

**Ricardo Adrián Vergara**  
**Eduardo Zurek Varela**  
editores

# Modelo de gestión urbana sostenible

Barranquilla  
(COLOMBIA) 2013

**UN** UNIVERSIDAD  
**DEL NORTE**

Editorial



Publicación derivada del proyecto de investigación  
"Diseño de un modelo de gestión urbana sostenible".

Entidad financiadora:  
COLCIENCIAS. Código 121540520325, Contrato 091-2007.  
Barranquilla (Colombia).



# MODELO DE GESTIÓN URBANA SOSTENIBLE

Ricardo Adrián Vergara  
Eduardo Zurek Varela  
Ventura Muñoz Yi  
Lissette María Cuello  
Shirley Arango Rojas  
José Gabriel Ramírez Suárez  
Sayuri Suescún

Amelia Escudero de Fonseca  
Jorge Palacio Sañudo  
Martha Peñuela Epalza  
Luz Marina Alonso Palacio  
Lesme Corredor Martínez  
Hernando Gómez Hoyos  
Maybelline Rojas

Barranquilla  
(COLOMBIA) 2013



Editorial

Modelo de gestión urbana sostenible / eds., Ricardo Adrián Vergara, Eduardo Zurek ...  
[et al.]. -- Barranquilla : Editorial Universidad del Norte, 2013.

111 p. : il. ; 24 cm.  
Incluye referencias bibliográficas.  
ISBN 978-958-741-317-5

1. Ecología urbana (Sociología). 2. Desarrollo sostenible--Barranquilla (Colombia). 3. Urbanismo--Aspectos ambientales--Barranquilla (Colombia) 4. Transporte--Barranquilla (Colombia). I. Escudero de Fonseca, Amelia. II. Vergara Durán, Ricardo. III. Adrián. Suescún, Sayuri. IV. Muñoz Yi, Ventura. V. Cuello, Lissette María. VI. Alonso Palacio, Luz Marina. VII. Peñuela Epalza, Martha Elena. VIII. Palacio Sañudo, Jorge Enrique. IX. Rojas, Maybelline. X. Gómez Hoyos, Hernando. XI. Corredor Martínez, Lesme Antonio. XII. Zurek Varela, Eduardo Enrique. XIII. Ramírez Suárez, José Gabriel. XIV. Arango Rojas, Shirley Paola. XV. Tít.

(307.760986115M691 23 ed. : SYS: 111205)



www.uninorte.edu.co  
Km 5 vía a Puerto Colombia  
A.A. 1569, Barranquilla (Colombia)

© 2013, Editorial Universidad del Norte  
© 2013, Ricardo Adrián Vergara, Eduardo Zurek Varela, Ventura Muñoz Yi, Lissette María Cuello, Shirley Arango Rojas, José Gabriel Ramírez Suárez, Sayuri Suescún, Amelia Escudero de Fonseca, Jorge Palacio Sañudo, Martha Peñuela Epalza, Luz Marina Alonso Palacio, Lesme Corredor Martínez, Hernando Gómez Hoyos y Maybelline Rojas.

*Coordinación editorial*  
Zoila Sotomayor O.

*Diagramación*  
Luis Gabriel Vásquez M.

*Diseño de portada*  
Munir Kharfan de los Reyes

*Corrección de textos*  
Henry Stein

Hecho en Colombia  
Made in Colombia



# CONTENIDO

## Capítulo 1

---

### **MODELO DE GESTIÓN URBANA SOSTENIBLE. UNA OPCIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE LA HABITABILIDAD EN LAS CIUDADES**

Ricardo Adrián Vergara, Sayuri Suescún ..... 8

## Capítulo 2

---

### **ESTRATEGIAS DE SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS INDICADORES AMBIENTALES SOSTENIBLES**

Ventura Muñoz Yi, Lissette María Cuello ..... 24

## Capítulo 3

---

### **LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL URBANA EN BARRANQUILLA. ESTUDIO DE CASO**

Amelia Escudero de Fonseca ..... 35

## Capítulo 4

---

### **LA PARTICIPACIÓN COMUNITARIA/CIUDADANA Y SU RELACIÓN CON LA GESTIÓN Y EL DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE**

Luz Marina Alonso Palacio, Martha Peñuela Epalza,  
Jorge Palacio Sañudo, Maybelline Rojas ..... 58

Capítulo 5

---

**MODELOS TERMOCUONÓMICOS PARA EL DISEÑO  
DE EDIFICACIONES SOSTENIBLES Y EVALUACIÓN  
DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO**

Hernando Gómez Hoyos, Lesme Corredor Martínez ..... 75

Capítulo 6

---

**APLICACIONES DEL ENFOQUE SISTÉMICO Y EL DE  
AGENTES PARA GENERAR MODELOS DE DINÁMICAS URBANAS**

Eduardo Zurek Varela, José Gabriel Ramírez Suárez, Shirley Arango Rojas ..... 90



## PREFACIO

Este libro presenta resultados obtenidos como parte del proyecto de investigación “Modelo de Gestión Urbana Sostenible –MGUS–”, realizado por la Universidad del Norte con el apoyo de Colciencias en la modalidad de recuperación contingente. Este proyecto fue ejecutado por un equipo interdisciplinario de profesionales de alto nivel que aportaron sus experiencias y conocimiento al fin común de identificar problemas, definir variables e indicadores, dilucidar dinámicas y presentar herramientas que permitan una mejor comprensión del entorno sistémico urbano.

La investigación que dio como resultado este libro fue motivada por un proceso de reflexión sobre la situación actual de Barranquilla, los procesos históricos que han generado el estado actual de la ciudad, la necesidad de tener una mejor perspectiva de ese estado y el deseo de proyectar a futuro su situación.

Este libro tiene como propósito brindar al lector un compendio de opiniones y puntos de vista generados por expertos desde diferentes áreas del conocimiento, que le permitan tener una visión global de los elementos que se deben considerar cuando se busca entender y generar soluciones a problemas que emergen de sistemas urbanos. Vale mencionar que lo presentado aquí no contiene todos los puntos de vista y opiniones posibles, y que en muchos casos es factible aportar desde algún tópico no incluido aquí.

Este libro está dirigido a todas aquellas personas que tengan algún interés en el análisis de problemas urbanos, así como a un público más amplio que pueda encontrar aquí ideas y opiniones que le permitan formarse las suyas propias sobre estos asuntos.

La información utilizada para elaborar este libro proviene de revistas científicas, libros, publicaciones periódicas, páginas de Internet de alta relevancia para los asuntos urbanos y sociales, de una encuesta realizada como parte del proyecto MGUS en varios sectores de la ciudad de Barranquilla y de la experiencia de los investigadores autores que aportaron cada uno de los seis capítulos presentados aquí.



El capítulo 1 se realizó con base en los resultados obtenidos de la encuesta MGUS utilizada en relación con la dinámica de habitabilidad como factor aglutinante de las poblaciones. Datos del proyecto permiten generar situaciones simuladas con modelos econométricos que pueden ser extensivos a ciudades similares por sus características urbanas e indicadores compartidos en ciudades de América Latina.

El capítulo 2 presenta los conceptos de índice e indicadores ambientales, así como antecedentes de su desarrollo y los instrumentos de planeación, gestión de desarrollo territorial y programas ambientales que los aplican, en el ámbito local, nacional e internacional, haciendo énfasis en el caso de Barranquilla.

El capítulo 3 muestra resultados de la investigación de MGUS, en especial algunos indicadores demográficos, sociales y ambientales por estratos, tales como participación en la fuerza laboral, tenencia de vivienda, seguridad percibida, acceso a parques y zonas verdes, entre otros. Igualmente remite al lector al conocimiento de conceptos relacionados con la sostenibilidad e indicadores ampliamente utilizados en términos de la ciudad y su sostenibilidad, tales como indicadores de sustentación de ciudad, servicios de ciudad y define las dimensiones contempladas en el proyecto en términos de sostenibilidad y calidad de vida.

El capítulo 4 se realizó con base en los resultados obtenidos del componente comunitario del proyecto de investigación MGUS y la revisión bibliográfica del marco legal nacional y algunos modelos de participación locales, nacionales e internacionales. El objetivo es describir el estado de la participación comunitaria en Barranquilla, factores sociales y personales que inciden en la participación comunitaria y la percepción del riesgo ambiental, y los retos que se perfilan para promover procesos de participación ciudadana expedita en la gestión urbana sostenible. Se hace alusión a indicadores cuantitativos derivados del proceso de observación que se realizó durante el proyecto y a resultados complementarios derivados de técnicas cualitativas. Se analiza la participación comunitaria confrontada con la sostenibilidad urbana y con la situación presente de los riesgos que describe la comunidad en su diario vivir. Finalmente se proponen estrategias de participación ciudadana que ha de contemplar el modelo de gestión urbano sostenible.



El capítulo 5 describe algunos indicadores de los sectores de la construcción y el transporte; en relación con estos indicadores se presenta su estado actual y tendencias en el desarrollo de sistemas de transporte y construcción más eficientes. Desde el punto de vista energético, se evalúan las etapas de ciclo de vida de productos, con el fin de presentar los fundamentos de la termoeconomía, la cual se muestra como herramienta para apoyar el uso racional de los recursos y, por lo tanto, reducir el impacto negativo en el entorno urbano del mal uso de los mismos.

El capítulo 6 presenta dos enfoques para interpretar dinámicas de sistemas urbanos, el enfoque de sistemas y el enfoque de agentes, teniendo en cuenta que dichos sistemas se pueden interpretar en su esencia como sistemas complejos. La primera parte describe los elementos fundamentales del enfoque de sistemas y culmina con la propuesta de un concepto innovador, el concepto de “hecho dinámico”, que sintetiza la esencia modular de los elementos atómicos constituyentes de cualquier sistema dinámico. La segunda parte elabora sobre el enfoque de agentes la presentación de sus principales características y muestra su aplicación al caso de sistemas urbanos.

Los autores expresamos nuestros agradecimientos a Colciencias por brindarnos los recursos para el desarrollo del proyecto MGUS, a la Universidad del Norte y todas las dependencias que de una forma u otra estuvieron presentes tanto en el desarrollo del proyecto como en la elaboración del libro, y a todas y cada una de las personas que colaboraron en todos estos procesos.

#### **Los autores**

# MODELO DE GESTIÓN URBANA SOSTENIBLE. UNA OPCIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE LA HABITABILIDAD EN LAS CIUDADES

**Ricardo Adrián Vergara, Dr. rer. nat.**

Departamento de Arquitectura, Urbanismo y Diseño.  
Universidad del Norte

**Sayuri Suescún**

Profesional en Relaciones Internacionales  
Universidad del Norte

El proyecto MGUS es un modelo de análisis con base en indicadores de calidad de vida y desarrollo humano que ayuda a realizar estudios prospectivos sobre la habitabilidad urbana. Este capítulo se realizó con base en los resultados obtenidos de la encuesta MGUS utilizada en relación con la dinámica de habitabilidad como factor aglutinante de las poblaciones. Datos del proyecto permiten generar situaciones simuladas con modelos econométricos que pueden ser extensivos a ciudades similares por sus características urbanas e indicadores compartidos en ciudades de América Latina. Barranquilla (Área Metropolitana), con 1 800 000 habitantes, por ser la cuarta ciudad más grande de Colombia amerita el estudio de la dinámica de su habitabilidad y la propuesta de un modelo urbano de desarrollo sostenible. En general, es mucho lo que podemos lograr, a pesar de las limitaciones, desde las distintas visiones y enfoques al mirar la ciudad y su sostenibilidad. Este es un comienzo que motiva a seguir trabajando en los espacios urbanos.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto MGUS es un modelo de análisis con base en indicadores de calidad de vida y desarrollo humano que ayuda a realizar estudios prospectivos sobre la habitabilidad urbana en el marco de un desarrollo sostenible. Este modelo se validó para Barranquilla, con 1 800 000 habitantes, la quinta ciudad más grande de Colombia, a partir de la información bibliográfica disponible, la recolección directa de datos y la realización de proyecciones por medio de simulaciones de casos.

Teniendo en cuenta que en general las ciudades latinoamericanas tienen en común unas características particulares históricas de formación, crecimiento y desarrollo en el siglo XX, índice de crecimiento de la población urbana, índice de primacía urbana –es decir, el cociente entre el tamaño de población entre la primera y la segunda ciudad de un país y de metropolización, o sea, la concentración de personas en grandes aglomeraciones, cuya población oscila entre 500 mil y un millón de habitantes, incluso 2 millones a veces (Bähr & Mertins, 1995)– y que sus problemáticas son similares, sobre todo en lo que respecta al impacto que tienen en la calidad de vida de la población, la pregunta sobre la habitabilidad cobra gran valor como factor determinante de la gestión urbana (Klink, 2005).

### **Vulnerabilidad del hábitat e Incidencia en la calidad de vida urbana**

La habitabilidad y la vulnerabilidad presentan una relación dispar: a mayor habitabilidad, menor vulnerabilidad (Vergara Durán, Alonso Palacio, Palacio Sañudo & Rojas Solano, 2009). Hay que hacer énfasis en que, igualmente, a mayor vulnerabilidad, menor habitabilidad, para señalar el caso de muchas de las ciudades grandes y medianas del continente.

Al tomar en cuenta la evolución histórica, económica, política y social que ha ido determinando el desarrollo urbano en las ciudades latinoamericanas, cabe preguntarse por la forma en que este proceso se ha ido interconectando, dado que, en general, la habitabilidad urbana resultante se presenta como deficitaria.

Las ciudades, como constructos sociales, son el resultado de las diferencias en que cada sociedad asume el reto de desarrollarse de acuerdo con sus propias estrategias y mecanismos, y en qué medida finalmente logra alcanzar sus objetivos. Esto puede denominarse “determinación del lugar”, lo cual supera el resultado de un estudio o análisis sobre las características sobresalientes de un territorio para definir sus potenciales de desarrollo. La determinación de lugar termina siendo el sentido mismo del desarrollo propuesto, pues el territorio es un ente dinámico que se define y es definido en el constante quehacer del grupo social allí asentado.

En muchas ciudades latinoamericanas surge la duda respecto a la determinación del lugar donde deben llevar a cabo sus proyectos de ciudad. A pesar de ser un caso muy particular

porque se desarrolló muy apresuradamente desde finales del siglo XIX) Barranquilla es, al igual que muchas de las urbes latinoamericanas, una ciudad de rápido crecimiento con grandes problemas de tráfico, con insuficientes redes de transporte público masivo, con una gran fragmentación espacial y segregación social, con un alto porcentaje de pobreza, con un fuerte sector de comercio informal que determina la actividad económica, con amplias zonas consolidadas como producto de un proceso de crecimiento de barrios informales. Este crecimiento acelerado y descontrolado ha ido acompañado, además, por un deterioro ambiental que, aun cuando no ha sido estudiado en toda su complejidad, su alto impacto se percibe en la calidad de vida de sus habitantes (principalmente de las poblaciones marginales).

En general, las ciudades carecen de herramientas para enfrentar un manejo apropiado de la situación mencionada, en la medida en que no disponen de información confiable, validada y, sobre todo, porque el análisis de lo disponible no tiene una visión integral. Precisamente, a este vacío responde el modelo de gestión urbana sostenible, ya que con su aplicación y validación se pueden tomar acciones dirigidas, concertadas y asertivas para reorientar el crecimiento, para reducir el menoscabo por las normas del ordenamiento territorial y para disminuir los vacíos de gobernabilidad; de esta manera aumenta el interés y la participación de la comunidad respecto a los problemas de su ciudad, tanto desde una perspectiva socioeconómica como de desarrollo urbano y ambiental.

El proyecto MGUS busca diseñar tanto las herramientas que contemplen las variables susceptibles de intervención en beneficio de la población como aquellos incidentes en el desarrollo urbano sostenible (social, económico, ambiental) a fin de anticipar los efectos de las medidas que deban adoptarse y cuantificar los recursos (no solo económicos) para implementarlas. Todo ello debe estar disponible al examen de los ciudadanos, de modo que las medidas de intervención sean transparentes, concertadas, conocidas, aceptadas, respetadas, acatadas y ejecutadas, y capaces de mejorar concretamente la calidad de vida de la población.

En este sentido, y específicamente para el tema de la habitabilidad/vulnerabilidad, basándose en la muestra de 1200 encuestas realizadas en 12 barrios de los 6 estratos socioeconómicos, se hizo una selección de 44 preguntas (ver anexo 1) relacionadas con aspectos circundantes o determinantes de una factibilidad hacia la habitabilidad o hacia la vulnerabilidad (ver tabla 1); por ejemplo: ubicación del barrio, grado de escolaridad y ocupación, estado civil, número de hijos, vivienda propia o arrendada, disponibilidad de servicios públicos domiciliarios en la vivienda, la percepción de satisfacción respecto al sitio actual de residencia, así como las condiciones físicas de esta, la cercanía de la vivienda a fuentes de riesgo o contaminación y el conocimiento claro de dicha situación, la intención y/o decisión de un cambio de residencia y si en ese sentido han cumplido las expectativas que se tenían. También se miró la percepción de las condiciones del barrio, los cambios que se realizan en él, la seguridad del sector y la disposición personal a actuar para impulsar dicha transformación. Igualmente se tomó en cuenta la percepción sobre el entorno, sobre los recursos disponibles, sobre la accesibili-

dad del sector a los servicios públicos domiciliarios y sobre el grado de contaminación, así como la actitud ciudadana frente al uso, manejo y cuidado de los recursos, infraestructura física y social allí presentes.

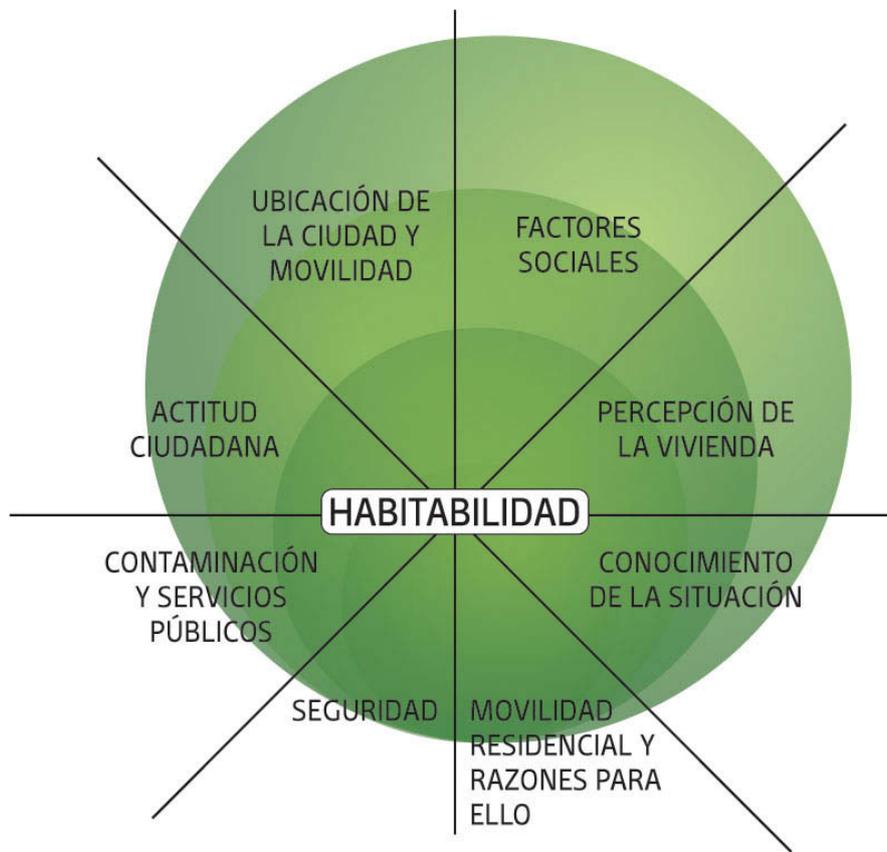
**Tabla 1.** Selección de preguntas encuesta MGUS y habitabilidad

HABITABILIDAD	NÚMERO DE PREGUNTA						
Factores sociales	5	6	10	11,15,17	18,19	20	
Percepción de la vivienda	24	25	26	27	28		
Conocimiento de la situación	29	30					
Movilidad residencial y sus razones	31	32	33	34	35		
Seguridad	36	37	38				
Condiciones de contaminación (visual, aire y agua) y cubrimiento en servicios públicos	49	50	51	52	53	54	55
Actitud ciudadana	56	57	58	76	80	81	105
	121	131	132				
Ubicación en la ciudad y movilidad	59	72	73	106			

Dispuestas sobre un plano concéntrico y agrupadas temáticamente se puede entender cómo las preguntas seleccionadas relacionadas con la habitabilidad representan un aspecto aglutinante de la sostenibilidad urbana, pues el efecto de las falencias o el impacto de las acciones en cada uno de estos temas se presenta siempre integralmente en el espacio urbano (ver figura 1).

Con la selección por barrios y análisis de las preguntas mencionadas se pudo constatar un alto impacto de la situación de vulnerabilidad social y ambiental en la mayoría de los barrios estudiados y demostrar la grave situación de la ciudad de Barranquilla.

Igualmente, para el enfoque sistémico de ciudad se definieron como macrovariables del proyecto las referidas al espacio donde transcurre el desarrollo urbano (permanencia en el territorio, hábitat natural y la vida humana, hábitat construido y la vida urbana, vivienda y una vida digna). Asimismo, las referidas al hombre y sus necesidades de crecimiento para su bienestar (el ciudadano y sus posibilidades de convertirse en persona, de tener una vida larga, saludable y digna, y por último, sus posibilidades de trascendencia cultural) y las relacionadas con el hombre y su capacidad de transformar la ciudad (por su capacidad cognoscitiva, su capacidad creativa, su capacidad interactiva y su capacidad de gestión). Cada una de estas variables agrupan una serie de subvariables que representan diferentes problemáticas de la ciudad, y que cuando se cruzan demuestran cómo su impacto no se produce de manera aislada sino que se genera una incidencia simultánea a varios niveles, lo que, por ejemplo (ver tabla 2), afecta directamente la habitabilidad de un sector, como puede deducirse de las siguientes relaciones:



**Figura 1.** Habitabilidad: lectura integral de la calidad de vida y la gestión urbana

**Tabla 2.** Selección de variables (relacionadas con habitabilidad)

Baja calidad en servicios públicos domiciliados vs. bajos niveles de habitabilidad.
Baja cobertura vs. saneamiento urbano vs. baja habitabilidad.
Anomia vs. bajos niveles de habitabilidad.
Crisis financiera del sector vivienda vs. déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda.
Desestructuración urbana vs. vivienda espontánea.
Normatividad urbana restrictiva vs. hacinamiento alta densidad.
Situación de crisis por destrucción de vivienda vs. déficit cualitativo y cuantitativo de vivienda.
Déficit cualitativo y cuantitativo de vivienda vs. bajos niveles de habitabilidad.
Mercado inmobiliario (especulación inmobiliaria) vs. alta densidad poblacional baja oferta de servicios.
Baja oferta de servicios públicos vs. falta de asesoría técnica.
Acceso a política urbana de densificación vs. alta densidad poblacional con baja oferta de servicios.

Fuente: Matriz de variables del proyecto MGUS.

De este abordaje simultáneo sobre la habitabilidad/vulnerabilidad, el cual se fundamenta en la comprensión de problemáticas que de por sí no están aisladas –variables– (enfoque sistémico) y en que su verificación se hace a través de la encuesta de percepción realizada (enfoque de agentes), es de donde surge un aporte comprensivo de ciudad que facilita entender la interacción de estos dos conceptos no solo como entidades de denominación, sino en cuanto procesos que se producen como resultado de la toma de decisiones de una administración. Obviamente, no existe la habitabilidad absoluta, y tampoco se puede prever o contener todo tipo de vulnerabilidad.

Sin embargo, y precisamente frente a los sucesos de gran impacto en la calidad de vida de los habitantes urbanos, es imposible seguir entendiendo la vulnerabilidad solo como la poca o inexistente capacidad de reacción frente a los imprevistos de carácter social o natural cuando nuestras ciudades están siempre enfrentando una vulnerabilidad contingente, latente. Puede afirmarse que la vulnerabilidad es una condición común de la ciudad latinoamericana, una condición siempre presente y, por lo tanto, en los análisis sobre la problemática urbana es necesario ver la interacción de los factores que inciden en el traslado de la vulnerabilidad a la habitabilidad y viceversa para lograr que la toma de decisiones mencionada anteriormente propenda a una gestión urbana sostenible, es decir, la toma de decisiones acertadas según los niveles de solución posible de las problemáticas.

La actual situación de vulnerabilidad (entendiendo “vulnerabilidad” como el nivel de riesgo a que están expuestos una familia o un individuo, es decir, la posibilidad latente de que puedan perder la vida, sus propiedades, bienes y su sistema de sustento ante una posible catástrofe; dicho nivel guarda también correspondencia con el grado de dificultad para recuperarse después de tal catástrofe) presente en ciudades como Barranquilla hace necesario para el proyecto Modelo de Gestión Urbana Sostenible plantear transformaciones del concepto referencial de vulnerabilidad a otro más abarcador, en el que se integre las consecuencias de vivir en estas condiciones; pero no solo en consideración a una posible catástrofe, sino ante una cotidianidad que es ahora contingente (Pérez de Armiño, 1999). La vulnerabilidad de la ciudad es realmente una vulnerabilidad con contingencia cotidiana.

Al respecto basta observar las diferentes problemáticas a las que tienen que enfrentarse cotidianamente los habitantes de Barranquilla para concluir que

el problema de la sostenibilidad urbana hace parte de una triple crisis: económica, sociopolítica y ambiental, y el aumento de la inhabitabilidad en las ciudades es el elemento característico (Settlements - United Nations Centre for Human, 2001). Se requiere dar paso a nuevas aproximaciones más flexibles e integrales que faciliten la comprensión de lo que podemos cambiar en la ciudad (Vergara Durán et al., 2009).

Con base en las 44 preguntas relacionadas se realizaron tablas de porcentaje, así como proyecciones econométricas (ver anexo 2) que permitieron hacer deducciones y comparaciones entre los diferentes barrios, con diversos resultados interesantes, a los cuales vale la pena referirse someramente: de la muestra total de 1200 encuestas para Barranquilla se escogieron 121 encuestas (10 %) de los barrios Brisas del Río y El Ferry, La Victoria y Los Nogales, según se presenta en la tabla 3.

**Tabla 3.** Selección de encuestas barrios Brisas del Río y el Ferry, La Victoria y Los Nogales

Representación de los estratos	Barrio	Número de encuestas
1-2	Brisas del Río El Ferry	69
3-4	La Victoria	40
5-6	Los Nogales	12
TOTAL		121

Fuente: Base de datos Encuesta Proyecto MGUS.

Por ejemplo, con relación a la propiedad de la vivienda (Relación 1) es interesante la diferencia entre el barrio Brisas del Río y El Ferry, donde, a pesar de ser estrato 1, un 48 % de la población vive en arriendo, en comparación con los barrios La Victoria y Los Nogales, el primero de estrato 3 y este último de estrato 5, donde dicha población alcanza solo el 28 y el 17 %, respectivamente.

Curiosamente, y pese a que, por ejemplo, en razón de la disponibilidad de servicios públicos domiciliarios la diferenciación es extrema, por cuanto en Brisas del Río y El Ferry no se dispone de alcantarillado, hay un porcentaje muy bajo de personas (8 %) que afirman que no se sienten cómodas en su vivienda actual (Relación 2) (solo 5 % está muy en desacuerdo con su situación de comodidad), similar al porcentaje de 10 % del barrio La Victoria; mientras que en Los Nogales el nivel de satisfacción es del 100 %, muy a pesar de que frente a otros aspectos la situación no es óptima, según se puede deducir de la sensación de seguridad (Relación 3), donde hay un porcentaje de insatisfacción entre moderada y alta de 42 %. Respecto a la percepción sobre la calidad del aire en este último sector (Relación 4), la insatisfacción es del 42 %, mientras que, sorprendentemente, en Brisas del Río y El Ferry este porcentaje es solo del 5 %, y el de satisfacción alcanza un 65 %.

Estas diferenciaciones tan extremas en parte explican que se trata de una encuesta orientada a la percepción de los problemas, lo cual es muy subjetivo y circunstancial, aunque no por ello deja de ser medible. Ante esto se busca solventar una lectura superficial de las relaciones, precisamente mediante proyecciones econométricas donde las variables se agrupan en una

ecuación y adquieren un valor determinado, constituyéndose en una cadena de causa-efecto objetiva al ser analizada en conjunto con otras relaciones y ecuaciones (ver anexo 2).

Con base en este tipo de proyecciones y análisis, no solo del tema de la habitabilidad sino también de la salud pública, que entre otros indicadores se reflejan en los índices de calidad de vida y desarrollo humano (Vergara Durán et al., 2009), o de la economía y renta del suelo y su impacto en el desarrollo urbano (Garza, 2009), en la gobernabilidad y el derecho urbano (Velásquez, 2009), y en el manejo energético y de residuos y su impacto en la contaminación ambiental (Estrada, Solano & Corredor, 2009), es como se puede llegar a una visión integral de la sostenibilidad urbana.

Si bien falta un gran camino por recorrer, especialmente en la recolección y manejo adecuado de datos, el solo correcto acopio de estos no cambia la visión de ciudad. Aun cuando es necesario, y quizás imprescindible, avanzar en la visión integral de la problemática urbana, el proyecto MGUS representa un avance exponencial; en primer lugar, por ser un proyecto *sui generis* en la Región Caribe colombiana que reúne varios grupos de investigación de la Universidad del Norte con una visión interdisciplinaria alrededor de un tema transversal como la sostenibilidad. En este proyecto, cada uno de los grupos ha aportado diferentes visiones y contribuciones, como lo demuestran las cinco tesis de maestría en Ingenierías de Sistemas, Ingeniería Civil y Salud Pública; el trabajo de grado en especialización en Planeación y Desarrollo Urbano Regional Sostenible y el de pregrado en Relaciones Internacionales de los estudiantes vinculados.

El proyecto MGUS nos ha mostrado las limitaciones y dificultades de cada grupo de investigación para adentrarse en temas o problemáticas de disciplinas conexas. Sin embargo, esto no significa la imposibilidad de seguir trabajando mancomunadamente, sino el reto de profundizar, puntualizar y proyectar nuestro trabajo hacia nuevos derroteros en pro del mejoramiento de la calidad de vida y de la ampliación de posibilidades de desarrollo humano de los habitantes de la ciudad.

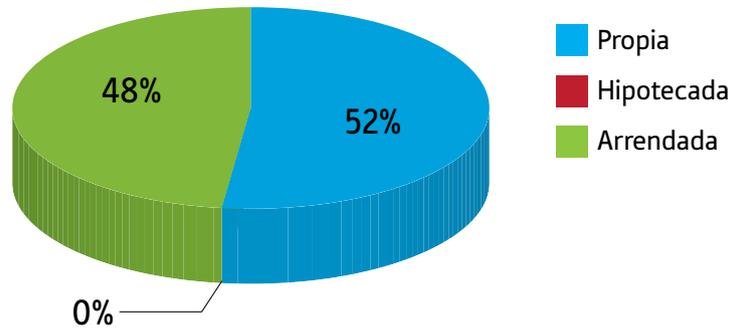


Figura 2. Relación 1. Propiedad de la vivienda – Sector Brisas del Río y El Ferry

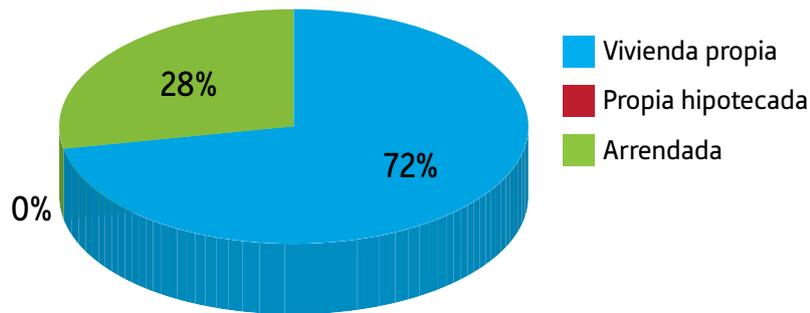


Figura 3. Relación 1. Propiedad de la vivienda – Sector La Victoria

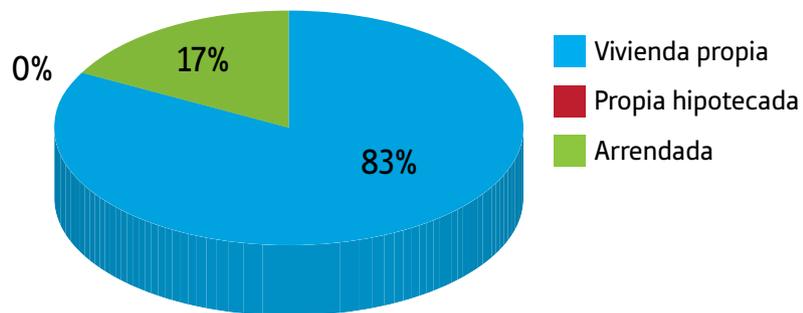


Figura 4. Relación 1. Propiedad de la vivienda – Sector Los Nogales

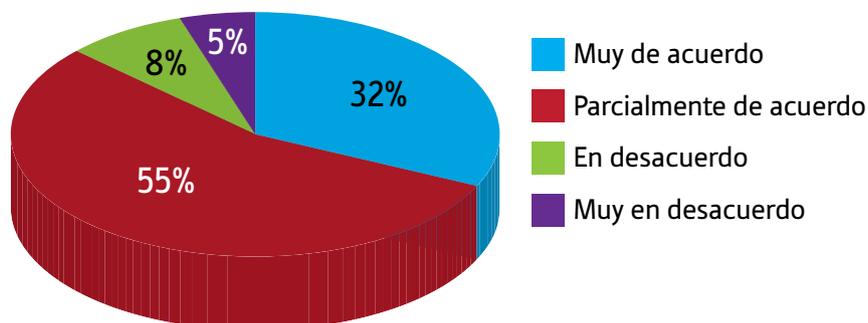


Figura 5. Relación 2. Se siente cómodo en su vivienda actual – Sector Brisas del Río y El Ferry

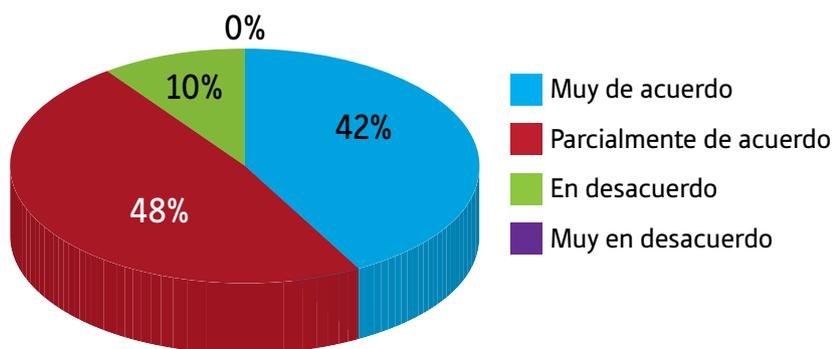


Figura 6. Relación 2. Se siente cómodo en su vivienda actual – Sector La Victoria

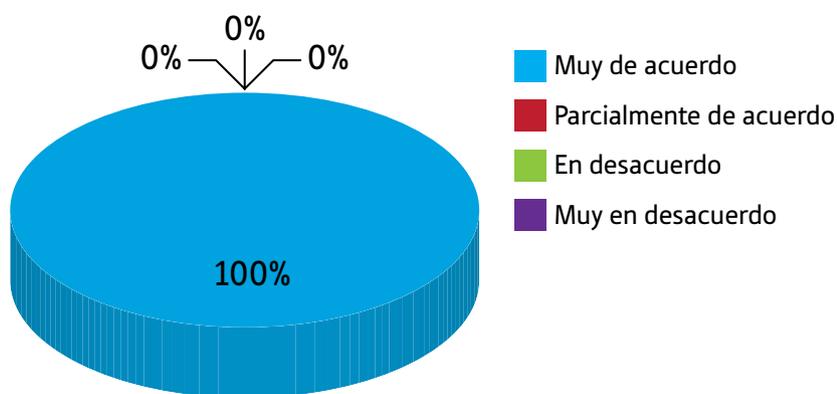
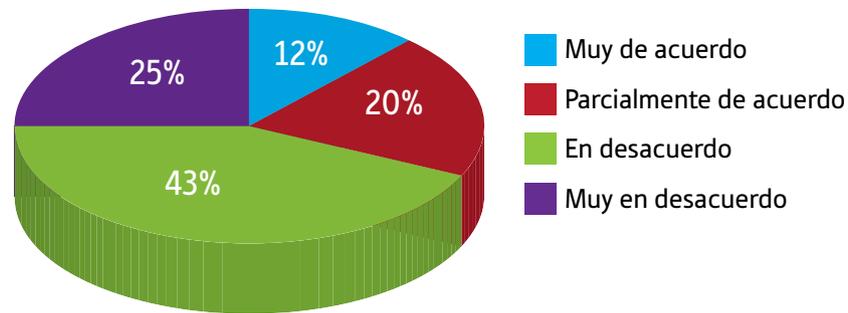
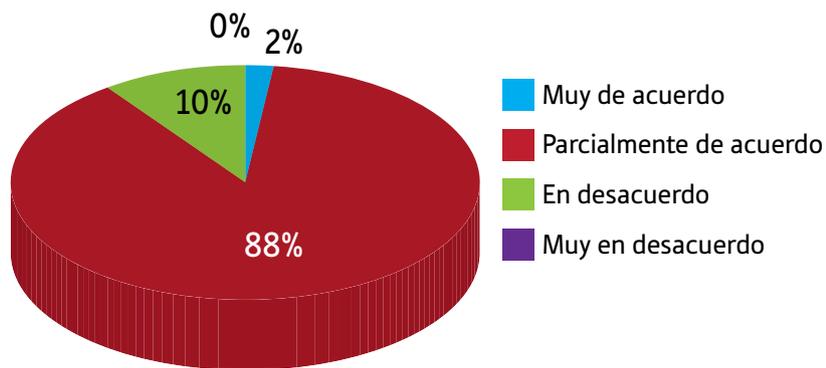


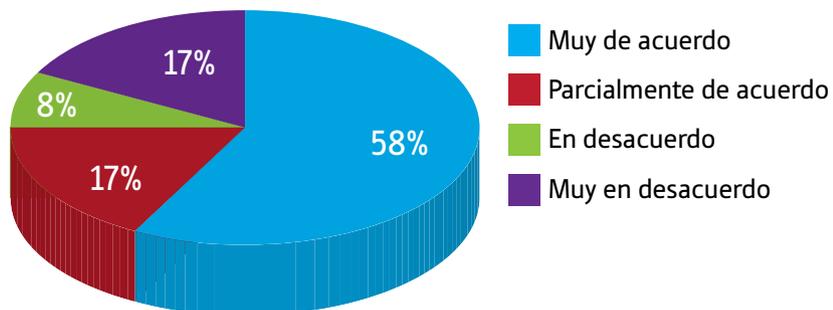
Figura 7. Relación 2. Se siente cómodo en su vivienda actual – Sector La Victoria



**Figura 8.** Relación 3. Puedo caminar libremente en mi barrio sin ningún peligro que afecte mi integridad – Sector Brisas del Río y El Ferry



**Figura 9.** Relación 3. Puedo caminar libremente en mi barrio sin ningún peligro que afecte mi integridad – Sector La Victoria



**Figura 10.** Relación 3. Puedo caminar libremente en mi barrio sin ningún peligro que afecte mi integridad – Sector Los Nogales

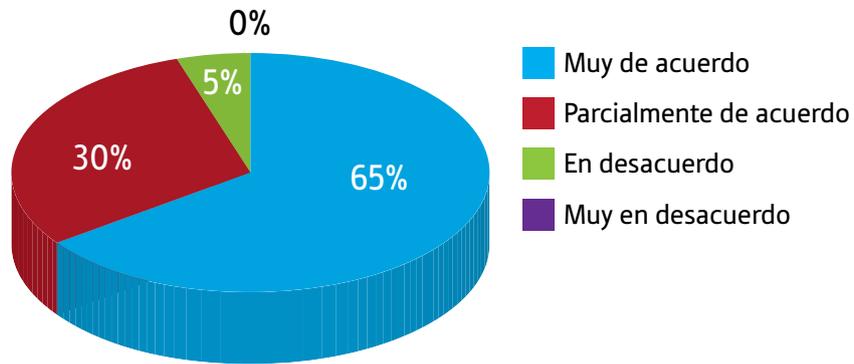


Figura 11. Relación 4. Siento que el aire que respiro es limpio – Sector Brisas del Río y El Ferry

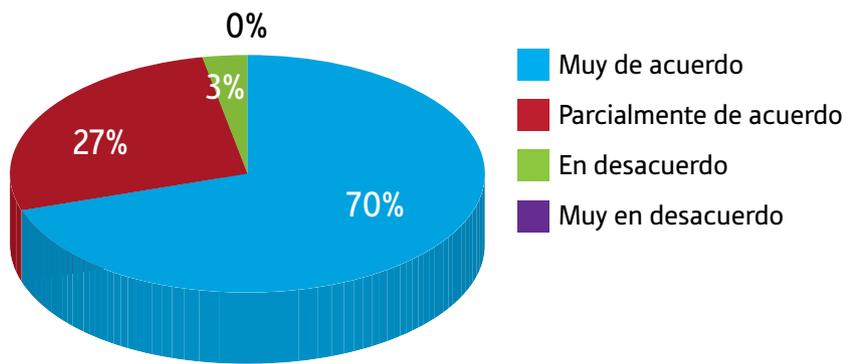


Figura 12. Relación 4. Siento que el aire que respiro es limpio – Sector La Victoria

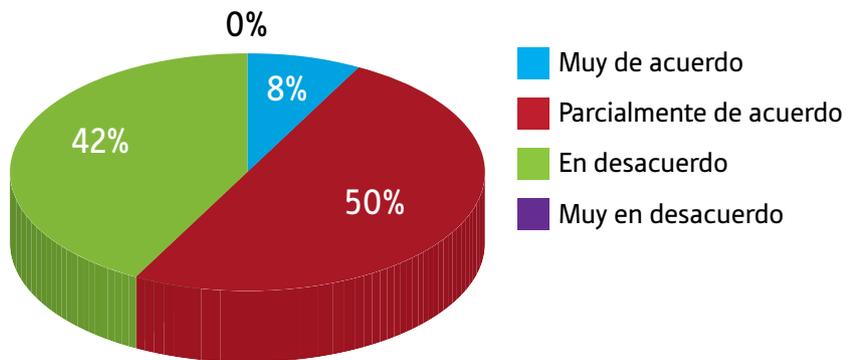


Figura 13. Relación 4. Siento que el aire que respiro es limpio – Sector Los Nogales

## REFERENCIAS

- Bähr, J. & Mertins, G. (1995). *Die lateinamerikanische Gross-Stadt: Verstärkerungsprozesse und Stadtstrukturen*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Colciencias (2009). Modelo de Gestión Urbana Sostenible (MGUS). Financiado por Colciencias (PRE00405001208).
- Estrada, C., Solano, J. & Corredor, L. (2009). Thermal and energy optimization of large air conditioning systems via computational fluid dynamics simulation. In *ECOS 2009*. Presented at the 22<sup>nd</sup> International Conference on Efficiency, Cost, Optimization simulation and Environmental Impact of Energy Systems, Foz do Iguazu, Paraná (Brazil): ASME.
- Garza, N. (2009). Dilema económico-ambiental del urbanismo en ciudades latinoamericanas. *Investigación y Desarrollo*, 17.
- Klink, J. (2005). Perspectivas recientes sobre la organización metropolitana. Funciones y gobernabilidad. *Gobernar las metrópolis*, 127-191. en: Rojas, E.; Cuadrado-Roura, J.R.; Fernández Güell, J. M. (Eds) (2005), *Gobernar las metrópolis*. BID. Editorial EUROPA Artes Gráficas. Salamanca.
- Pérez de Armiño, K. (1999). Vulnerabilidad y desastres. Causas estructurales y procesos de la crisis de África. *Cuadernos de Trabajo - HEGOA*, 24.
- Settlements - United Nations Centre for Human. (2001). *Cities in a globalizing world: global report on human settlements 2001*. Earthscan/James & James.
- Velásquez, C. (2009). Avances en el derecho colombiano para la consecución de un desarrollo urbano sostenible. En *Memorias del II Taller Internacional de Desarrollo Humano Local "Articulando Estrategias para un Desarrollo Sostenible"*. Presented at the II Taller Internacional de Desarrollo Humano Local "Articulando Estrategias para un Desarrollo Sostenible". Bayamón (Cuba): Universidad de Granma.
- Vergara Durán, R. A., Alonso Palacio, L. M., Palacio Sañudo, J. E. & Rojas Solano, M. (2009). El desarrollo humano y la calidad de vida integrados en un Modelo de Gestión Urbana para Barranquilla (Colombia): Human development and quality of life integrated in an urban management model for Barranquilla (Colombia). *Salud Uninorte*, 25 (2), 374-390.

## ANEXO 1

### Preguntas seleccionadas de la encuesta realizada entre marzo y junio de 2009 en Barranquilla

1. Barrio.
2. Estrato.
3. Ocupación.
4. Trabaja actualmente.
5. Vivienda propia/arrendada.
6. La vivienda cuenta con cuáles servicios públicos domiciliarios.
7. Me siento cómodo en mi vivienda actual.
8. ¿Qué tipo de piso hay dentro de las habitaciones de su vivienda?
9. ¿Cerca de su vivienda hay focos de contaminación?
10. ¿Qué considera usted que afecta el entorno de su vivienda?
11. ¿Ha sufrido inundaciones en su vivienda en los últimos años?
12. ¿Fue informado antes de mudarse que la vivienda donde usted habita era susceptible de riegos naturales (deslizamiento de terrenos, hundimiento, erosión, inundaciones)?
13. ¿Le gustaría informarse sobre los riesgos que tiene actualmente en su vivienda para minimizar el impacto de estos riesgos?
14. Si su vivienda está expuesta a algunos de estos riesgos, ¿por qué sigue viviendo en ese lugar?
15. ¿Ha cambiado de vivienda en los últimos años?
16. ¿Cuáles han sido las mayores causas para su cambio de vivienda?
17. ¿Las características de su vivienda actual en relación con las anteriores que ha habitado en los últimos 10 años han mejorado?
18. ¿Los cambios o modificaciones que hacen los dirigentes públicos en su barrio lo han beneficiado?
19. Siento que puedo caminar libremente en mi barrio sin ningún peligro que afecte mi integridad.
20. ¿Cuáles situaciones están presentes en la comunidad que puedan afectar la tranquilidad de su núcleo familiar?

21. Cuando sucede algo que afecta negativamente a mis vecinos me preocupo y tomo parte activa para solucionarlo.
22. ¿Siente que el aire que respira es limpio?
23. ¿Considera que el agua que utiliza en la vida cotidiana es limpia?
24. ¿Cuenta con disponibilidad diaria de servicios públicos (agua, electricidad, gas)?
25. ¿El suelo donde habita se mantiene limpio?
26. ¿El sector en el que habita es libre de contaminación visual (vallas, pancartas, avisos)?
27. ¿El sector en el que habita tiene contaminación auditiva (ruidos, automotores, maquinaria, aparatos de sonido, etc.)?
28. ¿Cerca de su vivienda (a cuatro cuadras o menos) hay alguna fuente natural de agua?
29. Ayudo a mantener limpias las fuentes de agua de mi sector.
30. Acostumbro a ahorrar agua en mi casa.
31. Acostumbro a reparar los daños de las tuberías de mi casa.
32. ¿Qué tan cerca de su casa se encuentran las zonas verdes (parques, bosques, jardín botánico)?
33. ¿Qué medio de transporte de servicio público utiliza para desplazarse desde su casa al trabajo o al sitio de estudio?
34. ¿Qué tiempo tarda en el recorrido?
35. Cuando observa a alguien que está arrojando basura a las calles, maltratando a un animal, botando el agua, haciendo ruido, ¿usted qué hace?
36. ¿Usted respeta el medioambiente?
37. ¿Ha participado en experiencias que integran el ambiente y la educación?
38. Explique qué otro tipo de actividades le gustaría realizar en su tiempo libre.
39. ¿En su entorno tiene acceso a espacios públicos para recreación, como plazas, parques, terrazas, etc.?
40. ¿En su familia hay algún miembro con un grado de dependencia o movilidad y pocas alternativas de acceso urbanístico (pisos altos, ningún parque, dificultad para movilizarlo, etc.)?
41. ¿Considera que las empresas ubicadas en su entorno protegen el medioambiente?
42. ¿Conoce las leyes que protegen el medioambiente?
43. Mencione usted a qué tiene derecho como ciudadano.
44. Mencione cuáles son sus deberes como ciudadano.

## ANEXO 2

### Proyección econométrica

System: UNTITLED				
Estimation Method: Full Information Maximum Likelihood (Marquardt)				
Date: 09/01/10 Time: 15:00				
Sample: 1 800				
Included observations: 424				
Total system (balanced) observations 848				
Convergence achieved after 70 iterations				
	<b>Coefficient</b>	<b>Std. Error</b>	<b>z-Statistic</b>	<b>Prob.</b>
C(1)	2.039282	0.112901	18.06254	0.0000
C(2)	0.017800	0.120101	0.148207	0.8822
C(3)	-0.525519	0.147523	-3.562294	0.0004
C(4)	-0.112305	0.143201	-0.784244	0.4329
C(5)	0.432347	0.045635	9.473967	0.0000
C(6)	-2.40E-08	4.87E-08	-0.491989	0.6227
C(7)	0.064336	0.018829	3.416901	0.0006
C(8)	4.440237	0.252542	17.58220	0.0000
C(9)	-0.788024	0.079641	-9.894708	0.0000
C(10)	0.038879	0.004765	8.159220	0.0000
Log Likelihood		-996.9089		
Determinant residual covariance		0.377814		
Equation: PISOS = C(1) + C(2)*AMENAZA_ARROYOS + C(3) *AMENAZA_BOTADEROS_ABIERT + C(4)*AMENAZA_AGUAS NEGRAS + C(5)*ESTRATO + C(6)*EGRESO + C(7) *ESCOLARIDAD				
Observations: 424				
R-squared	0.367133	Mean dependent var	3.367924	
Adjusted R-squared	0.358027	S.D. dependent var	0.987635	
S.E. of regression	0.791325	Sum squared resid	261.1232	
Durbin-Watson stat	1.228595			
Equation: PERSONAS_POR_CUARTO = C(8) + C(9)*PISOS + C(10) *PERSONAS_HOGAR				
Observations: 424				
R-squared	0.115028	Mean dependent var	1.994104	
Adjusted R-squared	0.110824	S.D. dependent var	0.955005	
S.E. of regression	0.900533	Sum squared resid	341.4139	
Durbin-Watson stat	1.795357			

CAPÍTULO

# 2

## ESTRATEGIAS DE SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS INDICADORES AMBIENTALES SOSTENIBLES

Ventura Muñoz Yi, M.Sc.  
Lissette María Cuello, Ing. Civil

Departamento de Ingeniería Mecánica  
Grupo de Investigación en Gas Natural y Termodinámica – Producción Más Limpia  
Universidad del Norte

Este capítulo presenta los conceptos de índice e indicadores ambientales, así como antecedentes de su desarrollo y los instrumentos de planeación, gestión de desarrollo territorial y programas ambientales que los aplican, en el ámbito local, nacional e internacional, haciendo énfasis en el caso de Barranquilla.

## INTRODUCCIÓN

Para lograr un desarrollo sostenible es necesario establecer varios instrumentos de planeación y gestión del desarrollo territorial y programas ambientales, tales como el Plan de Desarrollo (PAD), el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), el Plan de Acción Trienal (PAT) - ambiental, los cuales incorporan las políticas nacionales, departamentales y los compromisos adquiridos por los mandatarios locales en su programa de gobierno. Estas políticas, planes, programas y proyectos deben llevar ciertos indicadores “sostenibles” con el fin de medir su grado de eficiencia en su implementación y, a su vez, reflejar el grado de aceptación en sus miembros y expectativas de la comunidad a lo largo del tiempo.

La estructuración de los programas anteriores requiere de un proceso participativo, interinstitucional e interdisciplinario a fin de ofrecer espacios a los diferentes actores sociales y grupos de interés o, por su denominación en inglés, *stakeholders* (la administración, las instituciones, los gremios de la producción, las universidades, la comunidad en general, entre otros). La parte compleja de este proceso es cómo podemos identificar aquellos atributos que nos correlacionen la sostenibilidad con el crecimiento económico, el desarrollo social de la comunidad y la preservación y protección de nuestro medio ambiente.

Desarrollar un nuevo sistema de información para la calidad ambiental regional es el reto que las entidades de la gestión ambiental tienen que evaluar para lograr un desarrollo sostenible; la generación de nuevos datos con mediciones coherentes e información de indicadores ambientales tienen que integrarse con los núcleos básicos del desarrollo sostenible (económico, social, tecnológico e institucional).

Los indicadores ambientales son los responsables de la toma de decisiones, por lo cual se necesita contar con información oportuna, precisa y confiable sobre el medio ambiente y el desarrollo sostenible de la región; asimismo, son una herramienta importante para la transmisión de información científica y técnica, tal como se precisó en la XIV Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, realizada en Ciudad de Panamá (Panamá). Es importante seguir avanzando en la consolidación de indicadores que favorezcan el crecimiento de la región aminorando la degradación del suelo, del aire y del agua, e incluso de nuestra propia economía.

## ANTECEDENTES DEL DESARROLLO DE INDICADORES AMBIENTALES

En el ámbito internacional podemos anotar que los indicadores empiezan a adquirir importancia en 1987, en las políticas ambientales de Canadá y Holanda. Luego, en 1989, toman gran relevancia en la Cumbre del Grupo de los 7, donde se solicita a la OCDE (Organización de Cooperación de Desarrollo Económico) que desarrollara los indicadores ambientales (IAs). En 1991, el comité de política ambiental publica su conjunto preliminar de

IAs. En 1992 se promueve el desarrollo de los IAs de forma internacional en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Los IAs se transforman en aspectos normativos en 1993, durante la reunión consultiva de expertos sobre el tema de indicadores y sustentabilidad, en la que se discuten los avances en la materia de logros en diferentes organismos (Naciones Unidas) y se instauro el subcomité 4 del TC 207 de la ISO, que recoge diferentes iniciativas y desarrolla el concepto de *Environmental Performance evaluation (EDA)*.

En el mundo se han realizado muchos trabajos e investigaciones para la elaboración de indicadores; otras iniciativas han sido realizadas por CERES (Global Reporting Initiative, GRI), WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), IISD (International Institute for Sustainable Development) y NRTEE (National Round Table on the Environmental and the Economy - Canadá).

En América Latina se observan desarrollos incipientes en IAs y son escasas las experiencias de trabajos de indicadores ambientales de sostenibilidad. Los países latinoamericanos que lideran estos procesos son México, Chile, Colombia y Costa Rica.

Los primeros avances se produjeron en Cuba, con la creación de un Sistema de Datos e Información sobre el Medio Ambiente (SIMARNA), que a partir del uso racional de los componentes ambientales naturales del entorno fueron complementadas con información económica y social (Implementación de un sistema de indicadores de la gestión ambiental para corporaciones autónomas regionales). En Chile, el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) consideró el desarrollo de un modelo de selección y uso de indicadores que incluyera la presión de las actividades económicas sobre el ambiente, las condiciones de calidad y cantidad de los recursos naturales y una respuesta social a nivel sectorial, nacional e internacional. En México, el Sistema de Indicadores Ambientales (SIDIA) examinó y evaluó los distintos tópicos que son relevantes en materia ambiental y preservación de recursos y las políticas implementadas para contrarrestar los efectos negativos que la actividad humana ejerce sobre el ambiente (Cepal, 1994).

En Colombia, a partir de los noventa, debido a la carencia de información y las problemáticas ambientales, surge la necesidad de establecer herramientas de medición y monitoreo para la gestión ambiental; es por ello que el Sistema de Información Ambiental para Colombia (SIAC) tomó las primeras iniciativas para el desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad; asimismo, el IDEAM ha realizado un importante trabajo en la creación de sistemas de indicadores a partir de las problemáticas relacionadas con el suelo, cambio climático y agua, y avances a través de ejercicios institucionales como la Primera Generación de Indicadores de la Línea Base de la Información Ambiental de Colombia (2002), el Sistema de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental (SISA, 2002), el Sistema Unificado de Indicadores para Seguimiento a la Gestión Ambiental (SUIGA, 2000), entre otros (Casallas, 2009); que han nutrido y forta-

lecido todo el proceso de consolidación del Sistema de Indicadores y, en general, el proceso de producción e implementación de indicadores para las diversas temáticas concernientes al desarrollo sostenible del país.

Actualmente existen en Colombia varios avances en iniciativas de indicadores ambientales nacionales en gestión regional y urbana, tales como:

- Sistema de indicadores decreto 1200/04 (Resolución 643/04 y 964 /07).
- Sistema de Información Básico Municipal, SisBIM.
- Sistema Nacional de Información de Vivienda y Desarrollo Territorial, SNIVDT.
- Sistema de indicadores de la Política de Gestión Ambiental Urbana.

## **DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE ÍNDICE E INDICADORES AMBIENTALES**

En su sentido más amplio, un “índice ambiental” es un número o una clasificación descriptiva de una gran cantidad de datos o información ambiental cuyo propósito principal es simplificar la información para que pueda ser útil a los decisores y al público. Algunos ejemplos de índices de medio ambiente son: calidad de aire, calidad del agua, sensibilidad y diversidad ecológica, recursos arqueológicos, calidad visual y calidad de vida. Es importante tener claro que no es lo mismo índices ambientales que indicadores ambientales. Los “indicadores” se refieren a medidas simples de factores o especies biológicas. Se han utilizado indicadores ecológicos (Hunsaker & Carpenter, 1990); ejemplo, plantas como indicadores de las condiciones de agua y del suelo (Odum, 1959). Los indicadores ambientales pueden utilizarse como herramientas para el seguimiento del estado del medio en relación con el desarrollo sostenible o con amenazas ambientales (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 1991) (Canter, 1997).

Existen muchos tipos de indicadores, y según su estructura y tipo se dividen en dos grandes grupos: indicadores ambientales biofísicos e indicadores ambientales sociales y económicos. Cada uno de ellos, según su componente ambiental, se puede clasificar como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Indicadores ambientales

Indicadores ambientales biofísicos			
1.	Emisiones de CO <sub>2</sub>	10.	Uso de fertilizantes nitrogenados
2.	Emisiones de gases invernadero	11.	Uso de recursos forestales
3.	Emisiones de SOx	12.	Comercio de madera tropical
4.	Emisiones de NOx	13.	Especie amenazadas
5.	Uso de recursos hídricos	14.	Volúmenes de pesca
6.	Calidad del río	15.	Producción de residuos
7.	Tratamiento de aguas residuales	16.	Residuos municipales
8.	Cambios en el uso del suelo	17.	Accidentes industriales
9.	Áreas protegidas	18.	Opinión pública
Indicadores del medioambiente social y económico			
19.	Crecimiento de la actividad económica	23.	Tendencias del transporte
20.	Intensidad de energía	24.	Consumo privado de combustible
21.	Energía disponible	25.	Población
22.	Producción industrial		

Fuente: (OECD Environment Directorate, 2008)

Por la dinámica propia que tienen los indicadores no se recomienda utilizar patrones normativos o de línea base para su fácil interpretación y toma de decisiones estatales. Los factores más utilizados son los siguientes:

**Tabla 2.** Factores ambientales

Calidad previa
Estándares de calidad ambiental Cantidad o calidad de la emisión
Estándares de emisión Calidad previa
Medida temporal Calidad previa
Medida espacial o geográfica

Fuente: Canter (1997).

De acuerdo con la Dirección de Planeación del Ministerio de Vivienda, Medio Ambiente y Desarrollo Territorial y Asesor del Comité Técnico del SIAC: Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia, los IAs deben ser Claros, Relevantes, Económicos, Medibles y Adecuados (CREMA).

El alcance de los indicadores dará cuenta de la gestión de la entidad, del producto obtenido a partir de la intervención o del efecto en la población objetivo.

El éxito de selección de los indicadores dependerá de la interacción existente entre el contexto nacional, local y el ámbito internacional (Cumbre de la Tierra, Río de Janeiro, 2002; Cumbre del Milenio, Nueva York, 2000; Cumbre de Desarrollo Sostenible, Johannesburgo, 2002; Visión 2019, Colombia II centenario; Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010; 2010-2014 y el Decreto 1200 de 2004, entre otros).

Los indicadores “per se” no contribuyen al desarrollo sostenible; hay que correlacionarlos con estándares o calidades ambientales para obtener ciertos factores o cantidades adimensionales, llamadas “índices” o “coeficientes de sostenibilidad urbana”, con los cuales resulta fácil interpretar y medir la dinámica ecosistémica de una región.

Entre los indicadores ambientales sostenibles que afectan directamente el comportamiento de los asentamientos humanos en un mundo globalizado figuran:

- a) **Vulnerabilidad:** Muchos de los desastres son una combinación de amenazas naturales y acciones antrópicas. La vulnerabilidad incluye como causa de desastres tanto al entorno social, político y económico, como al medio ambiente natural. (Blaikie, Cannon, Davis & Wisner, 1996). La vulnerabilidad está relacionada con la posición socioeconómica, raza, edad y actividades de la vida cotidiana; en esta concurrencia surgen patrones de vulnerabilidad que conducen al desastre.
- b) **Producto interno neto ecológico (PINE):** Es un indicador que permite identificar el impacto que tiene en el Producto Interno Bruto (PIB) en el agotamiento y deterioro de los recursos medioambientales causados por las actividades de producción, distribución y consumo en la economía; también es conocido como el “PIB verde”. Esta herramienta permite tener una cuantificación monetaria del costo de contaminar. Se puede observar que en los últimos años ha existido una brecha entre el PIB y el PINE, que representa los costos asociados a la contaminación. El PINE se calcula restando al PIB el costo de la degradación ambiental, el costo por el agotamiento de los recursos naturales y los gastos de protección ambiental. Se incluye en el Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México del INEGI.
- c) **Huella ecológica:** Según William Rees y Mathis Wackernagel (1995), la huella ecológica es la superficie correspondiente de tierra de cultivo y de ecosistemas acuáticos necesarios para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población determinada con un nivel específico de vida material, independientemente del lugar donde se encuentre. Entre más grande es la huella, más grande es el impacto ambiental sobre la tierra. Este indicador es una invitación a ahorrar energía, usar menos carro y más transporte público, e incluso comer moderadamente.

**d) Sistema de cuentas ambientales y económicas integradas (SCAEI):** Es una medición de la sostenibilidad, la producción, el ingreso y la riqueza la mediante distintas formas de capital; facilita un marco para diagnosticar la contribución del medioambiente a la economía e indica si el medio ambiente está siendo utilizado de modo sostenible, para continuar con la generación de ingresos en el presente y futuro (Murcia, 2009). En Colombia diferentes instituciones han realizado investigaciones sobre el tema; por ejemplo, el DANE. En la siguiente tabla podemos observar los resultados de las cuentas económicas - ambientales integradas para Colombia:

**Tabla 3.** Sistema de Cuentas Ambientales

1. Cuentas de stock de los recursos Minero y Minero-Energéticos.
2. Cuentas de gasto en protección ambiental del Gobierno, la industria, agricultura y reciclaje.
3. Cuentas del agua.
4. Cuentas de bosque.
5. Apoyo a otras entidades del orden regional, como la Secretaría Distrital de Ambiente.
6. Apoyo a entidades del orden internacional (otros institutos nacionales de estadísticas).
7. Formación de capital humano para la medición de la sostenibilidad ambiental del desarrollo.

Fuente: Instituto de investigaciones Alexander Von Humboldt (Murcia, 2009).

**e) Residuos tóxicos industriales (BORSI):** El desarrollo de nuestra ciudad industrializada ha logrado un mejoramiento en la calidad de vida y progreso de sus habitantes, pero ha causado una cadena de impactos negativos al medioambiente y la salud pública. El manejo de los desechos peligrosos en Colombia no se realiza de forma planificada; el manejo de los residuos está orientado hacia el tratamiento y disposición final más que a su prevención y aprovechamiento, la normatividad está descentralizada, hacen falta reglamentos técnicos especializados en la materia (Política Ambiental para la Gestión ambiental de los residuos o desechos peligrosos, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, Bogotá, 2005. Nodo Caribe de Producción Más Limpia, Universidad del Norte, 2006); por tal motivo se creó la Bolsa Nacional de Residuos y subproductos industriales –BORSI–, que es un mecanismo para fomentar el intercambio de residuos y Subproductos Industriales, mediante transacciones de compraventa entre demandantes y ofertantes y para facilitar la recuperación, el reciclaje y la reintroducción de dichos materiales a las cadenas productivas. Esta iniciativa es coordinada por el Centro Nacional de Producción Más Limpia, con sede en Medellín, y articulada a los diferentes nodos regionales en el país: Nodo Antioquia, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Caribe (Barranquilla y Cartagena), Cúcuta y Eje Cafetero; los cuales informan a sus

contribuyentes la adquisición, procesamiento y suministro de los diferentes residuos a través de un mercadeo electrónico.

### ESTUDIO DE CASO: INDICADORES AMBIENTALES REALIZADOS POR EL DAMAB EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA (REVISIÓN GENERAL)

La información ambiental entregada por el programa “Barranquilla Cómo Vamos” y reportes de mediciones entregados por el DAMAB son bastante precarios y falta un seguimiento institucional de las políticas ambientales sectoriales y nacionales. En la siguiente tabla se presenta un listado de los indicadores utilizados:

**Tabla 4.** Indicadores utilizados en el DAMAB

	Indicador	2008	2009
Calidad del aire	Nivel de concentración media anual de partículas de polvo de 10 micras (PM10)	D	ND
	Nivel ozono troposférico	ND	ND
	Gases efectos invernadero	ND	ND
Contaminación acústica	Decibelios (Db) - zonas críticas	D	ND
Calidad del agua	Nivel de contaminación hídrica SST	D	ND
	Nivel de contaminación hídrica DBO5	D	ND
	Coliformes totales y fecales	ND	ND
	Oxígenos disueltos	ND	ND
	Metales Pesados	ND	ND
Reciclaje	Toneladas recicladas, toneladas de basuras	ND	ND
Áreas verdes accesibles a los ciudadanos	Área verde por habitante (m <sup>2</sup> /hab.)	ND	ND
	Número de árboles por hectarea	ND	ND
Contaminación paisajística	Visual	ND	ND
D: Información disponible; ND: Información no disponible.			

La normatividad colombiana ofrece varios índices ambientales, los cuales deben ser seleccionados dependiendo de la relevancia de los ecosistemas afectados y la disponibilidad financiera y económica en su implementación. En la tabla se presentan los más relevantes de acuerdo con su componente ambiental:

**Tabla 5.** Índices propuestos para seguimiento de la política ambiental sectorial

Componente	Tipo de Índice o Indicador	Descripción (relación porcentual)
Hídrico	Índice de escasez	Volumen de agua consumido y el disponible.
	Indicador de disponibilidad de Oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto presente en el cuerpo de agua y el máximo teórico.
Calidad de aire	Índice de material particulado (PM10)	Medición comparada por la escala de ponderación permitida (norma nacional)
	Índice de la población expuesta a contaminación atmosférica (IPEC)	Número de habitantes expuestos y la población total de la región (distrito o municipio).
Aire	Índice de niveles de presión sonora (NPS)	NPS medido y el permitido por la norma; comparado con escala de ponderación.
Geosférico	Índice de zonas de alto riesgo (IZAR)	Número de hectáreas identificadas de zonas de alto riesgo y el número de hectáreas totales.
	Índice de producción per cápita de residuos comunes (IPPC)	Este indicador nos permite determinar la generación en kilogramos por habitante y por día de residuos sólidos comunes y/o ordinarios del sector residencial.
Flora	Índice de reforestación (IREF)	Número de árboles sembrados y números de arboles que se deben sembrar según meta propuesta.
	Índice de árboles existentes (INAE)	Número de árboles por habitantes.
Fauna	Índice de disponibilidad de hábitat (IDAH)	M <sup>2</sup> de área propicia de hábitat de fauna sobre hectáreas totales.
Uso del recurso hídrico	Índice de demanda de agua (IDAGUA)	Este indicador nos permite calcular la demanda neta de los volúmenes de agua que se consumen directamente del recurso hídrico de fuentes tanto superficiales como subterráneas para fines de tipo doméstico, industrial y comercial.
	Índice per cápita de consumo de agua (IPA)	Este indicador nos permite establecer el consumo de agua por habitante demandado por día.
	Índice de aguas residuales	Este indicador nos permite establecer el consumo de agua por habitante demandado por día.
Recurso Hídrico	Índice de aguas residuales (IARTRA)	Este indicador nos permite determinar la relación del volumen total de agua residual generada que se somete a cualquier proceso de tratamiento físico y/o químico antes de ser vertida a los ecosistemas hídricos.
	Índice de cobertura de alcantarillado (ICOAL)	Este indicador nos permite determinar la cobertura actual de la población que cuenta con un sistema de alcantarillado.

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, IDEAM y RESPEL.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Analizando la información disponible y teniendo en cuenta comentarios de los expertos, podemos anotar que:

- El Distrito Metropolitano de Barranquilla no cuenta con información actualizada y datos históricos sobre indicadores ambientales. Algunas mediciones realizadas carecen de continuidad periódica, así como también de representatividad geográfica en zonas vulnerables y de mayor riesgo ambiental.
- Existen algunos indicadores que no se ajustan al concepto clásico de lo que se considera indicador y no ofrecen claridad en su formulación y en las magnitudes de los diferentes factores que se relacionan, lo que indica la necesidad de revisarlos y corregirlos para apuntar con precisión hacia los aspectos críticos de interés. Sin embargo, se pueden introducir en la discusión, como un primer ejercicio para incoar una argumentación o una reflexión sobre los problemas que inquietan a la ciudad.
- Existen muchos factores ambientales sugeridos por la autoridad ambiental, pero hasta el momento no hay una política ambiental clara que especifique el contexto local, nacional y global en que pueden interactuar cada uno de estos parámetros cuantitativos de medición ambiental.
- Falta de continuidad y correlación de los datos actuales que recopila la autoridad ambiental. Las mediciones existentes no tienen periodicidad en el tiempo y no responden a las expectativas de los ciudadanos, a diario atemorizados por factores ambientales que afectan su salud.
- Algunos índices propuestos son muy complejos para su implementación y requieren de sistemas tecnológicos de alto nivel para su ejecución y desarrollo.
- Es necesario que la Administración Ambiental Distrital desarrolle un sistema de información ambiental que recopile los indicadores mínimos exigidos por la ley y sea efectivo para nuestro ecosistema nativo, y elaborar un plan estratégico para la implementación de los indicadores ambientales sostenibles que requiere la ciudad.
- Hay que buscarla interrelación de los indicadores que se establezcan en Barranquilla con el contexto nacional e internacional (Cumbre de la Tierra, Río de Janeiro, 2002; Cumbre del Milenio, Nueva York, 2000; Cumbre de Desarrollo Sostenible, Johannesburgo, 2002; Visión 2019, Colombia II centenario; Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010; 2010-2014 y el Decreto 1200 de 2004).
- Es preciso adelantar gestiones interinstitucionales para promover la puesta en marcha de un observatorio ambiental urbano para Barranquilla con el liderazgo de la autoridad del ramo. También debe aprovecharse la disposición e interés de las universidades

de la ciudad para construir un esquema de indicadores ambientales que le permitan a Barranquilla saber cómo va en medioambiente.

- Canalizar las iniciativas nacionales de establecimiento de indicadores planteadas en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 (Sistema de Medición de Metas de Gobierno, SISMEG) y de otras iniciativas específicas de institutos de investigación como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
- Integrar la información existente en un sistema de información ambiental continua y datos actualizados con indicadores sostenibles que permitan la toma de decisiones oportunas, la prevención y mitigación de los efectos sobre el medioambiente y que contribuyan a la reducción del calentamiento global.

## REFERENCIAS

- Blaikie, P., Cannon T., Davis I. & Wisner B. (1996). *Vulnerabilidad: El entorno social, político y económico de los desastres*. Colombia.
- Canter, L.W. (1997). *Environmental Impact Assessment*, Ch. 2 “Environmental Engineers Handbook” (2<sup>nd</sup> ed., pp. 149 - 452). D.H. Liu & B.G. Liptak (Eds.). Boca Ratón, Florida: Lewis Publishers/CRC Press.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (n.d.). Consultado Febrero 4, 2013, disponible en <http://www.minambiente.gov.co/portal/default.aspx>
- Murcia, D. (2009). El sistema de cuentas económico-ambientales integradas, la medición de la sostenibilidad ambiental del desarrollo en Colombia. Memorias CISDA IV.
- Ress, W. & Wackernage, M. (1995). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Canada.

## LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL URBANA EN BARRANQUILLA. ESTUDIO DE CASO

**Amelia Escudero de Fonseca, MSc.**

Instituto de Desarrollo Sostenible  
Universidad del Norte

Este capítulo muestra resultados de la investigación del Modelo de Gestión Urbana Sostenible (MGUS); en especial algunos indicadores demográficos, sociales y ambientales por estratos, tales como participación en la fuerza laboral, tenencia de vivienda, seguridad percibida, acceso a parques y zonas verdes, entre otros. Igualmente, remite al lector al conocimiento de conceptos relacionados con la sostenibilidad e indicadores ampliamente utilizados en términos de la ciudad y su sostenibilidad, tales como indicadores de sustentación de ciudad, servicios de ciudad, y define las dimensiones contempladas en el proyecto en términos de sostenibilidad y calidad de vida.

## INTRODUCCIÓN

Este capítulo se enfoca a la parte ambiental de los desarrollos urbanos. Cabe aquí precisar que en el modelo MGUS, cuyo fin ulterior es el de intervenir en las variables del desarrollo urbano que respondan más eficazmente en hacerlo sostenible social, económica y ambiental-mente. En concordancia con la naturaleza del proyecto, nos propusimos evaluar macrovariables transectoriales que nos facilitan aprehender la relación del hombre con su urbe a fin de priorizar las más susceptibles a la intervención y que demostraran tener mayor influencia en el desarrollo urbano y, específicamente, en su sostenibilidad en los aspectos definidos antes. Con base en bibliografía previa a la formulación de la investigación (Brand, 2005; Fossaert & Giménez, 2001; Gómez, s. a.; Gómez & Soler, 2000; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, s. a.; Rodríguez, López, & Goicochea, 2009; Schteingart, 2000; Tojo, 2003) y en la experiencia de los investigadores, escogimos esas macrovariables y las agrupamos en tres categorías: 1. El espacio donde transcurre el desarrollo urbano. 2. El hombre y sus necesidades de crecimiento social para su propio bienestar y 3. El hombre como transformador de su entorno para su beneficio. Y el sitio seleccionado para la experiencia fue Barranquilla, ciudad que ha crecido a saltos y en la que se presentan deterioros ambientales e índices de desarrollo sostenible que deben mejorarse.

En este capítulo se revisan las distintas concepciones sobre desarrollo urbano a través del tiempo, la importancia de lo ambiental dentro del entorno urbano y el impacto del desarrollo sostenible en la calidad de vida en las urbes. Seguidamente se describen las variables de desarrollo sostenible en Colombia, los indicadores de calidad de vida urbana en el mundo y se enuncian los indicadores de gestión de ciudad, algunos de los cuales fueron explorados a través de la encuesta aplicada a los habitantes de Barranquilla, cuyos resultados son discutidos en otros capítulos de este libro. Finalmente se proporcionan datos locales para algunos de estos indicadores y se discuten los hallazgos de la encuesta MGUS con respecto a los siguientes aspectos: permanencia en el territorio y calidad del hábitat natural, hábitat construido y la vida urbana, vivienda y vida digna,

### **Desarrollo Urbano: *Concepto y evolución***

Un “desarrollo urbano” tiene lugar cuando se concreta el concurso de propósitos comunes que les permiten a quienes lo conforman delinear sus entornos para satisfacer los intereses que los mueven. En un principio, las urbes obedecían al arbitrio de quienes ostentaban el poder o los recursos para imponer los estilos de desarrollo, y el tejido urbano se complementaba con quienes prestaban sus servicios a esos desarrollos, pero desde distintas miradas, entre otras la histórica, no necesariamente todo desarrollo conllevaba a mejoría de indicadores (Bilbao, 2009). Con el tiempo, muchas zonas se urbanizaron obedeciendo a los recursos disponibles de quienes se movilizaban para ocupar un espacio. Hoy existe una serie de normas por cumplir que guían los lineamientos urbanos dentro de límites sociales, económicos y ambientales. Se

pueden apreciar los desarrollos que siguen estas normas y que están ocupados por personas con recursos económicos suficientes para mantener ese estilo de vida.

Existen otros desarrollos amontonados, no planificados, denominados “invasiones”, en los que las personas se agolpan en un territorio, aunque este no les ofrezca condiciones de habitabilidad adecuadas porque su concreción obedece a cumplir un determinado fin o es producto de huir de un mal mayor. Estos desarrollos urbanos, principalmente ocupados por personas de escasos recursos, se ubican alrededor de la fábrica donde quieren trabajar o del sitio donde hay una explotación que les pueda proveer su *modus vivendi* o en sitios despreciados por todos, ya que, de ordinario, tienen restricciones de habitabilidad.

Las invasiones son el producto de muchos factores, tales como: falta de autoridad y de recursos, o de interés, por parte de la sociedad de gobierno para evitar ubicaciones en sitios de riesgo de pérdida del territorio o de las viviendas; desconocimiento de esos riesgos para su habitabilidad por parte de las sociedades de gobierno y civil; falta de aplicación de las normas y procesos de control de riesgos por parte de las autoridades; intereses politiqueros que ofrecen vivienda a cambio de votos sin tener en cuenta los peligros inherentes a su ubicación; los nulos o escasos recursos económicos de quienes se agrupan en ese entorno porque lo perdieron todo o porque nunca lo han tenido o porque llegan a las grandes urbes atraídos por promesas de oportunidades laborales y de desarrollo humano pero sin activos económicos que les permita decidir dónde vivir y en qué condiciones hacerlo.

Sin embargo, en Barranquilla, las invasiones de los setenta ya evidenciaban organización en la ocupación del territorio porque las ocupaciones se realizaban en forma tal que permitieran que en el futuro, en ese sitio, fueran desarrolladas por otros, contando vías de comunicación que facilitasen el desplazamiento de bienes y servicios de sus ocupantes. El espacio se planificaba para un desarrollo organizado a cargo de otros porque quien lo ocupaba no tenía la intención ni podía aportar recursos para las obras de infraestructura, desde siempre asociadas a las necesidades mínimas de desarrollo humano que deben satisfacerse para hablar de calidad de vida de los habitantes.

Las colonizaciones de espacios urbanos, tanto las planificadas como las de invasión, no se presentan solamente en el continente sino también en las islas de los ríos y de los mares, en las rondas de los cuerpos de agua que por ley son de uso público y cuyas normas de utilización deben respetarse para desarrollos privados, sino aun dentro de los cuerpos de agua, como ocurre a las puertas de Barranquilla en los palafitos de la ciénaga de Mallorquín.

Cabe mencionar que los asentamientos originales de un territorio con frecuencia se realizan sin tener en cuenta la satisfacción de todas las necesidades, porque son de oportunidad, o se vuelven obsoletos a la luz de las nuevas tecnologías de comunicación o de servicios, que hoy en día prácticamente se consideran parte de la canasta familiar; los promotores de tales asen-

tamientos sí procuraban que las distancias entre las zonas de habitación y los sitios de trabajo fueran las menores posibles y que fueran pequeños los perímetros sanitarios y de servicios domiciliarios. Ello hizo pasar de los territorios de baja densidad de población a otros de alta densidad urbana: edificios habitacionales de muchos pisos. En Barranquilla, esta densificación se aceleró cuando las Empresas Publicas Municipales –en ese momento encargadas de los servicios de acueducto, alcantarillado, aseo y parques de la ciudad, bajo la administración del Dr. Devis Pereira– hacia finales de los setentas fijó el perímetro sanitario que la empresa podía atender ante el uso irracional del agua por parte de muchos ciudadanos, que caracterizó un largo periodo de la evolución de la ciudad.

Pero estos usos se hacían insuficientes en la medida en que las ciudades crecían; entonces se pasó al esquema de múltiples centros donde se concentraban trabajos y servicios rodeados de usuarios de esos o de otros centros de servicios, con el consiguiente desarrollo obligatorio de sistemas viales y de comunicación rápidos y eficientes para permitir interrelaciones entre todos los puntos de la ciudad.

Y como se intercalaron barrios residenciales de altos recursos económicos con otros de bajos recursos, se pusieron de moda conjuntos cerrados que no solo dividen espacialmente unos sectores de otros, sino que impiden contactos interestratos al estar equipados con sistemas de seguridad para proteger los bienes y servicios de esos habitantes privilegiados y aislarlos de sus vecinos.

### **Lo *ambiental* en el entorno urbano**

El desarrollo sostenible ha sido incorporado a los crecimientos urbanos en la medida en que el concepto tomó fuerza en sectores pudientes de la población, con lo que, en los países desarrollados principalmente, empezaron a exigirse bienes, procesos y servicios que respetasen el medioambiente, aunque estos fueran más costosos, y se privilegiaron para vivir zonas urbanas en las que se respetaran las normas ambientales, y más aún, en las que se cuidaran los recursos naturales y el ambiente, en las que el aire fuera más puro, estuvieran alejadas de la contaminación, incluyendo la sonora, y rodeadas de vegetación. Todos estos crecimientos fueron alentados por las Agendas 21 (Almeida García, Coll López & Brunet Estarellas, 2005) propuestas en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro de 1992.

Las iniciativas como “ciudades amables” y similares, que abundaron luego de Río de Janeiro 92, obligaron a los entes gubernamentales a dictar medidas de protección al ambiente en los ordenamientos territoriales; los cuales han evolucionado como consecuencia de la dinámica del tejido urbano. Por ejemplo, las nuevas tecnologías de comunicación, que permiten hacer trabajos de oficina en casa y enviarlos a ella sin necesidad de desplazamientos del trabajador, contactos vía computador para videoconferencias o conversaciones en tiempo real al tiempo entre habitantes ubicados en cualquier sitio del mundo, o el montaje en espacios virtuales de

documentos para acceso universal, o las compras en línea, inclusive ordenadas por el electrodoméstico, pueden llegar a hacer innecesarias, o por lo menos poco utilizadas, las vías de comunicación hogar - trabajo - comercio, y como beneficio marginal reducirán las emisiones contaminantes de las fuentes móviles al disminuirse su número.

Otro desafío para la urbe: las políticas de “cero residuos”, más fácilmente aplicables en poblaciones pequeñas y rurales, podrían llegar a incidir en el concepto urbanístico hasta hacer que se construyan o que se rehabiliten para permitir esa práctica los barrios como hoy los conocemos hacia un propósito común de reducir los desperdicios y de hacer una gestión adecuada e ideal de los residuos, lo que implica cambios tecnológicos, de materiales, de procesos y otros, además de acuerdos de voluntades sobre esos cambios de procesos, sobre nuevas modas de consumo, sobre actividades más amigables al ambiente.

### **Impacto del *desarrollo sostenible* en la calidad de vida en las urbes**

El cambio de paradigma que significa el desarrollo sostenible no parece ser la práctica común. Más bien encuentra mucha resistencia en las estructuras sociales actuales, que cada vez con mayor frecuencia adoptan el estilo de vida occidental del desperdicio, no cuidan suficientemente el ambiente, concentran mayor cantidad de residuos peligrosos en los hogares, en las oficinas, en todos los sitios de acción del ser humano, por ejemplo, actividades contrarias a esa sostenibilidad ambiental.

Esta resistencia al cambio se suma a otros factores que dificultan el desarrollo sostenible. Uno de ellos es el de la desigual distribución del agua dulce en el mundo y la proliferación de centros poblados sin acceso a este recurso; situación impensable, por cuanto antes era requisito para construir una ciudad la seguridad del acceso al agua dulce, indispensable para la vida. Las campañas de uso racional del agua y de gestión del recurso hídrico no han tenido la expansión suficiente para que puedan mitigarse los problemas de escasez del agua dulce.

El ascenso del nivel del mar, el cambio climático y otras consecuencias del calentamiento de la tierra que ya ha podido evidenciarse en la mayor frecuencia e intensidad de huracanes, inundaciones, terremotos y similares. Estos fenómenos han contribuido a alertar a unos y a proponer medidas de prevención para contrarrestar sus consecuencias. Sin embargo, para otros es un ciclo más de la naturaleza, que terminará con una glaciación como la que hubo hace muchos millones de años, y que, por consiguiente, hacen parecer inútiles todas las medidas de solución que proponen quienes quieren retardar los efectos del cambio climático.

La pérdida de biodiversidad, otra calamidad que afecta al ser humano en forma indirecta pero innegable, es también desestimada por muchos, quienes esperan que el hombre sea capaz de desarrollar oportuna, eficientemente y en masa productos sustitutivos de aquellos que derivamos de esas fuentes naturales, y no olvidar que cuando el desarrollo urbano se expande,

por lo general deteriora los alrededores; anula, al ocuparlas, zonas anteriormente dedicadas a albergar flora, en muchas ocasiones muy valiosas, y que, además, constituían una defensa de ese territorio ante las condiciones climáticas de lluvia, sol, aire. El suelo desprotegido quizá no sea adaptable a ese nuevo modelo de desarrollo urbano.

La pobreza se hace cada vez más generalizada a pesar de que se han acumulado diagnósticos, soluciones y recursos para reducirla. Los índices de desarrollo humano que incorporan dentro del índice de calidad de vida el producto interno bruto (PIB) del país por persona son una cortina de humo, por cuanto la riqueza está desigualmente distribuida en los sectores poblacionales y el hecho de que el país incremente sus recursos económicos y disminuya su población, catapultando su PIB por persona, no significa que esa mejora le llegue a los más pobres sino que, por el contrario, en muchos países estos ven cada vez más deteriorada su calidad de vida por el aumento de la brecha entre ellos y los ricos.

No podemos dejar de mencionar el consumo de drogas, prohibidas casi todas en todos los gobiernos por los efectos adversos que producen en la salud de las personas. Esta prohibición ha generado todo tipo de adictos: los que lo hacen por moda, creyendo que pueden liberarse de la misma en cualquier momento y no siempre lo logran; los que son inducidos por quienes tienen en el adicto una fuente de recursos fácil y permanente; los que buscan *ex profeso* estos consumos aunque conozcan las consecuencias nocivas para su salud o porque no creen que eso los afecte o porque voluntariamente están deteriorando su calidad de vida; los que lo hacen por rebeldía y caen en cualquiera de los otros grupos anteriores. Todos estos consumos son orquestados por quienes se dedican al tráfico de drogas, del cual han derivado poder y recursos económicos suficientes y cada vez más crecientes para mantenerse en ese negocio ilícito.

Los desplazamientos forzados, problema que afecta muchas regiones de nuestro país, de los cuales tenemos testimonio permanente en una ciudad como Barranquilla, puerto importante sobre el mar Caribe, que ha recibido oleadas de migrantes súbitas e imprevistas y la mayoría de las veces compuestas por personas de escasos recursos, pero a quienes la ciudad tiene que brindar bienes y servicios.

Estas migraciones, además del deterioro económico que producen a la ciudad, contribuyen a que se pierda la identidad del ciudadano. Muchos se consideran de paso en ella y, por consiguiente, no se comprometen con su desarrollo urbano, y los que se asentaron primero o están allí desde siempre se sienten invadidos, se aíslan de ellos, y muchas veces revelan su identidad a los recién llegados.

Una sociedad mayormente hospitalaria como Barranquilla logra reducir estos impactos; pero si se saturan los espacios urbanos primigenios, se irrespetan las costumbres tradicionales, se desplaza a los anfitriones, llega el momento en que sus habitantes se hacen cada vez más

egoístas, individualistas, temerosos del otro, no comprometidos con su ciudad y, en ocasiones, hasta consideran que no son merecedores de un entorno saludable.

A lo anterior se suman las influencias de entidades foráneas, multinacionales que eligen una región para desarrollar allí parte de sus productos por lo barato de la mano de obra pero sin que necesariamente participen en el progreso socioeconómico del sitio donde se asentaron. En relación con la sostenibilidad, en muchas ocasiones esta intervención extranjera cumple normas ambientales en sus procesos por exigencia de la casa matriz, lo cual favorece al territorio y a los recursos naturales.

### Variables de desarrollo sostenible en Colombia

Colombia definió en la Resolución 643 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) los indicadores que miden el desarrollo sostenible y que se aprecian en la tabla 1.

**Tabla 1.** Indicadores de desarrollo sostenible, Colombia

TEMA	INDICADOR
Para consolidar las acciones orientadas a la conservación del patrimonio natural.	Número de hectáreas en áreas protegidas con régimen especial.
	Tasa de deforestación.
	Incremento de cobertura vegetal.
Para disminuir el riesgo por desabastecimiento de agua.	Población en alto riesgo por desabastecimiento de agua.
	Índice de escasez.
Para racionalizar y optimizar el consumo de recursos naturales renovables.	Intensidad energética medida como la relación entre barriles equivalentes de petróleo y millones de pesos de PIB departamental (BEP/M\$PIB).
	Consumo de agua en los sectores productivos (industrial, comercial, agrícola y pecuario) medido como consumo de agua, en metros cúbicos, sobre producción o hectáreas.
	Residuos sólidos aprovechados, medidos en toneladas, sobre generación total de residuos.
	Residuos sólidos dispuestos adecuadamente, medidos en toneladas, sobre generación total de residuos.
Para generar empleos e ingresos por el uso sostenible de la biodiversidad y sistemas de producción sostenible.	Volumen de ventas, medido en millones de pesos, de las empresas dedicadas a mercados verdes.

TEMA	INDICADOR
Para reducir los efectos en la salud asociados a los problemas ambientales.	Tasa de morbimortalidad por infección respiratoria aguda, IRA.
	Tasa de morbimortalidad por enfermedad diarreica aguda, EDA.
	Tasa de morbimortalidad por dengue.
Para disminuir la población en riesgo asociado a fenómenos naturales.	Número de personas afectadas a causa de fenómenos naturales en el año.
	Pérdidas económicas a causa de fenómenos naturales al año, medidas en millones de pesos.

Esos indicadores del desarrollo sostenible y los ambientales, definidos en la misma resolución, no contemplan todos los problemas que hemos enunciado y que afectan la calidad de vida del ciudadano. Vale la pena rescatar que se privilegian el agua, la energía, la valorización de residuos, la protección contra riesgos por fenómenos naturales y la salud. Y es una priorización importante.

### Indicadores sobre la Calidad de Vida Urbana en el mundo

Por ejemplo, el Banco Mundial utiliza los indicadores en las tablas que se incluyen a continuación:

**Tabla 2. Indicadores de Servicios de Ciudad**

TEMA	PREGUNTAS	INDICADORES GLOBALES DE CIUDAD
1. SERVICIOS DE CIUDAD		
A. Educación	¿Hay suficientes maestros? ¿Están recibiendo los niños una buena educación básica (de primaria)? ¿Los habitantes saben leer y escribir? ¿Fomenta la ciudad el acceso a los libros y a la información?	a. Porcentaje de niños que completan educación primaria y secundaria: tasa de sobrevivencia b. Porcentaje de niños en edad escolar matriculados en escuelas, por género c. Proporción de estudiantes a maestros
B. Energía	¿Los habitantes tienen acceso a fuentes autorizadas de energía? ¿Es fiable el servicio? ¿Esta usando la ciudad demasiada energía? ¿Es sostenible el uso de energía de la ciudad?	a. Porcentaje de la población de la ciudad con servicio autorizado de energía b. Uso total eléctrico per cápita c. Cantidad y duración de interrupciones eléctricas al año, por cliente
C. Respuestas a incendios y emergencias	¿Están protegidos los habitantes contra incendios y otras emergencias?	a. ¿Cuántos bomberos por cada 100 000 habitantes? b. ¿Cuántas muertes relacionadas con incendios por cada 100 000 habitantes? c. Tiempo de respuesta del cuerpo de bomberos, desde la llamada inicial

TEMA	PREGUNTAS	INDICADORES GLOBALES DE CIUDAD
D. Salud	¿Es la ciudad saludable para vivir? ¿Hay acceso a servicios de salud? ¿ Están satisfechos los habitantes con sus vidas?	a. Mortalidad de menores de cinco años por 3 000 partos b. Inmunización contra enfermedades infantiles contagiosas (porcentaje de la población apta que ha sido inmunizada)
E. Recreación	¿Es activa la ciudad? ¿Hay suficientes lugares para la recreación de sus habitantes?	a. Metros cuadrados de espacio para recreación pública per cápita b. Inversión de capital de la ciudad en recreación pública como porcentaje del presupuesto total de la ciudad
F. Seguridad	¿Hay demasiada delincuencia? ¿La población se siente segura?	a. ¿Cuántos homicidios por cada 100 000 habitantes? b. ¿Cuántos agentes de policía por cada 100 000 habitantes? c. Tasa de delincuencia violenta por cada 100 000 habitantes
G. Servicios sociales	¿Hay mucha gente que requiere servicios sociales? ¿Hay refugios para personas sin hogar?	SECCIÓN EN DESARROLLO
H. Desechos sólidos	¿Es limpia la ciudad? ¿La ciudad genera mucho desecho sólido? ¿Se elimina de manera segura el desecho sólido de la ciudad?	a. Porcentaje de la ciudad con recolección fiable de desecho sólido b. Porcentaje de desecho sólido: usado como relleno sanitario; incinerado; botado en vertederos; reciclado u otro c. Generación total de desechos sólidos domésticos per cápita
I. Transporte	¿Cuán fácil es desplazarse en la ciudad por diferentes medios de transporte? ¿Hay buen acceso a la ciudad desde otros lugares del mundo? ¿Cuán extenso y seguro es el sistema de carreteras?	a. Km. de sistemas de transporte por cada 100 000 habitantes (separados por tipo: carretera/carril reservado para autobús: corredor ferroviario: pasajero/camino para bicicletas: camino para peatones) b. División entre los tipos de sistemas de transporte (porcentaje de viajeros que usan un medio de transporte aparte de su vehículo personal) c. ¿Cuántos viajes en transporte público por cada 100 000 habitantes? d. Capacidad de conexión de vuelos comerciales (cantidad de destinos de vuelos comerciales directos) e. Promedio de velocidad en autopistas principales durante horas pico f. Muertes relacionadas con el transporte por cada 100 000 habitantes
J. Aguas servidas	¿Hay recolección de aguas servidas? ¿Cuál es la calidad del tratamiento de aguas servidas? ¿Están afectando las aguas servidas a otros depósitos de agua?	a. Porcentaje de habitantes con servicio de recolección de aguas servidas b. Porcentaje de aguas servidas sin tratamiento/con tratamiento primario/secundario/terciario o avanzado c. Cantidad de días que la descarga no cumple con los estándares fijados por el Banco Mundial
K. Agua potable	¿Tienen acceso los habitantes a agua potable de buena calidad? ¿Es de buena calidad y fiable la fuente de agua potable? ¿Usa la ciudad mucha agua?	a. Porcentaje de habitantes con servicio de agua potable b. Cantidad de hogares - días al año que están bajo alertas de hervir el agua (cantidad de hogares afectados por cantidad de días). Como un porcentaje hogares-días totales c. Consumo doméstico de agua per cápita d. Incidencia de enfermedades transmitidas por el agua e. Cuántas interrupciones de servicio de agua potable por cada 100 000 hectáreas de área bajo servicio

**Tabla 3. Indicadores de Gestión de Ciudad**

TEMA	PREGUNTAS	INDICADORES GLOBALES DE CIUDAD
<b>2. GESTIÓN DE CIUDAD</b>		
A. Finanzas	¿Tienen la ciudad y su gobierno una economía próspera?	a. Proporción del pago de deudas (gastos en pagar deudas como porcentaje de los ingresos de fuente propia del municipio) b. Calificación (crediticia) de bonos c. Impuestos recaudados como un porcentaje de los impuestos cobrados d. Ingresos de fuente propia como un porcentaje de ingresos totales e. Gastos de capital como un porcentaje de gastos totales
B. Gobierno	El Gobierno, ¿es justo y actúa con transparencia? El Gobierno, ¿es eficiente?	a. Responsabilidad y transparencia (porcentaje del máximo puntaje) b. Porcentaje de mujeres / minorías en la fuerza laboral municipal de la ciudad en proporción a la composición de la población total de la ciudad
C. Planificación y desarrollo urbano	¿Tiene la ciudad áreas verdes y abiertas? ¿La población de la ciudad es densa? ¿Están en riesgo los habitantes? ¿Hay un equilibrio en la ciudad entre empleo y vivienda? ¿Es eficiente el proceso de otorgación de permisos?	a. Fecha más reciente de aprobación del plan maestro b. Área verde (hectáreas) por cada 100 000 habitantes c. Viviendas en áreas peligrosas d. Proporción de empleos a viviendas e. Porcentaje terrenos con títulos registrados

**Tabla 4. Indicadores de Sustentación de Ciudad**

TEMA	PREGUNTAS	INDICADORES GLOBALES DE CIUDAD
<b>3. SUSTENTACIÓN DE CIUDAD</b>		
A. Dedicación cívica	Los habitantes, ¿participan en el gobierno local?	a. Participación de votantes (como un porcentaje de votantes aptos) b. Participación de habitantes y cantidad de funcionarios locales elegidos al cargo por cada 100 000 habitantes c. ¿Cuántas organizaciones cívicas por cada 100 000 habitantes?

TEMA	PREGUNTAS	INDICADORES GLOBALES DE CIUDAD
B. Cultura	¿Es vibrante la actividad cultural de la ciudad? ¿Hay suficientes lugares de recreación?	a. ¿Cuántos establecimientos culturales por cada 100 000 habitantes?
		b. Gastos municipales en cultura como porcentaje del presupuesto total de la ciudad
C. Economía	¿Trabaja la gente? ¿Tiene la ciudad una economía próspera? ¿Hay inversión? ¿Cuán fácil es conducir negocios?	a. Producto per cápita de la ciudad
		b. Tasa de empleo, por edad y género
		c. Valor de construcción dividido por el valor calculado
D. Medioambiente	¿Contribuye la ciudad al cambio climático global? ¿Es limpio el aire?	a. Emisiones de gases de efecto invernadero medido en toneladas per cápita
		b. Cantidad de días con excedencias de PM 10
E. Refugio	¿Viven muchos habitantes en hogares de calidad inferior o no seguros? ¿Tiene la ciudad muchos barrios de economía informal? ¿Es asequible la vivienda?	a. Porcentaje de la población de la ciudad vivienda en barrios bajos
		b. Tamaño aéreo de barrios de economía informal como porcentaje de las superficie de la ciudad
		c. Proporción de precio de viviendas a ingreso
		d. Proporción de alquiler de viviendas a ingreso
F. Equidad social	¿Hay mucha pobreza? ¿Cuán equitativa es la distribución de riqueza? ¿Son asequibles las necesidades básicas? ¿Hay recursos para reproducir bienestar general?	a. Porcentaje de habitantes de la ciudad viviendo en pobreza
		b. Costo de necesidades básicas [ o Market Basket Measure (MBM)]
G. Bienestar subjetivo	¿Cuál es el valor subjetivo del bienestar en la población?	a. Índice de bienestar subjetivo
H. Tecnología innovación	¿Tiene la ciudad buen acceso a internet? ¿Hay buen servicio telefónico? ¿Es la ciudad un lugar creativo e innovador?	a. ¿Cuántas conexiones de Internet por cada 100 000 habitantes?
		b. ¿Cuántos teléfonos (teléfonos tradicionales y teléfonos celulares/móviles) por cada 100 000 habitantes?
		c. ¿Cuántas patentes registradas a habitantes o corporaciones de la ciudad en el año pasado por cada 100 000 habitantes?

Es muy posible que estos indicadores fueran la inspiración de los utilizados en los Observatorios Ambientales Urbanos (GCIF, s. a.) que existen en 9 ciudades, entre ellas Barranquilla. Desafortunadamente, la información no ha seguido siendo diligenciada en los formatos del caso. En la tabla siguiente se muestran algunos de los datos que figuran para Barranquilla.

**Tabla 5.** Algunos Indicadores para Barranquilla

TEMA/INDICADOR	AÑO	VALOR
Agua superficial		
Disponibilidad de agua per cápita (DAPC).	2001	508 l/hab./día
Carga contaminante por dbo ([demanda bioquímica de oxígeno] en las masas de agua [DBO]).	1993	513 t/día
Vertimientos no tratados (VNT).	1997, 2000	80.8 Mm <sup>3</sup> /año, 66.6 Mm <sup>3</sup> /año
Aire.		
Emisiones netas de gases azufrados a la atmósfera (ENGA).	1990	4138
Emisiones netas de óxidos de nitrógeno (ENON).	1990	1760
Emisiones netas de partículas (ENP).	1990	22446
Inversión en reducción de sustancias agotadoras capa ozono.	1994, 1998, 2000	7404 US/t785 S/t, 7455 US/t
Biodiversidad.		
Número de especies de flora inventariadas (NEFI).	2000	23 NEFI
Población.		
Morbilidad por enfermedad diarreica aguda (EDA [por consulta] MoEDA).	1999, 2000, 2001	6543 Moeda, 2805 Moeda, 3683 Moeda
Morbilidad por infección de piel.	1999, 2000, 2001	5382 Mopiel, 1838 Mopiel, 895 Mopiel
Morbilidad por infección respiratoria aguda (IRA [por consulta] MoIRA).	1999, 2000, 2001	18275 Moira, 8493 Moira, 7190 Moira
Muerte por accidentes de tránsito.	1996	121
Residuos sólidos.		
Tasa de reciclado y reutilización de residuos (TRRR).	2000	2496 t/año
Residuos peligrosos (hospitalarios).	1997	1150 t/mes
Suelo.		
Superficie de espacio público efectivo/habitante (SEPEH).	2001	0.87 m <sup>2</sup> /hab.
Superficie de zonas verdes/habitante (SZVPC).	2000	0.93 m <sup>2</sup> /hab.
Inversión en espacio público sobre el total de inversiones.	1998	29.8 %
Transporte.		
Densidad de la malla vial (DMV).	1997	2.2 km/km <sup>2</sup>
Edad promedio del parque automotor público (EPPrAP).	2000	8.4 años

## Acciones de la sociedad de gobierno por el Ambiente en Colombia

Los esfuerzos de la sociedad de gobierno a favor del ambiente se pueden apreciar en los planes de desarrollo, en relación con el análisis que hizo Tobasura Acuña (2006) en su documento “La política ambiental en los planes de desarrollo en Colombia 1990-2006, una visión crítica”. El autor menciona que ha habido entusiasmo, herramientas y recursos a favor del ambiente durante todos esos años, exceptuando el Gobierno de Uribe, durante el cual el ambiente perdió protagonismo.

En los planes de gobierno analizados en el documento de Tobasura se utilizaron instrumentos de regulación directa (también llamados de comando y control), administrativos, económicos, de educación, investigación e información con el fin de proteger el ambiente, pero privilegiando siempre los económicos.

Como instrumentos de regulación directa a favor del ambiente, basados en mecanismos de coerción-sanción, que son las formas de intervención más utilizadas por los gobiernos y la comunidad internacional, en los planes de desarrollo de Gaviria: “La Revolución Pacífica, 1990-1994”; Samper: “El Salto Social, 1994-1998”; y Pastrana: “Cambio para Construir la Paz, 1998-2002”, se expidieron normas de calidad, estándares de emisión, normas sobre productos y procesos productivos, mientras que en el de Uribe: “Hacia un Estado Comunitario, 2002-2006”, se definieron las áreas protegidas y se propusieron medidas de gestión de la biodiversidad, la bioseguridad y la biotecnología.

Como instrumentos administrativos y de planificación, constituidos principalmente por licencias y permisos para el uso de los recursos naturales, fueron utilizados en “La Revolución Pacífica”: los planes de ordenamiento territorial (POT), en los que se reorientaron los procesos de ocupación del territorio; en “El Salto Social”, a los POT se agregaron las licencias ambientales, los estudios de impacto ambiental (EIA), los diagnósticos ambientales de alternativas (DAA) y los permisos de aprovechamiento de los recursos naturales; en el del “Cambio para Construir la Paz” y en “Hacia un Estado Comunitario”, la descentralización y la planificación.

Como instrumentos económicos, que buscan crear incentivos por cuidar el ambiente o tasas e impuestos por deteriorarlo, fueron utilizados en “La Revolución Pacífica”: medidas económicas para financiar la gestión ambiental, política fiscal y de precios y mecanismos de financiación; en “El Salto Social”: producción limpia, tasas de uso y retributivas, incentivos económicos, inversiones; en el “Cambio para Construir la Paz”: tasas retributivas, licencias de explotación, exenciones por conservación, certificación de productos, norma ISO 14.000; en “Hacia un Estado Comunitario”: manejo integral del agua, mercados y “empleo verde”, servicios ambientales, ecoturismo.

Todos los planes de gobierno analizados buscaron fomentar la conciencia ambiental de la población, recurrir a su responsabilidad ética para evitar el deterioro de los recursos naturales e impartir conocimiento sobre temas ambientales a través de actividades en educación, información, investigación y asistencia técnica. Inclusive, se avanzó en ampliar la línea base ambiental, se acuñaron indicadores del estado ambiental de los recursos y se establecieron las cuentas ambientales; el único plan de gobierno en el que se hizo el menor esfuerzo ambiental fue en el del ex presidente Uribe Vélez.

Según este mismo autor, cabe indicar que los recursos económicos destinados a la protección de los recursos naturales ascendieron al 0,5 % del PIB, lo que puso a Colombia dentro de los estándares internacionales, es decir, durante más de 20 años, desde el Gobierno se han desplegado esfuerzos en procura de lograr el cuidado ambiental e intervenciones para forzarlo, pero también educación, convencimiento, información.

Con todo lo anterior pasemos ahora a conocer las variables sobre el ambiente que utilizamos en la encuesta que se realizó para el proyecto MGUS y más adelante, lo que sabemos sucede en Barranquilla y los resultados de la encuesta en estos temas.

En el proyecto MGUS, todas las variables tienen que ver con el desarrollo sostenible y algunas otras se refieren al ambiente, al hábitat. Las variables referidas al hábitat se relacionan con el espacio donde transcurre el desarrollo urbano, es decir, el territorio; con el hábitat natural y su incidencia en la vida humana y con el hábitat construido y la vida urbana, que se describen a continuación.

La PERMANENCIA DEL TERRITORIO es indispensable porque la urbe se construye sobre el suelo (aun los palafitos, puesto que también se anclan en lo firme, debajo del agua) y en algunos casos especiales, menos frecuentes, en los botes, casas rodantes, carpas. Respecto a la condición de estabilidad del suelo, es decir, los factores que pueden atentar contra la permanencia del suelo en el tiempo, son principalmente los siguientes:

- Pérdida por erosión o por deslizamientos o por hundimientos o fracturamiento.
- Pérdida por inundación.
- Pérdida por huracanes o tsunamis.
- Pérdida por medidas políticas o administrativas o subversivas.
- Pérdida por guerras, conflictos.

La CALIDAD DEL HÁBITAT NATURAL debe ser favorable a la vida humana, lo que implica evitar lo siguiente:



- Aire contaminado.
- Agua contaminada o insuficiente.
- Suelo contaminado o inestable.
- Biotas contaminada o insuficiente.

En relación con el HÁBITAT CONSTRUIDO Y LA VIDA URBANA, dado que el hombre ha hecho uso de su ingenio, de la tecnología y se ha proporcionado espacios, procesos, sistemas de los que deriva bienestar y que lo llevan a privilegiar unos sectores sobre otros cuando escoge un lugar para vivir, para trabajar, para divertirse, para medir la calidad de vida urbana según su hábitat construido, se consideraron los siguientes factores generales:

- Acceso a información y a la comunicación.
- Mobiliario urbano.
- Servicios públicos domiciliarios.
- Infraestructura.
- De transporte (marítimo, aéreo, fluvial y férreo).
- De servicios (salud, educación, acueducto, alcantarillado, aseo, energía, gas, telecomunicaciones, etc.).
- Para recreación y cultura.
- Internet.
- Redes económicas y de servicios.
- Aseguradoras.
- Manejo de los desplazados.
- Manejo de la población flotante.

Los relacionados con la VIVIENDA Y UNA VIDA DIGNA:

- Densidad poblacional.
- Hacinamiento.
- Servicios.
- Espacios para esparcimientos.
- Electrodomésticos.
- Transporte.

- Vías.
- Accidentalidad.
- Vehículos.
- Redes.
- Regulaciones.
- Interacción diferentes modos de transporte.
- Calidad de la vivienda.
- Oferta y demanda viviendas.
- Cercanía a centros de servicios y de alimentos.
- Facilidades para la movilidad desde la vivienda hasta los sitios de trabajo, estudio.

En el caso específico de Barranquilla se han evidenciado problemas para la PERMANENCIA DEL TERRITORIO y para la CALIDAD DEL HÁBITAT NATURAL de la ciudad, tales como los siguientes:

- DETERIORO DEL SUELO URBANO, debido, entre otros factores, a los siguientes: a. deslizamientos de laderas que han ocurrido en ciertos sectores de la ciudad y con una amenaza latente de deslave masivo en esa zona; fenómeno que viene siendo estudiado para evaluar los riesgos y tomar las medidas que eviten perjuicios futuros y paralelamente para poner en práctica medidas para paliar los problemas existentes. b. Como la ciudad se encuentra bordeada por el río y comunicada con el mar a través de la ciénaga de Mallorquín, tendrá problemas de inundación en las zonas bajas, que incrementarán los que ya hoy en día tienen lugar en ciertos sectores de La Playa, por ejemplo.
- DETERIORO DE LOS RECURSOS QUE LA CIUDAD DERIVA DEL RÍO MAGDALENA: Barranquilla utiliza el río Magdalena principalmente como fuente de agua, en su condición de receptor de residuos líquidos y para el tráfico fluvial y marítimo de embarcaciones mayores y menores, el cual es uno de los principales generadores de recursos económicos de la ciudad. Existe la amenaza de que el río se desvíe de su curso, como lo ha hecho en ocasiones anteriores, y deje de bañar la ciudad, sin que hasta el momento se estén siquiera allegando los conocimientos de ese fenómeno que permitan construir soluciones que impidan al río tomar como cauce principal una de sus madres viejas u otro cauce, lo cual ocasionaría un grave perjuicio a la ciudad.
- CONTAMINACIÓN: En la ciudad se encuentran suelos contaminados por entierros de residuos peligrosos de vieja data y otros en los cuales se realizan actividades que no solo deterioran el territorio sino que atentan contra la salud de los vecinos, como son los mismos botaderos de residuos peligrosos, entre ellos hospitalarios, el desguace



artesanal de muchos equipos sin ninguna medida de protección para el operario o para el entorno. También se contaminan los cuerpos de agua y la atmósfera con residuos líquidos, sólidos y gaseosos, subproductos de procesos que no cumplen las leyes ambientales. Y lo anterior repercute en la contaminación de la biota, además de los deterioros que esta sufre por procesos antrópicos.

- **DESESTABILIZACIÓN DEL SUELO POR CUENTA DE HURACANES.** El tajamar occidental del río Magdalena se ha visto afectado por coletazos de huracanes del Caribe. El “Joan” desestabilizó las rocas de los últimos tramos, por lo cual fue necesario reemplazarlas. Cabe indicar que para orientar el emplazamiento de las nuevas rocas se hizo un rediseño de los tajamares y las obras de rehabilitación obedecieron a ese diseño denominado de “equilibrio dinámico”. Cabe precisar que los coletazos de huracanes han afectado a sectores del municipio de Puerto Colombia, colindante con el de Barranquilla.
- **PÉRDIDA DEL SUELO POR MEDIDAS ADMINISTRATIVAS O POLÍTICAS.** La ciudad continúa en un litigio con el municipio de Puerto Colombia por los linderos del norte. Según los últimos fallos, Barranquilla ha visto disminuido su territorio en favor del de Puerto Colombia.
- **GUERRAS O CONFLICTOS.** La propiedad de muchos sectores de la ciudad, urbanos, de comercio, de industria ha cambiado y sus nuevos dueños son de ciudades distintas a Barranquilla. Esos cambios han venido acompañados de modificaciones de costumbres, de culturas.

Garantizar la permanencia del territorio, amenazado por deslizamientos, inundaciones o contaminación donde se ejecuten viviendas, infraestructura, inmobiliario urbano que le eviten daños a la gente, debería ser una premisa del Plan de Ordenamiento Territorial, una obligación para las autoridades gubernamentales al hacer cumplir lo establecido en ese instrumento de planificación y una contribución del particular al no establecerse en zonas de riesgo. Dada la evidencia de los deterioros ocurridos, ya deberían estarse delimitando las zonas en riesgo y tomando las medidas de adaptación para las zonas afectadas.

Las inundaciones del departamento del Atlántico en 2010, por colapso de los diques contra inundaciones y porque las cotas del río Magdalena en Calamar han sido superiores a todas las de los cincuenta años anteriores por una combinación del fenómeno de “la Niña” acentuado y de los efectos de una serie de obras de regulación ejecutadas río arriba, han puesto en evidencia la fragilidad de los territorios ganados a las aguas cuando no abundan los recursos económicos requeridos para su cuidado.

Todo lo anterior indica que uno de los elementos necesarios para la vida urbana: garantizar la estabilidad y la calidad del suelo para los asentamientos, no siempre cuenta con las herramientas que le permitan al ciudadano prevenir peligros para su salud por las contaminaciones

o evitar pérdidas económicas al comprar lotes o propiedades que puedan ser destruidas por cuenta de la inestabilidad del suelo, situación que, definitivamente, tiene que cambiar.

En relación con el HÁBITAT CONSTRUIDO Y LA VIDA URBANA, la situación no es muy halagüeña en varios aspectos, mientras en otros es privilegiada. Por ejemplo, son buenos los servicios públicos domiciliarios de agua, alcantarillado y gas, con buen servicio de telefonía celular en todos los niveles sociales, pero en muchos sitios de la ciudad son deficientes los de aseo y energía; la infraestructura vial no parece adecuarse a las necesidades urbanas, a pesar del nuevo sistema de transporte masivo Transmetro, o a la calidad de puerto marítimo y fluvial de la ciudad, que ha venido mejorando en los últimos años mediante inversiones importantes de dinero; los intentos de renovación urbana del Centro no han tenido el eco necesario, pero ha habido un despliegue impresionante de nuevas construcciones de vivienda en los estratos medio y alto, incluso en sitios de riesgo de inestabilidad del suelo; la Internet ha ido ganando terreno aun en los estratos bajos, pero hay altibajos en la oferta de recreación y cultura y las zonas verdes son marcadamente insuficientes.

Y sobre la VIVIENDA Y LA VIDA DIGNA puede hablarse de que en la ciudad, según la encuesta que hicimos para este proyecto, en varios estratos se encuentran personas con necesidades básicas insatisfechas (NBI); situación que se considera configurada cuando por lo menos se evidencia carencia en dos de las siguientes condiciones del hogar: material inadecuado de la vivienda, servicios básicos insuficientes, hacinamiento (más de tres personas por habitación), inasistencia escolar y alta dependencia económica. Las NBI se presentan en el estrato 1 por la combinación de hacinamiento (los encuestados informan 2,28 personas por cuarto, en promedio, pero en otra pregunta hablan de hasta 15 miembros en la vivienda); aproximadamente, el 27 % informó que su grado de escolaridad es primaria incompleta y el 85 % indicó que ha trabajado o que trabaja en el mercado informal, que los ingresos del hogar los derivan de su trabajo o de los ingresos familiares y que sus egresos mensuales son de \$263 000. En el estrato 2, los valores de la encuesta son los siguientes: hacinamiento (los encuestados informaron 1,29 personas por cuarto, en promedio, pero en otra pregunta hablaron de hasta 8 miembros en la vivienda, y en otra, de 5 hijos); inasistencia escolar (aproximadamente el 7 % no tiene ningún grado de escolaridad), y el 56 % informó que ha trabajado o que trabaja en el mercado informal, que los ingresos del hogar los derivan de su trabajo o de los ingresos familiares y que sus egresos mensuales son de \$898 000. En el estrato 4, los valores de la encuesta son los siguientes: hacinamiento (los encuestados informaron 0,92 personas por cuarto, en promedio, y 1,5 hijos, pero en otra pregunta hablaron de hasta 14 miembros en la vivienda); inasistencia escolar (aproximadamente el 8 % no tiene ningún grado de escolaridad), y un sorprendente 50% informó que ha trabajado o que trabaja en el mercado informal, que los ingresos del hogar los derivan de su trabajo o de los ingresos familiares y que sus egresos mensuales son de \$1 295 000.

En las NBI no se incluyen los alrededores de la vivienda, que como se aprecia más adelante, en muchos sitios no contribuyen a una buena calidad de vida.

La encuesta realizada durante el proyecto MGUS (“Encuesta realizada para el proyecto Modelo de Gestión Urbana Sostenible,” s. a.) revela lo siguiente:

Los habitantes de todos los estratos indicaron que se camina libremente en su barrio (100, 84, 71, 76 y 74 %, respectivamente, para los estratos 5, 4, 3, 2 y 1); que el 85 % de los ciudadanos y el 96 % de los del estrato 3 se sienten seguros en su barrio; que el aire que respiran es limpio (75 % de la ciudad y los estratos que se quejan son el 1 y el 2, solo con el 37 y el 30 %, respectivamente); que el suelo donde habitan es limpio: 96 %; que no hay contaminación visual: 82 %, pero sí la hay de carácter auditivo: 71 %; que cuentan con servicios públicos diarios; que tienen acceso a la Internet, en un 52 % para la ciudad y del 100, 58, 57, 32 y 14 % para los estratos 5 al 1; y en un muy alto porcentaje que se sienten cómodos en su vivienda, con excepción del estrato 1, en el que el 56 % se siente cómodo, aunque se tiene información de que habitan 6 personas por vivienda en el estrato 5 contra 15 en el estrato 1. Este último estrato informó que esa vivienda es su única opción (47 %), sentimiento que comparte el estrato 3 en un 33 %. Cabe resaltar que el 80 % de los habitantes de la ciudad tiene vivienda propia, incluso esto llega al 100 % en el estrato 5; además, el 98% de las viviendas cuenta con electricidad; el 99 % con agua potable; con alcantarillado, 100 % los estratos 5, 4 y 3, 97 % el estrato 2 y 45 % el estrato 1.

Esta sensación de bienestar contrasta con deterioros ambientales cercanos señalados por los consultados en la encuesta, tales como pozos abiertos: 13 %, estrato 1; aguas negras: 14 %, estrato 1; arroyos: todos los estratos, con excepción del 5; ruido, en todos los estratos, donde el mayor porcentaje es en el 2, con el 62 % y el promedio es 35 %; botaderos abiertos, 16 %, estrato 1. Y con problemas del suelo: erosión, solo lo reporta el estrato 1, en un 16 %; fractura del suelo, solo el estrato 1, con el 20 %; inundación, con el 28 % en el estrato 1 y el 6 % en el estrato 2. El 51% del estrato 1 reporta inundaciones en los últimos 10 años y todos indican que la temperatura ha subido en los últimos años: 98 % de la ciudad, valor jalonado por el 95% del estrato 3 y el 97% del estrato 1. Por otra parte, todos utilizan productos químicos peligrosos en el hogar.

En cuanto a la presencia de situaciones de deterioro social: en el 59 % de los barrios de la ciudad viven drogadictos, pero es más alto el grupo en el estrato 2, que registra 79%; el vandalismo se siente fuertemente en los estratos 1 y 2, 66 y 56%, para un total en la ciudad del 38%; el 50% de las pandillas reina en el estrato 1; el 29% en el estrato 2 y el total de la ciudad es del 23%; es marcada la ausencia de seguridad ciudadana: un 34% en la ciudad y 15, 32, 38, 47 y 40% en los estratos 5, 4, 3, 2 y 1, respectivamente.

El 82% de los encuestados indicó que no fueron informados de los riesgos por fenómenos naturales en los que se encontraba su vivienda.

El 85 % del estrato 5 ha cambiado de vivienda en los últimos 10 años en comparación con el 17% del estrato 1. En general, los habitantes en la ciudad han cambiado su vivienda en el 46% de los casos. Y mientras el 69 % del estrato 5 indicó que las características de su vivienda actual son mejores que las de las anteriores, solo el 22 % del estrato 1 dijo lo mismo. El porcentaje va disminuyendo en la medida que decrecen los estratos.

El 54 % del estrato 5 tiene electrodomésticos nuevos, en contraste con el 25, 48, 38 y 24 % de los otros estratos (4 al 1). El 92 % del estrato 5 tiene vehículo, en contraste con el 21, 38, 26 y 5 % de los estratos 4 al 1; todos, con excepción del estrato 1, indicaron que usarían el transporte colectivo para favorecer el ambiente: 62, 58, 91 y 71 %; es muy alto el convencimiento en el estrato 3 (91 %), pero solo el 12 % de los consultados eligió el bus porque todos, y con más fuerza en el estrato 3, eligieron la bicicleta como el medio de transporte de mayor beneficio para el ambiente, aun antes que andar a pie. Todos indicaron que ahorran agua: 97 %; que están preocupados por el manejo de las basuras, aun cuando solo el 44 % actúa para evitar que se disponga inadecuadamente; hay opiniones divididas sobre si participan o no en actividades relacionadas con el ambiente: el estrato 3 sí participa: 77 %; el 95 % respeta el ambiente, pero el estrato 5 es el de menor entusiasmo: muy de acuerdo, el 62 %; el 54 % ha participado en experiencias que integran el ambiente con la educación, respecto a lo cual el estrato 3 resulta el más entusiasta, con el 72 %.

En relación con el trabajo, el 85 % se encuentra satisfecho con el que tiene, aun el 65 % de los habitantes del estrato 1; y están buscando trabajo el 25 % del estrato 4 y el 28 % del estrato 1; el 56 % de la población ha trabajado de manera informal; porcentaje compuesto por el 31, 49, 67, 62 y 73 % de los estratos 5 a 1, respectivamente, lo cual indica que un 30 % es por falta de oportunidad en el mercado laboral formal y que el 13 % no está capacitado; el 56 % de los encuestados no tiene RUT(Registro Único Tributario). En cuanto a estudios, tiene nivel universitario el 38 % del estrato 5, lo cual contrasta con el 1 % del estrato 1.

Los recursos del hogar provienen de ingresos familiares en el 50 % de los casos; promedio que se desglosa para los estratos 5 al 1 en el 62, 66, 43, 32 y 48 %; solo el 10 % informó que acude a “paga diarios” cuando requiere de préstamos de dinero, valor que sube al 23 % en el estrato 1; el 47 % obtiene el dinero de los familiares, y solo el 20 % acude a los bancos; préstamos bancarios que van desde el 37 % del estrato 4 a solo el 2 % del estrato 1.

En relación con la salud, en general, la población se considera sana: el 88 % no sufre de afecciones respiratorias; el 63 % no se ha sentido triste; el 71 % no siente ansiedad; el 69 % no tiene dificultades para dormir, respecto a lo cual el porcentaje más alto le corresponde al estrato 4: 87 %; el 54 % no ha sufrido de ninguna de las enfermedades comunes en este clima en los últimos tres meses, con excepción de hipertensión arterial, 14 %; alergia, 10 %, y enfermedades respiratorias y gastrointestinal, 8 % cada una, y para sus familiares los porcentajes son similares; no tienen problemas de dependencia para su movilidad (93 %); no han presenciado

maltratos en su casa, 78 %; el 63 % no usa la fuerza para corregir a los niños; el 89 % denunciaría los abusos; el 95 % está satisfecho con su vida cotidiana. Sobre el número de hijos, este varía entre 1 hijo en el estrato 5 y 3,2 en el estrato 1, para un promedio general de todos los estratos de 1.92.

Sobre sus actividades recreativas, el 76 % ve televisión; al 30 % le gusta hablar, conversar; al 26 % leer; al 7 %, bailar, y el 43 % no practica deportes. En relación con el acceso a espacios para recreación, los porcentajes son del 77 % en los estratos 5 y 4; 81 % en el estrato 3 y solo del 30 y 33 % en los estratos 2 y 1. En cuanto a caminar, el 46 % de los habitantes camina por lo menos 25 cuadras por día; porcentaje compuesto por el 8 % del estrato 5; 46 % del estrato 4; 53 % del estrato 3; 59 % del estrato 2 y 63 % del estrato 1.

En lo que respecta al hábitat, las zonas verdes se encuentran lejos de las viviendas; distancia que se incrementa a medida que baja el estrato, hasta hacerlas inalcanzables en los estratos más bajos. En el estrato 5, las zonas verdes se ubican entre 4 y 5 cuadras a la redonda; a más de 5 cuadras en los estratos 4 y 3, y no existen en las cercanías, según los estratos 2 y 1; todos reconocen a los árboles como fuentes de oxígeno, 94 %; todos conocen los árboles más comunes en Barranquilla: 85 %; el conocimiento es mayor a medida que sube el estrato; el 51 % no tiene animales en su casa, pero los que los tienen se esmeran por su cuidado: 45 %, y los del estrato 5 controlan las deposiciones de sus animales cuando salen de casa: 23 %.

En general, la ciudad es incluyente: a todos les preocupa lo que les pase a sus vecinos: 88 %, pero al 35 % del estrato 2 no le preocupa, ni al 14 % del estrato 1; el 71% de los ciudadanos interactúan con sus vecinos, y el 96 % en el estrato 3.

Respecto a si los cambios que realizan los dirigentes públicos han beneficiado al ciudadano, los estratos 5, 2 y 1 están en desacuerdo (54, 59 y 57 %), mientras el estrato 4 está de acuerdo en un 69 % y el 4 en un 57 %. Sobre el conocimiento de las leyes aplicables al municipio, el 52 % dijo que las conoce, el 98 % que las cumple, el 58 % que conoce las leyes sobre el medioambiente, el 55 % que conoce a quienes tienen el encargo de proteger el medioambiente, el 46 % cree que lo hacen bien y el 79 % está en desacuerdo con el comercio de animales restringidos; el 75 % indicó que ha observado que se violan las normas de seguridad y el 87 % que las autoridades son indiferentes a esas violaciones, y el 94 % no pertenece a ninguna junta de acción comunal. El 54 % aseguró que las empresas de su entorno no cuidan el medioambiente.

La revisión de los resultados de la encuesta permite diferentes lecturas. Por un lado, se puede apreciar que el tema ambiental no es desconocido, que hay favorabilidad para cuidarlo, pero, por otro lado, existe, en general, una sensación de buen vivir a pesar de que el entorno esté deteriorado. Se percibe solidaridad, apertura hacia el otro, inclusión, aun movilización a favor de una buena causa, pero parecen faltar propuestas de cambio, de transformación para lograr una buena calidad de vida.

En relación con el fin último del modelo MGUS, podemos apreciar que ante las variables de permanencia del territorio, al ciudadano le compete estar informado, defenderse, no ponerse en situaciones de riesgo, no agravar el problema con acciones que lo deterioren, adaptarse, exigir que lo informen, conminar a la sociedad de gobierno a proporcionarle un ambiente sano. En las variables de calidad del hábitat natural, el ciudadano tiene plena responsabilidad: debe evitar la contaminación, la destrucción, propiciar inclusive las compensaciones ante los deterioros, y vigilar que todos, incluidas las autoridades, cumplamos nuestro cometido de defender los recursos naturales. Las variables relacionadas con el hábitat construido requieren del esfuerzo conjunto de la sociedad de gobierno-sociedad civil, de la colaboración público-privada para que el progreso se construya alrededor de la calidad de vida de los ciudadanos. Se requiere concretar ese deseo del bien del otro y del propio en lineamientos, directrices, participaciones de la sociedad civil que obliguen a la sociedad de gobierno a actuar en procura de un desarrollo urbano sostenible. Y en las relacionadas con la vivienda y una vida digna, el hombre tiene que ser protagonista, tiene que reconocerse como merecedor de un ambiente sano y actuar en consecuencia.

Por ello, garantizar la calidad de vida urbana, además de las normas, del conocimiento, de los recursos económicos que lo hagan viable, requiere del convencimiento por parte de todos los actores sociales de la necesidad de ella como eje implantador del desarrollo sostenible y de que ese convencimiento se traduzca en acciones que así lo fijen.

## REFERENCIAS

- Almeida García, F., Coll López, M. & Brunet Estarellas, P. J. (2005). Agenda 21: subsidiariedad y cooperación a favor del desarrollo territorial sostenible. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 39, 423-446.
- Bilbao Ramírez, J. (2009). Agua y mortalidad en Barranquilla 1920-1940, del imaginario social a la realidad empírica: una mirada desde la Historia y la Salud Pública; Water supply and mortality in Barranquilla 1920-1940, from social imaginary to an empirical reality: a glance throughout the history and Public Health. *Salud UNINORTE*, 25(1), 33-46.
- Brand, P. C. (2005). Estrategias ambientales, legitimación gubernamental y regulación social: exploraciones en cuatro ciudades colombianas. *Economía, sociedad y territorio*, 5(19), 499-534.
- Encuesta realizada para el proyecto Modelo de Gestión Urbana Sostenible. (s. a.).
- Fossaert, R. & Giménez, G. (2001). Las ciudades mundiales, ciudades del sistema mundial (World Cities, Cities in the World System). *Revista Mexicana de Sociología*, 63(4), 141-155. doi:10.2307/3541471.
- GCIF. (s. a.). Global City Indicators Facility. Retrieved from <http://www.cityindicators.org/Default.aspx>
- Gómez, A. (s. a.). El Territorio Urbano Regional de cara al nuevo milenio: Trayectorias y Perspectivas. *Bitácora Urbano-Territorial*, 1(4), 21-25.
- Gómez, J. A. & Soler, C. T. (2000). *Calidad de vida y praxis urbana: nuevas iniciativas de gestión ciudadana en la periferia social de Madrid*. Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (s. a.). Resolución 643 de 2004. Recuperado de [http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Resolucion643\\_20040602.htm](http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Resolucion643_20040602.htm)

- Rodríguez, L., López, E. & Goicochea, T. (2009). La necesidad de una correcta Gestión Ambiental Urbana para la localidad. *Desarrollo local sostenible*, 4.
- Schteingart, M. (2000). Aspectos conceptuales y metodológicos en estudios urbano-ambientales. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 233-252.
- Tobasura, I. (2006). La política ambiental en los planes de desarrollo en Colombia 1990-2006. Una visión crítica. *Luna Azul*, 22, 8-19.
- Tojo, J. F. (2003). Ciudades menos insostenibles. *Boletín CF+S*, 25.

## LA PARTICIPACIÓN COMUNITARIA/CIUDADANA Y SU RELACIÓN CON LA GESTIÓN Y EL DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE

**Luz Marina Alonso Palacio, MSc, MSP**

**Martha Peñuela Epalza, MSc**

**Maybelline Rojas, Md**

Departamento de Salud Pública, Grupo Proyecto UNI-Barranquilla

**Jorge Palacio Sañudo., PhD**

Departamento de Psicología, Grupo CIDHUN

Este capítulo se realizó con base en los resultados obtenidos del componente comunitario del proyecto de investigación MGUS (modelo de gestión urbano sostenible) y la revisión bibliográfica del marco legal nacional y algunos modelos de participación locales, nacionales e internacionales. El objetivo es describir el estado de la participación comunitaria en Barranquilla, factores sociales y personales que inciden en la misma y la percepción del riesgo ambiental –de acuerdo con los datos arrojados en el proyecto– y los retos que se perfilan para promover procesos de participación ciudadana expedita en la gestión urbana sostenible. Entre ellos están el compromiso institucional, el incremento del capital social como medio para fortalecer a mediano y largo plazo la participación comunitaria con un fuerte componente educativo, y el desarrollo de nuevas redes sociales, roles e interacciones con instituciones universitarias y del Gobierno. Se hace alusión a indicadores cuantitativos derivados del proceso de observación que se realizó durante el proyecto y a resultados complementarios derivados de técnicas cualitativas. Se analiza la participación comunitaria confrontada con la sostenibilidad urbana y con la situación presente de los riesgos que describe la comunidad en su diario vivir. Finalmente se proponen estrategias de participación ciudadana que ha de contemplar el modelo de gestión urbano sostenible.

## INTRODUCCIÓN

Participación, comunidad, participación comunitaria y participación ciudadana son los términos que intentaremos abordar en un primer momento de este capítulo, por lo que se presentarán los conceptos asociados a ellos en la literatura científica. Posteriormente se describirán las características del abordaje metodológico de la investigación y al final se presentarán los principales resultados y estrategias de participación comunitaria/ciudadana que involucre a los actores sociales como agentes claves para la gestión y desarrollo urbano sostenibles.

Entre algunos acervos de definiciones revisadas se entiende que la “participación” es propia y derivada de la supervivencia ante las adversidades sociales, que a la vez obliga a una continua dinámica para que la vida no se dé de una manera pasiva y tampoco la convivencia de “vivir por vivir”, “vivir sin trascendencia”, “vivir sin acción crítica ni perspectiva social”. También se han encontrado definiciones más amplias acerca de la participación: es una palabra derivada del latín *participare*, que está compuesta de la raíz *pars* (parte) y del derivado *capere* (tomar), o lo que se traduce etimológicamente como “tener parte” y “tomar parte” de algo (Real Academia de la Lengua, 2001). Igualmente existen otras definiciones derivadas de diccionarios y desde distintos escenarios disciplinarios.

Con respecto al concepto de “comunidad”, es importante destacar algunos análisis derivados de revisiones teóricas. En el campo de la sociología y la psicología social se ha abordado este concepto como un nivel de agregación social intermedia. Así, Gurtvich (citado en González, 1995) distinguió entre “masa”, “comunidad” y “comunió” (como formas de sociabilidad); es decir, que son formas de sociabilidad en las que el grado de fusión de los individuos se manifiesta como poco intenso, relativamente intenso y muy intenso. Otra escala como la de Siedman y Rappaport (igualmente citado en González, 1995) estableció las dimensiones individual, grupal, organizacional, institucional, comunitaria y social, indispensables en el trabajo comunitario. Este es reconocido como una entidad autónoma con propiedades específicas, respecto al cual se distinguen los siguientes niveles: individual, interpersonal, grupal, intergrupal, organizacional, comunitario, social e internacional.

En relación con el significado de “comunidad”, en 1887 Ferdinand Tönnies (citado en Álvaro, 2010) estableció una dicotomía entre sociedad y comunidad para explicar las relaciones que se establecían en el centro de la sociedad. Tönnies determina que la comunidad se caracteriza por las relaciones sociales que se instauran en ella que obedecen a una voluntad “natural”, son producto de vínculos naturales que abarcan la familia, las tradiciones, etc., a diferencia de la asociación, que es una agrupación que surge por voluntad deliberada a través de cualquier tipo de consenso. Llama la atención que Hillery (citado en Aguilar, 2001, p. 25) examinó en 1954 un total de 94 definiciones del término, y en 69 de ellas halló tres elementos esenciales: una localidad geográfica, unas relaciones y lazos comunes y la interacción social. Actualmente el concepto ha evolucionado, trascendiendo lo geográfico, a consecuencia de las nuevas

tecnologías de la comunicación, dando espacio a redes sociales en el ciberespacio, que en países como Bolivia y otros, han dado lugar a propuestas de ciudadanía virtual (León, Uribe & Gazahui, s. a.).

Las anteriores definiciones aportan gran cantidad de elementos acerca de las características básicas del concepto de comunidad, pero también aportan contradicciones y limitaciones al momento de operarlas desde el plano político y social.

Desde el ámbito de la gestión social, la participación comunitaria, según González (1995, p. 17), es concebida como

una forma de intervención social que les permite a los individuos reconocerse como actores que, al compartir una situación determinada, tienen la oportunidad de identificarse a partir de intereses, expectativas y demandas comunes y que están en capacidad de traducirlas en formas de actuación colectiva con una cierta autonomía frente a otros sectores sociales y políticos.

En este concepto se resaltan cuatro elementos característicos: uno es la **intervención**, que implica el acto de operar sobre algo; el segundo es el **autorreconocimiento** del individuo como sujeto capaz de modificar una situación determinada; el tercero es el **interés común**, y el cuarto la acción **colectiva** como método para llegar al fin.

La idea esencial de participación comunitaria, según explica Sanabria (2001), es la del PNUD (1996, p. 3), en la que “participar” se refiere a “que la gente intervenga estrechamente en los procesos económicos, sociales, culturales y políticos que afectan sus vidas”.

Bronfman y Gleizer (1994, p. 2) llaman la atención sobre la claridad que se debe tener en la manera de entender la participación comunitaria, en particular cuando se trabaja en el campo de la salud. Para ellos, la participación comunitaria implica, por un lado, distintas formas de hacer partícipe o incluir a la comunidad en la planificación de los programas sociales de salud y, por otro lado, las formas y niveles en los que se realiza esta participación, y en todas las situaciones se puede prestar bien a manipulaciones políticas o bien para impactar positivamente la salud de las personas.

En el primer punto se observan tres enfoques que están a favor de incluir la participación comunitaria en la intervención social:

- 1) la que privilegia en su argumentación los aspectos políticos y sociales de la participación, concibiéndola como una actividad necesaria por sus efectos democratizadores sobre la sociedad; 2) la que privilegia en su argumentación las consecuencias para la salud de la población, concibiendo la participación como una estrategia que brinda mayores posibilidades de éxito a los programas; y 3) la que bajo una argumentación de apoyo a la participación por sus

efectos en el nivel de la salud esconde una intención de manipulación en el nivel de lo social y lo político.

En el segundo punto se hace énfasis, más bien, en el impacto que la participación puede tener en la salud de las personas. Aquí se entendería la participación como una herramienta para la mayor y mejor penetración de los programas sociales y de salud.

Se observa que la participación comunitaria es un concepto antiguo –desde mediados del siglo pasado– al cual se le otorgó importancia en los procesos de desarrollo social y de intervención social en salud; es por ello que algunas instituciones educativas han venido promoviendo maestrías y doctorados en desarrollo social, salud pública, ciencias sociales, comunicación en salud, etc., con el objetivo de armonizar nuestras relaciones sociales, estado de salud, búsqueda de calidad de vida, para y con la comunidad. De estos retos han surgido muchos puntos comunes en las distintas disciplinas, como la psicología, la sociología, la comunicación, la economía, la ética, la política, la salud, entre otros, que buscan establecer consensos para el abordaje comunitario participativo, y que permita reconocernos unos a otros con nuestras potencialidades y, sobre todo, con nuestras voluntades.

En contraste con el concepto de participación comunitaria está el de “participación ciudadana”, hoy presente de manera transversal en los asuntos de planificación estratégica del desarrollo local en los países. González-Ballar (citado en Recabarren & Aubry, 2005) define la participación ciudadana como

un proceso gradual mediante el cual se integra el ciudadano en forma individual o participando en forma colectiva, en la toma de decisiones, la fiscalización, control y ejecución de las acciones en los asuntos públicos y privados que lo afectan, en lo político, económico, social y ambiental para permitirle su pleno desarrollo como ser humano y el de la comunidad en que se desenvuelve.

Para Espinoza, Uriel y Van De Velde (2006), la participación ciudadana es esencial para el logro del desarrollo humano sostenible, en tanto permite que el ciudadano o la ciudadana se integre de forma personal o colectiva en la toma de decisiones, en la fiscalización, en el control y en la ejecución de las acciones en los asuntos públicos.

Según la Constitución Política de Colombia (2001), la participación ciudadana se concibe como el deber y derecho de los ciudadanos de actuar en función de unos intereses sociales generales (salud, educación, medioambiente, entre otros) o colectivos (asociaciones de consumidores, gremios, sindicatos, etc.).

Una característica distintiva de la participación ciudadana que se identifica en las anteriores definiciones es la de ubicar la actuación en el campo de lo público; es decir, en asuntos de interés general y del bien común.

En Colombia, la participación ciudadana está regulada y normatizada a partir de la Carta Magna (artículos 40, 41, 45, 78, 79, 95, 103, 106, 270, 311, 318, 342 y 369) y la Ley Estatutaria 134 de 1994, que establecen los ámbitos, estructuras y mecanismos de participación. En materia ambiental, por ejemplo, el artículo 79 de la Constitución legitima tal participación y la Ley 134 de 1994 contempla la posibilidad de presentar proyectos normativos en materia ambiental a través del mecanismo de *iniciativa popular*. De otra parte, el *cabildo abierto* es otro mecanismo de participación que permite escuchar el sentir ciudadano en torno a problemas ambientales debatidos en los concejos municipales y juntas administradoras locales.

Tanto la participación comunitaria como la participación ciudadana se consideran fundamentales para la puesta en marcha de un programa de gestión urbana sostenible en Barranquilla. Tenemos datos dispersos y ambiguos sobre las características de esta participación, que son en ocasiones muy positivos y en otros muy negativos, por lo cual se hace necesaria una evaluación de dicho factor en el marco de esta investigación. Para esto se organizó una recolección de datos que trató de dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las características de la participación comunitaria en Barranquilla? ¿Qué factores sociales y personales inciden en la participación comunitaria de los ciudadanos de Barranquilla? ¿Cuál es la percepción que sobre la seguridad y los riesgos ambientales tienen los habitantes de la ciudad? Y ¿Cuál es la percepción que de la participación en gestión urbana tienen los entrevistados?

Los datos derivados de la encuesta MGUS (modelo de gestión urbano sostenible) muestran la dinámica comunitaria revelada en el comportamiento de variables relacionadas con la participación social, territorialidad y la estructura demográfica, que nos permiten un mejor reconocimiento del ciudadano y nuestras comunidades para la retroalimentación del modelo de gestión urbana sostenible.

## METODOLOGÍA

Se aplicó un enfoque mixto con una fase inicial de corte cuantitativo, seguido por una fase cualitativa con grupos focales y entrevistas abiertas.

**Sujetos:** En la investigación cuantitativa se trabajó con el número de sujetos referidos en el primer capítulo, incluidas personas de diferentes edades y sexo que fueron seleccionados en sus hogares de manera intencional en diversos sectores representativos de la ciudad.

**Instrumento:** Se aplicó un cuestionario general con preguntas abiertas y cerradas según el consenso del equipo interdisciplinario y con bases teóricas en función del desarrollo humano y lo que se espera de la calidad de vida. De este instrumento se tomaron las preguntas relacionadas con los datos sociodemográficos y la participación comunitaria.

Para el análisis de los datos se construyeron dos índices, que se describen a continuación:

- Participación comunitaria:
  - Buenas relaciones con la comunidad.
  - Participación en juntas.
  - Opinión sobre los dirigentes (confianza).
  - Solidaridad con vecinos (reciprocidad).
- Problemas sociales:
  - Cambio de vivienda en los últimos 10 años.
  - Seguridad en el barrio.
  - Número de problemas sociales en el barrio (drogadicción, vandalismo, etc.).
  - Sentimientos de tristeza.

## RESULTADOS

Las características principales de los sujetos se detallan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Distribución de los encuestados según datos demográficos (no se incluyeron registros con datos faltantes)

	Frecuencia	Porcentaje
Edad:		
<= 26 años	211	17.8
27-42	432	36.3
43-58	347	29.1
59 +	199	16.7
Sexo:		
Femenino	759	59.7
Masculino	513	40.3
Estrato:		
1	386	32.7
2	258	21.8
3	260	22.1
4	199	16.8
5	57	4.8
6	19	1.7
Tiempo de residencia en la vivienda (en meses):		
<= 152	207	16.9
153 - 385	442	36.1
386 - 619	380	31.1
620+	193	15.8

En general, las relaciones con la comunidad son buenas para la mayoría (tabla 2), así como la solidaridad (tabla 5), pero la participación en algún tipo de junta es muy baja (tabla 3) y la confianza en los dirigentes políticos es baja o muy baja para el 45 % de los encuestados (tabla 4).

**Tabla 2.** Relaciones con la comunidad

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Malas relaciones con la comunidad	95	8.1
	Buenas relaciones con la comunidad	302	25.6
	Muy buenas relaciones con la comunidad	781	66.3

**Tabla 3.** Participación en juntas

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Sí	45	3,5
	No	1267	96,5

**Tabla 4.** Confianza en los dirigentes políticos

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Muy poca confianza	186	16
	Poca confianza	409	35
	Con confianza	365	31.2
	Con mucha confianza	208	17.8

**Tabla 5.** Solidaridad con vecinos

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Muy baja solidaridad	39	3.3
	Baja solidaridad	188	16.0
	Solidario	375	31.8
	Muy solidario	576	48.9

Para el cálculo de la categoría de participación comunitaria se generó un puntaje para ser aplicado en el análisis. La participación se clasificó en cuatro categorías: muy baja, baja, alta y muy alta (tablas 6 y 7).



**Tabla 6.** Participación comunitaria

Media		16,50
Mediana		17,00
Moda		20
Desv. típ.		2,672
Percentil 1	25	15,00
Percentil 2	50	17,00
Percentil 3	75	19,00

**Nota:** se cuantificó la escala para dar un valor con juicio de expertos.

**Tabla 7.** Categorización de la participación comunitaria

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Muy baja	163	13.85
	Baja	405	34.17
	Alta	421	35.52
	Muy alta	196	16.5

A partir de esta categorización se analizó la participación de acuerdo con las variables socio-demográficas sexo, edad, número de hijos y estrato socio-económico (tabla 8).

La participación comunitaria se examinó también según el cambio de vivienda en los últimos 10 años, la percepción de inseguridad en el barrio, de existencia de problemas sociales (drogadicción, vandalismo, etc.) y según sentimientos de tristeza (tabla 9).

**Tabla 8.** Participación comunitaria y su relación con variables sociodemográficas (sexo, edad, ingresos y número de hijos de los sujetos y estrato)

Participación comunitaria vs. Género					
	N	Media	D.Est	t	Sigma (bilateral)
Masculino	430	16,49	2,638	-,084	,986
Femenino	754	16,51	2,691		
Participación comunitaria vs. edad					
<= 26	211	16,45	2,528	12,611	,000
27 - 42	430	16,00	2,746		
43 - 58	341	16,69	2,587		
59+	199	17,34	2,589		
Participación comunitaria vs. número de hijos					
<= 0	173	16,84	2,651	2,820	,038
1 - 2	422	16,66	2,685		
3 - 4	291	16,49	2,797		
5+	124	15,98	2,697		
Participación comunitaria vs. estrato					
1	386	15,65	2,437	16,722	,000
2	258	16,51	2,988		
3	260	17,07	2,813		
4	199	17,44	2,039		
5	57	15,96	2,204		
6	11	16,73	2,687		

Como se observa en la tabla anterior, la participación comunitaria de los ciudadanos de Barranquilla no se cambia por el género de los sujetos, pero sí se incrementa a medida que las personas se hacen mayores y cuando viven en un estrato más alto. Otro factor asociado con un aumento significativo en la participación comunitaria es la percepción de seguridad en el barrio (tabla 9).

Por otro lado, lo que tiende a reducir de manera significativa la participación comunitaria es el aumento en el número de hijos, el cambio de vivienda, la presencia de problemas sociales en el barrio (drogadictos, pandillas, etc.). Se observa también una tendencia: los sentimientos de tristeza también reducen la participación comunitaria, pero no de forma determinante (tabla 9).



**Tabla 9.** Participación en relación con cambio en la vivienda, percepción de seguridad, existencia de problemas sociales en el barrio y sentimientos de tristeza

Participación comunitaria y cambio de vivienda en los últimos 10 años					
	N	Media	D.Est	t	Sigma (bilateral)
Sí	846	16,78	2,629	33,421	,000
No	339	15,80	2,654		
Participación comunitaria y seguridad en el barrio					
Muy inseguro	116	15,46	2,486	38,525	,000
Inseguro	204	15,75	2,524		
Seguro	339	16,00	2,457		
Muy seguro	516	17,41	2,621		
Participación comunitaria y problemas sociales en el barrio					
Muy bajo	447	16,55	2,547	9,629	,000
Medio bajo	200	15,91	2,692		
Medio alto	148	15,49	2,694		
Muy alto	141	15,58	2,441		
Participación comunitaria y sentimientos de tristeza					
Muy triste	140	16,21	2,925	2,293	,076
Triste	265	16,24	2,402		
Poco triste	532	16,66	2,650		
Muy poco triste	238	16,66	2,821		

Con respecto a la percepción del riesgo ambiental urbano, se creó una escala de valoración que midió los componentes de riesgo ambiental frente al agua, suelo (riesgo de erosión, deslizamiento, fracturamiento, inundación), aire y contaminación visual y auditiva. Las tres últimas se midieron a través de preguntas directas. Se calculó el puntaje total de la percepción del riesgo PTPR global, el cual se definió cuando la persona objeto del estudio percibe riesgo mayor o igual a cuatro de los componentes evaluados: agua, aire, suelo, visual y auditivo; se obtuvo un puntaje entre 5 y 6 puntos. El puntaje medio se dio cuando alcanza un total de 7 a 8 puntos, y el bajo cuando no se identifica riesgo o solo se identifica uno, teniendo un resultado de 9 a 10 puntos.

Todos los encuestados identificaron al menos un riesgo ambiental, y el más importante fue la contaminación auditiva; el 87% identificó entre 1 y 2 dos elementos de riesgo ambiental. Solo una persona evaluada percibió los 5 elementos evaluados. No se presentaron diferencias significativas en la percepción del riesgo ambiental por género, edad y estrato socioeconómico.

## Resultados de las entrevistas y grupos focales

Se crearon categorías de análisis de acuerdo con las respuestas de los entrevistados, resumidas en la tabla siguiente.

**Tabla 10.** Categorías encontradas en grupos focales comunitarios y/o entrevistas abiertas individuales

Grupo focal y/o entrevistas individuales	Categoría 1 Problema principal	Categoría 2 Quejas secundarias	Categoría 3 Quejas terciarias	Categoría 4 Sentir ante la Participación y gestión
Grupo focal con todas las edades en la Localidad Suroccidente	Inseguridad robos, falta de policía.	Humos, malos olores derivados de industrias sin control.	Agua que corre por la calle y factores de riesgo potenciales para caídas.	Sienten que participan, hacen recomendaciones pero luego no ven los resultados en la gestión distrital.
Grupo focal con adultos mayores en la Localidad Suroccidente	Soledad	Personas conviviendo con ellos que tienen problemas de deficiencia en el desarrollo y potencializan el riesgo de depresión y de salud en los adultos mayores "Adultos mayores cuidando personas con discapacidad".	"Personas adultas mayores que no tienen para satisfacer sus necesidades básicas, y se encontró adultos que solo toman un café negro".	"Grupos de personas que desean desarrollar actividades de participación social con productividad y no encuentran oportunidad". En relación con quejas, los lugares relacionados con estas no tienen la capacidad en recursos humanos ni personal de asesoría para la atención oportuna.
Grupo focal conformado con adultos (Localidad Riomar)	Contaminación ambiental y mala utilización del espacio público.	Apertura de gasolineras de manera innecesaria en muchos puntos de la ciudad, robando el espacio público y afectando el ambiente.	Irresponsabilidad de las instancias de vigilancia y control distrital, corrupción.	Sienten desesperanza ante la falta de voluntad política para tomar medidas y sancionar a los responsables, ante la presentación de quejas y reclamos. Son conscientes de que se requiere mejor organización y participación de la comunidad para velar por el ambiente urbano.

Frente a esta situación es difícil que un modelo de gestión urbano sostenible pueda funcionar adecuadamente en una ciudad que presenta una baja participación ciudadana. Es necesario que las situaciones que generan una baja participación se reduzcan o se controlen mediante acciones educativas con un componente de comunicación social diseñado desde la misma dinámica y sentir comunitarios a partir de modelos propuestos por equipos de investigaciones (Grupo Eureka, Grupo Proyecto UNI) de la Universidad del Norte como el denominado y referenciado por Mendoza (2012) en relación con la conciencia salubrista que involucra aspectos desde la educación en términos de distintas dimensiones, entre otras, la participación comunitaria y gestión en función del bien común. Estas acciones tienen un gran componente

de salud pública, pero también de otras áreas del saber, como la psicología, la geografía, el ambiente, y deben ser a la vez ordenadas, planificadas y mancomunadas.

Las acciones de salud pública y de los currículos relacionadas con ciencias sociales y ambientales con un fuerte trabajo en comunicación se pueden orientar a mejoras integradas de estrategias de intervención con un verdadero valor de aprecio comunitario (sin entrar en las mismas contradicciones que aquellas acciones de promoción y prevención encontradas en algunos barrios de la ciudad de Barranquilla), y sobre los resultados de inseguridad manifestados por los ciudadanos en distintos grupos focales.

Los esfuerzos por el trabajo comunitario muestran una brecha entre lo que está dado a partir de la normatividad y lo que se percibe en la cotidianidad de la población estudiada, pues está inmersa en las contradicciones que se presentan entre la misma organización social de los sujetos y los servicios, como la salud que esta provee, entre otros. Es claro que las comunidades dicen que ven afectados sus derechos fundamentales del goce de una buena salud con ambientes potencialmente riesgosos. Se encuentran dilemas entre la misma comunidad que están presentes en sus gestos y discursos respecto de lo que significa su derecho a participar: “Lo digo aquí, pero no quiero que se sepa porque me da miedo que se tomen represalias contra mí”; por ello, las instituciones educativas y formadores de comunidades deben trabajar este asunto. ¿Es la participación comunitaria siempre conveniente para algunas prácticas sociales, y hasta qué punto se puede dar? Con base en esos paradigmas dubitativos, la participación social presentará obstáculos, y una buena solución ante esto sería el trabajo interactivo con instituciones universitarias en beneficio de un modelo de gestión urbano sostenible (Alonso, Palacio y cols., 2009).

Nos acogemos a la idea que pueden participar en comunidad agentes ajenos a la comunidad, tales como universidades, empresas, organizaciones sociales, organizaciones ambientales: en nuestro caso, el Instituto de Desarrollo Sostenible (IDS), para así lograr integraciones entre la Universidad-Sociedad-Ambiente (Alonso, 2000) y un trabajo de promoción de salud más efectivo, como el relacionado con la formación de conciencia ambiental y salubrista; e igualmente mejorar la calidad de vida relacionada con la salud teniendo en cuenta el desarrollo humano y el concepto de sostenibilidad y los diferentes gradientes de sensibilización y participación de las comunidades (Palacio & Alonso, 2010; Vergara, Palacio, Alonso, Rojas, 2010; Peñuela, 2010).

En la década de los años cincuenta se comenzó a aplicar esta idea de participación, como desarrollo de las comunidades o promoción rural, para introducir nuevas tecnologías y mejorar la calidad de la vida. La meta que tuvieron los programas de participación era organizar y movilizar a las comunidades para ir en pro de objetivos determinados fuera de ella, en la medida en que las mismas comunidades acogerían las ideas, las innovaciones y las prioridades sugeridas por profesionales de la salud y del desarrollo. Actualmente, el reto es acerca de un modelo sostenible en el accionar comunitario, de tal manera que se desarrollen actitudes, ap-

titudes para su conservación; esto amerita la formación de capital social con un componente educativo y con buenas líneas comunicacionales a fin de que se genere la verdadera formación de la conciencia entre individuos autónomos del cuidado de su salud y de su comunidad con compromiso de gestión comunitaria enfocada a lo urbano.

En las tres últimas décadas aún no se han logrado los resultados esperados en participación social comunitaria. Hay necesidad de que la comunidad participe activamente en todo lo que se le proponga; aquí la bioética social es determinante para el logro de objetivos. El concepto de participación comunitaria sufrió un cambio hacia participación social, lo cual significa que todos los actores sociales de una comunidad toman parte en las deliberaciones y decisiones sobre cualquier problema que afecta a la comunidad, incluyendo las decisiones sobre necesidades y prioridades, la asunción de las responsabilidades y obligaciones para la formulación de planes y adopción de medidas y evaluación de los resultados. (Hawe, Degeling & Hall, 1994).

Se busca que la participación social quede establecida como cultura, es decir, en cuanto a que fundamenta las formas de relación, producción, creación y reproducción de la sociedad, y sea a todo nivel interiorizada por individuos y actores sociales.

En la Universidad del Norte hay experiencias interesantes de participación social y movilización intersectorial, adelantadas por la División de Ciencias de la Salud y por el Programa de Comunicación Social y el programa de psicología, con buenos resultados. Estas experiencias se han dado en programas en parcería como el Proyecto UNI-Barranquilla (*Una Nueva Iniciativa en la formación de profesionales de la salud*), entre otros proyectos, el cual convocó las voluntades y acción conjunta entre las comunidades del suroccidente de Barranquilla, los servicios de salud y los programas de Medicina y Enfermería de la Universidad del Norte alrededor de problemáticas de salud y sus factores condicionantes durante el periodo 1994-1999 (Barceló & Cervantes, 2004). Otra experiencia exitosa fue la relacionada con la salud reproductiva en el departamento del Atlántico por el equipo de investigadores del Programa de Comunicación Social. Asimismo, hay experiencias de construcción colectiva de la agenda pública como la *Agenda Común por Barranquilla* en el año 2004-2005, con participación de la academia, las empresas, la sociedad civil y las distintas dependencias del gobierno local, pero que quedaron encajonadas en los escritorios de las autoridades administrativas del momento.

No obstante, las anteriores experiencias brindan esperanzas de que se puede lograr la apropiación de un modelo de gestión urbano sostenible con participación ciudadana que pueda transformar la urbe en un horizonte de sostenibilidad.

## MOVILIZACIÓN SOCIAL Y SOSTENIBILIDAD URBANA: EL PAPEL DE LA EDUCACIÓN

La sostenibilidad implica adaptación y mantenimiento de nuevas ideas, proyectos, programas, estrategias y formas de hacer las cosas, el ejercicio permanente de evaluar los riesgos y beneficios de las acciones, innovaciones o intervenciones dirigidas a generar mayor comodidad, bajo el razonamiento de que cualquier “innovación” o “nuevo proyecto”, aun cuando persiga un fin bueno, conlleva un riesgo potencial para la sostenibilidad y, por tanto, debe ser considerado y evaluado (Irigoyen, 1989). Un ejemplo en materia ambiental es: *Si uso platos desechables, no tendría que lavar (fin bueno), pero... genero más basura (riesgo) y contamina el ambiente (consecuencia).*

La movilización social, esto es, la acción de dinamizar o poner en movimiento a los distintos actores sociales en función de un fin común, es un prerequisite para la sostenibilidad urbana. Esta última lleva implícita la connotación de calidad de vida en la urbe, en armonía con el desarrollo sostenible, y como tal se constituye en una empresa compleja que requiere de la participación activa y la cogestión de todos y cada una de los actores que cohabitan en la urbe.

Para llevar al plano real una acción social en función en la sostenibilidad urbana se requiere el cumplimiento de las siguientes condiciones: 1) que la comunidad haya incorporado la visión del desarrollo sostenible como algo que le pertenece y no como algo externo a ella; 2) el reconocimiento de que el desarrollo sostenible va a impactar positivamente su bienestar en todas las dimensiones (física, emocional, espiritual, social); 3) la construcción del valor ciudadano de responsabilidad con las generaciones futuras; 4) el autorreconocimiento de las propias fortalezas y debilidades; 5) la apertura hacia una visión de futuro y 6) Un plan continuo de comunicación enfocado a necesidades comunitarias relacionadas con el valor de las ciudades.

Las transformaciones del colectivo urbano precisan del cambio de paradigmas, actitudes, comportamientos, así como de los aprendizajes y reaprendizajes en cada uno de los sujetos o personas que hacen parte de él, como entes bio-psicosociales. De otra parte, la acción a que da lugar la movilización social se produce en el presente y es impulsada por el análisis y evaluación que la sociedad y las comunidades hacen entre hechos pasados y un futuro deseable. El análisis del pasado permite conocer la historia, de la cual se gana experiencia y se aprenden lecciones para no repetir los errores en el presente. La visión de futuro permite construir escenarios deseados que requieren de la prospectiva, pero que se construyen día tras día.

La **educación** es una de las estrategias claves para incentivar la movilización social y fomentar la sensibilidad ante el compromiso ciudadano por la sostenibilidad ambiental. Los resultados de la encuesta y grupos focales del proyecto MGUS corroboran la presencia de múltiples problemas urbanos que ponen en riesgo el desarrollo urbano sostenible y afectan la calidad de vida. Se observó también el arraigamiento de una sensación de desesperanza ante la proble-

mática. En consecuencia, ante los problemas y amenazas presentes para la sostenibilidad urbana, acrecentados por la inequidades sociales, la educación, hoy más que nunca, está llamada a buscar el equilibrio entre la *gnosis* (conocimiento) y la *sofia* (principios, valores, virtudes). En este sentido se constituyen en objetivos de la educación para la sostenibilidad ambiental desplegar conocimientos, habilidades y actitudes favorables al desarrollo urbano sostenible, fomentar la equidad y la justicia social, y aflorar o potenciar las virtudes de fe en el presente y esperanza en el futuro, seguir aprovechando iniciativas de investigaciones consolidadas en las universidades y mencionadas anteriormente es un buen camino (Peñuela, 2010).

La educación orientada al desarrollo urbano sostenible ha de darse de manera continua durante el ciclo vital del individuo, en los distintos ámbitos y niveles de aprendizaje. Asimismo, requiere de la participación de la familia en el cumplimiento de su rol educador, y particularmente en la formación de valores, fomento de las virtudes de fe y esperanza conducentes a la construcción de la conciencia ciudadana, la sensibilidad del sujeto ante los problemas urbanos y la responsabilidad de asumir el rol de agente de cambio social y a la integración con nuevo modelos educativos que ameritan un componente de comunicación social que se ajuste a las nuevas realidades investigadas (Peñuela, 2010).

Entre las competencias genéricas que se deben fomentar desde la educación a lo largo de la vida consideramos claves las siguientes:

- **Competencias ciudadanas** para la movilización comunitaria en la gestión urbana sostenible necesarias en los currículos de educación primaria y superior.
- **Planeación:** Este proceso debe implicar a todos los actores sociales que de una forma u otra puedan aportar con suficiencia a distintas estrategias previamente trabajadas; en el caso de salud, podría ser a partir de metodologías ASIS.
- **Monitoreo y evaluación:** Esto requiere el montaje de sistemas de vigilancia de la dinámica comunitaria; hay experiencias exitosas en otros países en cuanto a monitoreo de variables que afectan la salud y el desarrollo comunitarios.
- **Trabajo en equipo:** Es necesario un reaprendizaje de lo que significa el trabajo en equipo, donde todos intervengan y tengan una cultura de lo que desean cambiar, mantener o mejorar. Es importante el rol de las instituciones en los apoyos que les puedan dar a fin de que se reconozca el liderazgo de los equipos mediante uso de escalas específicas que puedan medir su cohesión, el apoyo del monitor, expresividad, independencia, orientación práctica, autoexploración, ira y agresión, el orden y la organización, el control del monitor, la innovación (escala ambiente de un grupo) (Hawe, Degeling & Hall, 1994, p. 78).



- **Comunicación:** Los sistemas y modelos comunicativos son importantes para el trabajo comunitario con el aprovechamiento de personal en formación en salud y comunicación.
- **Organización comunitaria:** Esta implica combinar de manera óptima las actividades, los recursos técnicos y materiales entre los grupos comunitarios en pro de objetivos comúnmente propuestos. Para ello se precisa del diseño de una estructura flexible, de relaciones horizontales que estimulen la sinergia de la organización. Además exige el planteamiento de normas y reglas de juego claras y la asignación de responsabilidades entre los distintos grupos, teniendo en cuenta que compartan intereses comunes (Peñuela, 1995).
- **Procesos de sistematización:** Es necesario este proceso en el que se reconstruyen a partir de lo sucedido experiencias comunitarias y posturas para mejorar el trabajo. El uso de las redes sociales, *blogs*, *twitter* y otras opciones de las TICs son un buen medio para sistematizar experiencias.

## REFERENCIAS

- Aguilar Ibáñez, M. (2001). *La participación comunitaria en salud: ¿mito o realidad?* España: Editorial Díaz Santos.
- Alonso, L. (2000). Universidad, sociedad y ambiente. *Salud Uninorte*, 15 (1), 36-39.
- Álvaro, D. (2010). Los conceptos de comunidad y sociedad de Ferdinand Tonnies. *Papeles del CEIC*, 1 (52), 2-22.
- Barceló, R. & Cervantes, J. (2004). *UNI-Barranquilla. Un compromiso social*. Barranquilla: Ediciones Uninorte.
- Bronfman, M & Gleizer, M. (1994). Participación comunitaria: ¿necesidad, excusa o estrategia? O de qué hablamos cuando hablamos de participación comunitaria. *Cad. Saúde Pública*, 10 (1), 111-112. Obtenido de <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X1994000100012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1994000100012&lng=en&nrm=iso)> doi: 10.1590/S0102-311X1994000100012.
- Espinoza, L., Uriel R. & Van De Velde, H. (2006). Participación Ciudadana. Texto de referencia y de consulta. Programa de Especialización en Gestión del Desarrollo Comunitario. Módulo 7. CURN/CICAP. Estelí (Nicaragua). Obtenido de <http://america.volensarchive.org/IMG/pdf/71ParticipacionCiudadana.pdf>.
- Gómez, V. (2000). *Cuatro temas críticos de la educación superior en Colombia*. Editorial Alfa-Omega-ASCUN-Universidad de Colombia.
- González, E. (1995). *Manual sobre participación y organización para la gestión local*. Cali: Foro Nacional por Colombia.
- Hawe, P., Degeling, D. & Hall, J. (1994). *Evaluación en promoción de la salud. Guía para trabajadores de la salud*. Barcelona: Masson.
- Irigoyen, J. (1989). *Acción comunitaria: mecanismos para la participación social*. Libro de ponencias de las IV Jornadas de Salud Pública y Administración Sanitaria y II Jornadas de Salud del Mediterráneo. Granada: Ed. Escuela Andaluza de Salud Pública.

- León, R., Uribe, J. & Gazahui, R. *Ciudadanía Virtual*. Obtenido de [http://www.ciudadaniavirtual.ceresbo-livia.org/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=37&Itemid=236](http://www.ciudadaniavirtual.ceresbo-livia.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=37&Itemid=236).
- Mendoza, A. (2012). Propuesta educativa para desarrollar conciencia salubrista. *UnNorte*, p.3.
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (1993a). *La Participación Social en el Desarrollo de la Salud*. (Serie Desarrollo y Fortalecimiento de los Sistemas Locales de Salud, 26). Washington, D.C.: OPS.
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (1984). *Participación de la comunidad en la salud y desarrollo de las Américas. Análisis de estudio de casos seleccionados*. (Publicación Científica, 473). Washington, D.C.: OPS.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (1998). *Promoción de la salud. Glosario*. Traducción y adaptación del documento original en inglés. Ginebra: OPS.
- Palacio, J. & Alonso, L. (2010). Calidad de vida, Salud-Educación en la ciudad de hoy. En ENCUENTROS AMBIENTALES 2010, ponencia del Encuentro Ambiental, Ciudades Sostenibles III, 21 de octubre de 2010. Instituto de Desarrollo Sostenible, Universidad del Norte, Barranquilla (Colombia).
- Peñuela, M. (1995). Modelo de Participación Social para las comunidades del Sur-Occidente de Barranquilla. *Boletín Proyecto UNI-Barranquilla*, 2(2), 1-8.
- Peñuela, M. (2010). Movilización Comunitaria y Sostenibilidad Urbana. El Papel de la Educación. En ENCUENTROS AMBIENTALES 2010, ponencia del Encuentro Ambiental, Ciudades Sostenibles III, 21 de octubre de 2010. Instituto de Desarrollo Sostenible, Universidad del Norte, Barranquilla (Colombia).
- PNUD. (1996). *Investigación sobre el desarrollo humano en Cuba 1996*. La Habana: Caguayo.
- Real Academia Española (2001). *Diccionario de la lengua española* (22ª ed.).
- Recabarren, L. & Aubry, M. (2005). Participación social y ciudadana. Informe Especial. Instituto Libertad. *Ideas para Chile*, 16 (135), 2-3.
- República de Colombia. *Constitución Política de Colombia 1991*.
- Sanabria Ramos, G. (2001). Participación social y comunitaria: Reflexiones. *Rev Cubana Salud Pública*, 27(2), 89-95.
- Secretaría Técnica Universidad del Norte-Alcaldía de Barranquilla (2005). *Agenda común para Barranquilla (2020)*.
- Vergara Durán, R. A., Alonso Palacio, L. M., Palacio Sañudo, J. E., & Rojas Solano, M. (2009). El desarrollo humano y la calidad de vida integrados en un Modelo de Gestión Urbana para Barranquilla (Colombia). *Revista Salud Uninorte*, 25(2), 374-390.
- WHO/HPR/HEP/98.1. Subdirección General de Epidemiología, Promoción y Educación para la Salud.

# MODELOS TERMoeCONÓMICOS PARA EL DISEÑO DE EDIFICACIONES SOSTENIBLES Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

**Lesme Corredor Martínez, Ph D.**  
**Hernando Gómez Hoyos, Ing.**

Departamento de Ingeniería Mecánica  
Grupo de Investigación UREMA (Uso Racional de la Energía y Medio Ambiente)  
Universidad del Norte

Este capítulo describe algunos indicadores de los sectores de la construcción y el transporte; en relación con estos indicadores se presenta su estado actual y tendencias en el desarrollo de sistemas de transporte y construcción más eficientes. Desde el punto de vista energético, se evalúan las etapas de ciclo de vida de productos, con el fin de presentar los fundamentos de la termoeconomía, la cual se muestra como herramienta para apoyar el uso racional de los recursos y, por lo tanto, reducir el impacto negativo en el entorno urbano del mal uso de estos.

## INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción y el transporte contribuyen en gran proporción al consumo de recursos naturales. Este consumo es el causante de los problemas ambientales, principalmente por la quema de combustibles fósiles, pero también por el uso del agua y la tierra para la fabricación de bienes y servicios; esto, aunado al crecimiento de la población y de los ingresos, se convierten en factores determinantes en el establecimiento de políticas y medidas encaminadas a buscar un desarrollo sostenible.

En este documento se muestran algunos de los indicadores de cada uno de los sectores mencionados, teniendo en cuenta su estado actual y tendencias en el desarrollo de sistemas de transporte y construcción más eficientes. Asimismo, se exponen las ideas principales para el análisis del ciclo de vida de productos y se evalúan, desde el punto de vista energético, los requerimientos de las etapas de mayor contribución, como son fabricación de componentes y operación.

Se exponen algunos casos comparativos que dan luces acerca de las ventajas de este enfoque de diseño que ha ganado relevancia y aplicación en las metodologías encaminadas a apoyar la toma de decisiones en una época que demanda un mayor compromiso en el aspecto ambiental.

Por último se exponen los principios fundamentales de la termoeconomía como herramienta de análisis que integra las ventajas de los principios termodinámicos y la microeconomía para determinar la opción más asequible teniendo en cuenta las restricciones técnicas y financieras asociadas al ejercicio de diseño de ingeniería y apoyar así el uso racional de los recursos.

### Impacto de la construcción y el transporte y su ciclo de vida

En Colombia, la construcción y el transporte contribuyen en un 40% del consumo de energía eléctrica y 36 % del consumo total de energía primaria. Ambos sectores son estratégicos dado que aportan alojamiento, trabajo y movilidad, y cualquier política orientada al mejoramiento de su sostenibilidad trae consigo cambios en las prácticas y reducción de sus impactos sobre el ambiente.

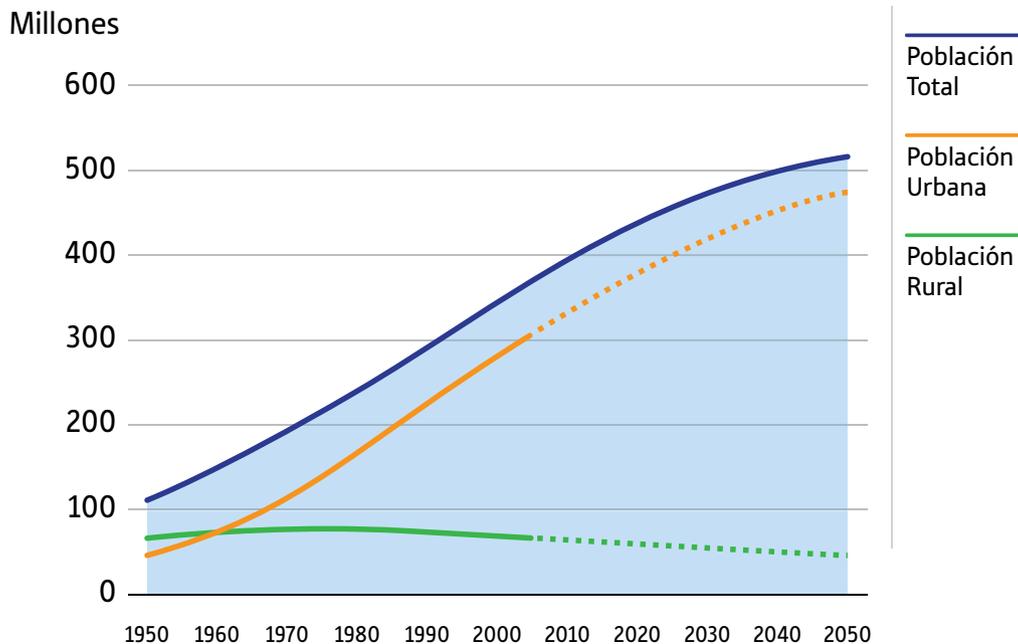
#### ▪ Construcción

Por su parte, indicadores del sector de la construcción muestran que en el mundo las edificaciones contabilizan un 40 % de la energía consumida y las emisiones resultantes son sustancialmente mayores que las del sector transporte (WBCSD, World Business Council for Sustainable Development, s. a.), en Estados Unidos cerca del 40 % de la energía primaria y un 70 % de la energía eléctrica (Torcellini, Pless, Deru & Crawley, 2006) es consumida por las edificaciones.

Se calcula que el uso de energía en el sector continúa incrementándose, debido a que cuando aparecen las nuevas construcciones aún no han sido retiradas las viejas, (WBCSD, s. a.). Por ejemplo, en el sector comercial se calcula que el consumo de electricidad se duplicó entre 1980 y 2000, y se espera que se incremente en un 50 % en 2025. Se estima que este comportamiento prevalecerá hasta que las edificaciones puedan ser diseñadas de tal forma que lleguen a producir la suficiente energía que permita compensar esta demanda creciente (Torcellini et al., 2006).

Por otro lado, en entornos tropicales como los del sureste asiático, donde la temperatura y la humedad son elevadas, cerca del 50 % de la energía para operar la edificación se consume en climatización (Saidur, 2009); en zonas con temperaturas más elevadas como Arabia Saudita se han evidenciado comportamientos similares (Al-Rabghi & Hittle, 2001). En otras latitudes, por ejemplo en Brasil, estudios han mostrado que el 42 % de la energía eléctrica se consume en la operación de las edificaciones.

Con respecto al crecimiento de la construcción, en Colombia, por ejemplo, aunque en la segunda mitad de 1990 hasta principios de 2000 la actividad experimentó una recesión importante (Saldarriaga, s. a.), a partir de esa fecha entró en un proceso de recuperación. En el mundo el comportamiento es similar debido a la migración de la población rural a las ciudades (Burdett & Nowak, 2008), el incremento del poder adquisitivo u otras causas relacionadas.



Fuente: Burdett y Nowak (2008).

**Figura 1.** Crecimiento de la población en 5 ciudades suramericanas

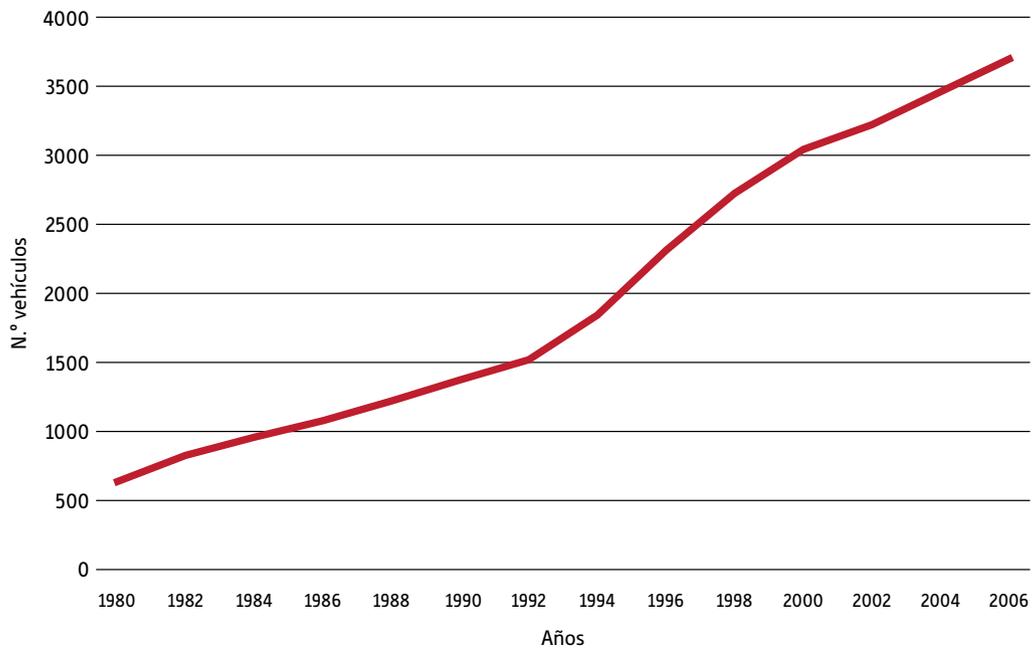
En síntesis, el consumo de energía de este sector está determinado por el tamaño de la población, el área por persona requerida para habitar y la intensidad de energía de la edificación medida en kWh/m<sup>2</sup>-año (WBCSD, s. a.). Con respecto al impacto de la población, se han consultado investigaciones que muestran que incrementos de la población urbana de un 1 % causa incrementos en el consumo de energía de 2,2 % (Santamouris et al., 2001).

Por su parte, la intensidad energética se ve afectada por: i) las tecnologías disponibles, es decir, la eficiencia de los equipos eléctricos para operar la edificación, entre los que se pueden mencionar: electrodomésticos, iluminación, sistemas de acondicionamiento de aire; ii) el diseño de las edificaciones: ya que una edificación convencional consume hasta 7 veces la de una de alta eficiencia (Kibert, 2007); iii) el nivel de ingresos: ya que mayores ingresos implica un mayor deseo de confort tanto en el espacio requerido como en uso de servicios.

Otro factor que afecta la intensidad energética es el clima, que, a su vez, se ve afectado por la deforestación urbana que genera un calentamiento local conocido como fenómeno de “isla de calor”. Es por ello que en las ciudades la temperatura ambiente puede estar entre 1-3 °C por encima de la experimentada en la periferia (US EPA, United States Environmental Protection Agency, s. a.), lo que produce un incremento en la intensidad de la energía de las construcciones producto del aumento en la capacidad requerida por los equipos de aire acondicionado; se ha encontrado que por cada 1,8 °C (1° F) en el aumento de la temperatura local, el consumo de energía puede estar entre el 0,5 y el 3 % (Santamouris et al., 2001).

#### ▪ Transporte

Por otro lado, según datos del Ministerio de Transporte, el parque automotor colombiano ha venido evolucionando a un ritmo creciente desde la década de los setenta (295 mil vehículos) hasta los noventa (1,381 millones de vehículos), con una tasa de incremento anual de 8.9 % entre los años setenta y ochenta y de 6.3 % entre las décadas de los ochenta y noventa. Hace 5 años el Ministerio de Transporte reportaba una total de 2,6 millones de vehículos, excluyendo vehículos de dos y tres ruedas, lo que representa un incremento del 85 % con respecto a la cantidad de vehículos registrados en 1990; hoy en día el parque automotor llega a los 6 millones de vehículos, de los cuales casi 2 millones son automóviles y 2.6 millones son motocicletas (Ministerio de Transporte de Colombia, s. a.).

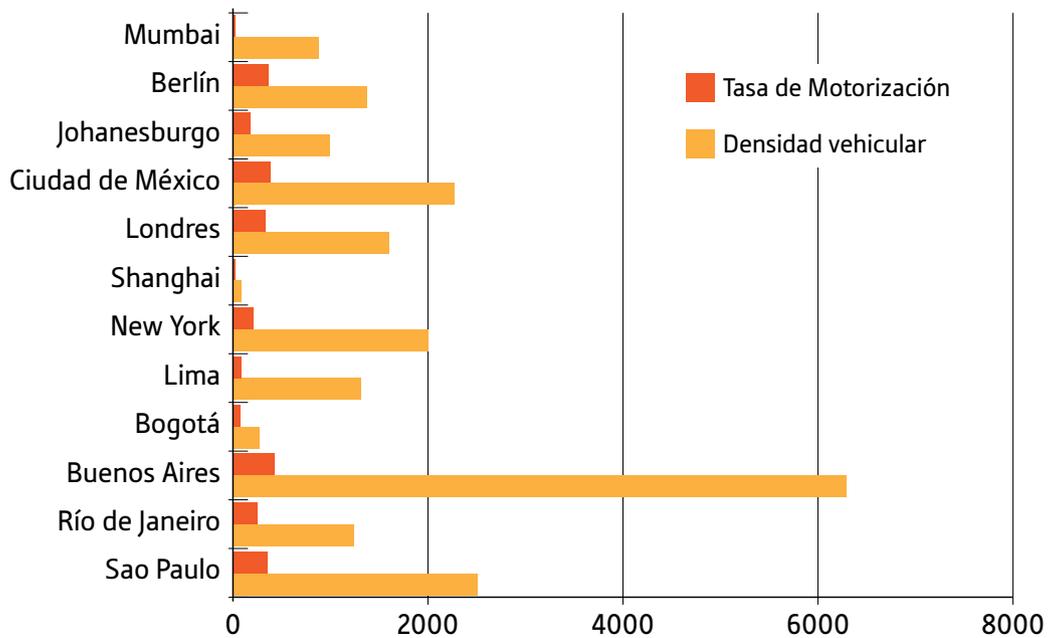


Fuente: Ministerio de Transporte de Colombia (s. a.).

**Figura 2.** Crecimiento del parque automotor nacional a abril de 2005

Asimismo, la tasa de motorización en 1985 inició con 18 vehículos por cada 1000 habitantes, en 1993 subió a 37 vehículos por cada 1000 habitantes y en 2004 llegó a un nivel de aproximadamente 81 vehículos por cada 1000 habitantes; se estima que en la actualidad la cifra supera las 133 unidades por cada 1000 habitantes (44 de cada 1000 habitantes tienen automóviles y 59 de cada mil poseen motos). Y aunque la introducción de nuevos vehículos ha sido evidente en los últimos años, la mayor parte de estos tienen una vida superior a los 15 años, tiempo durante el cual es alta la proporción que utiliza combustibles de baja calidad como el ACPM, mientras otro tanto ha migrado hacia la conversión a gas natural: un combustible más “limpio”.

Por su parte, en Europa, las tasas de motorización están en el orden de los 350 veh./1000 hab., así como en algunas otras ciudades de Suramérica, tal y como se observa en el siguiente gráfico.



Fuente: Burdett y Nowak (2008).

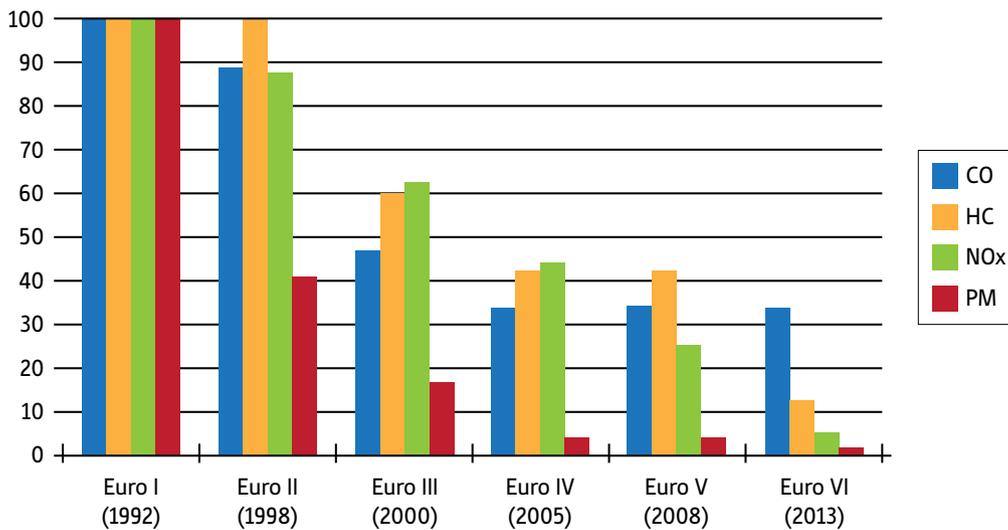
**Figura 3.** Tasa de motorización (n.º veh./1000 hab.) y densidad vehicular (n.º veh./km²) en diferentes ciudades del mundo

## TENDENCIAS EN LA REDUCCIÓN DE INTENSIDADES DE CONSUMO

Ahora, en los dos sectores arriba señalados, la tendencia mundial es a la reducción significativa de energía durante su ciclo de vida tanto en su construcción como en su operación, lo que mejora el impacto sobre el ambiente; asimismo, mediante el reciclaje y reuso de los materiales como estrategia se busca compensar los efectos del aumento de la población, de su poder adquisitivo y el límite en la disponibilidad de recursos.

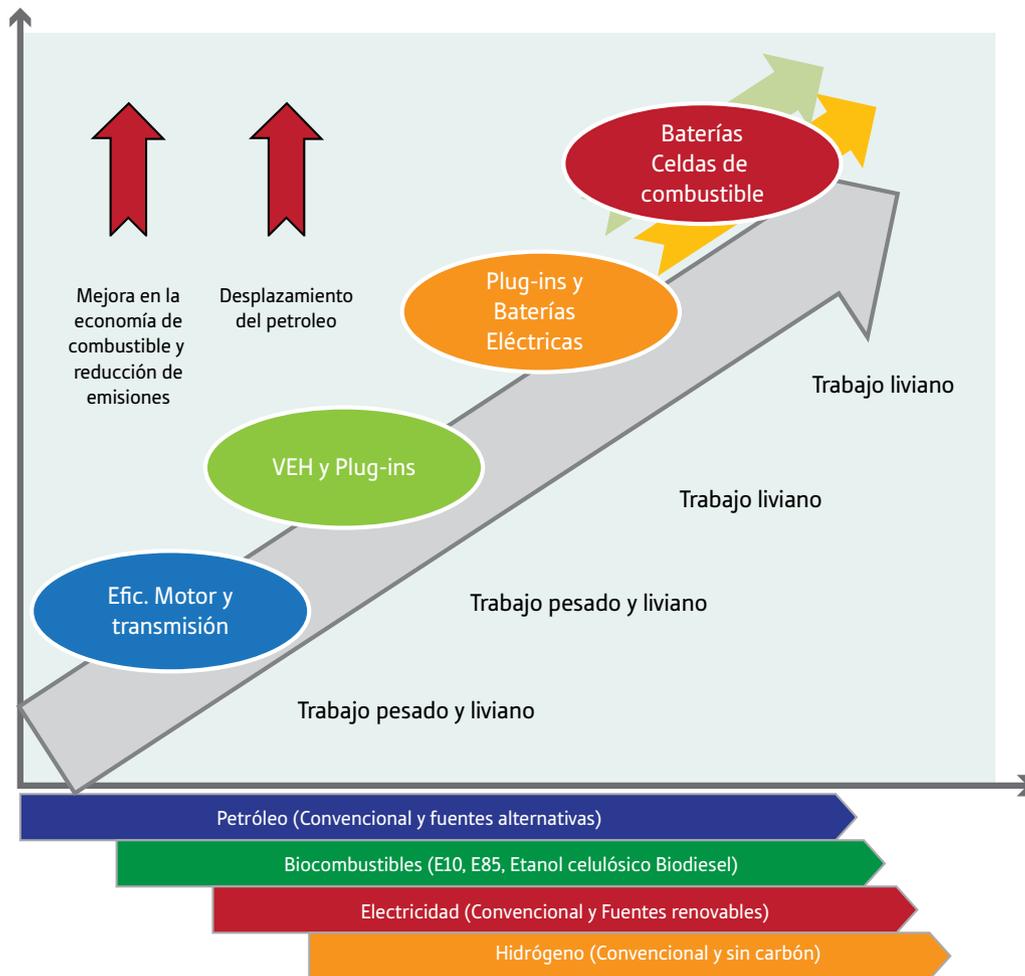
Países europeos y norteamericanos se han dado a la tarea de reducir los indicadores mediante la introducción de nuevas tecnologías. En el sector de la construcción, por ejemplo, el uso de materiales, equipos de mejor desempeño y el retorno a la aplicación de la arquitectura bioclimática en el diseño de las edificaciones han permitido pasar de consumir alrededor de 300 kWh/m<sup>2</sup>-año (Kibert, 2007) a casi 25 kWh/m<sup>2</sup>-año (Passivhaus Institut, s. a.) medidos en términos de energía primaria. Las tendencias ecológicas en la construcción de edificaciones, tales como las corrientes High Tech, Low Tech, el humanismo ecológico y el minimalismo ecológico, han aparecido en los últimos años a partir de la Cumbre de Río (Gauzin-Muller, 2001). También las edificaciones verdes y las de cero consumo, que implican el uso de energías renovables, ecomateriales y equipos de acondicionamiento de aire de bajo consumo, han contribuido a lograr estos nuevos estándares.

Por su parte, los automotores con tecnologías de reducción de emisiones han logrado bajar el nivel de gases entre un 70 y 90 % en contaminantes como CO, HC, NOx y material particulado (MP) mediante la introducción de sistemas de control como los convertidores catalíticos y recirculación de gases de escape (EGR) y el uso de biocombustibles como el biodiésel, el etanol y metanol. Con respecto al consumo, la introducción de vehículos con sistemas de accionamiento de mayor eficiencia, como las tecnologías híbridas y las celdas de combustible, han logrado llegar hasta consumos de hasta 50 MPG (80 km/gal) en los híbridos y 100 MPG (1600 km/gal) en los eléctricos, teniendo como referencia que un vehículo familiar a gasolina puede recorrer el orden de 25 MPG (40 km/gal). El peso también es un factor dominante que ha sufrido cambios en los últimos años, sobre todo por el incremento en la participación de materiales más livianos en su fabricación, como los polímeros y metales como el aluminio.



Fuente: Burdett y Nowak (2008).

**Figura 4.** Evolución de la normatividad europea de los índices de emisión automotor



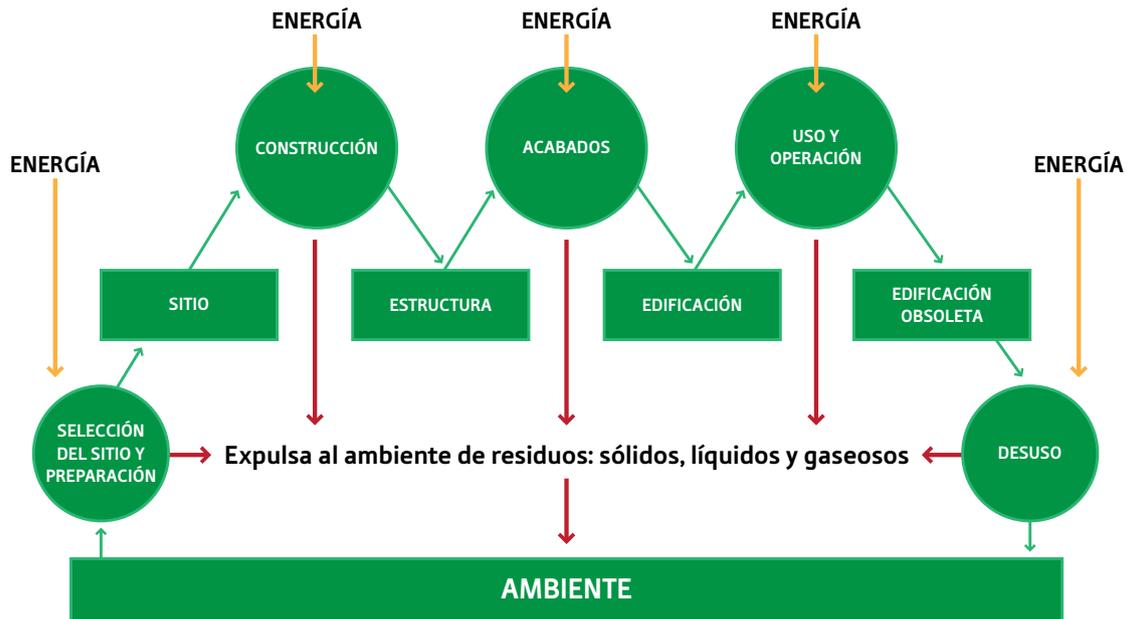
Fuente: EERE: Vehicle Technologies Program Home Page (2009).

**Figura 5.** Tendencias en la sustitución de elementos de transmisión de potencia en automotores

## ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

Sin embargo, estos indicadores solo tienen en cuenta una de las fases de todo el ciclo de vida (CV); dichas fases son: i) diseño, ii) fabricación de los materiales y construcción del bien, iii) uso y operación iv) desuso, demolición y eliminación. De todas ellas se estima que cerca del 94 % de la energía se consume en la 2ª y 3ª etapa (Rebitzer et al., 2004). Estudios en el sector de la construcción demuestran que gran parte de la energía se consume en la fabricación de los materiales y la operación, aun cuando esta última es dominante tanto en países con climas fríos, tal cual ocurre en Canadá (Cole & Kernan, 1996) y subtropicales como Tailandia (Kofoworola & Gheewala, 2009). Este último estudio evidencia que cerca del 96 % de la energía en el ciclo de vida se consume en las etapas de fabricación de los materiales y operación de

la edificación, pero en algunos casos hasta el 80 % de la energía se consume solamente en la operación (WBCSD, s. a.) o más.



Fuente: ASTM E1991 – 05 (s. a.).

**Figura 6.** Representación del ciclo de vida de una edificación

El análisis de ciclo de vida (ACV o *Life Cycle Assessment*) constituye una de las más populares (Kibert, 2007) e importantes herramientas de evaluación en el diseño de cualquier producto o servicio hoy en día. Este enfoque es un marco metodológico derivado de estudios emprendidos en los años setenta acerca de los requerimientos energéticos, y es útil para la estimación y evaluación de los impactos ambientales atribuibles al ciclo de vida de un producto en términos de:

- Agotamiento de los combustibles fósiles.
- Cambio climático.
- Agotamiento del ozono estratosférico
- Generación de smog.
- Acidificación.
- Estrés toxicológico en la salud humana y el ecosistema.
- Agotamiento de recurso.
- Uso del agua.

- Uso de la tierra.
- Ruido.

Es por ello que organizaciones como la ISO y la ASTM han desarrollado normativas para ejecutar estos análisis dentro de las cuales se pueden encontrar:

- **ISO 14040:** Life Cycle Assessment.
- **ASTM E 2114:** Standard Guide for General Principles of Sustainability Relative to Buildings.
- **ASTM E 1991-05:** Standard Guide for Environmental Life Cycle Assessment (LCA) of Building materials/products.

## COMPARACIÓN ENTRE LAS FASES DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UNA VIVIENDA Y UN VEHÍCULO

### ▪ Fabricación

Con respecto a la fabricación o construcción de cualquier bien es importante conocer la energía requerida para su fabricación (*embodied energy*). Un vehículo pequeño pesa alrededor de 1500 kg, de los cuales, si se considera que el 68 % es acero y hierro (17 MJ/kg hierro + 32 MJ/kg acero)\*, el 20 % polímeros (80-90 MJ/kg)\*, 10 % aluminio (220 MJ/kg)\* y el restante vidrio (15-20 MJ/kg), el consumo de energía en su fabricación es de aproximadamente 84 000 MJ, y si su vida útil es de 15 años, la energía requerida para su fabricación está en el orden de 467 MJ/mes, es decir, cerca del 8 % del consumo mensual de su CV.

Ahora bien, en una edificación de 200 m<sup>2</sup>, la energía requerida para una pared está en el orden de los 200 MJ/m<sup>2</sup> si se fabrica con ladrillo. Las ventanas normalmente son de marco de aluminio y su fabricación consume alrededor de 4000 MJ/m<sup>2</sup>. Ahora, si se consideran solo la fachada y una relación de área de ventana pared de 0.4, el consumo de energía solo para la fachada está en el orden de 263 000 MJ; si a esto se le suman las paredes interiores y el techo, el valor podría ascender a los 350 000 MJ (1.75 GJ/m<sup>2</sup>). Por su parte, en las edificaciones comerciales esta magnitud de energía es del orden de 4-18 GJ/m<sup>2</sup> (Cole & Kernan, 1996). Si la vida útil de una edificación es de aproximadamente 40 años, el aporte de energía mensual está alrededor de los 590 MJ/mes, es decir, alrededor del 6 % del consumo de energía mes. En algunas investigaciones se ha encontrado que la energía requerida en la fabricación de los materiales para la construcción de una edificación puede estar entre el 2 y el 46 % de la energía total (Sartori & Hestnes, 2007).

## ▪ Operación

Con respecto a la operación, una vivienda en Colombia puede consumir alrededor de 500 kWh/mes en electricidad producto de la operación de los electrodomésticos y la iluminación al interior y 40 m<sup>3</sup>/mes de gas natural. Si esto se traslada a energía primaria, equivaldría a 7200 MJ/mes por concepto de electricidad y 1400 MJ/mes por gas, para un total de 8600 MJ/mes en solamente su operación. Mientras que un vehículo familiar, que recorre 20000 km/año y tiene un rendimiento de 40 km/gal, consumiría alrededor de 5600 MJ/mes.

Si se evalúa el uso por hora en una vivienda de 4 personas que funciona 12 h/día y un vehículo que funciona 2h/día, la primera consumiría alrededor de 24 MJ/h (6 MJ/h-persona), mientras que el automóvil gastarían 93 MJ/h (62 MJ/h-persona).

## ▪ Comparación modos de transporte

Un autobús de 60 pasajeros pesa alrededor de 12 000 kg, de los cuales el 90 % es acero y hierro, 1.5 % polímeros, 1 % vidrio, 1% aluminio y el resto otros materiales. Con esta distribución, la energía requerida para fabricarlo está en el orden de 30000 MJ, asumiendo como local la fabricación de los componentes (motor, chasis, etc.); si se considera una vida útil de 15 años, la energía requerida por mes sería de 1700 MJ/mes, es decir, una participación del 3 % en las etapas de fabricación y operación combinadas, valor muy cercano a los encontrados en la literatura (Clear Zones, s. a.).

En su operación, este consume alrededor de 50 litros/100 km (7.5 km/gal) y transporta alrededor de 300 pasajeros/día en 12 horas de operación; su consumo estimado por mes es de 112 000 MJ, 312 MJ/h y 12.4 MJ/h-pasajero. Sin embargo, tomando la proporción para automóviles de 1.5 pasajeros/vehículo y para buses de 25 pasajeros/bus, se requerirían 17 automóviles para transportar un número de pasajeros equivalente a un bus. Comparándolos, un bus consumiría 1700 MJ/mes para su fabricación y los vehículos equivalentes 7800 MJ/mes, lo que establece una proporción de 4.6 más consumo. En operación, el número equivalente de automóviles consumirían 95 000 MJ/mes y el autobús 112 000 MJ/mes. El total de las fases fabricación y operación autobús y vehículos equivalentes sería de 103 000 MJ/mes para los vehículos equivalentes y 11 400 MJ/mes para los buses.

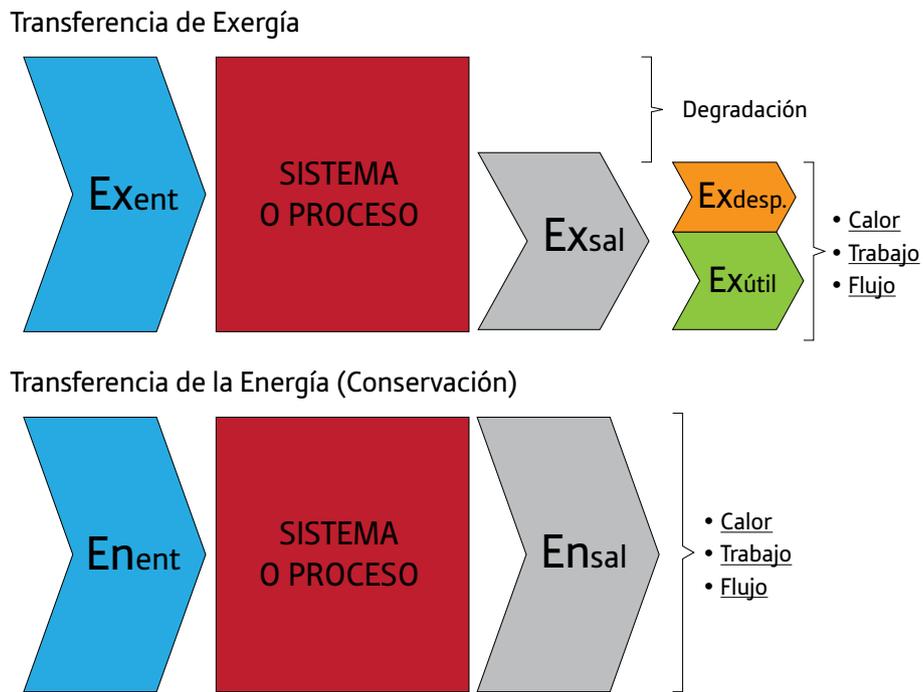
Si se calcula la infraestructura adicional requerida por el mayor número de vehículos, estos ocupan alrededor de 100 m<sup>2</sup> más de vía; el consumo de energía para construir un m<sup>2</sup> de vía está en el orden de 4500 MJ/m<sup>2</sup>; se requeriría un total de 450 GJ en vía para los vehículos equivalentes. Asumiendo una vida útil de 15 años, se requerirían unos 2500 MJ/mes adicionales. Habría que recordar que un automóvil solo opera alrededor de 2 horas al día y un autobús por lo menos 12 horas/día; con esto en mente, es claro que al aumentar las horas de operación de un automóvil se incrementa el consumo por operación aproximadamente 6 veces más.

## ANÁLISIS TERMOCÓNOMICO

Se puede observar que la fase de operación es dominante en ambos casos y su reducción implica normalmente una inversión inicial mayor, tanto por la tecnología empleada como por la mayor cantidad de materiales requeridos en el caso de las edificaciones, para reducir la carga de acondicionamiento de aire (enfriamiento o calefacción). Es decir que en cualquier decisión técnica están implicadas las restricciones económicas; sin embargo, no siempre el sistema de menor inversión inicial es el que posee mayor eficiencia en el uso de los recursos durante su ciclo de vida. Por ejemplo, es posible que el ahorro en la operación de un vehículo fabricado con aluminio sea lo suficientemente grande como para compensar y generar verdaderos ahorros durante su vida útil gracias a su menor peso, aunque este material sea más costoso que el acero y en su fabricación requiera de más energía.

Es por ello que en la búsqueda de una manera de evaluar el uso de recursos con los costos y al tomarse en consideración el consumo de energía durante la operación de un sistema termomecánico apareció la termoeconomía como metodología para el análisis del costo del ciclo de vida (CCV). Esta herramienta emplea un concepto fundamental en la eficiencia termodinámica denominado *exergía*, ya que es esta, y no la energía, la que se degrada en el curso de su transformación. Como ilustración, se sabe que la energía se conserva y no se destruye (primera ley de la termodinámica), pero no establece que las diferentes formas de energía tienen una calidad, es decir, una capacidad de producir trabajo útil, y que esta se reduce en cualquier proceso de transformación energética; de no ser así, se podría usar toda la energía residual de los gases de escape de un motor o todo el calor generado por un dispositivo eléctrico para producir trabajo o potencia en una cantidad similar a la energía residual. Esto es, por usar la energía hay que pagar un “impuesto”, que correspondería a su degradación.

La energía es una medida de cantidad; la *exergía* es una medida de cantidad y calidad (Gong & Wang, 1999) y ambas comparten las mismas unidades: si es energía, el *joule*, *kilojoule*, *megajoule*, etc. (J, kJ, MJ, etc.), y si es potencia, el *watt*, *kilowatt*, *megawatts*, etc. (W, kW, MW, etc.) en el sistema internacional de medida. Dado que la *exergía* es la que cuantifica ese valor de la energía útil, esta es la única unidad de medida que se puede equiparar con el valor monetario de un bien, y es este criterio el que sienta las bases de la termoeconomía, por lo que se puede cuantificar el menor costo físicamente posible. Asimismo, gracias a la *exergía* es posible evaluar el impacto sobre el ambiente de algún proceso o actividad, ya que esta emplea al ambiente como referencia y, por lo tanto, cualquier degradación y pérdida de *exergía* implica una transformación de este.



Fuente:

**Figura 7.** Comparación entre los balances de exergía y energía en un sistema o proceso

De esta manera, las inversiones de capital, los costos de operación y mantenimiento y los costos de combustible causan el incremento en los costos del producto final (Tsatsaronis & Valero, 1989). Esto se puede cuantificar de la siguiente forma:

$$CCV = \sum C_{Inv} + C_{Oper} + C_{Mtto}$$

Donde  $C_{Inv}$  = los costos de inversión,  $C_{Oper}$  = costos de operación y  $C_{Mtto}$  = costos de mantenimiento. El término  $\Phi$  es el costo de producir el bien y es igual a  $C_p$ . Ahora, asignándoles un valor monetario a los flujos de *exergía* obtenidos de un análisis exergético se correlaciona el escenario físico con el económico, lo que resulta en una ecuación del tipo

$$C_p \cdot EX_p = C_{Oper} \cdot EX_p + C_{Inv} + C_{Mtto}$$

Donde, en el caso de un sistema de automoción,  $EX_p = W_b$  puede ser la potencia producida por el motor y que se transmite a las ruedas del vehículo. Al dividir esta ecuación por la magnitud  $W_b$  entonces

$$C_p = \frac{C_{Oper}}{n_{Ex}} + \frac{C_{Inv} + C_{Mtto}}{W_b}$$

$C_{Oper}$  = es el costo unitario de combustible (\$/k) y que es obtenido a partir de su valor en el mercado y el poder calorífico  $Ex_{Oper}$  sería el flujo de exergía en el ciclo de vida. De la relación se puede observar que al disminuir la eficiencia exergética subirían los costos de producir el bien; es decir, de transportar pasajeros producto del aumento en el consumo para producir esa cantidad de energía, en este caso  $W_b$ , lo que afecta la rentabilidad de su operación y el impacto al ambiente por el mayor consumo de recursos.

Por lo tanto, los costos de inversión y mantenimiento tienen que ser ajustados a los de la potencia, es decir, a unidad de costo sobre tiempo, o sea, de \$/mes a \$/h u otra unidad de tiempo o medida seleccionada. Con ello es posible calcular el costo del ciclo de vida si se tienen en cuenta las amortizaciones tanto en el costo de capital por la inversión como en el mantenimiento a fin de obtener una forma de evaluar diferentes alternativas que impliquen tecnología y recursos bien físicos o bien económicos diferentes.

Aunque en la actualidad la decisión por una opción es dominada por los costos iniciales, muchas veces estos no tienen en cuenta los impactos ambientales que significa adoptar la alternativa seleccionada ni los costos sobre la salud, la alteración del clima y la inversión en nueva infraestructura para satisfacer las demandas crecientes de energía. Al conocer el costo del ciclo de vida y su impacto ambiental es posible direccionar políticas que favorezcan las prácticas más eficientes y de menor impacto sobre el medio ambiente.

## REFERENCIAS

- Al-Rabghi, O. M. & Hittle, D. C. (2001). Energy simulation in buildings: overview and BLAST example. *Energy conversion and Management*, 42(13), 1623-1635.
- ASTM E1991 - 05. (s. a.). E1991-05 Standard Guide for Environmental Life Cycle Assessment (LCA) of Building Materials/Products. Retrieved from [http://enterprise.astm.org/filtrexx40.cgi?+REDLINE\\_PAGES/E1991.htm](http://enterprise.astm.org/filtrexx40.cgi?+REDLINE_PAGES/E1991.htm).
- Burdett, R. & Nowak, W. (2008, December). South American Cities: Securing an Urban Future | LSE Cities. Retrieved from <http://lsecities.net/publications/conference-newspapers/south-american-cities-securing-an-urban-future/>.
- Clear Zones. (s. a.). The Urban Bus of the Future – An environmental perspective. *Docstoc.com*. Retrieved from <http://www.docstoc.com/docs/11453234/The-Urban-Bus-of-the-Future---An-environmental>.
- Cole, R. J. & Kernan, P. C. (1996). Life-cycle energy use in office buildings. *Building and Environment*, 31(4), 307-317.
- EERE: Vehicle Technologies Program Home Page. (2009, September 22). Deep-Dive. *Deep-Dive*. Retrieved from [http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/ptp/vtp\\_deep\\_dive.pdf](http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/ptp/vtp_deep_dive.pdf).
- Gauzin-Muller, D. (2001). *L'architecture écologique, 29 exemples européens*. Paris: Editions du Moniteur.
- Gong, D. & Wang, S. (1999). Definition of Antarctic oscillation index. *Geophysical Research Letters*, 26(4), 459-462.
- Kibert, C. J. (2007). *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery* (2<sup>nd</sup> ed.). Wiley.

- Kofoworola, O. F. & Gheewala, S. H. (2009). Life cycle energy assessment of a typical office building in Thailand. *Energy and Buildings*, 41(10), 1076-1083.
- Ministerio de Transporte de Colombia. (s. a.). Transporte en Cifras 2010. Documentos - Estadísticas. Recuperado de <http://www.mintransporte.gov.co/documentos.php?id=15>.
- Passivhaus Institut. (s.a.). Passivhaus Institut. Retrieved from <http://www.passiv.de/>.
- Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T. & Pennington, D. W. (2004). Life cycle assessment. Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment international*, 30(5), 701-720.
- Saidur, R. (2009). Energy consumption, energy savings, and emission analysis in Malaysian office buildings. *Energy Policy*, 37(10), 4104-4113.
- Saldarriaga, E. (s. a.). *Determinantes del sector de la construcción en Colombia*.. Recuperado de [http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_details&Itemid=235&gid=195](http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com_docman&task=doc_details&Itemid=235&gid=195).
- Santamouris, M., Papanikolaou, N., Livada, I., Koronakis, I., Georgakis, C., Argiriou, A. & Assimakopoulos, D. N. (2001). On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar energy*, 70(3), 201-216.
- Sartori, I. & Hestnes, A. G. (2007). Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. *Energy and buildings*, 39(3), 249-257.
- Torcellini, P., Pless, S., Deru, M. & Crawley, D. (2006). *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition*.
- Tsatsaronis, G. & Valero, A. (1989). Thermodynamics meets economics. *Mechanical Engineering (USA)*, 111(8).
- United States Environmental Protection Agency [US EPA]. (s. a.). Climate Protection Partnerships. Retrieved from <http://www.epa.gov/cpd/>.
- World Business Council for Sustainable Development [WBCSD]. (s. a.). Transforming the Market: Energy Efficiency in Buildings. *Transforming the Market: Energy Efficiency in Buildings*. Retrieved from <http://www.wbcscd.org/transformingthemarketeeb.aspx>.

## APLICACIONES DEL ENFOQUE SISTÉMICO Y EL DE AGENTES PARA GENERAR MODELOS DE DINÁMICAS URBANAS

Eduardo Zurek Varela, Ph.D.  
José Gabriel Ramírez Suárez, MSc.  
Shirley Arango Rojas, MSc.

Departamento de Ingeniería de Sistemas  
Grupo de Investigación en Robótica y Sistemas Inteligentes  
Universidad del Norte

Este capítulo presenta dos enfoques para interpretar dinámicas de sistemas urbanos: el enfoque de sistemas y el enfoque de agentes, teniendo en cuenta que dichos sistemas se pueden interpretar en su esencia como sistemas complejos. La primera parte describe los elementos fundamentales del enfoque de sistemas y culmina con la propuesta de un concepto innovador: el concepto de *hecho dinámico*, que sintetiza la esencia modular de los elementos atómicos constituyentes de cualquier sistema dinámico. La segunda parte elabora sobre el enfoque de agentes la presentación de sus principales características, y muestra su aplicación al caso de sistemas urbanos.

## INTRODUCCIÓN

La interpretación de las interacciones dinámicas en un sistema urbano, desde el punto de vista de los actores humanos que lo conforman, requiere la descripción detallada de las características funcionales de dichos actores, lo cual implica considerar sus necesidades y la manera como se relaciona con los demás actores en su entorno para suplirlas; esta interpretación se facilita con el enfoque de agentes. Los resultados generados de la interacción de muchos agentes en un entorno delimitado geográficamente, económica o socialmente se pueden describir globalmente con variables, entre las cuales se pueden encontrar relaciones que en algunos casos forman ciclos que regulan la dinámica de las interacciones; la interpretación de esta fenomenología se puede realizar aplicando un enfoque de sistemas. Este capítulo presenta los fundamentos de ambos puntos de vista, el enfoque de sistemas y el enfoque de agentes.

## ENFOQUE DE SISTEMAS

El enfoque de sistemas busca interpretar dinámicas teniendo en cuenta objetivos, ya sean globales o locales –internos en el sistema–, y justifica la interacción entre los elementos en función de lo que aporten al cumplimiento de estos. Desde este punto de vista es posible aislar unidades funcionales que se integran a su entorno a través de unas interfaces de entradas y salidas. Con el fin de modelar el sistema, los procesos de transformación que convierten las entradas en salidas deben expresarse de manera abstracta, buscando una expresión algorítmica que facilite la simulación.

### Sistemas complejos

Los sistemas complejos son sistemas estructurados que se encuentran compuestos por una serie de elementos o variables que se hallan estrechamente interrelacionados y que interactúan entre sí para contribuir a un comportamiento general del sistema (Bugallo & Djuric, 2008). Esta interacción de sus distintos elementos produce un comportamiento emergente en el sistema, que hace casi imposible tener una perspectiva generalizada para predecir su comportamiento ante el gran número de elementos que pueden llegar a conformarlos, pues esto requiere llevar a cabo un análisis individual de cada uno de ellos.

### Características de los sistemas complejos

Los sistemas complejos presentan una serie de características que se describen a continuación.

- ***Retroalimentación***

La *retroalimentación* es un proceso en los sistemas complejos mediante el cual una parte de la información de salida que arroja el sistema es utilizada nuevamente como datos de entrada; esto genera un bucle que permite que el sistema se mantenga dinámico. Durante este proceso se pueden presentar dos tipos de retroalimentación, la negativa y la positiva. La retroalimentación negativa tiene el propósito de reducir una posible desviación del sistema de su estado objetivo, permitiéndole que este se estabilice, mientras que la retroalimentación positiva tiene efectos desestabilizadores, que alejan el sistema de su estado inicial.

- ***Emergentes***

La *emergencia* es una propiedad que se presenta en los sistemas complejos, y consiste en un comportamiento complejo, espontáneo e impredecible por parte de los elementos que hacen parte del sistema a consecuencia de una serie acciones simples (Bitam & Batouche, 2006).

- ***Adaptación***

La *adaptación* es la capacidad que tiene los sistemas complejos de aprender de su entorno para modificar el comportamiento de sus elementos y, por ende, el comportamiento general del sistema. Gracias a esta capacidad pueden evolucionar con el tiempo y adaptarse a las innovaciones que ofrece el entorno donde se encuentre.

- ***Recursividad***

La *recursividad* en los sistemas complejos se debe a que estos están compuestos por una serie de elementos que, a su vez, pueden ser sistemas; es decir, que en sus estructuras tienen la propiedad de la autosimilitud, lo cual hace que patrones de comportamiento que se dan de manera aislada en cada uno de ellos se repitan en todo el sistema en general.

- ***Irreductibilidad***

Los sistemas complejos se caracterizan por su irreductibilidad: por lo tanto, su complejidad no puede ser definida por la suma de la complejidad de cada uno de sus elementos que lo conforman (Bitam & Batouche, 2006).

- ***Autoorganizables***

Todos los sistemas complejos se caracterizan por presentar una organización inicial que en principio es considerada estática, pero una vez el sistema opera, este puede adquirir o descartar elementos, lo cual implica que deba autoorganizarse para conservar su dinamismo.

- **Causalidad circular**

*Causalidad circular* es una propiedad de los sistemas complejos en la cual se presentan una serie de causas y efectos producto de la interacción de las distintas partes consigo mismas y el exterior, y para entender las consecuencias de determinada acción debe hacerse una revisión de manera secuencial de las distintas causas hasta llegar a la causa inicial que la produjo.

### **Modelación de sistemas complejos con dinámica de sistemas**

Existen diversas técnicas para la simulación de sistemas complejos. Entre las más utilizadas se encuentran la simulación basada en agentes y la simulación basada en dinámica de sistemas. A continuación se describe la técnica de simulación basada en dinámica de sistemas.

Antes de explicar en qué consiste la simulación basada en dinámica de sistemas en sistemas complejos se hace necesario hablar sobre un concepto que es fundamental para su entendimiento: las variables observables.

Las variables observables son variables dinámicas cuyo comportamiento puede ser visto a simple vista y que, por lo general, se encuentran sujetas a la ley de causa y efecto. Estas juegan un papel importante a la hora de modelar un sistema complejo, debido a que describen ya sean comportamientos específicos de algún componente del sistema, sus atributos o simplemente un comportamiento general de estos.

Las relaciones que se producen entre dichas variables en sí son complejas y están sujetas a la propiedad de los sistemas complejos de la casualidad circular; es por ello que la simulación basada en dinámica de sistemas se centra específicamente en identificar relaciones de causalidad que se producen entre los distintos componentes y que retroalimentan el sistema. De esta manera, mediante simulación, es posible explicar un comportamiento específico que se produzca dentro del sistema o alterar el comportamiento y evolución de alguna variable crítica (Izquierdo, Galán, Santos & De Olmo, 2008).

Una de las ventajas de modelar sistemas complejos con esta técnica consiste en que aquellos se pueden representar matemáticamente como un conjunto de ecuaciones cuyas variables son componentes del sistema modelado.

### **VARIABLES ALEATORIAS Y REGRESIÓN LINEAL**

El manejo de variables aleatorias requiere la aplicación de distintos métodos estadísticos que permiten tomar los diferentes resultados tanto cualitativos como cuantitativos de un experimento y asignarles una función numérica. Esto debido a que los resultados de dichos experimentos están sujetos al azar, por lo cual es necesario asignarles una descripción numérica que facilite su análisis. Entre los diferentes métodos se encuentran regresión y correlación lineal.

### VARIABLES ALEATORIAS

Cuando se realiza algún tipo de experimento, como, por ejemplo, el modelado de un sistema urbano sobre una población en particular, se puede llegar a identificar un cierto número de características observables o medibles por parte de la persona que está llevando a cabo el modelado. Por lo anterior se hace necesario contar con alguna regla de asociación que vincule a una variable de nuestra muestra con un valor en específico: dicha regla de asociación es lo que se conoce como *variable aleatoria*.

“Para un espacio muestral  $\zeta$  de algún experimento, una variable aleatoria es cualquier regla que asocia un número con cada resultado de  $\zeta$ ” (Devore, 2000).

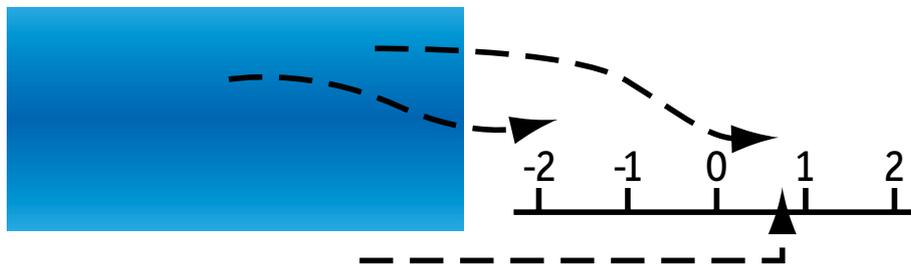


Figura 1. Variables aleatorias de una muestra

### VARIABLES ALEATORIAS DISCRETAS

A una variable aleatoria se le denomina “variable aleatoria discreta” cuando es posible contar el número de conjuntos de resultados posibles (Walpole, Myers & Myers, 1999).

### Valor esperado en variables aleatorias discretas

El valor esperado es un promedio de los resultados que se esperan conseguir a futuro en una muestra (Universidad Antonio Nariño [UAN], s. a.). Para obtenerlo se debe multiplicar cada valor que dicha variable puede tener en determinado momento por la probabilidad de ocurrencia de ese mismo valor y luego sumar los resultados.

$$E(X) = \mu_x = \sum_{x \in D} x * p(x)$$

### Regresión lineal simple

Por lo general podemos encontrar una relación existente entre dos variables que se encuentran vinculadas a un sistema o a un caso en particular y predecir el comportamiento de una de



ellas con base en la otra. Para tal función se utiliza la regresión lineal simple, ya que a través de ella podemos generar una función lineal que nos permita describirla y cuantificar su grado de asociación (Dupont, 2002).

## MODELOS URBANOS

Durante años se han hecho diversos análisis e investigaciones referentes a las dinámicas de los distintos sistemas urbanos en los que se desenvuelven las sociedades. Dichos análisis e investigaciones han centrado sus hipótesis basándose en los resultados arrojados por los llamados “modelos formales”, los cuales han sido desarrollados con el fin de formalizar la abstracción de un problema para lograr identificar una serie de variables relevantes que afectan de manera significativa su comportamiento.

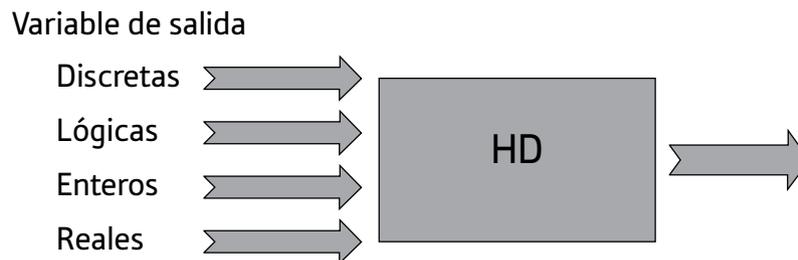
Existen diversos modelos que se enfocan desde el punto de vista sistémico, los cuales son clasificados según el tipo de solución y simulación que proveen (Alberti, 2008):

- *Modelos de elección discreta:* Este modelo propuesto por McFadden hace uso de la teoría de utilidad al azar, para modelar la elección de los consumidores a partir de la localización discreta y de lo que cada una le puede proveer.
- *Modelos basados en programación matemática:* La distribución de actividades urbanas está basada en la teoría de optimización. La utilización de este modelo permite diseñar una interacción espacial de los problemas con el fin de optimizar una función objetivo en particular, para así establecer el costo de una actividad.
- *Modelos de entrada-salida:* Los modelos de entrada-salida utilizados en la teoría económica han jugado un papel muy importante en los modelos urbanos, ya que han permitido transformar la estructura de una tabla de entrada y salida y estimar los impactos que un cambio en un comportamiento generaría.
- *Modelos de microsimulación:* Este modelo permite observar el comportamiento individual de un elemento y cómo su comportamiento afecta todo el sistema. Son de gran utilidad por lo complejo de los sistemas urbanos.
- *Modelos basados en proceso:* Este modelo es considerado el más realista, debido a que permite relacionar causas y efectos como producto del comportamiento del sistema.
- *Modelo basado en autómatas celulares:* Este modelo es utilizado para el control de sistemas dinámicos en los cuales el espacio, tiempo y el estado del sistema son discretos. Los autómatas celulares cambian su comportamiento con el tiempo, dependiendo de una regla local que es establecida. Cada uno de ellos se encuentra sometido a dicha regla.

## HECHOS DINÁMICOS

Este trabajo describe un concepto novedoso denominado *hechos dinámicos*, con el que la persona que lo está implementando puede incluir un determinado tipo de variables y funciones para simular el comportamiento que asumirá el sistema en determinada situación. Una de las ventajas de este modelo consiste en que facilita la implementación a nivel computacional y su acoplamiento a una interface gráfica, con lo cual los usuarios pueden modelar y simular sistemas seleccionando íconos y llevándolos hasta su respectiva ubicación dentro del modelo del sistema, asignarles variables de entrada y las respectivas funciones que las procesen, y simular un hecho a partir del resultado.

Los hechos dinámicos se representan de la siguiente forma:



### Características de los hechos dinámicos

Un hecho dinámico se define de la siguiente manera:

- Tiene un conjunto de variables de entrada que siempre provienen de otro hecho dinámico. Las variables de entrada que se utilizan en el modelo pueden ser:
  - Discretas (de selección múltiple): Son aquellas que solo pueden tomar valores dentro de un conjunto finito o infinito numerable (Walpole, Myers & Myers, 1999).
  - Lógicas (falso o verdadero): Son aquellas que solo pueden tomar dos valores posibles y que son mutuamente excluyentes. Para el caso de los hechos dinámicos se manejan como verdaderos o falsos.
  - Enteras (en un rango): Las variables enteras son combinaciones de cifras, que pueden tener o no los signos + o -.
  - Reales (en un rango): Son aquellas que implican números reales.
- Un hecho dinámico genera una y solo una variable de salida:

Las variables de salida del modelo son de los mismos tipos de las descritas anteriormente. Una vez se ejecuta la función que fue definida por el diseñador del modelo

dentro del hecho dinámico, con las variables de entrada descritas anteriormente, este genera un único resultado de salida, que tiene la posibilidad de alimentar, como variable de entrada, otro hecho dinámico.

- Un hecho dinámico puede replicarse y/o mutar:

Para definir este comportamiento se tiene en cuenta la programación orientada a objetos y la programación orientada a eventos, y se aplica de la siguiente forma:

Cada hecho dinámico es considerado un objeto, el cual manejará una serie de atributos, en este caso variables de entrada, que interactuarán entre sí gracias a la función que sea definida por el usuario dentro del mismo. Al ser considerado cada hecho como un objeto, se puede tratar cada uno de forma independiente y manipularse según se requiera. Además, esto permite que cada uno interactúe entre sí y en conjunto simulen un comportamiento.

Debido a que el comportamiento de cada hecho dinámico dependerá del resultado generado por su función asociada, es necesario que se lleve un control sobre los sucesos que ocurrirán en el sistema. Para ello se utiliza la programación orientada eventos, la cual nos permitirá definir la forma en que debe actuar el sistema ante cada suceso que genere un hecho dinámico y las acciones que se seguirán.

- Un hecho dinámico consta de dos funciones: una función que asocia las variables de entrada y una función que genera la salida.
  - Un hecho dinámico debe tener una función que asocie las variables de entrada.
  - Un hecho dinámico debe generar una salida acotada.

Una de las principales características de los hechos dinámicos consiste en que el usuario a cada uno de los hechos que crea le puede asociar funciones que relacionen las variables de entrada y generen un resultado. Dicho resultado puede ser utilizado por otro hecho dinámico.

Esta estructuración facilita al diseñador del modelo la asignación de las funciones dentro del hecho dinámico, ya que este proceso puede simplificarse hasta llevar al usuario a una ventana proveniente de un hecho dinámico, en la cual se selecciona la función que mejor se acople a las necesidades del modelo.

- Un hecho dinámico puede ser fractal:

Esto se refiere al concepto de fractal desde el punto de vista de la auto-similaridad. Según el concepto propuesto por Mandelbrot, la estructura de un fractal se repite a sí misma cuando se cambia la escala desde la cual se observa; en el caso de los hechos dinámicos es posible que un hecho dinámico se repita a sí mismo dentro de sí mismo en la implementación de las funciones que relacionan las variables de entrada con las salidas, evocando, de paso, el concepto de recursividad algorítmica.

- Un sistema conformado por hechos dinámicos debe ser estable en un punto de operación:

El punto de operación de un sistema está definido por el conjunto de parámetros que describen las características del mismo. Cuando un sistema se comporta de manera estable en un punto de operación, es posible hacer predicciones sobre las variables del mismo. Cuando los parámetros de operación cambian, el sistema cambia; por lo tanto, los análisis que así se deriven son sustancialmente diferentes de los derivados de otra configuración de parámetros. En condiciones de inestabilidad, el alcance de las predicciones es muy corto; por lo tanto, para estimaciones a largo plazo es aconsejable en condiciones de estabilidad.

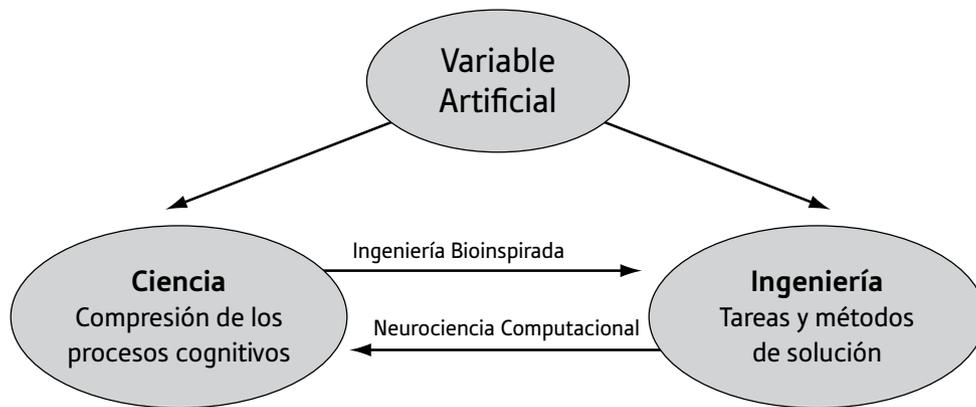
## ENFOQUE DE AGENTES

Partiendo de la perspectiva general del enfoque sistémico, el enfoque de agentes integra un par de aspectos que marcan diferencia en los componentes funcionales de un sistema: inteligencia y autonomía. Teniendo en cuenta estos dos factores, el modelado mediante agentes requiere una interpretación aún más profunda de los protagonistas que impulsan las dinámicas de un sistema; igualmente requiere una interpretación que tenga en cuenta la toma de decisiones racionales, partiendo de las características del entorno que puedan ser percibidas por el agente; en este contexto, la inteligencia artificial se manifiesta como una herramienta necesaria e indispensable en la construcción de modelos basados en agentes.

### Inteligencia artificial y agentes

No existe una definición estándar de inteligencia artificial (IA); sin embargo, muchas definiciones hacen referencia a la capacidad que puede llegar a tener un programa de computador (agente) para operar de la misma forma como piensa, actúa, reconoce o aprende el ser humano. Esta definición se fundamenta en la comparación de la inteligencia de las máquinas de computador con la inteligencia humana (Munakata, 1998, pp. 1-5). Para interpretar dicha afirmación habría que separar la IA en dos partes: ciencia e ingeniería.

La IA como ciencia utiliza los conceptos cognitivos y del lenguaje natural (intención, propósito, ontología, semántica, emoción, memoria, aprendizaje, entre otros) para desarrollar una teoría computable del conocimiento humano, es decir, una teoría capaz de ejecutarse en un sistema de cálculo y tener el mismo carácter predictivo. Por el contrario, la IA como ingeniería utiliza conceptos computacionales (modelos, inferencias, roles, entidades abstractas y operaciones lógico-matemáticas, tablas, autómatas, programas, entre otros) para expresar el conocimiento, utilizado como fuente de información, de forma estructural por medio de símbolos formales y físicos que constituirán el cálculo de un Sistema (Palma & Marín, 2008, pp. 6-9).



Fuente: Palma y Marín (2008).

Figura 2. Distinción entre IA como ciencia e IA como ingeniería

#### ▪ Definición de agente

Según Russell y Norving (2004), “un agente es cualquier cosa capaz de percibir su medioambiente con la ayuda de sensores y actuar en ese medio utilizando actuadores” (p. 37).

La dificultad para encontrar y sintetizar en una sola definición qué es un agente depende en gran medida del amplio campo de acción y de los comportamientos en los que se puede desenvolver.

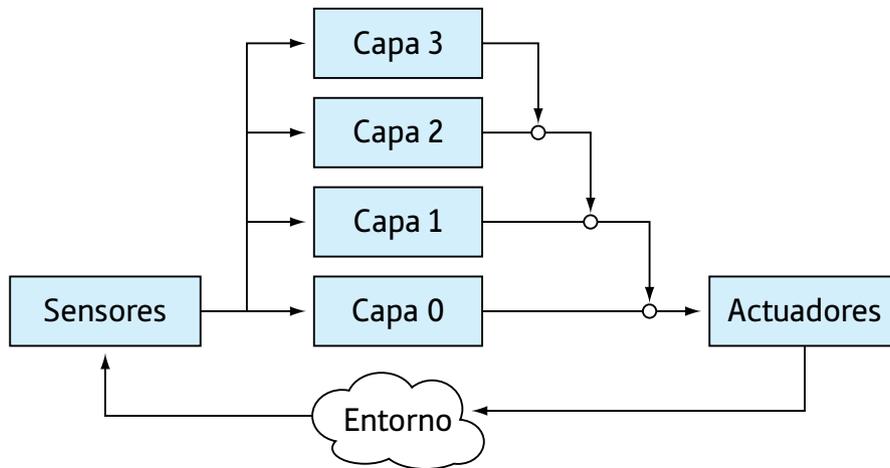
El comportamiento de un agente en un entorno de trabajo depende de las percepciones obtenidas del medio; este comportamiento está determinado por acciones que pueden afectar y cambiar el entorno.

#### ▪ Clases de agentes

Los agentes se pueden clasificar según la capacidad de decisión y arquitectura, dimensión social, en función del tipo de entorno en el que operan y según la funcionalidad del papel que desempeñen dentro de un sistema.

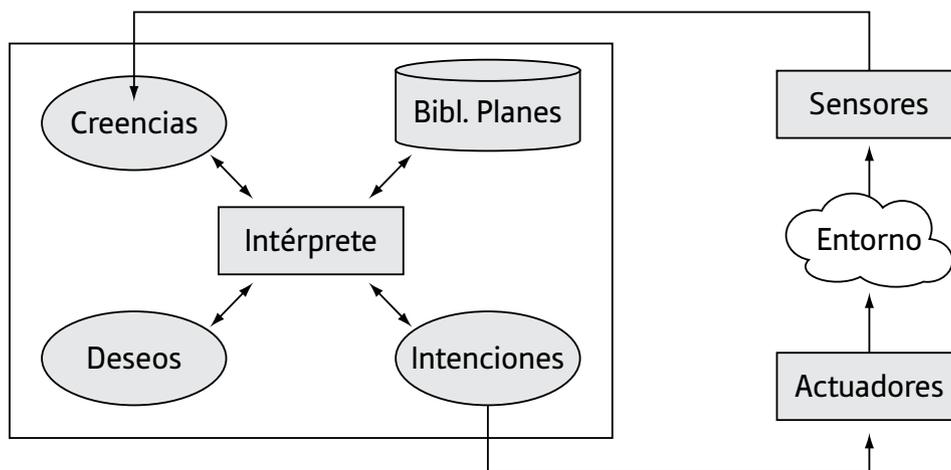
#### ▪ Según la capacidad de decisión y arquitectura (Gómez, 2005):

- Agentes reactivos: Los agentes actúan de modo conductista.



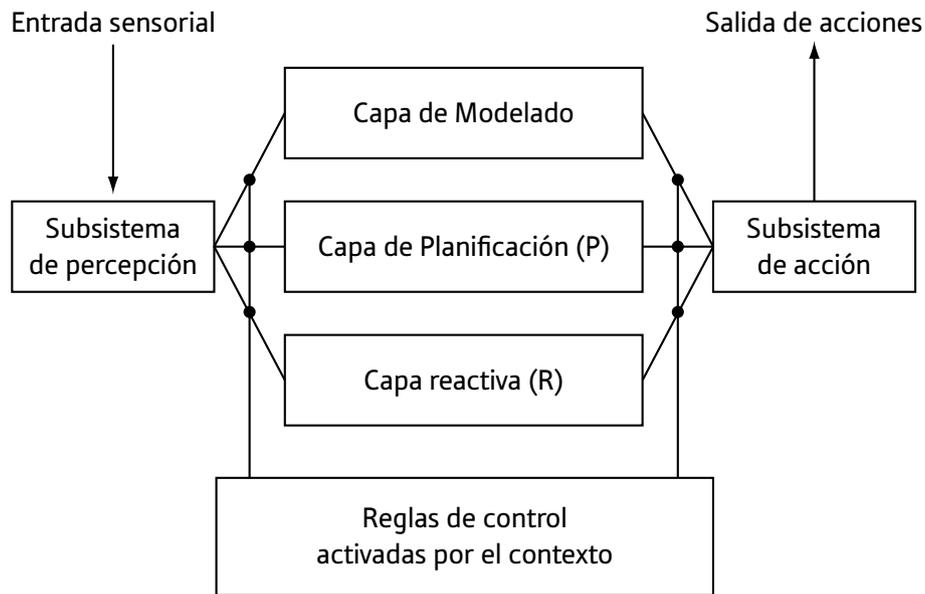
**Figura 3.** Arquitectura de un agente reactivo

- Agentes cognitivos o deliberativos: Un agente cognitivo es capaz de resolver operaciones complejas; es un sistema más o menos experto con capacidades de razonamiento sobre su base de conocimiento.



**Figura 4.** Arquitectura de un agente deliberativo

- Agente híbrido: Un agente híbrido posee dos tipos de arquitectura, un subsistema de percepción y uno de acción. Se caracteriza por tener una interfaz con el entorno y tres capas de control, embebidas en un marco de control que interviene entre las capas. Además, cada capa es un proceso independiente, pero entre ellas se mantiene una comunicación mediante envío de mensajes.



**Figura 5.** Arquitectura híbrida

- Según la dimensión social (Gómez, 2005):
  - Agentes autónomos: Los agentes son autónomos y perciben su entorno.
  - Agentes interactivos: Los agentes pueden interactuar entre sí.
  - Agentes sociales: Los agentes perciben el entorno, interactúan y son capaces de gestionar su relación con los demás.
- Según el entorno (Gómez, 2005):
  - Agentes accesibles o inaccesibles: entornos donde la información se encuentra disponible.
  - Agentes deterministas: Entornos donde el efecto de una acción del agente es predecible.
  - Agentes estáticos o dinámicos: Entornos determinados únicamente por los cambios realizados por el agente.
  - Agentes discretos o continuos: Entornos que dependen de los cambios y propiedades del entorno.
- Según la funcionalidad:
  - Agentes colaborativos: Agentes autónomos, intencionales y sociables con otros agentes (ambiente multiagente) para ejecutar las tareas de sus usuarios.

- Agentes de interfaz: Se caracterizan por ser autónomos, adaptables en el entorno y hábiles para el aprendizaje.
- Agentes móviles: Los agentes móviles son procesos de *software* con los que se puede migrar en una red de un nodo a otro, generalmente en una WAN, recopilando información, y una vez realizada la tarea, estos retornan para ejecutar un conjunto de obligaciones.
- Agente de información: Los agentes de información tienen la función de manejar, manipular e integrar información de diferentes fuentes heterogéneas o de la web (López et al., 2005, p. 30).

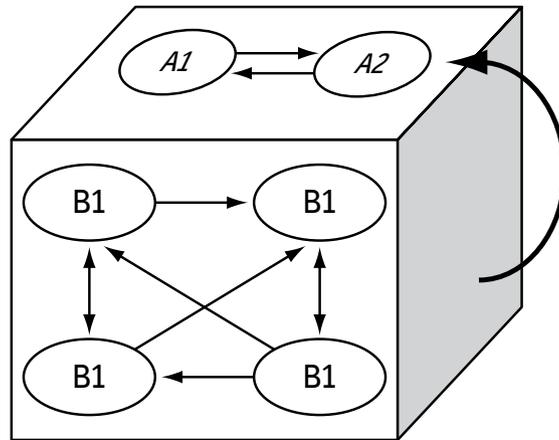
## Sistemas complejos y agentes

### ▪ Sistema complejo

Un *sistema complejo* es un sistema respecto al cual es difícil, si no imposible, limitar su descripción a un número limitado de parámetros o variables que lo caracterizan sin que pierda sus propiedades funcionales, y según la definición de *sistemas*, está compuesto por varias partes interconectadas cuyos vínculos contienen información adicional y comunicación entre ellas que pueden estar ocultas al observador (Pavard & Dugdale, 2000).

Como producto de las interacciones entre los elementos de un sistema surgen nuevas propiedades (*propiedades emergentes*), y mientras más elementos existan en un Sistema, más propiedades emergentes pueden presentarse. Por lo tanto, su estudio se hace imposible si se quiere comprender de forma global un tipo de sistemas así, debido a los comportamientos “impredecibles” por parte de cada elemento del sistema. La solución está dada cuando se analiza de forma aislada cada elemento del sistema y la interacción que posee con las demás partes (Antequera, 2005).

Según Pavard y Dugdale (2000), un sistema comienza a presentar comportamientos complejos (no predecibles y emergentes) en el momento en que los elementos que lo conforman interactúan de una forma no lineal; por ejemplo, un sistema económico o ecológico, una colmena de abejas, la propagación de las epidemias, Internet, entre otros; y de igual forma, un verdadero sistema complejo sería irreducible, es decir que sería complicado tratar de diseñar un modelo a dicho sistema sin que pueda llegar a perder todas sus propiedades.



Fuente: Elaboración propia a partir de la idea de Josep Antequera (2005).

**Figura 6.** Esquema de un sistema complejo

Se podría decir que un sistema complejo puede llegar a desarrollar variables ocultas cuyo desconocimiento puede impedir el análisis del sistema con precisión. Por lo tanto, un sistema complejo posee más información que la que puede dar cada parte o elemento que lo conforman de manera independiente. En consecuencia, para describir un sistema complejo no solo se debe conocer el funcionamiento de las partes, sino conocer cómo se relacionan entre sí.

#### ▪ **Sistemas emergentes**

Los sistemas complejos, como conjunto íntegro de un gran número de elementos interrelacionados y de acciones recíprocas que conforman una unidad con el medio ambiente (Pekelis, 1973, p. 390), desarrollan comportamientos emergentes que pueden evolucionar a partir de reglas simples a otras más complejas. Por ejemplo, las hormigas crean colonias, los habitantes de una ciudad crean barrios o un *software* de reconocimiento puede aprender a recomendar dónde se debe comprar cierto artículo dependiendo de la tendencia del usuario; todos son comportamientos que emergen según las necesidades que el entorno requiere.

Los sistemas emergentes presentan las siguientes características (Jhonson, 2003, p. 68):

1. No existe un ente de control o jerárquico de arriba hacia abajo que establezca qué se debe hacer.
2. Cada elemento involucrado describe un comportamiento no complejo que sigue reglas sencillas y locales que solo él las conoce.

3. La interacción entre las condiciones o reglas locales y el azar produce un diseño emergente global que es intrínseco entre partes del sistema.

- **Sistemas autoorganizables**

Los sistemas, como entidades dinámicas dentro de un medio ambiente cambiante, tienden a modificar y organizar sus estructuras a través de procesos internos con los que aseguran su supervivencia de acuerdo con las exigencias que el medio les impone (Cornejo, 1997); y parte de la viabilidad del cambio proviene de la capacidad interna de dichas estructuras para adecuarse al momento y generar acciones emergentes, según lo que se requiera; es decir, el sistema no se cierra a una sola forma, sino que es capaz de organizar la información en la estructura que mejor cumpla con las necesidades actuales (Wheatley, 1994, p. 90).

La interacción entre los elementos o “agentes” que conforman sistemas capaces de autoorganizarse originan a partir de cierto nivel nuevos tipos de agentes en otro nivel superior, entendiendo por “agentes” los elementos o entidades reales en un sistema que tienen la capacidad de evolucionar, percibir, actuar y comunicarse con otros elementos dentro de dicho sistema, y de igual forma pueden exhibir un comportamiento autónomo. Moriello (2003) menciona que cada nuevo estado es solo una transición: cuantos más estados tenga el sistema, mayor será su diversidad y, por lo tanto, su capacidad de respuesta ante las perturbaciones; por ende, mayor será su capacidad de supervivencia y, obviamente, su complejidad.

- **Sistemas complejos adaptativos**

Existen diversas definiciones acerca de un sistema complejo adaptativo (*Complex adaptive Systems [CAS]*); sin embargo, la mayoría de los investigadores, como lo sustentan Rupert, Rattrout y Hassas (2008), están de acuerdo en que cada CAS está compuesto por la interacción entre las partes, con lo que da lugar a patrones de conducta emergente. Consecuentemente, se desprende un comportamiento complejo que surge como resultado de la interacción entre dichos componentes (o agentes) del sistema y el medio ambiente. De esta forma, por medio de la interacción y el aprendizaje del entorno, un CAS puede modificar su comportamiento para adaptarse a los cambios en su entorno (Rammel, Stagl & Wilfing, 2007, p. 10).

Un CAS envuelve todas las características descritas para un sistema complejo; por ejemplo (Rupert, Rattrout & Hassas, 2008, p. 134):

- Posee un comportamiento emergente.
- Es autoorganizable y adaptable a los cambios del medio ambiente sin la existencia de un ente de control central o normas que rijan su comportamiento.
- Son sistemas no lineales, donde “el todo es más que la suma de las partes”.



- Cada CAS está formado por muchos agentes que interactúan.
- La interacción entre los agentes de un CAS genera un comportamiento global y coevolutivo que no puede ser predecible a nivel local.
- El orden puede emerger de un proceso de autoorganización.

## APLICACIONES DE SISTEMAS COMPLEJOS

### ▪ Redes neuronales

El conjunto de células neuronales biológicas conforman redes neuronales que ofrecen la posibilidad de diseñar *sistemas inteligentes* capaces de procesar información de forma no convencional, aprender a realizar nuevas tareas y adaptarse a los cambios que ejercen los agentes externos del medio en el que se desenvuelven (Sánchez & Alanís, 2006).

Por lo tanto, las neuronas y redes neuronales se puede interpretar como un sistema complejo, ya que cada célula neuronal está compuesta por varias partes interconectadas que poseen un objetivo funcional individual y en conjunto pueden responder a comportamientos influenciados por la interconexión de las partes o de agentes externos (otras neuronas).

### ▪ Autómatas celulares

Los *autómatas celulares* son una manera de representar fenómenos complejos que ocurren simultáneamente en el tiempo y en el espacio; por ejemplo, el modelado del fluido del tráfico y los peatones o el modelado de fluidos (gases o líquidos). Algunas de sus características son:

- Modelo dinámico disipativo, posee muchos grados de libertad, todos discretos.
- Se mueve en el espacio, el tiempo y con un número discreto de estados.
- Tiene un número definido de salidas y pocas reglas que definen su estado durante el siguiente período de tiempo.
- Las reglas se actualizan sincrónicamente.
- Es imposible predecir qué resulta del cambio, incluso si el sistema se detendrá o seguirá indefinidamente.
- El sistema puede autoorganizarse, lo cual lo identifica como sistema complejo.

### ▪ Criticalidad autoorganizada

Se dice que un sistema exhibe *criticalidad autoorganizada* si es abierto, si es mantenido fuera del equilibrio por una fuente externa, y si evoluciona desde cualquier estado inicial y de mane-

ra natural hacia un estado estacionario que presenta propiedades de autosimilaridad similares a un punto crítico.

Para ello, la única condición es que el sistema sea perturbado muy lentamente, a intervalos que en promedio sean mucho mayores que el tiempo característico de respuesta del sistema.

Se describe cómo un proceso de retroalimentación entre el parámetro de orden y de control puede situar a un sistema por sí mismo en el punto crítico sin necesidad de ajuste externo. Es la versión matemática de la dialéctica entre las partes y el todo de la que hablábamos al principio. Sin duda, se trata de un gran paso para explicar la extraordinaria organización que exhibe la naturaleza.

### Metodología orientada a agentes

Las metodologías proporcionan medios para construir sistemas multiagente de forma disciplinada y repetible (Gómez, 2003). Las técnicas convencionales de ingeniería no tienen en cuenta las necesidades de especificación de los sistemas basados en agentes, como la especificación de planificación de tareas, intercambio de información con lenguajes de comunicación orientados a agentes, movilidad del código o motivación de los componentes del sistema. Por ello, se plantean nuevas metodologías basadas en agentes Vowel Engineering (Ricordel, 2001), MAS-CommonKADS (Iglesias, 1998), GAIA (Wooldridge, Jennings, & Kinny, 2000). Estas metodologías parten de un modelo, informal en la mayoría de casos, de cómo debe ser un sistema basado en agentes y dan una guía para su construcción.

### Agentes aplicados a sistemas urbanos

#### Modelo de agente

Un modelo de agente es usado para describir agentes particulares excluyendo las interacciones con otros agentes, de tal forma que el modelo se centra fundamentalmente en la funcionalidad del agente y en el diseño de su control (Gómez & Pavón, 2001). En este sentido proporciona información acerca de los siguientes aspectos:

- Funcionalidad del agente: Responsabilidades, es decir, qué tareas sabe ejecutar o qué objetivos se compromete a alcanzar (Gómez & Pavón, 2001).

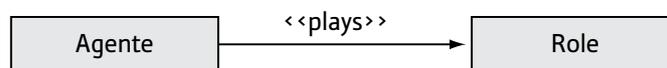


Figura 7. Función de un agente

- Comportamiento: Referente al control del agente a través del estado mental, gestión del estado mental, mecanismos de decisión, entre otros (Gómez & Pavón, 2001).

Los elementos principales para un modelo de agente son los objetivos, roles, tareas y evidencias que son generadas por la interacción con otros agentes. Como indica la figura 7, el proceso de control de un agente viene dado por la siguiente secuencia: un *agente* quiere satisfacer una necesidad y establece un *objetivo* para alcanzar un estado deseado asumiendo un *rol* determinado. Para satisfacer dicho *objetivo* crea unas *tareas* como transiciones de estado, las cuales pueden interactuar en un caso dado con otras *tareas* realizadas por otros *agentes* dentro del mismo sistema. Y como producto de la *interacción*, el objetivo principal del agente se satisface por medio de una o varias *evidencias*, las cuales pueden satisfacer a uno o más *objetivos*.

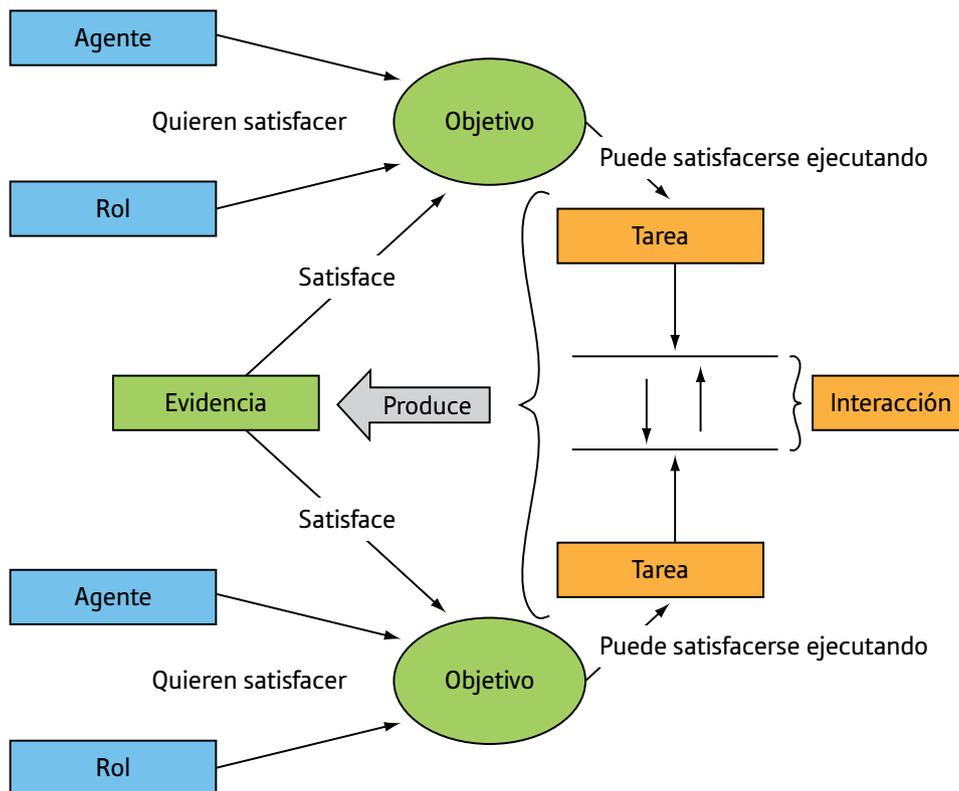


Figura 8. Elemento del modelo de agente (Gómez & Pavón, 2001)

Los objetivos *dentro* del modelo de agente son establecidos para satisfacer necesidades propias del agente, creando un ciclo de vida que inicia con evaluación de puntos que serán tomados en cuenta para ejecutar la o las tareas, es decir, realizar un refinamiento de los aspectos que se deben tener en cuenta; por ejemplo, un análisis de causa y efecto. Luego que el obje-

tivo es refinado, comienza la ejecución de la o las tareas, las cuales, una vez sean resueltas, tienen la posibilidad de generar dos posibles resultados o evidencias para finalizar el ciclo: evidencia de éxito o evidencia de fallo.

## CONCLUSIONES

La teoría de agentes actualmente viene siendo un foco de interés en parte de muchos subcampos de la ciencia de la computación e inteligencia artificial. Los agentes están siendo utilizados en una variedad cada vez mayor de aplicaciones, que van desde comparativamente sistemas pequeños, como los filtros de correo electrónico, hasta sistemas complejos como el control del tráfico aéreo; entre ellos se establece una característica común: su entidad básica es un agente (Jennings & Wooldridge, 1998, pp. 10-17).

El gran interés por este nuevo paradigma de desarrollo de aplicaciones de *software* se debe a la gran amplitud y variedad de campos de acción en los que se puede implementar la teoría de agentes. En particular, las aplicaciones que describen los entornos urbanos están dadas por el tipo de agente, la tecnología utilizada y el dominio que abarca el medio que se desea representar. Por ejemplo, la teoría de agente está siendo utilizada en las siguientes aplicaciones:

- Aplicaciones industriales:
  - Proceso de control.
  - Manufactura.
  - Control de tráfico aéreo.
- Aplicaciones comerciales:
  - Gestión de la información.
  - Comercio electrónico.
  - Gestión de procesos empresariales.
- Aplicaciones médicas:
  - Monitoreo de pacientes.
  - Cuidado de la salud.
- Entretenimiento:
  - Juegos.
  - Teatro interactivo y cine.

## REFERENCIAS

- Alberti, M. (2008). *Advances in urban ecology Integrating Humans and Ecological Processes in Urban Ecosystems*. University of Washington.
- Antequera, J. (2005). *El potencial de sostenibilidad de los asentamientos humanos*. Disponible en [www.eumed.net/libros/2005/ja-sost/](http://www.eumed.net/libros/2005/ja-sost/).
- Bitam, S. & Batouche Chawki, M. (2006). *Complex Systems Engineering* (p. 466). Department of Computer Science, Mohamed Khider University.
- Bugallo, M. & Djuric, P. (2008). *Complex Systems and Particle Filtering* (p. 1). Department of Electrical and Computer Engineering Stony Brook University.
- Cornejo, A. (1997). *Complejidad y caos: Guía para la administración del siglo XXI* (1. ed.). Ediciones Castillo.
- Devore L., J. (2000). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (5ª ed., p. 95) .Thomson Learning.
- Dupont D., W. (2002). *Statistical Modeling for Biomedical Researchers A Simple Introduction to the Analysis of Complex Data* (p. 34). Cambridge University Press.
- J.M. Gómez A. (2005). *Sistemas de Información Multiagente*. Programa de Doctorado: Retos Científicos de la Computación. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en [http://www.irisel.com/~jmgomez/IT/doctorate/taller\\_2.htm#\\_Toc129439885](http://www.irisel.com/~jmgomez/IT/doctorate/taller_2.htm#_Toc129439885)
- Gómez, J. (2003). Metodologías para el desarrollo de sistemas multi-agente. *Inteligencia Artificial, Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 18, 51-63. Disponible en <http://www.aepia.dsic.upv.es/>.
- Gómez, J. & Pavón, J. (2001). *Análisis y Diseño de Sistemas Multi-Agente*. Departamento de Sistemas Informáticos y Programación. Disponible en <http://grasia.fdi.ucm.es/jpavon/agentes/admas.pdf>.
- Iglesias, C. A. (1998). Definición de una metodología para el desarrollo de sistemas multiagente. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en <http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=11387>
- Izquierdo, L., Galán, S., Santos, J. & Del Olmo R, R. (2008). Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 16, 85- 112.
- Izquierdo, L., Galán, J. Santos, J. Del Olmo Ricardo, R. (2008). Modelado de Sistemas Complejos Mediante Simulación Basada en Agentes y Mediante Dinámica de Sistemas. *EMPIRIA, Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 94 .
- Jennings, N. R. & Wooldridge, M. J. (1998). Applications of Intelligent Agents. In: *Agent Technology: Foundations, Applications and Markets*, 3-28.
- Johnson, S. (2003). *Sistemas emergentes: o qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. Turner - Fondo de Cultura Económica.
- Moriello, S. (2003). Sistemas complejos, caos y vida artificial. *Revista REDcientífica. Ciencia, Tecnología y Pensamiento*. Disponible en <http://www.redcientifica.com/doc/doc200303050001.html>.
- Munakata, T. (1998). *Fundamentals of the New Artificial Intelligence: beyond Traditional Paradigms* (pp. 1-5). Disponible en <http://books.google.com/books>.
- Palma, J. & Marín, R. (2008). *Inteligencia artificial: técnicas, métodos y aplicaciones*. España: MacGraw-Hill.
- Pavard, B. & Dugdale, J. (2000). The contribution of complexity theory to the study of socio-technical systems. *Interjournal of Complex Systems*, 335. Cambridge, MA, USA: New England Complex Systems Institute.

- Pekelis, V. (1973). Teoría de los sistemas complejos (grandes). *Pequeña enciclopedia de la gran cibernética*. Moscú: Mir.
- Rammel, C., Stagl, S. & Wilfing, H. (2007). Managing complex adaptive systems – A co-evolutionary perspective on natural resource management. *Ecological economics*, 63, 9-21.
- Rupert, M., Rattrout, A. & Hassas, S. (2008). The web from a complex adaptive systems perspective. *Journal of Computer and System Sciences*, 74, 133-145.
- Russell, S. & Norving, P. (2004). *Inteligencia artificial: un enfoque moderno*. Madrid: Person Educación.
- Sánchez, E. & Alanís, A. (2006). *Redes Neuronales. Conceptos fundamentales y aplicaciones a control automático*. España: Editorial Pearson - Prentice Hall (pp. 1-19).
- Walpole, Myers, Myers (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros* (6ª ed., p. 55). Prentice-Hall.
- Wheatley, M. (1994). *Leadership and the New Science: Learning about Organizations from an Orderly Universe*. San Francisco CA: Berrett-Koehler Publishers.
- Wooldridge, M., Jennings, N. R., & Kinny, D. (2000). The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 3(3), 285–312. doi:10.1023/A:1010071910869

## GLOSARIO

**Adaptabilidad.** Capacidad de un sistema para acomodar su comportamiento a una gran variedad de situaciones de acuerdo con las modificaciones de su entorno. Para eso es necesario un fluido intercambio sistema-entorno.

**Autonomía.** Capacidad de un sistema para ejecutar sus tareas sin la intervención de otros sistemas, pero solo dentro de ciertos límites determinados por su entorno.

**Autoorganización.** Cualidad de ciertos sistemas de organizarse a sí mismos. Tendencia constante y espontánea de un sistema para generar patrones de comportamiento global a partir de las interacciones entre sus componentes y a partir de las interacciones de estos con su entorno. Es un término más general que *autopoiesis*.

**Autopoiesis.** Capacidad de ciertos sistemas para producir su propia organización, de tal manera que el producto resultante es él mismo. No hay separación entre productor y producto.

**Caos** (o impredecibilidad). Condición de un sistema cuyo comportamiento actual depende sensiblemente de las condiciones iniciales y de ciertas situaciones de su entorno y/o intorno.

**Intorno.** Contexto interno del sistema. Está compuesto por todos los componentes internos y sus interrelaciones.

**Entorno (o ambiente).** Contexto externo del sistema. Es todo aquello que pueda afectar a y ser afectado por el sistema.

**Entropía.** Tendencia natural, constante e inevitable que presentan ciertos sistemas a su progresiva desorganización (y, finalmente, homogeneización con su entorno), por el transcurso del tiempo o por su propio funcionamiento. No obstante, al menos temporalmente, algunos sistemas abiertos revierten esta tendencia al aumentar sus estados de organización.

**Estructura disipativa.** Estructura interna del sistema que se forma y/o se mantiene gracias al ingreso de energía en el sistema. Las nuevas estructuras aparecen cuando el sistema incrementa sus ingresos de energía. Peligran si escasean dichos ingresos.

**Fluctuación.** Cambio en la magnitud de alguna cantidad física a lo largo del tiempo con respecto a su valor normal o promedio.

**Inestabilidad.** Condición de un sistema en la que pelagra su identidad por causa de una variación de su entorno o de su reorganización interna.

**Intorno.** Contexto interno del sistema. Está compuesto por todos los componentes internos y sus interrelaciones.

**Perturbación.** Variable no deseada aplicada a un sistema y que tiende a afectar adversamente el valor de una variable controlada. Puede ser interna (si se genera dentro del sistema) o externa (si se produce fuera del sistema y es un ingreso).

**Variación.** Cantidad de diferentes elementos discretos dentro de un sistema.

**Viabilidad.** Medida de la capacidad de un sistema para adaptarse y sobrevivir dentro de un entorno dinámico.

Esta obra contiene los resultados del proyecto de investigación “Diseño de un modelo de gestión urbana sostenible”, financiado por Colciencias (Código 121540520325), y ejecutado por un equipo interdisciplinario de profesionales de alto nivel de la Universidad del Norte que aportaron sus experiencias y conocimiento para identificar problemas, definir variables e indicadores, dilucidar dinámicas y presentar herramientas que permitan una mejor comprensión del entorno sistémico urbano de Barranquilla. El libro está dirigido a todas aquellas personas que tengan algún interés en el análisis de problemas urbanos, así como a un público más amplio que pueda encontrar aquí ideas y opiniones que le permitan formarse las suyas propias sobre estos asuntos.