017, a [cuasus@correo.cua.uam.mx](mailto:cuasus@correo.cua.uam.mx), donde serán sometidas a evaluación por parte del Comité Editorial.

# Cambio climático y desastres urbanos. El caso de México



## BREVES ANTECEDENTES URBANOS Y GEOCLIMÁTICOS DE MÉXICO

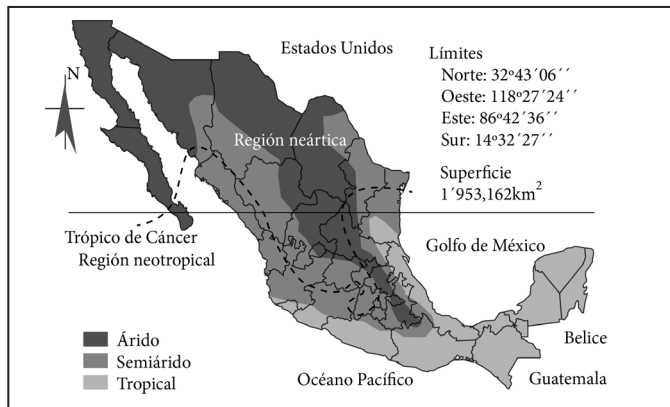
### ASPECTOS BIOGEOGRÁFICO E HÍDRICO DEL TERRITORIO

México es un país especialmente montañoso. Posee una cordillera que corre a lo largo de la costa del Pacífico y otra que lo hace por la costa del Golfo de México, y en la parte central, un altiplano con una altitud media de 2 000 metros sobre el nivel del mar. Es interesante destacar esta variación geológica, pues genera tres regiones biogeográficas importantes, cada una con su propio clima: la neártica, que se encuentra por encima del trópico de Cáncer

(en el paralelo 27, latitud norte); la neotropical, que está debajo de esta latitud, y el altiplano central. La neártica, en la que predominan los climas árido y seco, corresponde a la parte norte del país, en tanto que la neotropical y el altiplano son regiones semiáridas y tropicales, con climas cálidos y templados (figura 1). Esto es de mucha utilidad, pues a partir de dichas *condiciones biogeográficas se pueden inducir las regiones del país más vulnerables a sequías y las más vulnerables a ciclones*. Sin embargo, a las regiones templadas del altiplano central que por varios siglos tuvieron un clima estable, el cambio climático las ha ido volviendo fluctuantes en cuanto a precipitaciones pluviales y al clima, y ahora también están sujetas a catástrofes climáticas. De este modo, hoy en día cualquier región del país está expuesta a sufrir desastres a causa del clima.

\* **Jan Bazant.** Licenciado en Arquitectura por el Tecnológico de Monterrey. Maestría en el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Doctorado en la UNAM. Honrado con la Medalla Alfonso Caso. Autor de múltiples artículos y 12 libros sobre temas de vivienda popular, periferias urbanas, diseño urbano, fraccionamientos, planeación urbana y otros; último libro publicado: *Evaluación de impacto ambiental urbano* (Editorial Trillas, 2016), y en proceso de publicación: *Cambio climático y desastres urbanos* (Editorial Noriega/ Limusa, 2017). Desde 1976 es profesor de la UAM Unidad Xochimilco. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel III.

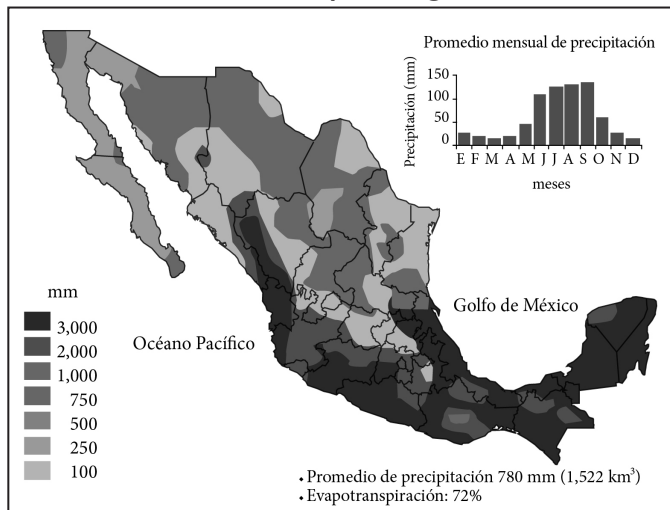
Figura 1. Regiones biogeográficas de México



Fuente: INEGI, Regiones..., p. 20.

El país recibe en promedio 1 515 hm<sup>3</sup> de precipitación anual promedio (o sea 1 515 millones de metros cúbicos), de los cuales 72% se pierden por evapotranspiración, 22% escurren superficialmente por cauces de temporal hacia el mar, sin ser mayormente aprovechada, y sólo 6% se filtra para recargar los acuíferos de los cuales vive la población urbana y que alimentan las actividades económicas del país –agricultura, industria y otras–. En la figura 2 se aprecia que en la región árida del norte la precipitación pluvial es de menos de 500 mm al año; en la región templada o semiárida, es de entre 750 y 1 500 mm, y en la tropical alcanza los 3 000 mm por año.

Fig. 2. Niveles de precipitación pluvial media mensual por región



Fuente: Conagua, Estadísticas del..., p. 37.

## CASOS-ESTUDIO DE DESASTRES URBANOS OCASIONADOS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO

### PROCESOS DE DESERTIFICACIÓN

Los procesos de desertificación en las zonas semi-áridas son, a gran escala, mecanismos de retroalimentación y de interacción ambiental que tienen impredecibles consecuencias a futuro. Estos procesos, los cuales se miden por medio de estudios del suelo, muestran que el aumento de la temperatura global está provocando mayor aridificación en nuestro territorio, lo cual trae consigo: incrementos en los procesos erosivos, mayor frecuencia y extensión de incendios forestales, aumento en la evapotranspiración e incremento en la salinización del suelo (Frutos y Castorena, 2011).

Esta disminución en el potencial del suelo como soporte de funciones biológicas lleva a procesos de pérdida de biodiversidad. Además, al secarse la capa orgánica, que es donde se encuentran los nutrientes, se pierde la capacidad de recarga de los acuíferos y se empiezan a hacer cada vez más críticas las condiciones de vida humana en las ciudades que tienen estos tipos de climas, o sea las ubicadas en a) las zonas áridas en la frontera norte y en la península de Baja California, con temperaturas promedio en verano de 35 a 40°C, los más bajos índices de precipitación pluvial (menos de 400 mm al año) y una temporada de secas de entre 8 y 12 meses, y b) las zonas semiáridas, ubicadas en el altiplano norte, con temperaturas promedio de 30 a 35°C en verano y precipitaciones pluviales de 400 a 700 mm al año (figuras 1 y 2), así como una temporada de secas de 6 a 8 meses. Sus principales tipos de vegetación son: matorrales xerófilos, huizaches, cactáceas, pastizales y vegetación halófila. Ambas están en condiciones de amenaza natural permanente y en creciente riesgo, ya que al ir en aumento la temperatura se van degradando la biodiversidad ambiental y reduciendo las reservas hídricas de las ciudades, sobre todo la recarga de la ya limitada precipitación anual, que tiende a decrecer año con año, con el consecuente impacto en la agricultura y la ganadería, que ya empiezan a desaparecer.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (Provincia/ Notimex: 2), las peores sequías que México ha padecido se dieron en los últimos 50 años (2011 fue el más seco desde 1958); la falta de lluvias ha provocado que estas sequías se sigan extendiendo hasta más de la mitad del territorio nacional. En general, las sequías se clasifican como fuertes o excepcionales en el 6% del territorio nacional; extremas en el 15%; severas en el 20%, y moderadas en el 13%, lo que da un total de 54% del territorio total. Los estados afectados por las sequías más fuertes, o sea las excepcionales, son la península de Baja California, Chihuahua, Coahuila, Sonora y Nuevo León en el norte del país; en tanto que San Luis Potosí, Guanajuato, Tamaulipas, la Ciudad de México, el Estado de México, Veracruz, Yucatán, Puebla y Tlaxcala, resintieron los efectos de una sequía extrema.

Figura 3. Sequía en el campo



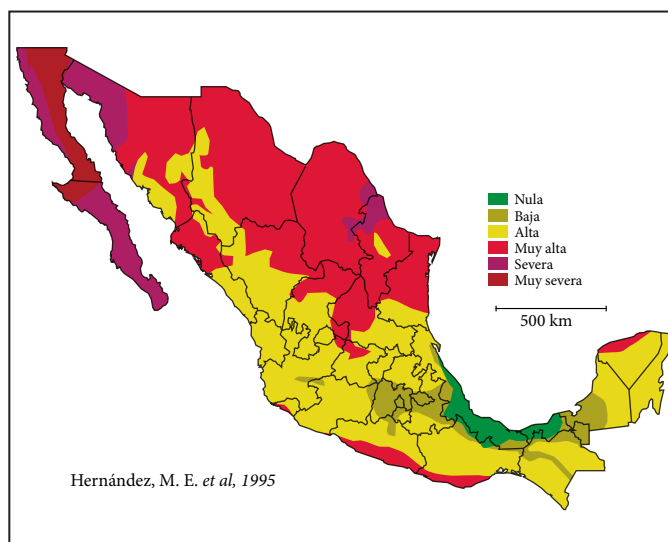
Fuente: Noticias MVS, 18 de noviembre de 2011.

Para dar una idea acerca de la magnitud de este proceso de desertificación (figura 3), puede decirse que en esta extensa zona árida del norte del país con sequía “excepcional” hay una población de 17 261 000 habitantes en 4 ciudades de un millón de pobladores, 8 ciudades de entre 500 mil y un millón, 10 ciudades de 100 mil a 500 mil, y 15 ciudades de 10 mil a 100 mil habitantes, así como docenas de localidades urbanas menores, dentro de una vasta región de alrededor de 639 000 km<sup>2</sup> (o 32.6% de la superficie

del país). Un verdadero desastre para la agricultura y la ganadería, que quedan en una situación de muy alta vulnerabilidad y riesgo de extinción. Pero, además, las ciudades de la región enfrentan muy severos problemas de abasto de agua para el consumo de sus habitantes y para mantener su planta productiva industrial y comercial.

Por su parte, la zona *semi-árida* en el altiplano del país (figura 4) cuenta con una población de 20 775 000 habitantes, que ocupan: 4 ciudades de un millón de pobladores, 10 ciudades de 500 mil a 1 millón, 13 ciudades de 100 mil a 500 mil, y 15 ciudades de entre 10 mil y 100 mil habitantes, con docenas de localidades menores dentro de un territorio de casi 419 000 km<sup>2</sup> (o 21.4% del territorio del país). Si bien la situación de las zonas semi-áridas no es tan extrema como la de las zonas áridas, no deja de ser vulnerable y de alto riesgo, ya que es consecuencia del cambio climático y esta vasta región del país tiende a desertificarse por falta de lluvia.

Figura 4. Niveles de sequía en el país



Fuente: Centro de Estudios de Finanzas Públicas, H. Cámara de Diputados, octubre de 2011.

Conforme el país va incrementando su población la disponibilidad de agua va decreciendo. En 1950 la disponibilidad era de 17 742 m<sup>3</sup>/hab/año, mientras que para el 2000 decreció a 4 427 m<sup>3</sup>/hab/año (Conagua, 2008). Si bien la tasa de crecimiento demográfico se redujo, se estima que para el 2030 la disponibilidad

disminuirá aún más: a 3 783 m<sup>3</sup>/hab/año. Desde luego que esta cantidad se refiere al promedio nacional, por lo que la distribución del agua dentro del territorio mexicano impone mayores restricciones a la zona centro y norte del país, que son las más urbanizadas y de mayor crecimiento, y que están en las regiones climáticas semiáridas y áridas, donde la disponibilidad es de 1 734 m<sup>3</sup>/hab/año, mientras que en el sureste, que es la región de menor crecimiento económico, está constantemente afectada por tormentas tropicales, por lo que la disponibilidad de agua es de 13 097 m<sup>3</sup>/hab/año (Salazar y Pineda, 2010).

### CIUDAD EN ZONA ÁRIDA: EL CASO DE HERMOSILLO, SONORA<sup>1</sup>

Hermosillo es la ciudad más poblada y con mayor crecimiento de Sonora; en 2000 tenía 630 000 habitantes, en 2010 749 000, y de acuerdo con las proyecciones más recientes, se espera que para el 2030 tenga cerca de un millón de personas (Conapo, 2006). Sin embargo sus recursos hídricos son limitados y la ciudad es ya una zona de alto riesgo por tener sus mantos acuíferos sobreexplotados y estar ubicada en una zona árida en la que, debido al cambio climático, la tendencia es hacia un aumento gradual de temperatura, lo cual conlleva a un *recrudescimiento del proceso de desertificación con aún menos precipitación pluvial, más erosión y salinización de las tierras*.

En la década de 1970 la ciudad se abastecía con el agua de la presa Abelardo L. Rodríguez, que tenía una capacidad de 254 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) y era abastecida por los afluentes de los ríos San Miguel y Zanjón (UNAM, 2010). Sin embargo, debido a la gran explosión demográfica, en esos años se tuvo que recurrir a otras fuentes: se comenzó a extraer agua de pozos y la ciudad pasó a depender totalmente de una batería de pozos ubicados en varias áreas de captación alrededor de la presa (las principales eran la Mesa del Seri, el ejido La Victoria y la región Willard, esta última destinada para la zona industrial y la planta Ford de Hermosillo). De este modo, paulatinamente el abastecimiento total de agua comenzó a ser subterráneo, lo que fue reduciendo

el escurrimiento de agua superficial hacia la presa y ésta se fue secando gradualmente (figura 5). De este modo, lo que antes se obtenía por rodamiento ahora se extraía de los mantos acuíferos, con un enorme gasto de energía eléctrica (Pineda, 2006).

Figura 5. Presa Abelardo L. Rodríguez en su nivel más bajo en 50 años



Fuente: Nacional/ Estados, 18 de enero de 2010, p. 2.

Pero el problema no termina ahí; entre 2000 y 2005 el agua subterránea también ha dado muestras de estar disminuyendo. La obtenida mediante pozos ha estado descendiendo; de junio de 2004 al mismo mes de 2005 el gasto máximo de los que surten a la ciudad bajó de 3 625 litros por segundo (l/s) a 2 649 l/s, es decir una caída de 30% en tan sólo un año (López Ibarra, 2005). Ante estas limitaciones y contracciones de las fuentes de suministro, la producción de agua para consumo en la ciudad ha disminuido mucho. Mientras que en 1995 se produjo un total de 95 Mm<sup>3</sup> anuales, a partir del año siguiente comenzó a descender, y fue de 87 Mm<sup>3</sup> en 1996 y de 78 Mm<sup>3</sup> en 1997, esto *sin descontar el 38% de pérdida de agua por fugas en tuberías de distribución de la ciudad*. Si bien no hay datos actualizados de las reservas de estos 100 pozos, con base en las mediciones anteriores podría suponerse que éstas tienden a seguir disminuyendo. La pregunta que surge es: ¿con qué rapidez se están

<sup>1</sup> Con base a los artículos de López Ibarra J. 2005 y de Moreno Mata A. 2006.

reduciendo? Si en la década de 1990 bajaron 17 Mm<sup>3</sup> en dos años, y considerando que 2010-2011 sucedió la peor sequía registrada en el país en los últimos 50 años (simplemente no llovió en las zonas áridas ni semiáridas: Conagua, 2011), podría suponerse, conservadoramente, que en esta última década el abasto de estos pozos ha descendido hasta 55-65 Mm<sup>3</sup> por año. A este caudal también habría que descontarle el volumen de fugas en tuberías, por lo que la disponibilidad *real* de agua hoy en día en Hermosillo debe de fluctuar entre 30 y 40 Mm<sup>3</sup> al año. Queda claro que conforme siga aumentando la temperatura a causa del calentamiento global esta reserva hídrica continuará descendiendo, una situación por demás dramática para sus habitantes y para las actividades agropecuarias de la región.

En la actualidad la presa Abelardo L. Rodríguez está prácticamente seca, pues lo que queda en el fondo es un pequeño charco de agua con sedimentos lodosos (figura 5). Esta cuenca está sobreexplotada, y existe competencia por los recursos acuíferos entre la región urbana y los productores rurales río arriba y río abajo (Moreno, 2006). El organismo del agua compró los derechos del pozo agrícola Las Malvinas, río arriba, en 2003, y río abajo, en 2005 se firmó un convenio con los usuarios de la Costa de Hermosillo para transferir agua de uso agrícola a urbano, con lo que se abrió una nueva zona de captación llamada Los Bagotes.

A pesar de la frágil situación del abasto de agua en la ciudad, el recurso además ha sido manejado de manera ineficiente. El organismo operador local, Agua de Hermosillo, sólo factura el 62 % del líquido (53 Mm<sup>3</sup>), lo cual implica que 38% (32 Mm<sup>3</sup>) se pierda por fugas y tomas clandestinas. Por otra parte, las tarifas no cubren los gastos de operación y mucho menos permiten hacer las inversiones necesarias para dar mantenimiento a la red de agua potable. La tarifa promedio actual es de 5.30 pesos por metro cúbico,<sup>2</sup> y se ha calculado que para cubrir los costos de producción y hacer sostenible la provisión debería ser de por lo menos 9.70 pesos (Centro de Estudios del Agua, 2006). Además, 28% de los usuarios no paga, y no existe una planta de tratamiento de aguas residuales

en la ciudad. Esta situación lleva ya varias décadas, y si bien se han reducido los niveles de agua no contabilizada (que en años anteriores llegó a ser de más de 50%), el crecimiento de la ciudad hace necesario incrementar aún más la eficiencia del organismo.

Sin embargo, en lugar de buscar un manejo más eficiente del agua, la tendencia fue a reducir la cantidad consumida mediante un programa de racionamiento que estableciera horarios de servicio, llamados tandeos, primero en 1998 y 1999, luego en 2005, y más tarde en 2010, hasta el presente. En busca de nuevas fuentes, el organismo operador ha planteado la posibilidad de obtener agua a partir de una planta desaladora en la Costa de Hermosillo, a más de cien kilómetros de la ciudad, y también de la cuenca vecina del río Yaqui, ubicada a una distancia mayor, y cuyas obras representarían elevados costos de inversión y operación (Pineda, 2007).

Pero adicionalmente a estas ineficiencias administrativas, la realidad es que el agua será cada vez más escasa para los habitantes de las ciudades. Veamos por qué: Las *reservas urbanas* en 2010 eran de 30 Mm,<sup>3</sup> lo que significa que a cada habitante lo abastecieron (suponiendo que todas las viviendas tenían una toma domiciliaria y todos los habitantes consumieron la misma dotación diariamente) con unos 40 Mm<sup>3</sup> de agua al año, o sea 110 litros por persona por día (lpd).

Pero qué pasará luego de 20 años (en 2030), cuando sigan bajando las reservas hídricas y, según las proyecciones de la Conapo (2006), la población de Hermosillo llegue a un millón de habitantes. Para entonces el gasto se habrá reducido probablemente hasta 24 Mm<sup>3</sup>, que al ser divididos entre una población de un millón de habitantes les corresponderá una dotación individual de casi 65 lpd, lo que da por resultado un decremento de 40% respecto a 2010. *Esta dotación representa menos de la mitad del parámetro normativo mínimo de dotación de agua* (que es de 150 lpd).

## IMPACTO DE CICLONES TROPICALES

En contraste con el caso anterior, México es uno de los países del mundo más afectados por ciclones

<sup>2</sup> O sean 0.005 pesos el litro del agua suministrada en las tuberías contra los 1.25 pesos que se paga por litro en un garrafón de agua embotellada y vendida comercialmente en las tiendas; lo que deja en claro las ganancias desmesuradas que tienen estos vendedores de agua que la compran en centésimas y la venden a pesos.



tropicales y quizá la única región que sufre los efectos de ciclones provenientes de dos zonas ciclogénicas completamente independientes: la del Atlántico Norte (costas de Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán) y la del Pacífico Nororiental (litorales de Chiapas y Oaxaca). Esta *zona tropical húmeda* cubre alrededor de 253 812 km<sup>2</sup> (13% de la superficie del país), con una población de 16 545 000 habitantes en: 6 ciudades de 500 mil a un millón de personas, 8 ciudades de 100 mil a 500 mil, y 17 ciudades de 10 mil a 100 mil habitantes, más docenas de localidades urbanas menores; una concentración de población urbana menor que en las regiones climáticas anteriores.

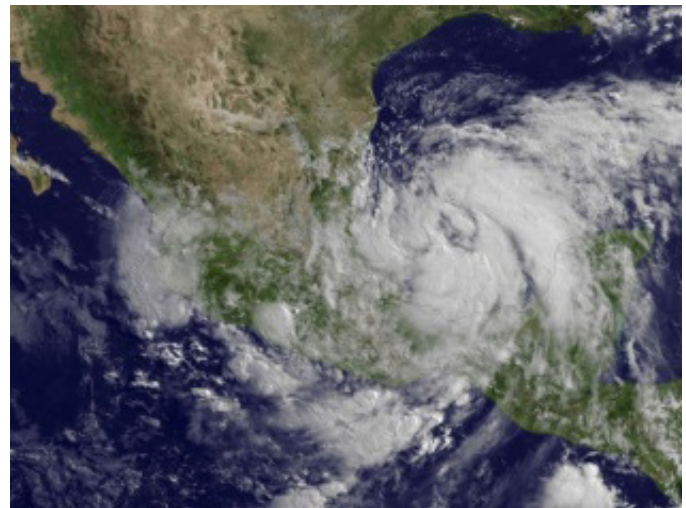
Los vientos de las tormentas tropicales son más intensos, de más de 61 km/h (34 nudos) pero menos de 113 km/h (63 nudos), y la configuración de la presión representa, cuando menos, dos isobaras cerradas. Los huracanes se definen como ciclones tropicales, con vientos de 114 km/h o más. Tanto en el Océano Atlántico como en el Océano Pacífico los ciclones tropicales se originan dentro del mar tropical, de mediados de mayo a junio, y no dejan de hacerlo hasta noviembre, aunque ha habido años en los que, extraordinariamente, se han presentado incluso en diciembre; es por ello que en verano y principios de otoño el país se ha visto afectado por ciclones tropicales, tanto en el Pacífico como en el Atlántico. Los huracanes se forman principalmente en zonas de aguas tropicales cálidas, donde los cambios en la intensidad del viento en sentido vertical son débiles.

La zona tropical se caracteriza por tener un clima caliente húmedo, con una temporada de secas muy corta, una temperatura media anual por encima de los 22°C pero que puede llegar a los 30°C, precipitación anual sobre 2 000 mm y humedad relativa que fluctúa entre 60 y 80%, aunque en época de temporal asciende hasta 100%. Los huracanes aparecen después de la temporada de lluvias de verano, cuando los ríos y lagos están rebosantes y el suelo saturado de humedad, al grado que la lluvia ya no puede ser absorbida por el terreno. En gran parte esto se debe a que la cubierta vegetal de las selvas medianas a altas y las sabanas son las que conservan elevadas humedades ambientes.

La zona tropical ubicada en las costas del Golfo de México y del Pacífico sur (véase la figura 6) se produce

por un movimiento ascendente del aire debido al calentamiento del medio ambiente. Este ascenso del aire origina las llamadas lluvias de convección. Además, la zona tropical es el lugar de convergencia de los vientos alisios que vienen del mar y de los que vienen de la sierra, que frecuentemente van cargados de humedad y convergen uno contra el otro. El encuentro de las dos masas de aire produce un movimiento ascendente que al enfriarse provoca lluvias; éstas son las que se precipitan a lo largo del año sobre esta región costera tropical.

**Figura 6. Vista común de un ciclón, a su entrada por la costa del Golfo de México**



Fuente: Wikipedia, inundaciones en Veracruz.

Pero un ciclón, huracán o depresión tropical se origina mar adentro a causa de una circulación cerrada de aire alrededor de un centro de baja presión que produce fuertes vientos mismos que circulan en sentido contrario a las manecillas del reloj y con abundante lluvia. Los ciclones tropicales extraen su energía de la condensación de aire húmedo, por el mecanismo de calor que los alimenta y los convierte en sistemas tormentosos de “núcleo cálido”. Este núcleo cálido gira como remolino, con gran intensidad del viento y con tormenta pluvial, y va desplazándose en el mar, a veces hacia alguna costa, donde penetra causando grandes daños humanos y materiales. Eventualmente, al no haber condensación de aire húmedo que lo retroalimente, empieza gradualmente a dispersarse y a

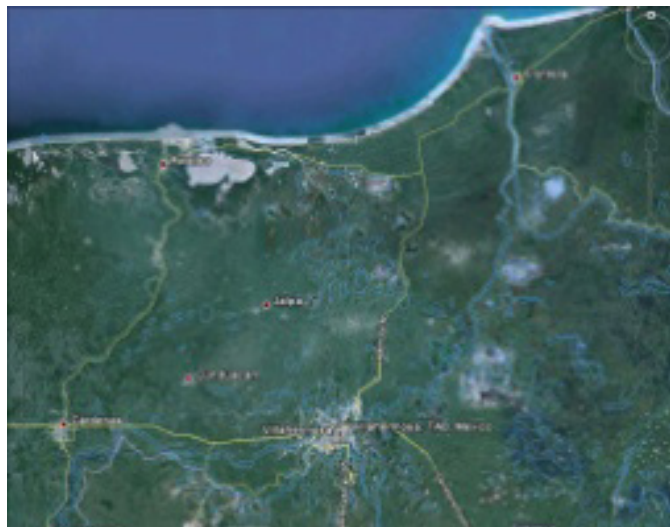
perder fuerza, y los daños que va ocasionando a su paso por tierra son en consecuencia cada vez menores. Esto es, cuando un ciclón entra a tierra su impacto es devastador sobre las ciudades y la población; grandes marejadas de varios metros de altura penetran a las poblaciones costeras, y con frecuencia intensos vientos que superan los 100 kilómetros por hora (kph), e intensas lluvias que duran hasta una semana, con precipitaciones de hasta 2 000 mm. Pero conforme penetra en tierra la intensidad decrece, y por lo general quedan lluvias y vientos más suaves que, no obstante, dependiendo de la intensidad del ciclón, llegan a cubrir una gran extensión territorial, con inundaciones temporales de 2-3 días a ciudades costeras y del interior del país.

El impacto de los huracanes abarca un territorio muy extenso. Por la fuerza que muestran, se conocen tres tipos de impacto, el cual se mide cuando un huracán penetra por algún litoral (ciudad de Villahermosa), o bien cuando penetra por el altiplano y afecta con intensas lluvias a ciudades como Morelia y Monterrey.

### **INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS COSTERAS: CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO**

Las zonas que son susceptibles de ser inundadas en las franjas de litorales, según las características morfológicas del relieve, son básicamente las llanuras costeras, las llanuras pantanosas y las cuencas con depresiones. Estas características se encuentran en todo el litoral de los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche, ubicados sobre el Golfo de México, y en una parte de Oaxaca sur y Chiapas, ubicadas sobre la costa del Pacífico. Son extensos espacios que se ubican entre las zonas montañosas y la costa, por donde, en consecuencia, atraviesan todos los ríos caudalosos que nacen en la sierra alta y desembocan en el mar. Por lo tanto estas planicies contienen ricas tierras de aluvión que las hace muy fértiles y aptas para la agricultura y la ganadería.

**Figura 7. Llanura de Villahermosa con sus ríos, manglares y costa del Golfo de México**



Fuente: Google Earth.

Tabasco tiene una superficie de 24 661 km<sup>2</sup>, 1.2 % del total nacional; y una población de poco más de 2 millones de habitantes que representa el 1.9 % del total del país. La inundación de Tabasco de 2007 trascendió como uno de los más graves desastres naturales de México de las últimas cinco décadas, porque está ubicada en una extensa planicie que es atravesada por dos de los ríos más caudalosos de México, el Usumacinta y el Grijalba. Ambos ríos se unen en uno solo antes de su desembocadura, por lo que en algún momento esta región se convierte en un gran pantanal o ciénaga que es conocida como los Pantanos de Centla, de enorme diversidad biológica (ERN/ Segob, 2007) (figuras 7 y 8).

“*La inundación de Tabasco en 2007 es considerada como uno de los más graves desastres naturales de México en las últimas 5 décadas*”

**Figura 8. Villahermosa, Tabasco, y sus ríos Grijalva y Carrizal**



Fuente: Google Earth, 2011.

Normalmente la pluviosidad en la cuenca del Grijalva oscila entre 150 y 250 mm, pero las fuertes lluvias ocasionadas por un frente frío y la presencia de la tormenta tropical Noel aumentaron en esa época la cantidad de agua que estaba cayendo en la cuenca del Grijalva, incluyendo la del norte de Chiapas —donde se encuentran presas tan importantes como La Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas, que generan la mayor parte de la electricidad en México—. Al llegar al tope de sus capacidades de almacenamiento, Peñitas tuvo que abrir sus compuertas de desfogue, lo que aumentó el caudal de los ríos al nivel de los 1 500 a 2 000 m<sup>3</sup>/s, y su nivel de escurrimiento subió más de un metro del normal. Esto finalmente propició su desbordamiento hacia las vastas llanuras laterales (Wikipedia, Inundación Tabasco 2007).

Las consecuencias fueron la inundación de Villahermosa, con sus 715 000 habitantes (2010) —capital y principal ciudad de Tabasco—, y de 80% del estado, conformado por zonas rurales y poblados dispersos. Se inundaron 670 localidades urbanas pequeñas de los 17 municipios, lo que representó 400 000 personas afectadas. Si bien no hubo pérdidas humanas, las materiales fueron cuantiosas, ya que las familias afectadas perdieron parte de su mobiliario

doméstico, los agricultores sus cultivos, los ganaderos su ganado, y la población en general quedó prácticamente sin abasto de servicios de agua potable, gas, electricidad y vigilancia durante el mes que duró esta tragedia: al estar inundadas las calles y las carreteras (total o parcialmente), no hubo transporte ni clases en las escuelas, ni la población pudo asistir con regularidad a su trabajo, realizar sus compras en el mercado, o ir a alguna farmacia para adquirir los medicamentos necesarios. La población de bajos ingresos, que obtiene sus ingresos realizando actividades informales, vio severamente reducidos sus ingresos. Y qué decir del drenaje sanitario: los colectores sanitarios quedaron inundados y las aguas negras de las localidades se mezclaron con las pluviales y se dispersaron por el territorio (figura 9).

**Figura 9. Inundación de la ciudad de Villahermosa, Tabasco**



Fuente: Wikipedia, Inundación de Tabasco.

Villahermosa fue la más afectada, ya que más de la mitad de la zona urbana sufrió inundaciones, y el resto, que tuvo daños menores, debió permanecer aislada a causa de la inundación de las calles de acceso. Las colonias más afectadas fueron Las Gaviotas y La Manga, pues el nivel de agua alcanzó una altura de hasta 4 m y causó destrucción en viviendas, automóviles, infraestructura y equipamiento urbano.

Pero el daño no únicamente se ubicó al interior de la ciudad capital, sino en toda la región costera. Aproximadamente 3.5 millones de habitantes de Quintana Roo, Yucatán y Campeche se quedaron sin abasto de gas LP, víveres y mercancías, ya que las carreteras que atraviesan Tabasco estaban inundadas.

---

## ALGUNAS CONCLUSIONES

1. Si bien estas regiones biogeográficas y climáticas han existido siempre en México, hace sólo 35 años la población del país era de la mitad de la actual y las ciudades con su mancha urbana 60% menores que las actuales, por lo que los riesgos eran también menores, ya que los eventos naturales sucedían mas espaciadamente y con menor intensidad. En 1980 las manchas urbanas aún no invadían masivamente zonas de alto riesgo, como las barrancas, zonas bajas y zonas de recarga de acuíferos, como aconteció décadas más tarde y hasta el presente. No hay duda de que esta *expansión urbana anárquica en todas las ciudades del país ha degradado sustancialmente su entorno natural y ha venido a hacer más vulnerable y a acentuar los riesgos urbanos al presentarse estos eventos climáticos.*
2. El calentamiento global ha hecho más extremo el clima: los procesos tanto de sequía como de tormentas tropicales tienen ahora un efecto devastador en *todas* las ciudades del país, cuya gravedad depende de su ubicación geográfica. *El proceso de calentamiento global está intensificando estos eventos naturales a modo que sucedan cada vez en menores plazos y con mayor intensidad, lo que tiende a elevar el nivel de riesgo de las zonas más vulnerables de las ciudades.*
3. Como sabemos, regularmente los más afectados tras un evento natural son los grupos de menores ingresos, que representan alrededor de 50% de la población de las ciudades y que por su escaso poder adquisitivo se ubican en terrenos de menor costo, que son los que representan los mayores riesgos ambientales. La ironía es que cuando acontece un evento natural estos *sectores de bajos ingresos son los que a final de cuentas deben pagar por la reconstrucción de su vivienda y por la reposición de sus escasos bienes materiales.* Y este gran esfuerzo por normalizar sus vidas y su hábitat los expone a que nuevamente, en un futuro próximo, se repita el desastre o uno similar.
4. Dada la interconectividad que tienen los sistemas urbanos —como el transporte o la infraestructura—, cuando sucede un desastre natural en una zona de la ciudad esto repercute en el resto de la ciudad: un gran congestionamiento, apagones eléctricos, falta de suministro de agua, recolección de basura, colectores de aguas negras azolvados, entre otros. *Por lo que un desastre natural llega a afectar de manera directa o indirecta y con igual o menor intensidad, a prácticamente toda la población de una ciudad.*
5. Además de la devastación física sobre la población y la estructura de la ciudad; la población es vulnerable al surgimiento de riesgos para la salud y biológicos (epidemias), pero esta es una incertidumbre que sólo puede acontecer si hay un descuido por parte de las autoridades y no se rescatan las vidas humanas en peligro; no recolectan los escombros y en especial la basura orgánica propensa a descomposición; confinan y protegen sistemas viables de causar mayores daños, como casetas de bombas, subestaciones eléctricas, estaciones de gas y otras.
6. Son tan numerosas y a veces tan extensas estas zonas de alto riesgo, que albergan a cientos e incluso a miles de familias de bajos ingresos dentro de cada ciudad, que *los gobiernos locales carecen de recursos financieros para prevenir y reducir significativamente su nivel de riesgo,* como la construcción anticipada de represas sobre cauces para el control de flujos torrenciales de agua, muros de contención para reducir riesgos de inundaciones, la construcción de nuevas viviendas para la reubicación de familias que habitan en zonas de alto riesgo, entre otros. Con frecuencia sólo se aportan soluciones que resuelven temporalmente los riesgos, como colocar en los bordes de los ríos económicas “costaleras” (costales de plástico llenos de arena); pero la mayor parte de las veces *el apoyo consiste en que el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred-UNAM) emite alertas rojas a la población* —principalmente en caso de huracanes y sismos— y, con el apoyo de organismos gubernamentales (como Protección Civil), ayuda a evacuar a los habitantes de zonas en peligro antes de que ocurran los eventos; de aquí que cuando sucede un desastre mayor, una alerta roja emitida con anticipación mediante el invaluable apoyo de regimientos militares, Cruz Roja, ONG y organismos internacionales ayuda



© Foto tomada de Shutterstock

a evacuar a la población en peligro y a proporcionarle albergue temporal, con atención médica, cobijas y comida.

7. Finalmente, esta amenaza y vulnerabilidad al calentamiento global hace ver la urgencia con que el gobierno debe empezar a invertir en la construcción de plantas de tratamiento y reciclaje de aguas residuales, así como a impulsar la investigación sobre fuentes alternas de abastecimiento de agua

(como la desalinización de agua de mar) para ciudades ubicadas en las zonas áridas y semi-áridas. Del mismo modo, es necesario concertar inversiones para proteger obras de cabecera de infraestructura urbana (subestaciones, plantas de bombeo) y de carreteras en zonas costeras que son susceptibles de inundarse, a fin de que no se interrumpan los servicios básicos a la población después de ocurrir un evento natural.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Conagua (2006), *Estadísticas del agua en México*, Consejo Nacional del Agua, Semarnat, México.
- Conagua (2008), *Estadísticas del agua en México*, México, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Comisión Nacional del Agua.
- Comisión Nacional del Agua (CNA) (2003), “Acuerdo de no emitir nuevas concesiones para la explotación del agua”, *Diario Oficial de la Federación*, t. DXCII, núm. 23, México, 31 de enero.
- Evaluación de Riesgos Naturales (2007), *Inundación en Tabasco por eventos meteorológicos*, reporte, Segob, 7 de noviembre.
- Frutos Balibrea L. y Davis L Castorena (eds.) (2011), *Uso y gestión del agua en las zonas semiáridas y áridas*, España, Edit-UM.
- INEGI (1999), *Estadísticas de medio ambiente. México 1999*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- López Ibarra, J. (2005), “Análisis de la sequía en la cuenca del río Sonora”, ponencia presentada en el foro Agua hoy: Agua de una vez por todas, Hermosillo.
- Moreno, J. (2006), *Por abajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo, 1945-2005*, Hermosillo México, El Colegio de Sonora.
- Pineda, N. (2007), “Construcciones y demoliciones. Participación social y deliberación pública en los proyectos del acueducto de El Novillo y de la planta desaladora de Hermosillo, 1994-2001”, *Región y Sociedad*, vol. XIX (número especial), pp. 89-115.
- Revista Digital Universitaria (2010), *Hidrología superficial y subterránea*, vol. 10, núm. 8, México, UNAM, 10 de agosto.
- Salazar Adams, A. y N Pineda Pablos (2010), “Escenario de demanda y políticas para la administración de agua potable en México: el caso de Hermosillo, Sonora”, *Región y Sociedad*, México, vol. 22, núm. 47, abril, pp. 63-78.
- Wikipedia (2011), *Inundación en Tabasco*.

# El hábitat bioclimático y la sustentabilidad

## HÁBITAT

**H**ábitat se refiere no sólo al lugar en donde se vive, sino fundamentalmente a las condiciones que ofrece ese lugar para vivir.<sup>1</sup> Del mismo modo un lugar no es sólo en espacio físico, sino un espacio vivencial en el que transcurre la existencia humana, con todas sus experiencias, sentimientos, emociones y significados. Sánchez de Carmona (2009) lo expresa en los siguientes términos: “La habitabilidad es una cualidad del espacio que se fundamenta en múltiples aspectos mas allá de los aspectos arquitectónicos. Un lugar puede ser habitable, vivible, si tiene características afectivas que no necesariamente son físico-espaciales...”

La forma en que nos relacionamos con el mundo exterior es por medio de la percepción. Al utilizar los

órganos de los sentidos se capta toda la información sensorial, pero es el cerebro el que la procesa, interpreta y expresa las respuestas ante los estímulos recibidos. Esto quiere decir que la experiencia del espacio es multisensorial, y su percepción, subjetiva: “Las experiencias sensoriales se interpretan y adquieren significado moldeadas por pautas culturales e ideológicas específicas aprendidas desde la infancia” (Vargas, 1994: 47); ciertamente, un mismo espacio es percibido de diferente manera por distintas personas y por lo tanto para unas podrá ser habitable pero no serlo para otras. Esto puede entenderse claramente al pensar por ejemplo en un iglú, el cuál es habitable para sus moradores, pero seguramente no lo es para nosotros.

Desde el punto de vista sensorial los espacios se ven, se escuchan, se huelen, se sienten, pero más allá de los sentidos los espacios se perciben: “Una de las princi-

<sup>1</sup> De acuerdo con la Real Academia Española, hábitat se refiere al “lugar de condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal.”

\* **Víctor Armando Fuentes Freixanet.** Doctor en Arquitectura Bioclimática por la UAM-Azcapotzalco. Profesor investigador desde 1984 en la UAM-Azcapotzalco. Departamento de Medio Ambiente, División de Ciencias y Artes para el diseño. Ha publicado varios libros y numerosos artículos en revistas especializadas. En el ámbito profesional, ha realizado proyectos habitacionales, de obra pública y de asistencia social. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), nivel 1. Asesor y consultor en Arquitectura Bioclimática.

pales disciplinas que se ha encargado del estudio de la percepción ha sido la psicología y, en términos generales, tradicionalmente este campo ha definido a la percepción como el proceso cognitivo de la conciencia que consiste en el reconocimiento, interpretación y significación para la elaboración de juicios en torno a las sensaciones obtenidas del ambiente físico y social, en el que intervienen otros procesos psíquicos entre los que se encuentran el aprendizaje, la memoria y la simbolización” (Vargas, 1994: 48).

El espacio es la materia de diseño del arquitecto, pero en sí mismo el espacio es abstracto e intangible, por lo que en realidad el arquitecto trabaja con la percepción que se tiene de ese espacio. Aldrette-Hass (2007: 98) señala que: “La arquitectura (el espacio que habitamos) es parte indisoluble de nuestra realidad cotidiana. La percibimos a pesar nuestro, queramos o no. Existir es sinónimo de percibir. La arquitectura se muestra y la percepción sucede”. Espacio y hombre, habitación y habitante coexisten indisolublemente; dicho de otra manera: “La obra arquitectónica no es un organismo con vida propia, vive en una constante relación de dependencia con el hombre que la habita...” (Teru, 1950).

## BIOCLIMÁTICO

El término “bioclimático” se refiere particularmente a la relación entre los organismos vivos y el clima. Sin embargo, de manera más amplia se refiere al aprovechamiento de todas las condiciones medioambientales en beneficio de los usuarios.<sup>2</sup> De este modo, la arquitectura bioclimática tiene tres objetivos fundamentales:

- 1. Bienestar y confort:** Crear espacios habitables que cumplan con una finalidad funcional y expresiva; que sean saludables, confortables y que propicien el desarrollo integral de las personas y de sus actividades.
- 2. Uso eficiente de la energía y los recursos:** Utilizar de manera eficiente la energía y los recursos, prefiriendo aquellos que son naturales y renovables. Propiciar la autosuficiencia de las edificaciones y con ello optimizar los recursos humanos y económicos.

**3. Integración con el medio ambiente:** Preservar y mejorar el medio ambiente, integrando al hombre a un ecosistema equilibrado por medio de los espacios, y generando el menor impacto posible a los ecosistemas.

Estos tres objetivos se correlacionan con las tres esferas básicas de la sustentabilidad: El medio social (humano), el medio ambiente y el medio económico. Al observar el esquema clásico de la sustentabilidad, la habitabilidad se define por la intersección de la esfera del medio ambiente y el medio social. Es decir que cuando existe equilibrio entre el hombre y el medio ambiente se logra la habitabilidad; mientras que si hay equilibrio entre el medio ambiente y el medio económico se logra la viabilidad; y mientras que haya equilibrio entre el medio social y el económico, se logrará la equidad. Con el equilibrio de estas tres esferas se consigue la sustentabilidad. De manera simple esto es correcto, sin embargo el concepto de habitabilidad es mucho más amplio.

El hecho de que un espacio sea habitable o no depende de varios factores o definidores propios del objeto (espacio), del medio ambiente y del usuario (Cardoso, 2008: 17). “Una vivienda es un conjunto de características, relaciones e información, por eso al clasificar sus definidores es necesario separarlos en grupos temáticos. Cada tema define la vivienda en un parámetro, y todos en su conjunto sirven como orientadores para la definición y caracterización de lo que es un hábitat, son por lo tanto los definidores arquitectónicos que determinan un hábitat.” (basado en Cardoso, 2008: 17).

### DEFINIDORES DE HABITABILIDAD CORRESPONDIENTES AL OBJETO:

#### Definidores dimensionales

- *Forma:* se refiere a las características geométricas, volumétricas y de grado de complejidad del espacio edificado (proporción, compacidad, porosidad, organización espacial, etcétera).
- *Superficie habitable:* se refiere a la superficie en relación con el número de habitantes (densidad de ocupación).

<sup>2</sup> De acuerdo a la Real Academia Española, bioclimático se refiere a lo “relacionado con el clima y los organismos vivos”; y respecto a la arquitectura, dicho de un edificio o de su disposición en el espacio que trata de aprovechar las condiciones medioambientales en beneficio de los usuarios.

- *Capacidad de modificación*: se refiere a la posibilidad de crecimiento o adaptación de la vivienda ante un cambio en el número de usuarios.

### **Definidores programáticos y tipológicos**

- *Programa arquitectónico*: se refiere al número y tipo de locales con que cuenta la vivienda de acuerdo a las necesidades específicas de los usuarios.
- *Funcionamiento/ organización espacial*: Se refiere al funcionamiento y organización y a su relación en los distintos espacios.
- *Uso del espacio*: se refiere al uso y jerarquización de los espacios, tales como públicos, semiprivados y privados, así como de posibles usos mixtos.

### **Definidores respecto al entorno**

- *Grado de asentamiento*: se refiere a la relación de la edificación respecto al suelo (edificación enterrada, semienterrada, superficial o elevada).
- *Coefficiente de ocupación y utilización*: se refiere a la relación entre el área de desplante y el área construida respecto a la superficie del terreno.
- *Coefficiente de envolvente y grado de adosamiento*: se refiere a la relación entre el área construida y la superficie expuesta al medio ambiente (en contacto con el exterior). La envolvente también determinará el grado de transferencia de energía (calor) entre el interior y exterior.
- *Compacidad*: más que sólo el concepto de densidad de ocupación, la compacidad se refiere a las relaciones de proximidad y a los múltiples usos y funciones; asimismo, implica movilidad y accesibilidad entre los distintos elementos edificados y las relaciones entre espacios, público y privado.
- *Relación interior-exterior*: se refiere a la ubicación, orientación, permeabilidad y transparencia, elementos que influyen en las relaciones visuales y energéticas entre el interior y el exterior.

## **DEFINIDORES DE HABITABILIDAD**

### **CORRESPONDIENTES AL AMBIENTE:**

#### **Definidores del ambiente**

- *Térmicos*: relacionados con la temperatura del aire.

- *Hídricos*: relacionados con la humedad del aire.
- *Radiantes*: relacionados con la radiación incidente en la edificación
- *Eólicos*: relacionados con el movimiento del aire.
- *Barométricos*: relacionados con la presión atmosférica.
- *Lumínicos*: relacionados con luz (luminancias, iluminancias, deslumbramientos, contrastes).
- *Acústicos*: relacionados con el sonido (acústica arquitectónica y ruidos).
- *Calidad del aire*: relacionados con la calidad ambiental del aire.
- *Calidad del agua*: relacionados con la calidad ambiental del agua.
- *Calidad del suelo*: relacionados con la calidad ambiental del suelo.

### **Definidores basados en la disponibilidad de recursos: energía, abasto y equipamiento**

- Disponibilidad de agua.
- Disponibilidad de energía eléctrica.
- Disponibilidad de gas, leña y otros recursos energéticos.
- Disponibilidad de alimento.
- Otros recursos de subsistencia.
- Disponibilidad de otros servicios y equipamiento urbano.

## **DEFINIDORES DE HABITABILIDAD**

### **CORRESPONDIENTES AL USUARIO:**

#### **Definidores salud,<sup>3</sup> bienestar y confort**

- *Salubridad*: se refiere a que los espacios habitados sean salubres.
- *Confort térmico*:<sup>4</sup> que los espacios ofrezcan condiciones de bienestar y confort térmico.
- *Confort lumínico*: que los espacios ofrezcan condiciones de bienestar y confort lumínico.
- *Confort acústico*: que los espacios ofrezcan condiciones de bienestar y confort acústico. (acústica arquitectónica y control de ruidos).
- *Bienestar electromagnético y geobiológico*: que los espacios ofrezcan condiciones de bienestar electromagnético y geobiológico.

<sup>3</sup>. La Organización Mundial de la Salud define a la salud como “el estado de completo bienestar físico, mental y social del individuo y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.”

<sup>4</sup>. International Organization for Standardization define el confort (térmico) como “una condición física y mental en la cual se expresa satisfacción con el ambiente (térmico) circundante.”



- *Bienestar y confort psicológico*: que los espacios ofrezcan condiciones de bienestar psicológico.

#### **Definidores información y comunicación**

- Medios de comunicación.
- Medios de transporte.
- Movilidad y accesibilidad.
- Comunicación social y familiar.

#### **Definidores de seguridad**

- Seguridad social y de salud.
- Seguridad pública.
- Seguridad familiar y comunitaria.
- Estabilidad social y económica.

#### **Definidores sociales y culturales**

- Relación comunitaria.
- Espacio público.
- Identidad cultural.
- Oportunidades de desarrollo personal y social.

#### **Definidores de preservación**

- Vida útil del hábitat.
- Rehabilitación.
- Cambio de uso del espacio.

Como se puede apreciar, la arquitectura y el urbanismo implican un trabajo multidimensional que debe atender muchos factores con el fin de ofrecer espacios realmente habitables. La arquitectura no puede enfocarse únicamente al diseño del objeto construido (vivienda o edificación), sino de manera fundamental al hombre que lo habitará y al vínculo entre ambos. “El problema de la habitación de mala calidad en la Ciudad de México [...] está enfocado únicamente desde el punto de vista del *objeto habitable*, es decir, bajo el sólo aspecto de la condición material del problema [...] Pero tampoco puede haber duda de que no puede aislarse a toda habitación de su correspondiente habitante, o sea que no puede separarse al objeto material que sirve de habitación, del sujeto humano que hace uso de ese lugar habitable [...]” (Teru, 1956).

De manera particular, el hábitat bioclimático se refiere entonces a todas las interrelaciones que se dan entre el ambiente y el hombre; las condiciones que ofrece un ambiente pueden manejarse, controlarse o moderarse por medio de la arquitectura y de esta forma diseñar un hábitat en el que las condiciones que se ofrecen sean más saludables y confortables para

que el hombre pueda desarrollarse de manera integral y equilibrada.

La arquitectura sustentable se centra de manera importante en no generar impactos ambientales y en lograr ahorros energéticos y de recursos (mediante elementos tecnológicos). La arquitectura bioclimática se fundamenta en el bienestar y en el confort de los usuarios por medio del diseño arquitectónico (por medio de sistemas pasivos). Ambos enfoques son importantes, de tal manera que la arquitectura debe considerar tanto los criterios sustentables como los bioclimáticos, teniendo siempre al hombre como punto central del diseño.

La diferencia entre *salud y confort* se basa en que la primera se refiere a un estado temporal más amplio, mientras que el confort se refiere de manera más puntual a un estado de percepción ambiental momentáneo, el cual está determinado por el estado de salud del individuo. El estado salubre de un espacio depende de muy diversos factores. De hecho existe un término para describir a los edificios que no ofrecen condiciones saludables a sus ocupantes: “El término “síndrome del edificio enfermo” (SBS) se utiliza para describir situaciones en las que los ocupantes de un edificio experimentan efectos agudos de salud y de confort que parecen estar relacionados con la permanencia en el edificio [...]” (EPA, 1991).

Algunos factores relacionados con el síndrome del edificio enfermo son: contaminantes químicos, provenientes del interior o del exterior; contaminantes biológicos; ventilación inadecuada; condiciones inadecuadas de temperatura y humedad; Pobre o inadecuada iluminación en ausencia de luz natural; acústica inadecuada o presencia de ruidos; radiación electromagnética; factores psicológicos (Sumedha, 2008).

La Organización Mundial de la Salud (WHO, 1984) da algunas recomendaciones básicas directamente a los arquitectos y a los constructores para propiciar edificios saludables: buscar la calidad interior del aire como un objetivo de diseño; diseñar sistemas de ventilación y de iluminación que cumplan con los estándares; separar las posibles fuentes contaminantes de los espacios habitables; eliminar o contener potenciales fuentes de contaminación y utilizar materiales adecuados; que los ocupantes tengan control sobre la temperatura, la ventilación y la iluminación.

Por su parte, atender las condiciones de confort de los usuarios es otra prioridad que debe considerar el arquitecto. Los factores que intervienen en el confort se pueden dividir en dos grupos: los factores internos, o intrínsecos al individuo, y los factores externos, entre los cuales destacan los siguientes (Fuentes, 1989):

*Factores internos que determinan el confort:* raza, género, edad, características físicas, estado de salud física y mental, estado de ánimo, grado de actividad metabólica, experiencias, asociación de ideas, etcétera.

*Factores externos que determinan el confort:* grado de arropamiento, tipo y color de la vestimenta; factores ambientales como: temperatura y humedad del aire, radiación, velocidad del viento, presión atmosférica, niveles lumínicos y acústicos, ruidos, calidad del aire, olores, elementos visuales, electromagnetismo, etcétera.

Si bien el confort se obtiene por medio de la integración de todos los factores, para fines prácticos se dividen en varios tipos de acuerdo con el canal de percepción sensorial que se involucre; así es como se cuenta con los siguientes tipos de confort: confort

térmico, confort lumínico; confort acústico; confort olfativo; confort psicológico.

## CONCLUSIÓN

La arquitectura interviene directamente en la percepción ambiental del individuo. Que un espacio sea o no habitable depende no sólo de las condiciones ambientales sino que es multifactorial. La habitabilidad debe ser el fundamento del diseño. El objetivo primordial de la arquitectura es crear espacios habitables. La arquitectura bioclimática trata de lograr este objetivo de manera natural por medio del diseño: “Las condiciones bioclimáticas del habitat se hacen objeto de aprendizaje y, por tanto, generan una necesidad de espacio habitable. Los aspectos fisiológicos (térmicos, lumínicos y acústicos), los psicológicos, los culturales y estéticos se confunden e interpretan en una sinfonía que no sólo se siente, no sólo se contempla, no sólo se sueña, sino que, todo a la vez, nos envuelve y nos sumerge en algo tan sencillo, tan inmediato y simple como es el habitar un espacio arquitectónico.” (López, 2010).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldrete-Hass, José Antonio (2007), “Arquitectura y percepción”, Simposio Arquitectura y Percepción, México, Universidad Iberoamericana.
- Arai, E. y Alberto Teruo (1950), *La raíz humana de la distribución arquitectónica*, Ediciones Mexicanas.
- Arai E. y Alberto Teruo (1956), “Conocerse para mejorarse”, *Espacios*, núm. 29.
- Cardoso Silva, Sara (2008), *Definidores del hábitat: desde el usuario hacia una arquitectura sostenible*, España, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Drago Q., Elisa (2008), “Alberto Teruo Arai Espinoza. Su obra y su propuesta teórica”, *Diseño y Sociedad*, núm. 24, UAM-X, pp. 44-56.
- EPA (1991), *Sick Building Syndrome*, Environmental Protection Agency”, Estados Unidos.
- Indoor Air Facts, núm. 4.
- Fuentes Freixanet, Víctor A. (1989), *Confort ambiental*, Revista A, vol. IX, núm. 26, UAM-Azcapotzalco.
- López de Asiaín, Jaime (2010), “La habitabilidad de la Arquitectura: el caso de la vivienda”, *Dearq*, núm. 06. Bogotá, Colombia, pp. 100-107.
- Ramírez Ponce, Alberto (2001), “*La habitabilidad*”, V Seminario Nacional de Teoría de la Arquitectura.
- Sánchez de Carmona, Manuel (2009), “Habitabilidad y arquitectura”, *Seminario de Habitabilidad*, Academia Nacional de Arquitectura.
- Sumedha M., Joshi (2008), *The Sick Building Syndrome*, Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine, vol. 12(2), pp. 61-64.
- Vargas M., Luz María (1994), “Sobre el concepto de percepción”, *Alteridades*, vol. 4, núm. 8, UAM-I, México.
- WHO (1984), *Indoor Air Quality Research*, Euro Report and Studies, 103, Estocolmo, World Health Organization.

# La percepción remota, las tecnologías de la información y la sustentabilidad



© Foto tomada de Shutterstock

## LA PERCEPCIÓN REMOTA Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE

Desde el lanzamiento del primer satélite de observación de Tierra en 1957 (Denore y López, 2001), se han tenido muchos progresos en todas las aplicaciones ligadas a la percepción remota. Este concepto tiene que ver con la capacidad de obtener información de un objeto o un proceso, a partir del análisis de datos obtenidos mediante un instrumento que no está en contacto físico con los objetos (Rashed y Jürgens, 2010). Los satélites de observación terrestre, los cuales adquieren imágenes a distancia, son un ejemplo de ello y generan un conjunto de imágenes satelitales que representan un retrato *sui géneris* de la superficie terrestre.

La utilización de estas imágenes satelitales ha propiciado la generación de muchos estudios enfocados a: la evaluación de desastres, la vegetación, la prospección de recursos naturales, la detección de dinámicas antropogénicas o naturales (contaminación, sequía, incendios forestales, etc.), además de que sirven de insumo, muy importante, para la cartografía digital temática. Los científicos están de acuerdo en que la perfecta utilización de la percepción remota puede ser de gran ayuda en la evaluación y monitoreo de los recursos naturales del planeta y, por lo tanto, para el desarrollo sustentable, especialmente en temas relacionados con el medio ambiente. La percepción remota genera, igualmente, un problema relacionado con el acceso a la información, como saber ¿en función de qué intereses se va a decidir utilizar esta

\* Erick López Ornelas. Doctor por la Universidad Paul Sabatier, Toulouse, Francia. Profesor de tiempo completo en el Departamento de Tecnologías de la Información de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Cuajimalpa. Sus intereses de investigación se centran en los Sistemas de Información Geográfica, Geo Visualización, Sistemas Interactivos y Percepción Remota.

información? ¿Cuáles serán las modalidades y las condiciones? Por lo mismo, es importante dar respuestas claras y precisas a estas preguntas, ya que es información estratégica que opera en el actual proceso de globalización.

A este respecto, el geógrafo brasileño Milton Santos habla de un “sistema de información científico y técnico” en el que sólo algunos sectores de ciertos países conocen verdaderamente el planeta por medio de su desarrollo científico y tecnológico, mientras que otros no dudan en llamar a esta situación un tipo de “colonización del cielo” (Decornoy, 1995).

Roger Lesgards, antiguo director del CNES (Centro Nacional de Estudios Espaciales), comenta que en la medida en que todos los programas espaciales, sin excepción, se financian mediante fondos públicos, deberían de existir nuevas normas internacionales para una mundialización democrática de las aplicaciones de esta tecnología (Lesgards, 1998). De hecho esta información cumple con las características necesarias para ser parte del patrimonio de la humanidad y debería estar abierta a todos los seres humanos.

Las posibilidades que ofrece la percepción remota de los recursos naturales y el desarrollo sustentable son de gran interés para quienes buscan soluciones a los problemas en vías de desarrollo. Básicamente nos referimos a los países que se ubican en el cono sur de los continentes Americano y Africano, particularmente aquellos que tienen problemas de hambre y desnutrición. Aunque la percepción remota no es la panacea para un problema con raíces profundas y bien arraigadas, puede proveer de información precisa que, con otros datos, permitirá tomar decisiones de manera eficaz.

Muchos de los problemas sociales y sustentables tienen su origen en aspectos técnicos a los que se enfrentan las comunidades rurales y que generan una mala gestión de los recursos y una agricultura poco productiva. En otros casos los problemas están ligados a las catástrofes naturales, como la sequía y las inundaciones. En todas estas situaciones, la percepción remota puede ser útil y brindar información valiosa para alguna de las siguientes actividades:

- Identificación de cultivos.
- Estadísticas agrícolas, forestales y urbanas.
- Administración de los recursos del agua.

- Clasificación de la vegetación (bosques, praderas, manglares).
- Clasificación de ecosistemas (selvas, deltas, zonas costeras, zonas montañosas y zonas desérticas).
- Modificaciones de origen humano o natural (contaminación, inundaciones, desertificación, incendios, otras catástrofes).
- Cartografía digital.

Es fácil imaginar la enorme importancia que tiene este tipo de cartografía para la gente que toma decisiones; de hecho las imágenes satelitales contienen información útil para la cuantificación, la delimitación y la evolución de los recursos naturales, información que es fundamental para la toma de decisiones y que es obtenida de manera muy rápida gracias a la percepción remota.

### **UN EJEMPLO DE APLICACIÓN: IDENTIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN URBANA EN LA CIUDAD DE MÉXICO**

Actualmente la urbanización en las grandes ciudades ha crecido a un ritmo muy acelerado. Como resultado de ello, los entornos urbanos se están convirtiendo en el paisaje dominante, lo que requiere de un entendimiento de los procesos dinámicos que ocurren en estas áreas. Dos reconocidas características que distinguen a las ciudades de los ambientes naturales incluyen: 1) el rápido cambio en las superficies y 2) el papel dominante de la actividad humana en este ambiente, lo que genera una extensa heterogeneidad en el entorno urbano (Oke, 2007).

La vegetación ha sido identificada como un componente vital de un entorno urbano saludable, que influye tanto en las condiciones físicas de una ciudad como en el bienestar social de sus residentes. Esto conlleva a una gran vinculación entre los sistemas humanos y los socio-ecológicos (Brown, 2008). En una revisión de las necesidades sociales de las zonas urbanas, Matsuoka (Matsuoka y Kaplan, 2008) sugiere que las acciones y las actitudes humanas se conectan directamente a las características físicas del entorno ambiental, de los cuales la vegetación y las áreas verdes son componentes importantes.

Estudios recientes revelan que la composición de los entornos urbanos se correlaciona con importantes

procesos sociales, como la delincuencia (Kuo y Sullivan, 2001), la salud (Coen y Ross, 2006; Gidlöf y Öhrström, 2007) y el desarrollo de la niñez (Taylor, 1998). Por lo tanto, la planificación urbana basada en un buen entendimiento de la dinámica social y la composición ambiental, privilegiando la vegetación, deben ser primordiales. Los aspectos físicos y biofísicos de los entornos urbanos también están estrechamente vinculados a la cobertura vegetal. En concreto, las grandes áreas verdes inciden directamente en la calidad del aire y del agua, en la temperatura del aire y de la superficie (Avisar, 1996; Grimmond, 1996; Nowak y Dwyer, 2001).

El componente de la vegetación de una ciudad es de carácter dinámico y su gestión es un reto considerable. El desarrollo residencial y el de negocios pueden tener efectos adversos significativos sobre el alcance y las condiciones de la vegetación urbana, y cuando hablamos de vegetación urbana es conveniente incluir árboles individuales, zonas de arbustos, hierba, parques y reservas naturales. La vegetación se incluye también ya sea en entornos públicos o privados y/o la combinación de ambos.

Un buen conocimiento acerca de la cantidad de vegetación existente es básico para las comunidades al realizar su planificación urbana, su gestión de desastres, la protección de su medio ambiente o la formulación de sus políticas de desarrollo urbano.

La medición precisa, confiable y significativa de las coberturas de vegetación urbana ayuda a los tomadores de decisión a generar mejores condiciones ambientales.

Por otro lado, como se mencionó, la percepción remota proporciona métodos eficaces y eficientes para el seguimiento de las características superficiales de los entornos urbanos. Las imágenes satelitales ofrecen ventajas sobre los estudios de terreno y permiten la observación con una gran cobertura espacial y la recopilación de imágenes periódicas en muchas zonas inaccesibles, a un costo relativamente bajo.

Las imágenes Ikonos utilizadas para este ejemplo de aplicación son de alta resolución espacial, de 1 m. El área de estudio se ubica en la zona poniente de la Ciudad de México, específicamente en Cuajimalpa de Morelos, la cual colinda con el Estado de México. Actualmente, un importante número de zonas urbanas y de áreas de vegetación que rodean a la Ciudad son resultado de una expansión urbana desorganizada. Como se puede observar en la figura 1, se trata de una zona urbana compleja, con muchas áreas donde la vegetación y las construcciones se entremezclan, generando con ello una zona completamente heterogénea. El área estudiada contiene todos los tipos de objetos terrestres presentes en una ciudad, tales como edificios y casas, áreas verdes, árboles, calles, autos, etcétera.



Fig. 1. Imagen de alta resolución espacial (1 m.) correspondiente a la zona poniente de la Ciudad de México.

*La percepción remota proporciona métodos eficaces y eficientes para el seguimiento de las características superficiales de los entornos urbanos.*

La identificación y extracción de la vegetación a partir de imágenes satelitales conlleva al proceso de analizar e interpretar las imágenes basándonos en diversos elementos, como el color de la imagen, la textura, la escala de grises, el patrón y el análisis de las relaciones espaciales. En nuestro caso hemos aplicado un enfoque diferente, donde utilizamos un conjunto de operaciones morfológicas (López-Ornelas, 2005) con el fin de extraer únicamente la vegetación e ignorar los diferentes elementos que no forman parte de ella. Esta técnica es fundamental, ya que se basa en el estudio de la geometría, la forma, la simplificación y la conservación de las características principales de los componentes de la imagen. Es importante mencionar que, idealmente, se debería analizar de manera simultánea una amplia extensión de la ciudad, sin embargo el costo de procesamiento es muy elevado. Por

tal razón, para este ejemplo de aplicación se decidió analizar únicamente ciertas zonas que ejemplifican de forma clara la distribución de la vegetación en la zona en cuestión.

### **ZONAS QUE CUENTAN CON AMPLIAS ÁREAS VERDES**

En la Ciudad de México, en especial en la zona poniente, existen zonas geográficas con grandes paisajes verdes, esto debido a que en la periferia de la Ciudad se pueden encontrar áreas semi-pobladas donde los colonos se han instalado sin ningún tipo de planificación urbana. Si bien existe una legislación urbanística para la Ciudad de México, en la práctica no se aprecia con claridad la correcta ejecución de la misma. Esto conduce a la existencia de grandes paisajes, sin desarrollo urbano estructurado aparente; zonas donde no hay parques o jardines pero sí existen áreas verdes que se mantienen naturalmente. En la figura 2a se muestra un ejemplo de zona con las características antes mencionadas, y en la figura 2b se ha realizado la extracción de la vegetación de manera automática. La vegetación se encuentra representada en color negro, y los diferentes elementos que no pueden ser considerados como vegetación, fueron eliminados de la imagen.

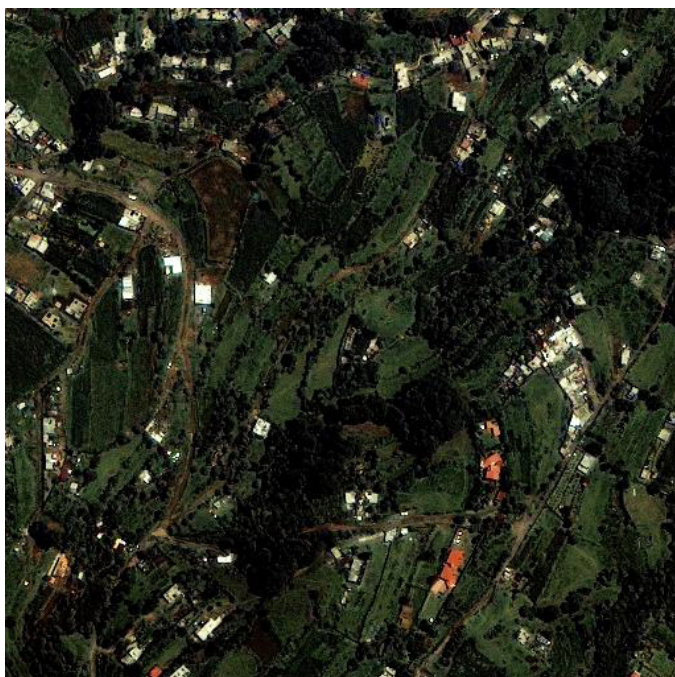


Fig. 2a Zonas con amplias áreas verdes

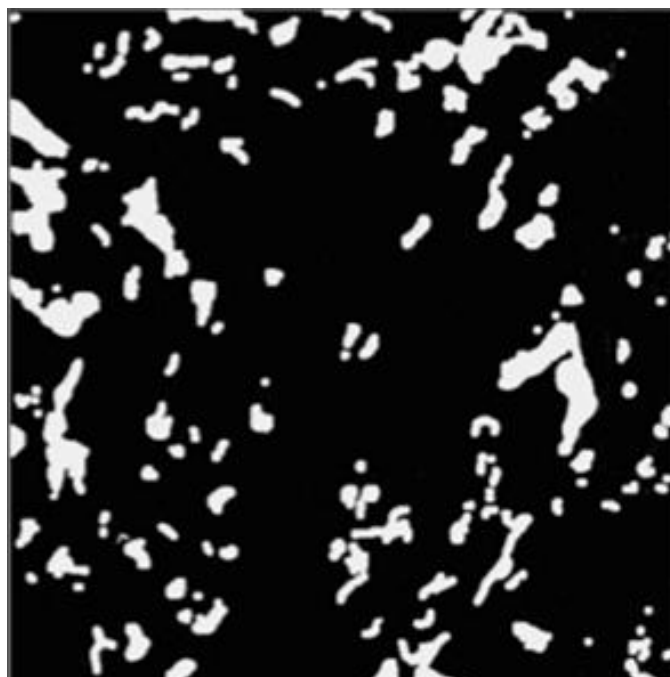


Fig. 2b Extracción de la vegetación

## ZONAS DENSAMENTE POBLADAS CON POBRES ÁREAS VERDES

Este tipo de paisaje es muy común en la Ciudad de México, en específico en la zona poniente, donde existe una significativa desigualdad social. La convivencia espacial entre zonas de alta plusvalía, donde existe un centro de negocios muy importante, y zonas de alta marginalidad, genera configuraciones urbanas que pueden ser muy bien apreciadas por las imágenes satelitales. Al analizar estas zonas desfavorables,



Fig. 3a Zonas densamente pobladas con áreas verdes pobres.

recidas, podemos apreciar que existieron áreas verdes que literalmente han sido devoradas por la mancha urbana. Actualmente sólo existen pequeños brotes de vegetación y una reducida cantidad de jardines y lugares de convivencia públicos.

La extracción de la vegetación en este tipo de zona es complicada ya que existen muchos elementos urbanos que dificultan su identificación. En la figura 3a podemos observar una zona típica de este tipo de configuración, mientras que en la figura 3b se identifican las pequeñas áreas verdes localizadas.



Fig. 3b Extracción de la vegetación.



Vista aérea de la avenida Reforma en la Ciudad de México. Shutterstock.

## ZONAS COLINDANTES CON RESERVAS NATURALES

En la zona poniente de la Ciudad de México existen algunas áreas protegidas que han resistido a la creciente mancha urbana (Desierto de los Leones, Cerro del Judío, etc.). Aunadas a estas áreas protegidas existen gran cantidad de barrancas que promueven una configuración espacial *sui generis* (zonas altamente pobladas que colindan con extensas áreas verdes). Esta configuración permite que la identificación de la vegetación pueda ser muy homogénea en la zona donde existe una reserva natural o una barranca, y una muy heterogénea donde la mancha urbana ha ido invadiendo los espacios verdes. En la figura 4a se muestra un ejemplo de este tipo de configuración espacial, mientras que en la figura 4b se muestra la extracción automática de la vegetación.



Fig. 4a Zonas colindantes con reservas naturales.



Fig. 4b Extracción de la vegetación.

### ZONAS MIXTAS CON ELEMENTOS URBANOS Y AMPLIAS ÁREAS VERDES

Esta configuración también es representativa de la zona poniente de la Ciudad de México, ya que refleja las zonas de alta plusvalía que existen en la zona. Como bien sabemos, el principal elemento que genera la plusvalía de un inmueble es su ubicación. Si éste se encuentra en una zona donde se tienen todos los servicios básicos (agua, drenaje, energía eléctrica, etc.), pero además es un lugar donde hay propiedades que cuentan con superficies considerables rodeadas de centros recreativos, áreas verdes y un ambiente apacible y seguro, su valor se incrementa considerablemente. En esta configuración generalmente encontramos amplias áreas verdes y jardines, incluyendo campos de golf con edificios altos. Las casas están rodeadas de zonas boscosas, lo cual garantiza un mejor ambiente.

La extracción de la vegetación en esta configuración es complicada, porque hay zonas artificiales que pueden ser identificadas de manera incorrecta, como canchas de tenis, o las sombras que generan los altos conjuntos residenciales. En la figura 5a se muestra un ejemplo de este tipo de configuración, y en la figura 5b se muestra la identificación automática de la vegetación.

A partir de estas cuatro configuraciones mostradas podemos observar cómo el uso de la Percepción Remota es de gran ayuda para poder realizar observaciones

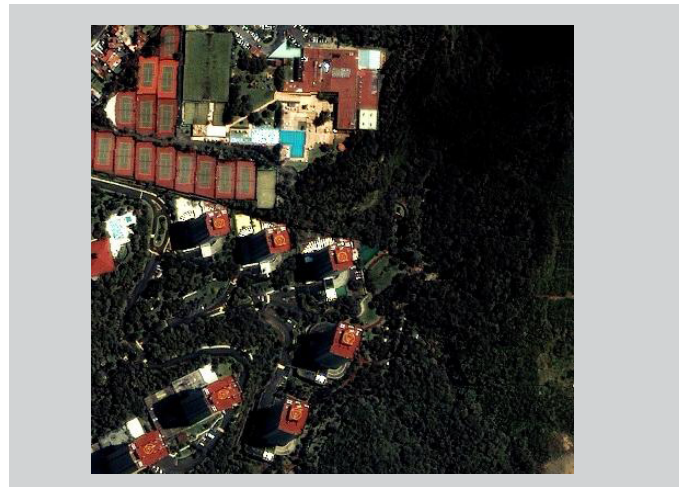


Fig. 5a Zonas mixtas con elementos urbanos y amplias áreas verdes.



Fig. 5b Extracción de la vegetación.



terrestres de manera confiable y muy rápida. A partir de esta información se podrían, por ejemplo, realizar estudios cuantitativos de la vegetación existente en algunas otras zonas de interés, hacer predicciones de amenazas sobre las pocas áreas verdes existentes dentro de la Ciudad, conocer el estado actual de las áreas verdes en zonas protegidas, detectar asentamientos irregulares, etcétera.

## CONCLUSIONES

La Percepción Remota ha resultado ser una herramienta muy útil para la valoración ambiental. La rápida forma de adquisición de imágenes satelitales, su relativo bajo costo y los diferentes métodos de análisis, ya ampliamente estudiados, ayudan a que cada vez sean más utilizados por las instituciones dedicadas a la conservación y la vigilancia del medio ambiente.

Por lo anterior, la Percepción Remota puede tener un uso preventivo y predictivo a la vez. La predicción se puede realizar mediante un estudio temporal de una zona específica y realizar una simulación sobre ¿qué pasaría si...?

Aunque los problemas relacionados con el medio ambiente nos afectan a todos, por ser una cuestión global, sólo unos cuantos países tienen programas sólidos como para poder formar recursos humanos, analizar información y ejecutar programas de conservación ambiental. Este *savoir faire* debería ser democratizado e impulsado a escala internacional para poder mitigar los problemas ambientales.

El avenir de la humanidad no está en la conquista del espacio, está en la conquista de la tierra y en el buen entendimiento de los fenómenos y problemas naturales y sociales a los que las tecnologías de la información deberían atender en cuanto a su construcción y respeto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brown, G. (2008), "Social-ecological hotspots mapping: A spatial approach for indentifying coupled social-ecological space, *Landscape and urban planning*, 85(1), pp. 27-39.
- Avissar, R. (1996), "Potential effects of vegetation on the urban thermal environment, *Atmospheric Environment*, 30(2), pp. 437-448.
- Coen, S. E. y N. A. Ross (2006), "Exploring the material basis for health: Characteristics of parks in Montreal neighborhoods with contrasting health outcomes", *Health & Place*, 12(4), pp. 361-371.
- Decornoy, J. (1995), "Assujettissement des esprits par les images marchandises", *Les conquêtes de l'espace. Raisons et passions d'un défi. Coll. Savoirs du Monde Diplomatique*, 127 p.
- Denore, B. J. y M. J. López García (2001), "Misiones espaciales de observación de la Tierra, actuales y futuras", *Teledetección, medio ambiente y cambio global*, pp. 559-563. Disponible en internet.
- Gidlöf, G. y E. Öhrström (2007), "Noise and well being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas; *Landscape and urban planning*, 83(2), pp. 115-126.
- Grimmond, C., C. Souch y M. Hubble (1996), "The influence of tree cover on summertime energy balance fluxes, San Gabriel Valley, Los Angeles", *Climate Research*, 6, pp. 45-57.
- Kuo, F. y W. Sullivan (2001), "Environment and crime in the inner city does vegetation reduce crime?", *Environment and Behavior*, pp. 33, pp. 343-367.
- Lesgards, R. (1998), *Conquête Spatiale et Démocratie*; La Bibliothèque du Citoyen, Presses de Sciences Po, pp. 119 p.
- Lopez-Ornelas, E. (2005), "Segmentation d'images satellitaires à haute résolution spatiale et représentation des connaissances", *Thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier*. Toulouse 3.
- Matsuoka, R. y R. Kaplan (2008), "People needs in the urban landscape: Analysis of landscape and urban planning contributions", *Landscape and urban planning*, 84(1), pp. 7-19.
- Nowak, D. y J. Dwyer (2001), "The Urban Forest Effects (Ufore) Model: Quantifying urban forest structure and functions", *Proceedings of integrated tools for natural resources inventories in the 21st century*, IUFRO Conference, pp. 16-20.
- Oke, T. (2007), "Urban environments. The surface climates of Canada", Montreal, McGill-Queen's University Press, pp. 303-327.
- Rashed, T. y C. Jürgens (eds.) (2010), *Remote sensing of urban and suburban areas*, vol. 10, Springer Science & Business Media.
- Taylor, A. Wiley, Frances E. Kuo, W. Sullivan (1998), "Green spaces as places to grow", *Environment & Behavior*, vol. 30, núm. 1, pp. 3-28.

# Revisitando el tema de la contaminación atmosférica en el Valle de México



Presentamos la transcripción de la conferencia magistral impartida por el doctor Adrián Fernández Bremauntz en la Unidad Cuajimalpa, con motivo del “2° Foro académico para el desarrollo de la zona Poniente de la Ciudad de México”, celebrado los días 7 y 8 de noviembre de 2016.

El día de hoy hablaré sobre la contaminación atmosférica, un tema sobre el que tuve oportunidad de trabajar durante cerca de veinte años, primero desde la óptica de la investigación y posteriormente bus-

cando maneras de aplicar el conocimiento científico a la toma de decisiones desde la trinchera del gobierno federal. Las contingencias por contaminación del aire de marzo del 2016 pusieron de nuevo el tema en los medios de comunicación y en la mente de la población, lo que me da la oportunidad de plantear algunas reflexiones sobre el caso.

La riqueza y complejidad del problema de la contaminación atmosférica en el Valle de México se presta para un análisis desde la inter-disciplina, cobrando

---

\* **Adrián Fernández Bremauntz.** Doctor por el Imperial College of Science and Technology, en Londres. Estancia postdoctoral en la Universidad de Harvard. Investigador, consultor, académico universitario y experto internacional en el tema del Cambio Climático. Ha publicado varios libros sobre cambio climático, análisis de riesgos ambientales, sustancias tóxicas persistentes y dimensiones psicosociales del cambio ambiental global. En 2000 obtuvo la Bronze Medal for Commendable Service, que otorga la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

igual importancia las aportaciones de las ciencias ambientales como las de las ciencias sociales. Este Ier Foro organizado por las cuatro universidades que conforman el consorcio del poniente constituye el espacio idóneo para analizar y reflexionar aspectos de la contaminación tan variados como la física y la química atmosféricas; la ingeniería; las tecnologías de movilidad urbana; la salud y la calidad de vida; y por supuesto, las políticas públicas. Éstas últimas son fundamentales y requieren de la toma de buenas decisiones que pueden nutrirse sin duda del conocimiento generado en nuestras universidades. Sin embargo las decisiones de política normalmente no sólo se basan en el conocimiento científico, sino que son altamente influenciadas por la opinión pública y el abordaje del problema por parte de los medios masivos de comunicación. Así pues, espero que las siguientes reflexiones nos puedan ayudar a pensar lo ambiental desde ópticas complementarias como la salud, la política, la tecnología y la comunicación.

Para entender el tema de la contaminación del Valle de México podemos utilizar un modelo conceptual que nos permita visualizar los diferentes componentes del problema de manera lógica e intuitiva. El primer paso o eslabón del modelo lo constituye la *emisión de contaminantes*, que son los gases y partículas liberados a la atmósfera. En esta etapa se presenta un primer desafío de tipo ingenieril que consiste en identificar y cuantificar las fuentes que emiten los contaminantes en cierta área geográfica. A esta recopilación y cuantificación de contaminantes se le conoce como *inventario de emisiones*. Los inventarios son fundamentales para identificar las mayores fuentes contaminantes, sobre las que deben aplicarse medidas de control para mejorar la calidad del aire. Afortunadamente las autoridades del Gobierno de la Ciudad de México cuentan con suficiente experiencia y capacidades técnicas para elaborar inventarios confiables y actualizarlos periódicamente.



Dependiendo de su origen, hay dos grandes tipos de contaminantes: *primarios*, que son emitidos directamente al aire por algunas fuentes, como puede ser una chimenea de una fábrica o el escape de un automóvil, y *secundarios*, que se forman en la atmósfera bajo ciertas condiciones a partir de la combinación de dos o más tipos de contaminantes primarios. Por ejemplo, el ozono es un contaminante secundario que se forma en la atmósfera por la combinación de óxidos de nitrógeno y algunos hidrocarburos, en presencia de radiación solar y ciertas condiciones de temperatura.

Una vez liberados a la atmósfera, los contaminantes se dispersan, mezclan y transportan a zonas que pueden estar lejanas de los sitios donde fueron originalmente liberados. En esta etapa es necesario aplicar *modelos de dispersión* que permitan pronosticar cómo se comportarán los contaminantes, dependiendo de las condiciones meteorológicas que varían a lo largo del día, y de las estaciones del año. El siguiente paso en el modelo de gestión de la calidad del aire requiere del *monitoreo de los contaminantes* en las diferentes zonas de la ciudad, para determinar sus patrones de distribución espacial y temporal y

también para inferir si sus concentraciones pudieran poner en riesgo la salud de la población. Esta información permite pasar de los aspectos físicos e ingenieriles a los relacionados con los posibles impactos a la salud por la contaminación. Ha habido grandes avances en el área de la salud ambiental. Hoy en día se conocen bastante bien las principales afectaciones causadas por *exposición a la contaminación* del aire en diferentes grupos de la población. Sabemos también que hay algunos grupos de personas más susceptibles, por tener algún padecimiento preexistente y también otras personas más vulnerables por el tipo de actividad que realizan, como los choferes de vehículos o los policías de crucero.

En México, como en muchos otros países del mundo, existen *normas de calidad del aire* que toman en

cuenta un gran acervo de estudios toxicológicos, epidemiológicos y de exposición, para establecer el nivel máximo de concentración en la atmósfera que deberíamos de permitir para que aun los grupos más vulnerables pudieran estar a salvo de tener impactos graves en su salud. Estas normas han cambiado a lo largo del tiempo, haciéndose cada vez más estrictas en la medida en que se van descubriendo nuevos impactos a la salud por exposición a concentraciones cada vez menores de contaminantes. Las normas que hoy tenemos en México son muy diferentes a las de hace diez o veinte años. Lo que hoy consideramos razonablemente seguro es muy diferente a lo que se consideraba seguro en el pasado.

Un parámetro que nos sirve para medir los riesgos por contaminación es el índice IMECA, que establece una forma estandarizada y sencilla de informar a la población sobre la gravedad del problema en un momento y sitio en particular. Cuando el índice marca 100 puntos IMECA significa que la concentración atmosférica para el contaminante en cuestión está justo en el límite de lo que se considera cien por ciento seguro. Cualquier valor por arriba de 100 (el máximo es 500) significa que la calidad del aire es mala o muy mala.

A principios del mes de abril de 2016 la Comisión Ambiental de la Megalópolis anunció que a partir de 150 puntos de IMECA se declararía en contingencia a la Ciudad de México, ya no una pre-contingencia como ocurría con anterioridad. Previo a esa decisión era necesario alcanzar los 180 puntos para que se considerara una situación de contingencia. La Organización Mundial de la Salud y otras instituciones internacionales insisten que aún falta mucho por avanzar y que cuando la contaminación rebasa las normas establecidas, se presentan numerosos casos de morbilidad y de mortalidad prematura.

¿Cuál es el nivel de riesgo que la sociedad está dispuesta a aceptar si entendiera los conceptos? ¿Cuál

es el nivel de riesgo que los tomadores de decisiones están dispuestos a permitir que ocurra, balanceado con cuestiones de presupuesto o de inversiones? ¿Cuánto necesitaría o cuánto cuesta seguir bajando la contaminación? Aquí hay cuestiones éticas importantes. Al final las decisiones tendrán que tomarse de manera práctica pero muy responsable. Los costos de las medidas de control no deben ser el único criterio para determinar si se procede a limpiar el aire o se deja que la población siga incurriendo en prácticas riesgosas aún costos más altos debido a las diversas externalidades causadas por la contaminación. Está demostrado, desde hace más de veinte años por estudios econométricos, que la exposición a las partículas finas o PM 2.5 (aquellas con un diámetro menor a 2.5 micrómetros) y también al ozono, tienen una

relación no sólo con morbilidad, sino con la mortalidad prematura.

La dosis de un contaminante que logra entrar en contacto con nuestro cuerpo, no sólo depende de la concentración del contaminante que se respira o ingiere, sino que también de otro factor: la actividad que estoy realizando en el momento en que entro en contacto con

el contaminante. Cuando una persona realiza ejercicio, por ejemplo, ingresa más aire y contaminantes, por unidad de tiempo, que otra que no lo hace, aunque se encuentren en el mismo microambiente.

Hay que caracterizar muy bien los impactos en la salud. Hace como quince años estaba montado en el Valle de México un sistema de vigilancia epidemiológica muy robusto. Las capacidades de estos sistemas de vigilancia disminuyeron con los años debido a falta de recursos y a un menor interés político y mediático por el tema. En las últimas semanas se han tratado de reforzar nuevamente los sistemas a raíz del regreso de las contingencias ambientales, y con ellas una creciente atención pública. Se tiene que invertir de nuevo para volver a montar y mantener un buen sistema de vigilancia epidemiológica que incluya



brigadas de especialistas que recaben información todos los días del año. Ampliar el número de hospitales públicos y privados centinela donde se tomen reportes de casos de las admisiones y que dé seguimiento a los casos de muerte y sus motivos. Haciendo ese tipo de análisis en México, como se ha hecho en otras partes del mundo, permitirá determinar y cuantificar con mucha confianza cómo es la relación dosis-respuesta y contestar la pregunta: ¿Cuánta gente se está muriendo en la Ciudad de México por exposición a contaminantes?

Hay datos epidemiológicos para México. ¿Cuántas muertes se pueden evitar reduciendo qué porcentaje de la concentración de partículas finas? Hoy se sabe que suceden algunos cientos de muertes incrementales por año. Teniendo este tipo de información, con ética y responsabilidad, hay que tomar decisiones y poner objetivos de política pública. ¿Cuánto voy a invertir, con conocimiento de causa? ¿Dónde voy a invertir? No basta con la aplicación de programas como el Hoy no circula; debemos utilizar el conocimiento para tomar el camino más corto, con los menores costos, para poder reducir los contaminantes que más impactan. Hay evaluaciones y estimaciones de impacto que también podrían usarse. Todo esto se debe hacer, como ya se ha hecho en otros casos como el del tabaco. La información que se maneje debe ser transparente, que permita tomar decisiones con base en datos reales.

La Ciudad de México probablemente sea la ciudad más estudiada del planeta en términos de análisis de emisiones, modelos de dispersión y monitoreo de contaminantes. Ha habido campañas intensas de medición incluso por medio de la utilización de aviones de la NASA, información satelital y con unidades móviles de monitoreo que permiten analizar en tiempo



© Foto tomada de Shutterstock

real y con absoluta precisión los contaminantes que expiden ciertas fuentes. Hay mucha información y publicaciones sobre estos temas. Por ejemplo, el libro *La calidad del aire en la megaciudad de México*, publicado en 2005, que recopila las investigaciones coordinadas por los doctores Mario Molina y Luisa Molina, que constituye aún hasta hoy la campaña de investigación sobre calidad del aire más detallada que se haya realizado en una Megaciudad. También vale la pena consultar los diversos programas de Calidad del Aire del Valle de Mexico, coloquialmente conocidos como Proaire. Estos programas son documentos muy bien desarrollados técnica y conceptualmente, pero que han enfrentado siempre enormes desafíos para lograr su adecuada implementación.

Se le ha reducido mucho una buena parte de la discusión al tema del Hoy no circula. Pensemos en qué ha pasado las últimas semanas de abril de 2016: la contaminación es muy alta, llegamos a nivel de contingencia y, entonces, se le ocurrió a la autoridad parar a todos los vehículos independientemente de la calcomanía. A finales del año 2014, correctamente la Secretaría de Salud apretó las normas y los estándares de calidad del aire para el país; en otras palabras, cerró la brecha que permitía mantener normas demasiado antiguas. Se había dejado pasar la actualización de la legislación respecto a los nuevos descubrimientos en materia ambiental, lo cual es cuestionable. Pero ese año hubo ese ajuste, por lo que hoy tenemos normas más estrictas.

Si ustedes ven la tendencia de las concentraciones históricas de ozono, en marzo de 1991 alcanzamos máximos históricos que correspondían a cerca de cinco veces las normas de calidad del aire y a más del triple de las concentraciones de ozono que hoy en día detonan una situación de contingencia. En el registro histórico de las mediciones contaminantes se puede observar, a partir de la implementación de normas más estrictas, que las mediciones tenían una tendencia con pendiente negativa, que en los últimos años se ha visto disminuida; esto significa que se está agotando los beneficios que nos estaba dando en recambio de la flota vehicular de unidades que nacieron con tecnología hoy considerada obsoleta, y que emitían diez o quince veces más contaminantes que los de hoy día.

Hace ya más de 15 años que las restricciones a la circulación impuestas por el programa Hoy no circula dejaron de ser aleatorias. Aquellos días en los que todos los autos paraban por igual, nuevos y viejos, limpios y contaminantes. Con el cambio se introdujeron las calcomanías 0, 1 y 2 para indicar diferentes niveles de restricción a la circulación y se tomó en cuenta también la edad del vehículo. Los autos con más de 8 años de edad no podrían circular todos los días. La correlación entre edad y emisiones no es perfecta pero es alta, no sólo por el desgaste que se da con el uso y kilometraje sino también porque las tecnologías de control de emisiones han evolucionado de forma notable.

Sin embargo, es importante recalcar que en el sistema de verificación vehicular de la zona metropolitana hay un altísimo nivel de corrupción; mucho más en el Estado de México que en la Ciudad de México, por cierto. A un número importante de conductores les pareció que el criterio de la edad límite para circular diario no era justo. Argumentaban que sus vehículos, aunque tenían más de 8 o 10 años de edad, su kilometraje era reducido. Entonces mucha gente se amparó, pero parece que nadie explicó a la Suprema Corte que los autos antiguos no sólo emitían más contaminantes porque era razonable que tuvieran mayor kilometraje, sino porque además se produjeron con una tecnología que ya es obsoleta en la industria automotriz. En el momento en que se remueve este criterio, los dueños de vehículos muy contaminantes, debido a la corrupción, ya no sólo podían tener calcomanía con terminación 1, sino que buscaron conseguir calcomanías 0. Parece ser que cerca de un millón de vehículos con más de ocho años de edad y en muchos casos con elevadas emisiones contaminantes lograron obtener, por medios fraudulentos, la calcomanía 0 que les permitía circular todos los días.

La decisión de endurecer el Hoy no circula durante el periodo del 5 de abril al 30 de junio de 2016 se dio porque un alto número de autos que ahora portan calcomanía 0 son vehículos que contaminan hasta veinte veces más que los autos de modelo reciente.

El tema de la contaminación del aire y las medidas para intentar su control da para muchísimo más. Hay una riqueza de conocimiento, no sólo en los aspectos técnicos, también en salud e ingenieriles; hay



un avance conceptual de diseño de políticas públicas muy bueno; pero seguimos con incapacidades institucionales y de ejercicio de la política pública a nivel local y federal. Ahí nos falta mucho por hacer y habrá que seguir insistiendo en sistemas de gobernanza y en una mejor coordinación entre autoridades de entidades diferentes. Es importante avanzar en esas cosas.

El problema no es por falta de información, no es por no saber lo que se tienen que hacer. Creo que hay mucha más tecnología disponible que se puede utilizar, no sólo para una mejor verificación, control seguimiento y análisis, también para que empoderemos a la sociedad civil, a los académicos, a quienes conocen del tema, para que montemos sistemas tipo ómbudsman ambiental basados en un conocimiento riguroso. Y que todos exijamos a los gobernantes hacer lo correcto, pero que también como sociedad hagamos lo que nos corresponde, una vez que la información se maneje con claridad y transparencia. También necesitamos que haya honestidad en el ejercicio de la función por parte de los tomadores de decisiones, para que se reconozca la necesidad de recurrir a los expertos en las diversas materias. Este esfuerzo del consorcio de universidades del poniente es un gran ejemplo de lo que se puede hacer para abordar la diversa y compleja problemática de forma integral e interdisciplinaria, lo que aumenta la posibilidad de encontrar, formular e implementar medidas costo efectivas y socialmente factibles que permitan contar con un aire cada vez más limpio.

# Relatoría del 2° Foro académico para el desarrollo de la zona Poniente de la CDMX

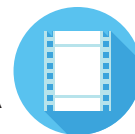
La Unidad Cuajimalpa de la Universidad Autónoma Metropolitana fue una de las sedes del 2° Foro académico para el desarrollo de la zona Poniente de la Ciudad de México, y en particular de las mesas de trabajo que se centraron en la problemática de la sustentabilidad con el título “Analizando los impactos ambientales generados por las instituciones de educación superior”.

Dicho evento, que tuvo lugar los días 7 y 8 de noviembre de 2016, fue organizado de manera conjunta con el Centro de Investigación y Docencia Económicas, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y la Universidad Iberoamericana.

Los trabajos se estructuraron en cuatro mesas temáticas: Medio Ambiente en la docencia, Proyectos ambientales de investigación, Programas de gestión ambiental y Universidad, proyección y entorno. A

continuación se presentan las relatorías y las conclusiones de dichas mesas.

## MESA DE TRABAJO I: MEDIO AMBIENTE EN LA DOCENCIA



Miriam Alfe expuso en su ponencia el impulso que la UAM-Cuajimalpa ha dado al tema de la sustentabilidad por medio de los planes y programas de estudio. En el estudio se abordó el tema a partir de los documentos normativos que incluyen los libros sobre el Modelo Educativo, hasta llegar al análisis de los objetivos y los contenidos de los planes de estudio de las 11 licenciaturas de la Unidad. La autora concluyó que es necesario medir el impacto de los planes de estudio y de la formación universitaria en la formación de valores del desarrollo sustentable y la ciudadanía ambiental.

Dulce María Ramos presentó la experiencia de la UIA-Campus Santa Fe, en el campo de la educación socioambiental, a partir de un diagnóstico realizado por la institución en 2013. La ponente subrayó que el modelo prevaleciente ha consistido en incorporar una UEA, pero desafortunadamente el alcance ha sido limitado y contraproducente; por lo que se preguntó cuál sería el mecanismo idóneo para enfrentar el problema. Tratando de responder al cuestionamiento, mostró como ejemplo la experiencia de la Licenciatura en Arquitectura, cuyo plan de estudios impulsa la sustentabilidad como eje temático de la currícula, subrayando que la capacitación y la actualización de los docentes es una condición necesaria para incorporar de manera exitosa este eje, así como la definición clara de competencias para la formación en sustentabilidad, reconociendo como una limitación en este esfuerzo la resistencia de los docentes a incorporar esta perspectiva, por lo que el reto de la institución fue involucrar a los profesores y favorecer espacios de discusión interdisciplinarios sobre la temática. Finalizó extendiendo una invitación para asistir al Encuentro Nacional de Ambientalización Curricular, que organizarán para contribuir a este propósito.

Alejandra García Franco compartió la experiencia de la transversalización de la sustentabilidad en la currícula de la Licenciatura en Ingeniería Biológica que se imparte en la UAM-Cuajimalpa. Los resultados del estudio realizado por tres profesoras vinculadas con la licenciatura permitieron observar la necesidad de incorporar algunos tópicos en el Plan de Estudios e incluir UEA específicas dedicadas a esta materia, así como de apoyar actividades extracurriculares que permitan fortalecer dicho eje. En este último aspecto, presentó como ejemplo ilustrativo el proyecto de *Lombricomposta*, iniciativa de los alumnos que ha motivado la amplia participación de la comunidad (alumnos y profesores). En la parte final de su intervención explicó que este esfuerzo requiere de una formación multidimensional, así como de la formación de académicos en este campo, y subrayó la importancia de impulsar proyectos integradores que abarquen la currícula de la licenciatura, o incluso de carácter extracurricular.

Carlos Ortiz Alvarado inició su charla preguntando a la audiencia si consideraban que para apren-

der sustentabilidad bastaba con cursar una carrera universitaria. Enseguida expuso la experiencia de la Licenciatura en Desarrollo Sustentable que ofrece el ITESM, cuyo objetivo principal es combinar contenidos de las ingenierías eléctrica, química y ambiental para brindar una formación que privilegie temas relacionados con el manejo de energía, y subrayó el interés de la institución por preparar egresados capaces de liderar proyectos reales, reconociendo que la formación de los alumnos tiene un importante componente de trabajo grupal y de trabajo en proyectos que buscan soluciones a problemas específicos a partir de la vinculación y retroalimentación de las propuestas con empresas y egresados.

En una discusión posterior, los ponentes de las tres instituciones: ITESM, UIA y UAM, subrayaron diversos aspectos trascendentales relacionados con el medio ambiente y la docencia:

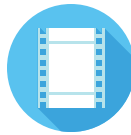
- Reconocieron la necesidad de impulsar valores relacionados con ambos temas, aunque subrayaron que en muchas ocasiones las universidades llegan tarde a estas discusiones;
- Sugirieron aprovechar la posibilidad de trabajar en proyectos conjuntos de formación docente (talleres, diplomados, posgrados);
- Refirieron la necesidad de compartir experiencias docentes de formación en competencias, habilidades y valores relacionados con el desarrollo sustentable y la sustentabilidad;
- Mencionaron la necesidad de realizar trabajo conjunto en este campo, en torno a la identificación de los problemas del ponente de la Ciudad de México, incorporándolos a los planes y programas de estudio;

“*...es necesario medir el impacto de los planes de estudio y de la formación universitaria en la formación de valores del desarrollo sustentable y la ciudadanía ambiental.*”



- Reconocieron la dificultad de trabajar en proyectos interinstitucionales y que cada institución tenga características propias y énfasis particulares en sus planes y programas de estudio; además, subrayaron la oportunidad de enriquecerlos a partir de compartir experiencias.
- Propusieron realizar actividades extracurriculares o encuentros para propiciar espacios donde los alumnos puedan compartir proyectos y experiencias sobre estos temas.

## MESA DE TRABAJO 2: PROYECTOS AMBIENTALES DE INVESTIGACIÓN



Nora Morales Zaragoza, en su carácter de moderadora, inició los trabajos de esta Mesa con la presentación de Brenda García Parra, quien presentó una visión general de los proyectos de investigación en medio ambiente que se están llevando a cabo en la Unidad Cuajimalpa. En primer lugar, comentó la publicación Cuadernos Universitarios de Sustentabilidad, que si bien no es un proyecto de investigación propiamente dicho, sí permite que los interesados publiquen artículos donde puedan compartir los resultados obtenidos en sus proyectos de investigación. También presentó un resumen de cuatro proyectos que profesores-investigadores de la Unidad están realizando en colaboración con otras instituciones; resaltó que en todos ellos hay participación de alumnos: Síntesis de péptidos, Evaluación de resiliencia, Las microalgas y Las abejas.

Rodolfo Quintero y Ramírez compartió la experiencia colaborativa de varias instituciones de educación superior con la UAM-Cuajimalpa, para la realización del proyecto de investigación *La biomasa, un recurso esencial*, recalando que el objetivo general del proyecto fue buscar una fuente de carbono alterna al petróleo, y resaltando que México debe comprender que su producción de petróleo ya llegó a su término. Para finalizar, llevó de la mano a la audiencia a través del proceso de producción de etanol a partir de maíz, y explicó cómo se espera que este proyecto sea redituable para el país. También comentó que el grupo de investigación está trabajando en otros proyectos, tanto en la parte de simulación de biorrefinerías como

*Cuadernos Universitarios de Sustentabilidad,.. es una revista que permite que los interesados publiquen artículos en donde compartan los resultados y productos obtenidos en sus proyectos de investigación.*

en la parte experimental de la generación de nuevos bioprocesos que utilizan la biomasa.

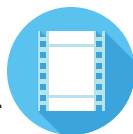
Jimena de Gortari, de la UIA, invitó a la audiencia –a partir de lo logrado en el 1er Foro— a colaborar con un proyecto de mapeo acústico en la zona poniente, para lo cual presentó una metodología y argumentos válidos sobre el crecimiento de actividades en la zona y su asociación con molestias y problemas fisiológicos generados por el ruido, y la incitó a revisar el diagnóstico previo para generar acciones concretas e impulsar actividades encauzadas a generar conocimientos para elevar la participación. Concluyó afirmando que el mapeo de fuentes sonoras puede servir como justificación de la necesidad de contar con una reglamentación.

Iliana Rodríguez Santibáñez cerró la sesión de ponencias de esta Segunda Mesa de Trabajo con una presentación sobre distintos proyectos sustentables que se están realizando en el ITESM, enfatizando la necesidad de llegar a la materialización de las propuestas y no quedarnos únicamente con las ideas. Una aportación relevante fue su respuesta a la pregunta ¿Quién mide a nuestras universidades?, la cual la llevó a investigar sobre el índice de evaluación del UI Green Metric World University Ranking, que se enfoca al entorno, la economía y las inversiones, proponiendo a la educación como punto de partida para crear indicadores sustentables.

A partir de hacer pública una serie de preguntas claves: ¿Cuál es el impacto sobre la sustentabilidad de las universidades situadas en su zona de influencia? ¿Cómo se pueden mitigar los impactos negativos en la sustentabilidad? ¿Qué recomendaciones propone para atender los aspectos sensibles?, se dio un diálogo abierto y dinámico y se externaron valiosas propuestas que se resumen a continuación:

- Es necesario generar un sistema de indicadores comunes que permita medir nuestro impacto.
- Es indispensable crear un repositorio común de proyectos, incluyendo estrategias de sustentabilidad.
- Se recomendó generar una metodología propia que trascienda la vida académica.
- Integrar a la comunidad de la zona donde trabajamos.
- Se debe documentar de forma rigurosa las actividades que hacemos y crear un observatorio de la zona.
- Crear un modelo para el análisis ambiental.
- Es importante la evaluación externa de nuestros proyectos.
- Se reflexionó sobre que este 2º Foro está propiciando la direccionalidad.
- Se advirtió sobre la necesidad de estar preparados para la nueva Constitución y las funciones y estructura de las alcaldías, para lograr su alineación con la sustentabilidad.
- Es aconsejable generar nuestros propios recursos para la investigación.
- Se mencionó la pertinencia de realizar investigación sustentable.

### MESA DE TRABAJO 3: PROGRAMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL



Caridad García Hernández presentó los orígenes del Programa de Investigación sobre Desarrollo Sustentable (PIDS), su diseño institucional y los diversos programas que lo conforman: el Programa SeparAcción, que se encarga de la separación de los residuos sólidos generados en la Unidad, y el Proyecto de Gestión Ambiental (Proga).

La ponencia anterior se complementó con la presentación de Manuel Rodríguez Viqueira, quien reflexionó sobre la importancia de poner en el centro

*...cuando se pretende evaluar el desempeño ambiental de un edificio, se debe poner en el centro de atención al usuario.*

de atención al usuario cuando se pretenda evaluar el desempeño ambiental de un edificio, y describió los resultados del estudio que un equipo de expertos académicos realizó respecto de la sede de la Unidad, el cual dio cuenta de la complejidad y de las condiciones particulares del edificio, así como de los retos institucionales que implica avanzar hacia la sustentabilidad.

María Fernanda Sánchez presentó el Plan Verde de la UIA, en el que describió los orígenes de los planes de gestión ambiental, las diversas áreas de acción entre las cuales comentó la movilidad de los estudiantes y trabajadores, la gestión del agua y desechos, el consumo de energía, etc. En esta intervención llamó la atención el desarrollo de mediciones precisas y de series de tiempo que permitieron conocer la evolución de los distintos aspectos de la gestión ambiental de la institución.

Indira Sánchez, del ITESM, expuso cómo desde la vinculación se pueden desarrollar programas de desarrollo sustentable; para ello presentó el caso de la cooperación internacional entre Marruecos y Brasil en cuanto al desarrollo de asentamientos irregulares con una perspectiva de progreso socialmente sustentable.

En la ronda final de debate, se resaltó la necesidad de desarrollar métricas de desempeño ambiental de los campus universitarios; la pertinencia de continuar compartiendo experiencias y metodologías entre las cuatro instituciones; la exigencia de hacer una reflexión crítica sobre la noción de progreso, poniendo en el centro las necesidades y opiniones de las personas, y la conveniencia de incorporar a los alumnos en el diseño y desarrollo de los programas ambientales de las IES.

### MESA DE TRABAJO 4: UNIVERSIDAD, PROYECCIÓN Y ENTORNO



Flor Yunuén García Becerra presentó una muestra de lo que hace la UAM en la zona de influencia: ha participado con el Consejo Asesor para el Rescate de la Reserva Ecológica de La Loma, con el Consejo Asesor del Desierto de los Leones y con el Comité de Comunicación y Responsabilidad Social de la Asociación de Colonos de Santa Fe. Ha trabajado también con la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial (PAOT) del gobierno de la ciudad, en jornadas

*Hacia el futuro... estas ecotecnias irán cambiando la forma en la que vivimos en nuestra comunidad y cómo aprovecharemos los recursos que nos da el ambiente*

de tema ambiental. Existe la propuesta de crear el Catálogo de Recursos Naturales del Poniente y los Espacios para la Sustentabilidad Socio-Ambiental.

Presentó dos casos específicos: el Observatorio de Biodiversidad, del que por lo pronto hay únicamente un trabajo de observación sobre la biodiversidad de esta zona, y al desplazamiento de diferentes especies, sobre todo a los insectos y los polinizadores. La primera fase del Observatorio de Biodiversidad consiste únicamente en empezar a ver dónde estamos, quién está, cuántos están, y si están o no desapareciendo.

El segundo proyecto tiene que ver con la transformación sociotecnológica de la UAM-Cuajimalpa y es liderado por ella y por la doctora Miriam Alfie Cohen. Estos proyectos son forzosamente interdivisionales e interdisciplinarios, porque abordan el eje económico-social y ambiental. La intención es que los alumnos participen, y por eso se formó un grupo promotor que se nombró Tlalli.

Mirando hacia el futuro, se pensó que estas ecotecnias irán cambiando la forma en que vivimos en nuestra comunidad y cómo podremos aprovechar los recursos que nos da el ambiente; como señala nuestro lema, al transformar la cultura universitaria para la adopción de ecotecnias en un entorno urbano, generamos un verdadero cambio para las generaciones presentes y futuras: Para un mejor UAMBIENTE.

Gustavo Gómez, del ITESM, presentó el Urbanismo Ciudadano como modelo de gestión del desarrollo urbano; de qué manera el Tecnológico de Monterrey se muestra como un agente emprendedor de políticas públicas, por su capacidad para ser un integrador multidisciplinario de ideas y objetivos, para detonar y orientar la participación ciudadana, así como para la constitución de valores tendientes a construir políticas públicas, liderarlas y/o impulsarlas.

Los Planes Maestros de los Campus son, ante todo, la base para generar un cambio positivo en su contexto urbano y convertirlos en oportunidades de

integración e interacción, de desarrollo urbano, económico y social, tanto para el Tecnológico de Monterrey como para sus habitantes.

Por su capacidad de innovación y cambio social, el Tecnológico de Monterrey se ha convertido en un factor de desarrollo para la comunidad en la que se inscribe, por su capacidad para detonar una acción colectiva y generar coaliciones que permiten desarrollar políticas públicas eficaces en materia de desarrollo urbano; lo que a su vez representa una gran oportunidad para vincular a nuestra comunidad con la sociedad y así fortalecer los procesos académicos.

Cecilia Barraza habló de un estudio realizado para conocer las características generales y guiar las primeras acciones de vinculación social e institucional en el área próxima a la Universidad. Entre ellas están la caracterización del territorio, la detección de informantes locales y de grupos organizados y la reunión de un primer acervo documental sobre la zona.

Se hizo una selección temática a partir de criterios de prioridad, contemporaneidad y recurrencia; así el diagnóstico integra los siguientes temas: Planeación y desarrollo urbano, Medio ambiente, Movilidad urbana y Educación media superior y superior.

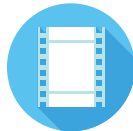
- Las conclusiones en los temas prioritarios fueron:
- La revisión del programa delegacional Desarrollo Urbano de Cuajimalpa, y en especial el tema relacionado con los asentamientos irregulares.
  - La revisión del Plan de Manejo del Desierto de los Leones.
  - Detección, ubicación, capacidad y calidad de agua de los manantiales de las diferentes comunidades.
  - Recuperación y saneamiento de algunas barrancas del poniente
  - Asesorías y apoyos para conocer el estado de los bosques, con el fin de sanear y ≠-reforestar las áreas.
  - Revisión del impacto ambiental, urbano y social provocado por la construcción y el paso del Tren Interurbano por las comunidades de San Lorenzo Acopilco, Observatorio y Santa Fe.
  - Solicitud para diseñar programas continuos de formación, capacitación y educación en diferentes temáticas y para distintos sectores generacionales.
- El diagnóstico continuó y se estableció como objetivo potenciar el trabajo en grupo, individual y por

organizaciones pertenecientes a los pueblos y las colonias del poniente, en tareas de apoyo comunitario; reciprocidad regional y gestión local e institucional para la preservación de los recursos locales, con impacto tanto para el poniente como para la zona metropolitana.

Por último, con la participación del público se concluyó que es importante detallar lo que está ocurriendo en este territorio compartido por las cuatro universidades y cómo en él coexisten diferentes actores sociales, ¿Cómo llegaron las universidades a este territorio, donde ya estaban comunidades ancestrales y, además, los grandes corporativos?

Es muy importante conocer el territorio; la zona presenta una serie de características de justicia espacial, de segregación espacial, donde sería muy importante ver cuál ha sido la función de las universidades en esta zona y cómo han generado una huella ambiental. Una tarea es cómo lograr lo que en términos muy teóricos se llama la gobernanza territorial. Donde cada actor tenga una visión distinta del territorio habrá que sentarse a una mesa de negociación para platicar lado a lado, para encontrar puntos de acuerdo entre la diversidad de actores, porque unos no pueden negar a los otros.

## MESA DE DEBATE: RETOS Y PERSPECTIVAS



Laura Ortiz Hernández, de la UAEM y representante de la Red de Sustentabilidad Ambiental de la ANUIES, nos hizo reflexionar con la pregunta ¿De qué manera conocemos nosotros al ambiente? Podemos reconocer que tiene diferentes componentes, como los abióticos: el agua, el aire, la radiación solar. Bióticos son los seres vivos, pero también hay que resaltar todos los componentes de corte social, donde estamos incluidos todos nosotros, así como las relaciones económicas, los hábitos de consumo y algunas tradiciones culturales, por mencionar algunos de

*“El desarrollo sostenible es aquel capaz de satisfacer las necesidades de generaciones presentes sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.”*

ellos. Debemos comprender al ambiente desde estos tres componentes, de manera general.

Si los temas son las desigualdades en el plano social, la crisis ambiental, y similares, dan pie a preguntas como: ¿Es sostenible este mundo tan desigual? ¿Qué es el desarrollo sostenible? La definición que se establece desde 1987 refiere a aquel capaz de satisfacer las necesidades de generaciones presentes, sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. Sobre este tema también hay diferentes planteamientos, dependiendo de distintos autores, para definir si es más adecuado referirse a la sustentabilidad o a la sostenibilidad. En este caso nos quedamos con sustentabilidad, pues se afirma que es la incorporación de las condiciones ambientales en el proceso económico, y sostenibilidad es aquello que perdura en el tiempo.

Por otra parte, aseguró que el principal reto como instituciones promotoras de la sustentabilidad, es que haya congruencia desde el interior de las instalaciones, y que sea permanente.

Indicó que existen redes de colaboración con las que es importante trabajar para poder potenciar todo aquello y para compartir los avances de alguna institución. Por lo pronto, en la Región Centro-Sur de la ANUIES esa Red se compone de alrededor de 40 instituciones, entre universidades tecnológicas autónomas e institutos tecnológicos se están compartiendo experiencias y obteniendo logros importantes.

Junto con colegas de diferentes universidades latinoamericanas, obtuvieron el reconocimiento para una cátedra UNESCO que denominaron Cambio Climático y Desarrollo Sustentable en América Latina, invitó a las universidades que se quisieran incorporar a la cátedra UNESCO, que iniciará en febrero de 2017.

Beatriz Cárdenas González, del Centro Mario Molina, indicó que sería importante conocer las huellas del agua, del transporte, de la movilidad, de todos los que trabajan en esta zona, incluyéndose ella que labora en el Centro Mario Molina, donde existe una tremenda huella de movilidad. Habría que analizar cómo reducirla, pensando en la gente que todos los días llega a esta zona; es una pena que haya todavía autos semivacíos, con nadie más que una persona, que no haya estrategias mucho más claras para traer y llevar de regreso

a toda esa gente, y no nada más de las instituciones de educación superior, sino de todas las empresas.

Esta zona es donde se han registrado en los últimos años los niveles más altos de ozono. Hace muchos años los niveles más altos se registraban en el sur de la Ciudad de México; la pregunta es, si repentinamente aquí está hoy más contaminado que antes, y la respuesta es que no, lo que sucede es que en aquel tiempo no había mediciones de ozono en esta zona.

Invitó a reflexionar acerca de, si se tienen tantos estudiantes en esta zona, en estas cuatro instituciones, ¿sería ideal que tuvieran una red en la que dijeran: “nuestra comunidad está expuesta a altísimos niveles de contaminación”? Sería una excelente oportunidad para empezar a educarlos en ese sentido, y que además eso lo lleven a sus casas. Indicó que es un área de oportunidad y que lo ideal sería continuar con estas mesas de trabajo interdisciplinario institucional, y crear indicadores para la zona que todos pudieran medir.

Hay muchísimos programas que podrían hacerse respecto a su relación con la comunidad: habitantes, vecinos, tanto como las corporaciones que están instaladas en la zona. Sería importante tener una buena comunicación con las autoridades para que muchas de las solicitudes que se pudieran hacer o programas que se pudieran crear, se implantaran en conjunto. En Santa Fe, sería excelente incorporar un programa de peatonalización, pues tal parece que ahí solamente los automóviles tienen derecho a transitar, y lo vemos en las banquetas, que son muy angostas; pienso también en la exposición a emisiones y a accidentes viales. Debería existir también una propuesta por parte de las universidades, para proteger a la comunidad universitaria de esta zona.

Por último, recomendó obtener el indicador de universidades sustentables, que acaba de ver la luz hace un par de meses. No incluye universidades de México, pero sí una gran cantidad de ideas sobre infinidad de temas que podrían aprovecharse; sus indicadores señalan como 15 o 20 subíndices, algunos de los cuales es factible que en un futuro próximo pudieran implantarse.

Adrián Fernández Bremauntz, de la UAM-C, e Iniciativa Climática de México (ICM), cuestionaron: ¿Qué tan importante sería explorar soluciones para los problemas de movilidad en las cuatro instituciones

de la zona? La UAM, muy acertadamente, ya puso en marcha un programa de transporte para sus estudiantes que se trasladan hacia ciertas partes de la ciudad, estaciones del Metro, etcétera. Valdría la pena acercarse con las otras tres instituciones para ver cómo están enfrentando o resolviendo este problema: ¿O habrá entonces alguna posibilidad de escalar y de explorar oportunidades prácticas? Quizá se alcance una optimización si se trabaja conjuntamente, no sólo porque puede haber ventajas en términos económicos, sino por el mensaje que estarían enviando las instituciones que comparten el creciente número de actividades académicas comunes, de investigación, y ahora quizá en la manera como podrían apoyarse para mejorar el desempeño ambiental de sus respectivas instalaciones. Hay una enorme riqueza potencial.

Por otro lado, no sólo es fundamental conocer los indicadores más adecuados, sino establecer para cada momento en el tiempo la línea base en dónde estamos hoy. Seguramente si pensamos sobre el desempeño de este campus con base en variables ambientales –el uso de la energía, del agua, el manejo de los residuos–, varias de éstas tal presenten un desempeño quizá no destacable, pero que tampoco se queda en la peor parte del espectro, porque desde su nacimiento hubo cuidado e interés por incorporar a esta Unidad una serie de cuestiones sustentables.

Recordó también que cuando se diseñó esta Unidad había limitaciones presupuestales que en su momento impidieron ir desde el inicio por todas aquellas tecnologías existentes para optimizar su desempeño ambiental, pero se avanzó mucho. Se puede sistematizar cada vez más el seguir atendiendo y estableciendo retos para cada una de esas variables: basura, energía, movilidad, y demás. Se puede seguir mejorando, buscando casi obsesivamente continuar con más mejoras con la conciencia de que hay algunas

“*En Santa Fe ..., pareciera que.. solamente los autos tienen derecho a transitar y lo vemos en las banquetas, que son muy angostas y pienso también en la parte de exposición a emisiones y a accidentes viales.*”

variables que restringen el sistema, como pueden ser los costos; pero también hay evolución de tecnología. También pueden compartirse buenas prácticas entre las instalaciones y comparar cómo se han estado solucionando o atendiendo los mismos tipos de problemas y de circunstancias.

Es muy interesante cuando pensamos que sin duda estamos causando ciertos impactos al estar en esta zona, pero, por otro lado, en el balance los impactos y las externalidades positivos ya son importantes y pueden ser mucho mejores en la medida en que la UAM-Cuajimalpa siga encontrando maneras de abrir sus puertas, sus espacios y su riqueza de conocimientos a integrantes de la comunidad que nos rodea, aunque no sean estudiantes, y tratar de dar todavía más aportaciones positivas a quienes comparten esta zona de la ciudad con nosotros.

En la ronda final del Foro se sugirieron acciones concretas para poner en marcha:

- Generar el Seminario de Formación para la Sustentabilidad.

- Crear un taller de alumnos, sobre problemas de la zona poniente.
- Fundar el Observatorio Territorial de la Zona Poniente.
- Conteo de los recursos naturales de la zona de influencia.
- Indicadores de impacto: evaluar la huella ambiental de las IES.
- Crear de un modelo para el análisis ambiental.
- Biblioteca o repositorio de proyectos de sustentabilidad de las IES.
- Agenda de investigación de la zona poniente; trabajo entre las instituciones.
- Proyecto de “ciudad preventiva”: prepararse para escenarios futuros (problemáticas de agua, tráfico, residuos, etc.) en la zona poniente.
- Continuar la investigación y el diagnóstico de la zona de influencia.
- Generar un laboratorio de investigación de la zona poniente.

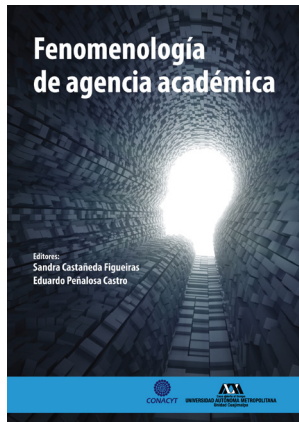


© Archivo personal de Ricardo López Gómez





**Casa abierta al tiempo**  
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA**  
**METROPOLITANA**  
**Unidad Cuajimalpa**



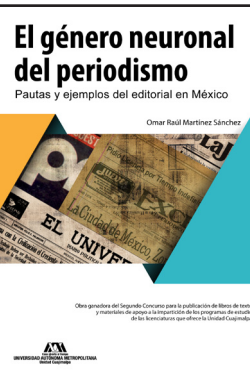
El libro ofrece visiones variadas acerca de un conjunto de procesos que dan cuenta de la proactividad y de la autonomía de los estudiantes en situaciones de aprendizaje, en entornos de educación superior. La riqueza que el texto aporta radica esencialmente en la variedad de enfoques y de análisis que nos permiten mejorar la comprensión de la agencia académica, con visiones que van desde su conceptualización y metodologías para evaluarla, hasta el análisis de componentes morales, de personalidad, y su relación con las habilidades docentes, con los talentos o con la participación ciudadana, en contextos y dominios diversos.



## Obras ganadoras del Segundo Concurso para la publicación de libros de texto y materiales de apoyo a la impartición de los programas de estudio de las licenciaturas que ofrece la Unidad Cuajimalpa

### Diseño de guiones para audiovisual: ficción y documental.

Es un libro de texto cuyo objetivo es apoyar el aprendizaje de la escritura de guiones durante los Laboratorios de Comunicación y Experimentación Audiovisual, principalmente. En estos, el guionismo convive con los temas de producción, realización, puesta en escena, montaje, etc.



### El género neuronal del periodismo. Pautas y ejemplos del editorial en México.

Conjugar observación minuciosa, disposición investigativa, capacidad de análisis y aptitud escritural es propio no sólo del profesional académico, sino también del periodismo. El objetivo medular de este libro es delinear pautas básicas, encaminadas a la realización de artículos editoriales.

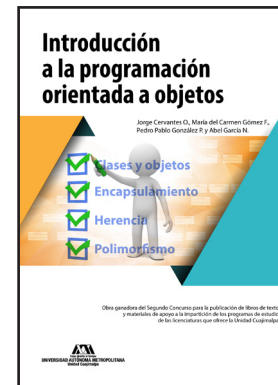


### Lecciones introductorias de retórica, diseño y comunicación.

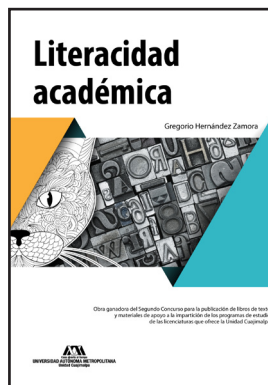
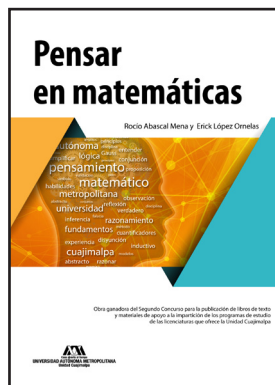
Este libro tiene como objetivo principal introducir al estudiante de las carreras de Ciencias de la Comunicación y Diseño a la teoría retórica. El sentido de este libro será construido a partir del diálogo entre su autor y los lectores. Aquél propone una serie de ideas y acciones; éstos interpretan el texto dándole un sentido propio.

### Introducción a la programación orientada a objetos.

La Programación Orientada a Objetos (POO) es útil cuando un sistema se modela de forma casi análoga a la realidad, porque con ésta se simplifica el diseño de alto nivel. En este libro exponemos los principios del paradigma orientado a objetos y presenta problemas de diseño y construcción de programas, bajo este paradigma, mediante el uso del lenguaje de POO Java.



**Pensar en matemáticas.**  
 Este libro está destinado al alumno, para que, a partir de las explicaciones claras de otros compañeros, pueda profundizar en algunos temas propios de la UEA Introducción al Pensamiento Matemático. El cuestionamiento y la explicación de los procesos realizados es parte fundamental para el entendimiento, seguimiento y apropiación del conocimiento.



### Literacidad académica.

Este libro busca y promete aportar propuestas teórico-prácticas útiles para profesores y alumnos de cualquier institución, no sólo de la UAM, si bien incluye contenidos clave de la UEA Taller de Literacidad Académica (TLA). Lo que nos interesa es ampliar y mejorar la relación de los alumnos con la expresión escrita y con el pensamiento conceptual y crítico.