

Calidad de vida urbana

Independientemente del atractivo mediático que tenga la elaboración de distintos índices de calidad de vida urbana, lo cierto es que una construcción sistemática y rigurosa de los mismos puede proporcionar una herramienta de gran utilidad para el gestor municipal. Para ello es necesario, no sólo identificar aquellas variables relevantes a la hora de explicar la calidad de vida de un determinado entorno, en comparación con otros, sino medirla en una escala apropiada, y ponderarla adecuadamente. El trabajo presenta una metodología para la elaboración de dichos índices, basada en el Análisis de Componentes Principales, e ilustra su aplicación con la elaboración del Índice de Calidad Ambiental de los distintos barrios de la ciudad de Cali en Colombia.

Hiriko bizi-kalitateari buruzko indizeak egiteak duen erakargarritasun mediatikoa alde batera utzita; egiaz, horiek sistematikoki eta zorrotz egiteak erabilgarritasun handiko tresna eman diezaioke udalkudeatzaileari. Horretarako, ingurune jakin baten bizi-kalitatea beste batzuekin alderatuta azaltzeko garaian garrantzitsuak diren aldagaiak identifikatzea ez ezik, beharrezkoa da bizi-kalitate hori eskala egokian neurtzea, eta behar bezala haztatzea. Lan honetan, indize horiek egiteko metodologia bat azaltzen da, Osagai Nagusien Azterketan oinarritutakoa. Gainera, aipatutako indizeen aplikazioa ilustratzeko, Kolonbiako Cali hiriko zenbait auzori buruzko Ingurumen Kalitatearen Indizea ematen da.

In spite of the media attraction that the elaboration of the different urban life quality's indices enjoys, the sure thing is that a systematic and rigorous construction of those indices can provide a useful tool, of chief importance, for the municipal manager. So it is important, not only to identify those relevant variables at the time of explaining life quality of a determined environment —comparing to others— but also measuring it according to an appropriate scale and weigh it up tactfully. The study exposes a methodology to elaborate these indices, based on the Principal Components Analyses and illustrates its application with the elaboration of environmental quality index of the different neighborhoods of Cali, a town of Colombia.

Diego Azqueta
Dpto. de Fundamentos del Análisis Económico
Universidad de Alcalá de Henares

Luis A. Escobar
Dpto. de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente
Universidad del Valle

217

ÍNDICE

1. Introducción
 2. La construcción del índice de calidad de vida urbana
 3. Un ejemplo: construcción del índice de calidad ambiental de la ciudad de Cali (Colombia)
 4. Un método objetivo de ponderación: los precios hedónicos
 5. Resumen y conclusiones
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: índice de calidad ambiental, análisis de componentes principales, precios hedónicos, calidad de vida, entorno urbano

N.º de clasificación JEL: R19, R15, H53, R58, Q51, D62

1. INTRODUCCIÓN

La calidad de vida que ofrecen los distintos entornos, tanto urbanos como rurales, es una variable importante en la función de bienestar de las personas y, en consecuencia, relevante a la hora de explicar la elección con respecto al lugar en que deciden radicarse, o desarrollar una parte de sus actividades, sean de ocio, sean estrictamente laborales.

Ahora bien, la calidad de vida que ofrecen los distintos entornos urbanos no es una variable que dependa exclusivamente de factores sobre los que no se puede hacer gran cosa (emplazamiento natural, clima, presencia de determinados atracti-

vos, etc.), sino que también viene determinada por todas aquellas decisiones de política urbana que conforman un determinado modelo de ciudad. El administrador público, como representante de los intereses ciudadanos, sabe que determinadas actuaciones e intervenciones son percibidas como favorables en este sentido, mientras que otras tienen un carácter más controvertido.

Popularmente, estas percepciones colectivas se han materializado en la elaboración de distintos *ranking* de ciudades en función de su calidad de vida. De tarde en tarde, algún periódico o revista publica una clasificación elaborada a partir de los criterios que sus expertos han construido

para tal fin, y que informa de cuáles son los núcleos urbanos en los que se «vive mejor», y en cuáles no tanto (con notable irritación, y acaloradas muestras de protesta, de estos últimos). Para alcanzar este tipo de resultado (una clasificación de ciudades en función de su atractivo), los responsables de estos trabajos han tenido que resolver tres tipos de dificultades:

- En primer lugar, seleccionar las variables que, en su opinión, determinan la calidad de vida en un entorno determinado.
- En segundo lugar, establecer un indicador para cada una que, al posibilitar su inclusión en una determinada escala cuantitativa, permita tanto su medición como la comparación con otras variables igualmente relevantes, sean dicotómicas (tener o no tener playa), discretas (número de museos) o continuas (temperatura promedio).
- Finalmente, el analista tendrá que ponderar de alguna forma el peso de cada criterio en el indicador agregado que ha de agruparlas: ¿pesa lo mismo la inseguridad ciudadana que la calidad del aire, como quiera que se hayan definido y medido?

Desgraciadamente, y en términos generales, puede afirmarse que los indicadores utilizados en los trabajos periodísticos, aún cuando hayan sido seleccionados a través de un proceso metodológicamente riguroso, son ponderados de una forma excesivamente elemental, lo que si bien no les quita atractivo mediático, sí les priva de la utilidad que podrían tener para el gestor público interesado en mejorar el nivel de vida de sus conciudadanos. En este sentido, el análisis económico ha recorrido un camino que, aunque no ha tenido ni

de lejos la repercusión mediática de los trabajos comentados, puede ofrecer una información muchísimo más valiosa para una mejor gestión de la política urbana. Para ello ha tenido que afrontar y resolver los problemas previamente mencionados: seleccionar las variables relevantes y ponderarlas adecuadamente, atendiendo a su importancia en la función de bienestar de las personas (Ebert et al, 2004).

2. LA CONSTRUCCIÓN DE UN ÍNDICE DE CALIDAD DE VIDA URBANA

Vale la pena, en este sentido, profundizar un poco más en el concepto mismo de índice o indicador.

Es norma común distinguir entre indicadores simples, e índices. Los primeros están elaborados mediante la combinación de uno o más datos. Estos indicadores simples, a su vez, se convierten en un índice, gracias a la aplicación de una fórmula matemática que los sintetiza (Segnestam, 2002). Los índices, pues, simplifican, mediante la utilización de un modelo, los atributos y pesos de múltiples variables e indicadores, con el objetivo de ayudar a comprender el estado y evolución de una variable determinada (Pender *et al.*, 2000). Como es natural, los índices, de cualquier índole, no ofrecen una explicación total de la variable latente objeto de estudio, pero si están bien contruidos, representan una aproximación útil al estudio de la misma y a su evolución¹.

¹ Es costumbre, asimismo, distinguir entre índices o indicadores teóricos, e índices o indicadores operacionales, más encaminados a facilitar la intervención política.

Dos han sido las grandes líneas que se han seguido en la literatura a la hora de elaborar correctamente los distintos indicadores:

- a) Por un lado, la metodología centrada en la elaboración de un marco causal que trata de simplificar una serie de interconexiones complejas, estableciendo relaciones causa-efecto sencillas entre distintas variables relevantes, y la variable latente objeto de estudio. Un ejemplo muy ilustrativo, en el campo ambiental, sería el modelo presión-estado-respuesta elaborado por la OCDE y adoptado por la Agencia Europea del Medio Ambiente. Como es bien conocido, este marco metodológico supone que las actividades humanas ejercen una presión sobre el medio, que debido a ello el medio registra cambios en su estado, y que la sociedad responde para mantener los equilibrios ecológicos que le parecen necesarios, o para recuperar la calidad ambiental que considera adecuada².
- b) Alternativamente, algunos autores han optado por partir de un marco temático en el que el problema específico objeto de estudio es identificado y analizado por temas y subtemas, como por ejemplo, contaminación del aire, deforestación, etc. (EEA/AMAE, 2002).

Para el caso de los índices de calidad de vida urbana, en ocasiones será más operativo tratar de enfocar su elaboración a partir de la identificación de temas y

subtemas específicos, ya que, con relativa frecuencia, no son evidentes los eslabones causales entre presiones e impactos, cuando las primeras no tienen una dimensión espacial similar a la que se utiliza para objetivar las segundas.

En el caso concreto de los entornos netamente urbanos, se han desarrollado algunas iniciativas pioneras lideradas por la OCDE, Naciones Unidas, y otros organismos nacionales y supranacionales, siguiendo en general el enfoque de los temas y subtemas. Podrían destacarse, entre ellos:

- El sistema de indicadores urbanos propuesto por la Conferencia de Naciones Unidas sobre Asentamientos Urbanos, celebrada en Nairobi, que contribuyó a la puesta en marcha del Programa de Indicadores Urbanos, que tiene como propósito el establecimiento de una *Red de Observatorios Urbanos* que permita el control, seguimiento y evaluación de los Programas Habitat y Agenda 21 (UNCHS/HABITAT, 1997).
- La Organización Mundial de la Salud, por su parte, estableció hace años un conjunto de indicadores de ciudades saludables (OMS, 1993), compuesto por 53 indicadores: 20 relativos a aspectos socioeconómicos, 19 a aspectos ambientales, 11 que recogen la disponibilidad y calidad de los servicios sanitarios, y 3 asociados a la salud.
- La OCDE (1993; 1997), asimismo, ha definido trece áreas de indicadores, entre las cuales destacan las relativas a la calidad *ambiental* urbana.
- La Agencia Europea para el Medio Ambiente también ha desarrollado una serie de trabajos destinados a

² El lector interesado en este modelo, puede consultar Azqueta *et al.* (2004, cap. 2)

permitir, en el contexto de la calidad de vida urbana, la comparación entre ciudades y la adopción de las medidas de política más eficientes (EEA/AMAE, 2002).

- En España, finalmente, además del trabajo realizado al respecto por el Ministerio del Medio ambiente (MMA, 1996; 2000), cabe destacar las iniciativas adoptadas en Cataluña (Diputació de Barcelona, 2000), Andalucía (CMA-Junta de Andalucía, 2001; Castro, 2002) y País Vasco (CMA-Gobierno Vasco, 2003).

Son varias, por tanto, las propuestas operativas que se han ido desarrollando en los últimos años, aunque muchas de ellas en un estado todavía muy incipiente de elaboración. Trataremos, a continuación, de ilustrar el proceso de elaboración de uno de estos índices, los resultados obtenidos y las implicaciones que se podrían derivar de los mismos, con ayuda de un estudio de caso actualmente en proceso de desarrollo, que se diferencia de otros en que parte de una visión de la ciudad no homogénea y por lo tanto pretende explicar la calidad ambiental urbana en distintas zonas de la misma.

3. UN EJEMPLO: CONSTRUCCIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA CIUDAD DE CALI (COLOMBIA)

Los conceptos anteriores pueden ejemplificarse, como acabamos de señalar, con ayuda de un estudio de caso, que a continuación vamos a presentar. El problema abordado es el de construir un índice de calidad ambiental para la ciudad de Cali, en Colombia, que le permita al administrador público, contar con una he-

rramienta útil a la hora de diseñar medidas de política ambiental en los distintos barrios (comunas) de su municipio³.

El municipio de Cali, situado en las faldas de la cordillera Occidental, capital del Departamento del Valle del Cauca, tiene una superficie total de 560,26 km² de los que 78,4% rural y el 21,6% restante superficie urbana. Su población total es de 2.316.655 habitantes, de la que el 95,4% vive en la zona urbana y el 4,6% vive en el área rural (DPMC, 2002).

Desde el punto de vista administrativo, la zona urbana de Cali se encuentra dividida en 21 Comunas (figura n.º 1).

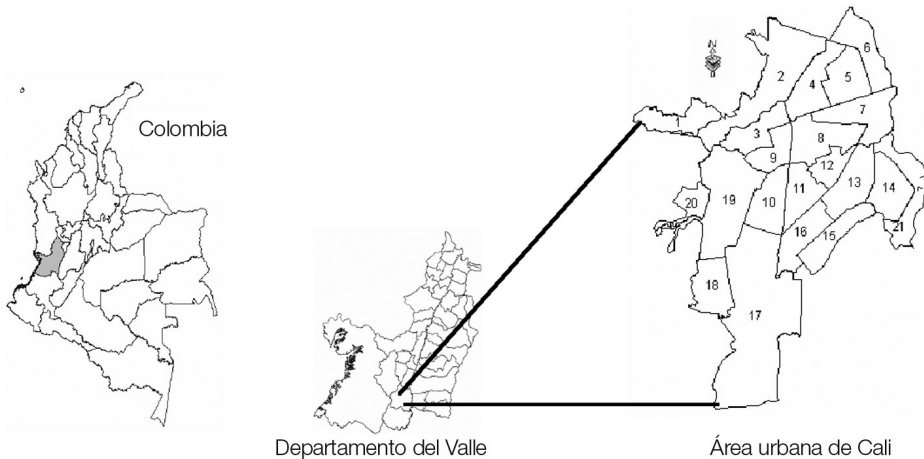
3.1. Estructura del índice

El estudio se centra, como decimos, en uno de los componentes de la calidad de vida urbana: el componente ambiental. La figura n.º 2 presenta el esquema general seguido para el cálculo del Índice de Calidad Ambiental (ICA).

Se definieron, en concreto, dos subcomponentes y un conjunto de 39 indicadores teóricos simples agrupados en 10 áreas temáticas (cuadro n.º 1), que fueron seleccionados de acuerdo a los criterios convencionales.

³ Actualmente en Cali el Departamento de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) está formulando, a partir de la experiencia de los comités locales ambientales, una iniciativa para definir el Sistema de Gestión Ambiental Municipal. Este sistema y cualquier iniciativa de planificación y gestión ambiental del territorio, demanda la construcción de un sistema de indicadores ambientales que revelen, no solo la línea base en las 21 comunas, sino que sirva de orientación al desarrollo de la gestión ambiental tanto a los tomadores de decisiones como a la sociedad en general (UNCED/PNUMA (1992), lo que explica la conveniencia de un estudio como el presente.

Figura n.º 1

Área urbana de las 21 comunas de Cali

Estos criterios, empleados para seleccionar las variables que finalmente se emplearon para construir el índice de calidad ambiental, se refieren a la validez científica; capacidad de discriminación; existencia de datos; definición de situación de elección pública; representación de la zona descrita; medida directa; sensibilidad a cambios; y coste-eficiencia.

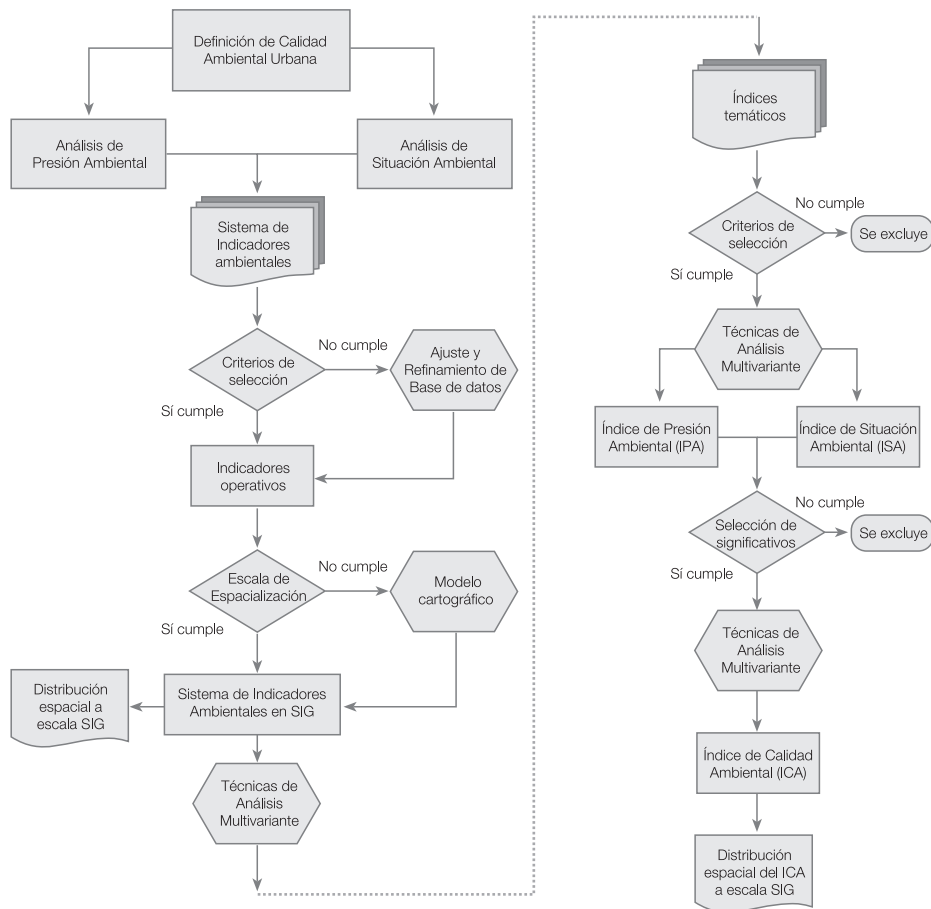
Los dos subcomponentes elegidos fueron:

- *Presión ambiental*: que recoge aquellos procesos urbanos que modifican la calidad ambiental del entorno
- *Situación ambiental*: que recoge aquellos indicadores que describen una característica ambiental determinada, por ejemplo, calidad del aire, área verde, etc.

El estudio abordado demandaba fuentes de información que proporcionaran datos por comunas. Esta condición ya plantea ciertas dificultades para homogeneizar las escalas de las distintas fuentes: la información proporcionada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE); la que para propósitos de planificación de las comunas ha recabado anualmente el Departamento de Planeación Municipal de Cali (DPMC) en el anuario *Cali en Cifras* (2000, 2001, 2002); los datos derivados de las Agendas Ambientales por Comuna publicados por el DAGMA (2003); los datos de algunas entidades públicas (empresas de servicios públicos); y la información derivada de estudios ambientales desarrollados en la ciudad, como es el caso de los modelos de dispersión de partículas en

Figura n.º 2

Proceso de cálculo y representación espacial del ICA



suspensión, ruido, aerosoles y mapa de riesgo por inundación.

La homogeneización de las escalas de los datos que alimentan el modelo, fue posible a partir de la elaboración de una base de datos en un Sistema de Información Geográfico (SIG), a nivel de comuna, para lo que se hizo necesario desarrollar

un modelo cartográfico (Bosque, 2000) del que se derivó la información de modelos de dispersión (Plano 5-10 POT, 2002). Todo el sistema de información ambiental y su geo-referenciación tiene como año base el 2001.

Con la información organizada en el SIG se elaboró la línea base de todos los

Cuadro n.º 1

Sistema de indicadores de calidad ambiental urbana

Indicadores simples Nivel I	Área temática Nivel II	Componentes Nivel III Nivel IV	Índice
RS1. Residuos sólidos generados (Ton)	Residuos sólidos urbanos (<i>Irsu</i>)	Índice de Presión Ambiental (IPA)	Índice de Calidad Ambiental (ICA)
RS2. Cobertura de recolección (% de viviendas)			
RS3. Basureros crónicos (N.º)			
RS4. Percepción social del servicio			
CE1. Cobertura de energía (% de viviendas)	Consumo de energía (<i>Icen</i>)		
CE2. Conexiones ilegales (N.º)			
CE3. Cobertura de gas (% de viviendas)			
CE4. Uso de leña, carbón, etc. (N.º viviendas)			
CE5. Fuentes de contaminación lumínica (N.º)			
TR1. Densidad de coches (Coches/habitante)	Tráfico urbano (<i>Itru</i>)		
TR2. Accidentes mortales de transito (N.º)			
TR3. Kilómetros de vía pavimentada (N.º)			
TR4. Semáforos (N.º)			
CV1. Personas por vivienda (N.º)	Calidad de la vivienda (<i>Icav</i>)		
CV2. M² por vivienda (N.º)			
CV3. Densidad de viviendas (N.º/hectárea)			
AI1. Concentración de NOx (% del territorio)*	Aire (<i>Iair</i>)		
AI2. Concentración de SOx (% del territorio)*			
AI3. Concentración de CO₂ (% del territorio)*			
AI4. Concentración de partículas en suspensión*			
AI5. Denuncias por olores molestos (N.º)			
AG1. Cobertura de agua (% de viviendas)	Agua (<i>Iagu</i>)		
AG2. Cobertura de alcantarillado (% de viviendas)			
AG3. Riesgo de inundación (% del territorio)**			
RU1. Ruido diurno (% del territorio)*	Ruido (<i>Iru</i>)		
RU2. Ruido nocturno (% del territorio)*			
RU3. Denuncias ciudadana (N.º)			
SU1. Área urbanizable construida (% del total)	Suelo (<i>Isue</i>)		
SU2. Área verde institucional (% del total)			
SU3. Densidad área verde (m²/habitante)			
SU4. Erosión (% del total)*			
ES1. Denuncias invasión del espacio público (N.º)	Espacio público (<i>Iepu</i>)		
ES2. Parques y plazas por localidad (N.º)			
ES3. Andenes peatonales (m²)			
BI1. Densidad de árboles (N.º/habitante)	Biodiversidad (<i>Ibio</i>)		
BI2. Árboles sembrados (N.º/año)			
BI3. Fauna animal no nociva (N.º)			
BI4. Especies vegetales (N.º)			
BI5. Sitios de interés ecológico (N.º)			

* Estas variables se obtienen empleando un sistema de información geográfico, una vez diseñado un modelo cartográfico que permita estimar el porcentaje del territorio que supera determinados estándares. Para el caso del modelo aplicado solo se cuenta con información georeferenciada para la concentración de partículas en suspensión. El mapa digital que represente el modelo de dispersión del contaminante en la zona urbana se cruza con el mapa de división política administrativa de la ciudad en comunas (barrios), derivando el porcentaje del territorio que supera los estándares (figura 1).

** Al igual que con las variables que se derivan de modelos de dispersión, esta variable se estima cruzando los mapas de riesgo de inundación y la división política administrativa de la ciudad, previa construcción de un modelo cartográfico que identifique los procesos técnicos para conseguir tal información.

indicadores ambientales simples distribuidos en el espacio. Dado que el interés básico del estudio es calificar y organizar jerárquicamente las comunas de acuerdo al ICA, se hizo necesaria la utilización de técnicas de análisis multivariante para sintetizar un conjunto de variables relacionadas que explican una variable latente como la calidad ambiental. En el estudio se utilizó, en concreto, el análisis de componentes principales (ACP) (Anderson, 1984; Hair, *et al*, 1999; Jolliffe, 1986; Johnson, 2000).

El resultado de todo este proceso aparece recogido en el cuadro n.º 1. Se parte de una aproximación al concepto de calidad ambiental urbana centrada en dos áreas temáticas. A continuación se procede a construir una batería de indicadores teóricos simples, a los que se les aplican los criterios de selección apropiados para definir aquellos indicadores operativos que finalmente se tendrán en cuenta en el índice. En este proceso la homogeneización de escala es importante, para lo que se requiere de la elaboración de un modelo cartográfico (Bosque, 2000) para obtener los valores de las variables que obedecen a modelos de dispersión en todo el territorio urbano.

En el paso siguiente, se aplicaron técnicas de análisis multivariante a los indicadores seleccionados, a fin de elaborar índices parciales para cada una de las áreas temáticas definidas. Finalmente, introduciendo criterios de selección de los indicadores más robustos, se elabora el índice de calidad ambiental para cada una de las unidades territoriales experimentales (comunas). Estimados los indicadores simples y los índices correspondientes, se representa su distribución espacial en el territorio, mediante el dise-

ño de la base de datos en un sistema de información geográfica (ArcGis 8.0 de ESRI, 2001).

En resumen, el proceso seguido para derivar matemáticamente el ICA consistió en tres fases en las que, de manera consecutiva, se simplificaba la información de indicadores del primer, segundo, tercero y cuarto nivel (ver el cuadro n.º 2), a partir de las ecuaciones recogidas en el cuadro n.º 2.

Una vez estimados los componentes principales y las tasas de contribución de los mismos para las ecuaciones del 1 al 10, se procedió a calificar cada una de las comunas de acuerdo al índice que se está derivando, a partir de una expresión general que pondera las puntuaciones alcanzadas para cada componente principal, por la raíz cuadrada de su varianza (Peters *et al*, 1970):

$$I_{mj} = \frac{\sum_{i=1}^r Z_{ij} \cdot \sqrt{\lambda_r}}{\sum_{i=1}^r \sqrt{\lambda_r}} \quad (11)$$

donde, I_{mj} representa *Irse*, *Icen*, *Itra*, *Icav*, *lair*, *lagu*, *Irui*, *Isue*, *Ilepu* e *Ibio* separadamente para cada unidad experimental *j-ésima*, Z_{ij} la puntuación del componente *r-ésimo* para la unidad experimental *j-ésima*, y $\sqrt{\lambda_r}$ la raíz cuadrada del autovalor para dicho componente, garantizando así que los componentes con una mayor varianza explicada tengan una mayor ponderación en la calificación del índice.

Acto seguido, estimados los indicadores de segundo nivel (índices temáticos), se construyen de forma análoga los indicadores de tercer nivel (índices de com-

Cuadro n.º 2

Fase I: De indicadores de primer nivel a indicadores de segundo nivel

Ecuación	Hipótesis de relación lineal
$lrsu_j = \sum_{i=1}^n W_i RS_{ij}$	$\frac{\partial lrsu_j}{\partial RS_{1j}} < 0$; $\frac{\partial lrsu_j}{\partial RS_{2j}} > 0$; $\frac{\partial lrsu_j}{\partial RS_{3j}} < 0$; $\frac{\partial lrsu_j}{\partial RS_{4j}} > 0$ (1)
$lcen_j = \sum_{i=1}^n W_i CE_{ij}$	$\frac{\partial lcen_j}{\partial CE_{1j}} > 0$; $\frac{\partial lcen_j}{\partial CE_{2j}} < 0$; $\frac{\partial lcen_j}{\partial CE_{3j}} > 0$; $\frac{\partial lcen_j}{\partial CE_{4j}} < 0$; $\frac{\partial lcen_j}{\partial CE_{5j}} < 0$ (2)
$ltra_j = \sum_{i=1}^n W_i TR_{ij}$	$\frac{\partial ltra_j}{\partial TR_{1j}} < 0$; $\frac{\partial ltra_j}{\partial TR_{2j}} < 0$; $\frac{\partial ltra_j}{\partial TR_{3j}} < 0$; $\frac{\partial ltra_j}{\partial TR_{4j}} < 0$ (3)
$lcav_j = \sum_{i=1}^n W_i CV_{ij}$	$\frac{\partial lcav_j}{\partial CV_{1j}} < 0$; $\frac{\partial lcav_j}{\partial CV_{2j}} > 0$; $\frac{\partial lcav_j}{\partial CV_{3j}} < 0$; (4)
$lair_j = \sum_{i=1}^n W_i AI_{ij}$	$\frac{\partial lair_j}{\partial AI_{1j}} < 0$; $\frac{\partial lair_j}{\partial AI_{2j}} < 0$; $\frac{\partial lair_j}{\partial AI_{3j}} < 0$; $\frac{\partial lair_j}{\partial AI_{4j}} < 0$; $\frac{\partial lair_j}{\partial AI_{5j}} < 0$ (5)
$lagu_j = \sum_{i=1}^n W_i AG_{ij}$	$\frac{\partial lagu_j}{\partial AG_{1j}} > 0$; $\frac{\partial lagu_j}{\partial AG_{2j}} > 0$; $\frac{\partial lagu_j}{\partial AG_{3j}} > 0$; (6)
$lrui_j = \sum_{i=1}^n W_i RU_{ij}$	$\frac{\partial lrui_j}{\partial RU_{1j}} < 0$; $\frac{\partial lrui_j}{\partial RU_{2j}} < 0$; $\frac{\partial lrui_j}{\partial RU_{3j}} < 0$; (7)
$lsue_j = \sum_{i=1}^n W_i SU_{ij}$	$\frac{\partial lsue_j}{\partial SU_{1j}} > 0$; $\frac{\partial lsue_j}{\partial SU_{2j}} > 0$; $\frac{\partial lsue_j}{\partial SU_{3j}} > 0$; $\frac{\partial lsue_j}{\partial SU_{4j}} < 0$ (8)
$lep_j = \sum_{i=1}^n W_i EP_{ij}$	$\frac{\partial lcen_j}{\partial EP_{1j}} < 0$; $\frac{\partial lcen_j}{\partial EP_{2j}} > 0$ (9)
$lbio_j = \sum_{i=1}^n W_i BI_{ij}$	$\frac{\partial lbio_j}{\partial BI_{1j}} > 0$; $\frac{\partial lbio_j}{\partial BI_{2j}} > 0$; $\frac{\partial lbio_j}{\partial BI_{3j}} > 0$; $\frac{\partial lbio_j}{\partial BI_{4j}} > 0$; $\frac{\partial lbio_j}{\partial BI_{5j}} > 0$ (10)

Los $j = 1, 2, 3, \dots, n$ representan las distintas comunas. El subíndice i representa cada una de las variables que componen la ecuación de cada indicador de segundo nivel y que se detallan en el cuadro n.º 1. W_i es el conjunto de pesos relativos de cada indicador de primer nivel. Como las variables que componen cada indicador de segundo nivel tienen diferentes unidades de medida y escala, se emplean técnicas de análisis multivariante como el Análisis de Componentes (ACP) (Johnson, 2000).

ponentes). El procedimiento general consiste en seleccionar los indicadores de primer nivel que tengan *comunalidades extraídas* superior al 40% para cada índice temático estimado en la fase I⁴. A los indicadores así seleccionados se les aplica

el Análisis de Componentes Principales⁵. En la Fase III se pasa, de igual forma, de

⁴ Las comunalidades indican el porcentaje de la varianza explicada contenida en los componentes seleccionados.

⁵ Castro (2002) emplea esta técnica en la construcción de índices de desarrollo sostenible en el conjunto de ciudades de la comunidad de Andalucía (España). Shi *et al* (2004) presentan una evaluación de la sostenibilidad de zonas costeras en China, empleando análisis de componentes principales en la síntesis de la información proveniente de un sistema de indicadores de desarrollo sostenible de los municipios de Shanghai y Chong Ming Island.

los indicadores de tercer nivel al ICA urbana. Al igual que en la fase II, se seleccionan aquellos indicadores que exhiben una correlación superior al 40% con el índice de componente estimado, y se les aplica el ACP. Como es natural, la evolución en el tiempo del ICA se recoge mediante una expresión del tipo:

$$\Delta ICA_j = \frac{ICA_{j,t} - ICA_{j,t-1}}{ICA_{j,t}} \begin{matrix} > 0 \\ = 0 \\ < 0 \end{matrix} \quad (13)$$

Sintetizando lo expuesto hasta ahora, los pasos seguidos en la aplicación del ACP para el estudio de indicadores sintéticos fueron los siguientes:

- Se partió de un conjunto de 12 variables que, conceptualmente permitirían explicar la variable latente: en este caso el ICA de cada comuna.
- A continuación, se trató de determinar la posible existencia de datos ausentes, atípicos, etc, definiendo un procedimiento para su tratamiento en el modelo.
- Se utilizaron los datos estandarizados para el caso del ACP en la matriz de correlaciones, y se probó, a continuación, la estructura de correlación presente en las variables propuestas.
- Se organizó la base de datos de acuerdo al signo que teóricamente tenía cada variable y, con ayuda del programa SPSS, se modelizó la base de datos para el ACP, obteniendo como resultado los componentes principales, y el conjunto de estimaciones que permitirían probar la consistencia y coherencia de los resultados.

- Siguiendo los criterios empleados para agregar la información de indicadores de primer nivel hasta el ICA, se encontró que aplicando ACP en la segunda fase del modelo (ver sección 3.2) todos los indicadores de primer nivel tenían *comunalidades extraídas* superior al 60%, por lo tanto el ICA se estima con los 12 indicadores disponibles.
- Se estimó finalmente el valor correspondiente a cada comuna, de acuerdo al procedimiento de agregación de componentes descrito, y se representaron espacialmente los resultados, de tal forma que se pudieran identificar patrones espaciales definidos para cada una.

3.2. Principales resultados obtenidos

Sin perder de vista el carácter preliminar de la investigación expuesta y, por tanto, el hecho de que los resultados que se presentan a continuación tienen un carácter meramente ilustrativo, podríamos resumir éstos de la siguiente forma:

3.2.1. El índice de presión ambiental (IPA)

Los seis indicadores de primer nivel que integran el IPA se resumen en dos componentes principales, que son responsables del 71,76% de la varianza total explicada por los datos (cuadro n.º 3). En este caso, todas son superiores al 40%, criterio que se adoptó para definir las variables que finalmente integran el ICA.

Las cargas factoriales más significativas en la matriz de componentes principales, indican que el primer componente

Cuadro n.º 3

Resultados del análisis de componentes principales

Indicadores de primer nivel	Componentes		Comunalidades
	1	2	
CE1. Cobertura de energía	0,933*		0,818
RS2. Cobertura de recolección	0,879*		0,875
CE3. Cobertura de gas	0,605*		0,413
CV1. Personas por vivienda		0,873*	0,688
CV3. Densidad de viviendas		0,779*	0,765
TR2. Accidentes mortales de tráfico	-0,459*	-0,691*	0,747
Autovalores	2,361	1,945	4,306
Varianza	39,340	32,410	Acum.: 71,76%

Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales

Determinante = 5,322E-02

*Para permitir una lectura mas clara de la matriz de correlación se eliminan las cargas factoriales estimadas con valores absolutos inferiores a 0,40. Sin embargo la estimación de los factores por cada unidad experimental se realiza en SPSS utilizando todas las cargas factoriales (Visauta, 2003; Pardo y Ruiz, 2002).

explica claramente la variabilidad de indicadores de respuesta al uso «común» de energía y disposición de residuos sólidos como cobertura de redes o infraestructura pública urbana (cobertura de energía, gas y aseo), y el segundo componente parece explicar los factores de presión sobre el entorno urbano como densidad de vivienda, personas por vivienda y seguridad de tráfico, este ultimo con signo menos que refleja su aportación negativa al IPA⁶.

⁶ A pesar de que varios autores recuerdan que no siempre los componentes pueden tener una explicación directa, en este caso los dos componentes seleccionados son consistentes con la explicación de dos grupos de variables claramente expresada por su grado de correlación (Johnson, 2000; Visauta y Martori, 2003).

3.2.2. El índice de situación ambiental (ISA)

Los seis indicadores del ISA se pueden resumir en tres componentes principales que explican el 90,50% de la varianza total contenida por los datos (cuadro n.º 4). Al igual que en el caso anterior, las comunalidades indican valores superiores al 40%, por lo tanto todos los indicadores de primer nivel deben integrar el cálculo del ICA.

Las cargas factoriales mas significativas en la matriz de componentes principales, indican que el primer componente explica claramente la variabilidad de indicadores de *respuesta* a los problemas de disposición de agua potable y recolección de aguas residuales mediante un sistema publico de redes urbanas (cobertura de agua y alcantarillado), el segundo com-

Cuadro n.º 4

Resultados del análisis de componentes principales rotada

Indicadores de primer nivel	Componentes			Comunalidades
	1	2	3	
AG1. Cobertura de agua	0,992			0,996
AG2. Cobertura de alcantarillado	0,984			0,995
SU1. Área urbanizable sin construir		0,942		0,912
SU3. Densidad área verde		0,884		0,866
AI4. Concentración de partículas en suspensión			-0,936	0,898
BI1. Densidad de árboles		-0,526	0,673	0,763
Autovalores	2,305	2,080	1,045	5,430
Varianza	38,410	34,670	17,420	Acum.: 90,50%

Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales
Método de Rotación: Varimax con Normalización Kaiser
Determinante = 1,341E-03

ponente explica variables de *estado* que describen la disponibilidad de área verde en cada unidad experimental, y el tercer componente también refleja la variabilidad de indicadores de *estado* como la disponibilidad de árboles y la calidad del aire, esta última con signo negativo que refleja su contribución adversa al ISA.

3.2.3. El índice de calidad ambiental (ICA)

Finalmente, la última fase de la aplicación del modelo no es sino la síntesis de la información contenida en las 12 variables seleccionadas para construir el ICA. Básicamente se ha pasado de indicadores simples a indicadores sintéticos de componentes (IPA e ISA)⁷, en una primera

fase, y al indicador sintético global (ICA) que resume en tres componentes el 76,94% de toda la información contenida en las variables incorporadas, en una segunda.

Los componentes extraídos se expresan en cargas factoriales que tienen un sentido que orienta el análisis de grupos de indicadores simples como explicación de la variable latente ICA. El primer componente se refiere a indicadores de respuesta a eventuales problemas de abastecimiento de agua potable y de disposición de aguas residuales, recolección de residuos sólidos y abastecimiento de energía y gas; indicando un impacto positivo de estas variables en el ICA. El componente dos no tiene un significado completamente claro, pero se destaca en él que expresa el sentido negativo que teóricamente se le había asignado a la concentración de partículas en suspensión y a las muertes por accidentes de tráfico automotor sobre

⁷ Los indicadores sintéticos de las 10 áreas temáticas no se estimaron debido a la no disponibilidad de información suficiente para realizar ACP a cada uno de ellos.

Cuadro n.º 5

Resultados del análisis de componentes principales

Indicadores de primer nivel	Componentes			Comunalidades
	1	2	3	
AG1. Cobertura de agua	0,934			0,842
AG2. Cobertura de alcantarillado	0,912			0,891
CE1. Cobertura de energía	0,898			0,822
RS2. Cobertura de recolección	0,808			0,716
CE3. Cobertura de gas	0,625			0,437
CV3. Densidad de viviendas	-0,400	0,767		0,774
BI1. Densidad de árboles		0,735	0,482	0,829
CV1. Personas por vivienda		0,722	0,583	0,861
AI4. Concentración de partículas en suspensión		-0,780		0,678
TR2. Accidentes mortales de tráfico		-0,676		0,616
SU1. Área urbanizable sin construir			0,959	0,934
SU3. Densidad área verde			0,824	0,833
Autovalores	4,285	3,516	1,432	9,233
Varianza	35,710	29,300	11,930	Acum.: 76,94%

Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales
Método de Rotación: Varimax con Normalización Kaiser
Determinante = 3,134E-08

el ICA. El tercer componente explica variables de estado que describen la disponibilidad de área verde en cada unidad experimental y se relacionan positivamente con el ICA.

En el cuadro n.º 6 se presentan los factores calculados para cada una de las 21 comunas de la ciudad y se estima el ICA. El resultado final es la ordenación de las comunas de acuerdo al indicador sintético de calidad ambiental, que se distribuye espacialmente como se observa en la figura 3.

La distribución espacial del índice de calidad ambiental por comunas en Cali, indica zonas que podrían ser consideradas

como relativamente homogéneas. Este mapa indica cómo, a medida que la ciudad se extiende hacia el oriente y occidente, la calidad ambiental va disminuyendo conforme llega a la periferia de las zonas orientales de ladera y a los márgenes del Río Cauca (occidente). Coincide la menor calidad ambiental con las zonas socioeconómicas más deprimidas de la ciudad: el Distrito de Aguablanca (comunas 13, 14, 15, 21) y la Comuna n.º 6, influenciada por la contaminación exportada del parque industrial de Acopi-Yumbo, ubicada en Yumbo, un municipio contiguo a Cali.

Las Comunas 18 y 20 corresponden a barrios ubicados en zona de ladera y

Cuadro n.º 6
Índice de Calidad Ambiental (ICA)

Comuna	Factor_1	Factor_2	Factor_3	ICA
17	-0,6979	1,0723	2,8467	1,0535
2	-0,4023	1,4658	0,9124	0,7469
19	0,8594	1,5400	0,6748	0,7186
3	-0,6311	1,1706	-0,1885	0,3830
4	-0,1588	1,1279	-0,6132	0,2686
5	1,3888	-0,7945	1,6343	0,0906
8	1,0864	0,8221	-0,8589	0,0999
9	0,4473	1,0097	-1,2986	0,0660
10	1,1804	0,4357	-0,4442	0,0555
11	0,0468	0,0628	-0,1885	-0,0210
7	0,3651	-0,2265	-0,1413	-0,1155
16	-0,5408	-0,2611	-0,3384	-0,1740
1	-2,4026	-0,6531	0,1875	-0,1945
18	-0,4257	0,0921	-1,0958	-0,2214
21	-1,8509	-0,2881	-0,6494	-0,2562
15	-0,7571	-1,3899	0,9340	-0,2895
12	0,8070	-0,5036	-0,5670	-0,3156
6	1,4389	-1,2294	0,4760	-0,3376
20	-0,2570	-0,5068	-1,2332	-0,4718
13	-0,0569	-1,1294	-0,2844	-0,4781
14	0,5609	-1,8166	0,2357	-0,6076

cuyo desarrollo no ha sido planificado, presentando indicadores bajos en las variables que componen el ICA.

En general, la distribución espacial de la calidad ambiental de las comunas muestra cuatro grandes áreas relativamente homogéneas:

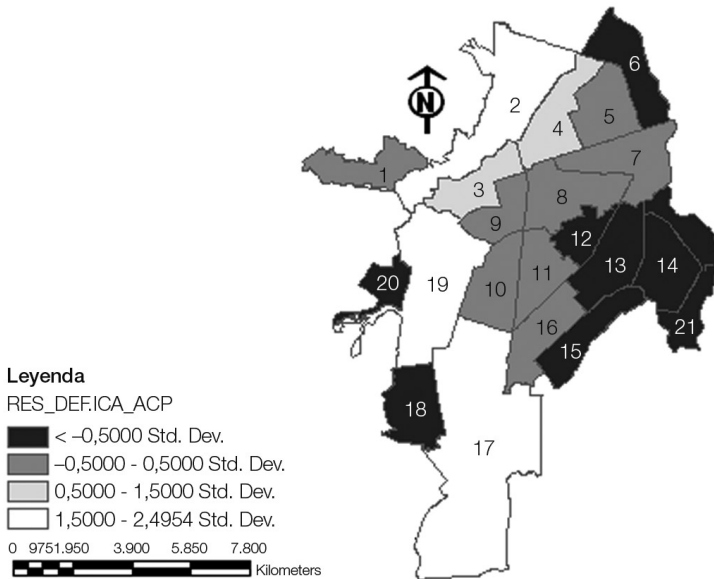
- Comunas 2, 17 y 19: calidad ambiental muy buena.
- Comunas 3 y 4: calidad ambiental buena.
- Comunas 5, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 1: calidad ambiental regular.

—Comunas 6, 12, 13, 14, 15, 21, 18, 20: calidad ambiental deficiente.

3.3. Relevancia de los resultados

Desde el punto de vista de la gestión ambiental urbana, el modelo y los resultados presentados en este estudio, u otros similares, podrían constituir una interesante herramienta para la administración municipal en la ciudad como territorio ambientalmente no homogéneo, de tal forma que sea posible priorizar tanto las

Figura n.º 3

Mapa de distribución espacial del ICA

zonas a intervenir, como los distintos tipos de intervención, en función de su impacto sobre la calidad ambiental de cada comuna.

Por ejemplo, y abundando en lo anteriormente expuesto, en el cuadro n.º 8 se ordenan los indicadores simples, de acuerdo a su estructura de correlación con el ICA; lo que refleja la importancia relativa de cada una de las variables que componen el índice. Se indica, asimismo, para cada comuna, cuáles son las variables que muestran mayor incidencia en la modificación del ICA; identificando el número de desviaciones estándar de cada variable, en cada comuna, que la alejan, positiva o negativamente, de la media. De

esta forma, como se ha apuntado, el decisor público cuenta con una información útil no solo para ordenar la intervención por comunas o distintos sectores de la ciudad, sino para seleccionar las variables o factores a intervenir en cada una de ellas.

En el cuadro n.º 8 se puede observar, por ejemplo cómo en las comunas que tienen una calidad ambiental muy buena, los problemas ambientales urbanos más relevantes están asociados a la calidad del aire y a los accidentes mortales de tráfico. Este resultado es consistente con lo que se esperaría a priori en un conjunto de barrios de elevado nivel de ingresos, y un flujo alto de actividad comercial

Cuadro n.º 8

Priorización de las variables que inciden en el ICA de las 21 comunas de Cali según zonas ambientalmente homogéneas

Estructura de correlación		Comunas*																				
Indicadores simples	ICA	Calidad ambiental muy buena					Calidad ambiental buena	Calidad ambiental regular							Calidad ambiental deficiente							
		17	2	19	3	4		5	8	9	10	11	7	16	1	18	21	15	12	6	20	13
Densidad de personas por vivienda	0,9220	1,93	2,00	1,52	1,14	0,30	0,98	-0,04	0,26	0,06	-0,34	-0,78	-0,75	-0,82	-0,35	-0,06	-0,04	-1,36	-0,49	-1,07	-0,81	-1,26
Densidad de árboles por Ha.	0,8788	1,21	2,52	1,57	0,18	0,91	0,65	0,46	-0,28	0,44	0,44	-0,27	-0,57	-0,43	-0,92	-1,05	-0,95	-0,11	-0,24	-1,83	-1,12	-1,05
Densidad de viviendas por Ha.	0,7332	1,77	1,01	1,09	0,92	0,93	-0,56	0,41	0,21	-0,57	-0,64	0,90	-0,07	0,87	-0,01	0,73	-1,48	-0,67	-1,93	-0,48	-1,41	-1,00
Densidad de área verde	0,7500	3,99	0,64	0,88	0,22	-0,34	0,24	-0,55	-0,60	-0,40	-0,38	-0,10	-0,37	0,07	-0,53	-0,54	-0,09	-0,53	-0,33	-0,55	-0,42	-0,30
Calidad del aire	-0,5832	-0,61	-0,76	-1,13	-1,23	-0,54	0,42	-0,03	-1,19	-1,27	-0,29	0,66	0,12	1,43	-1,34	1,49	1,00	0,69	0,72	-0,79	1,15	1,49
Muertes por tráfico	-0,5726	-0,53	-0,10	-1,92	-0,74	-0,85	1,08	-1,71	-1,71	-0,42	-0,31	0,12	0,33	1,19	1,40	1,08	0,44	-0,42	-0,10	1,40	-0,20	1,40
Área urbanizable construida	0,4124	2,34	0,42	0,90	0,15	-0,79	1,62	-1,16	-1,29	-0,40	-0,24	-0,05	-0,35	0,41	-0,99	-1,16	1,49	-0,82	0,54	-0,99	-0,12	0,49
Cobertura de gas*	0,2045	0,08	0,17	-0,47	-1,17	0,55	1,84	1,05	-0,07	0,90	1,02	0,41	0,89	-1,24	-0,53	-1,26	-0,53	1,20	0,93	-1,26	-1,26	-1,26
Cobertura de aseo*	-0,1977	-1,35	-1,09	0,86	0,01	-0,10	0,86	0,86	0,79	0,86	-0,48	0,86	-1,10	-1,03	0,22	-2,69	-0,69	0,39	0,86	0,86	0,27	0,86
Cobertura de alcantarillado*	0,1008	-0,22	-0,48	1,12	-0,51	-0,10	1,12	1,12	0,48	1,12	-0,09	0,45	-0,42	-3,16	-0,52	-0,73	-1,00	0,68	1,12	-0,02	-0,35	0,39
Cobertura de energía	0,1005	-0,67	0,43	0,99	-0,32	-0,24	1,05	1,05	0,68	1,05	-0,42	0,22	-0,94	-1,50	0,22	-2,50	-1,45	0,59	1,05	-0,43	0,14	1,05
Cobertura de acueducto*	0,0368	-0,44	-0,51	1,10	-0,58	-0,13	1,11	1,11	0,44	1,11	-0,14	0,44	-0,49	-3,16	-0,58	-0,32	-1,05	0,65	1,11	-0,07	-0,25	0,66

* Los valores indican el número de desviaciones con respecto a la media de cada indicador y los tonos de blanco a grises indican agrupaciones de valores inferiores y superiores a la media, tal como se expresa en la convención. Para homogenizar la presentación de los resultados de la desviación estándar de esta tabla, aquellas variables que en el ICA inciden de forma negativa (*densidad de personas, densidad de viviendas, calidad del aire, accidentes de tráfico y área urbanizable construable*) les fue cambiado el signo. Por ello intuitivamente para esta variable el valor positivo se debe interpretar como el número de desviaciones estándar inferiores al promedio.



y cultural; como es el caso de estas tres comunas. En este sentido, la gestión ambiental debería estar orientada, principalmente, al control de las fuentes de emisión móvil; dada la alta correlación espacial entre el desarrollo de las principales vías urbanas y la distribución espacial de la contaminación por partículas en suspensión. Por otro lado, la gestión debería estar dirigida también a mejorar la educación ciudadana para prevenir los accidentes de tráfico.

Las zonas con una calidad ambiental buena, tienen problemas similares a los de la zona anterior, pero aparecen junto a ellos algunos nuevos, que pesan considerablemente en el valor del índice: la dotación de áreas verdes por habitante, y la proporción del espacio edificado en el territorio.

Las zonas de calidad ambiental regular y deficiente se encuentran caracterizadas por el bajo valor de variables como densidad de árboles por persona, densidad de viviendas por hectárea, y dotación de áreas verdes por persona, con valores que se alejan considerablemente del promedio registrado en la ciudad.

Un análisis pormenorizado de cada una de las comunas, no sólo por el orden que ocupan en términos del ICA, sino de la relación de éste con las variables que lo determinan, permiten que la autoridad pública decisora tenga una «fotografía» detallada de la condiciones ambientales de la ciudad para hacer una planificación cuidadosa y diferenciada de las medidas de gestión a emplear, de tal forma que el impacto social de la inversión pública sea mayor que mediante una intervención ambiental homogénea sobre toda la ciudad.

4. UN MÉTODO OBJETIVO DE PONDERACIÓN: LOS PRECIOS HEDÓNICOS

El índice de calidad ambiental presentado como ejemplo en el epígrafe anterior, ilustra sobre la importancia relativa de las distintas variables, en este caso ambientales, a la hora de explicar la situación relativa de los distintos barrios de la ciudad. Desde este punto de vista proporciona una información ciertamente relevante. Sería interesante, no obstante, poder dar todavía un paso más. En efecto, un índice como el aquí descrito permite singularizar los atributos que diferencian unos emplazamientos de otros, sean barrios, distritos, o ciudades. Sin embargo, no ofrece información sobre la importancia relativa que el ciudadano otorga a dichas diferencias: la presencia de zonas verdes en un barrio marca la diferencia con otro, pero, ¿es muy relevante desde el punto de vista del bienestar de la gente? Este es, de nuevo, el problema de las ponderaciones, que el periodista suele resolver habitualmente aplicando su buen criterio. El cálculo de un índice de calidad ambiental, solventa este problema utilizando la técnica estadística que permite maximizar el porcentaje de las diferencias explicadas. Ahora bien, el análisis económico permite ir algo más lejos al proporcionar una herramienta que permitiría resolver el problema de una forma mucho más rigurosa: los «precios hedónicos».⁸

En efecto, muchos bienes no tienen un único valor de uso, sino que son bienes caracterizados por una variedad de atributos: satisfacen varias necesidades al mismo

⁸ En la descripción que sigue nos apoyaremos en Azqueta (2002, cap. 4).

tiempo, o la misma necesidad de formas diferentes. Los llamados precios hedónicos intentan, precisamente, descubrir todos los atributos del bien que explican su precio, y averiguar la importancia cuantitativa de cada uno de ellos. Uno de los casos más obvios y, por tanto, más utilizados en la literatura, es el de la vivienda. Cuando se adquiere una casa, en efecto, no sólo se están comprando una serie de metros cuadrados de una determinada calidad, sino que también se está escogiendo un entorno, que tiene una serie de propiedades, tanto con respecto a la dotación del barrio en distintos aspectos (servicios públicos, infraestructuras de transporte, comercios, atracciones, seguridad ciudadana) y composición de la población (edad, nivel de renta, extracción social, nivel educativo), como con respecto a la calidad del medio ambiente que la rodea. En términos muy sencillos, si se encontraran dos viviendas iguales en todas sus características excepto en una, la dotación de zonas verdes por ejemplo, la diferencia de precio entre ellas reflejaría el valor de este atributo que, en principio, carece de un precio explícito de mercado.

Ésta es la idea que vamos a tratar de presentar brevemente⁹. Formalicemos para ello el problema. Supongamos un bien privado h , miembro del conjunto de la clase de bienes Y : una vivienda determinada. Su precio (P_h) será una función del conjunto de características que posee:

$$P_h = f_h(S_h, N_h, X_h) \quad (14)$$

expresión en la que:

— $S_h = S_{h1}, \dots, S_{hnn}$, es el vector de características estructurales de la vivienda: metros cuadrados, materiales de construcción, zonas comunes, terraza, ascensor, chimenea, número de baños.

— $N_h = N_{h1}, \dots, N_{hnm}$, es el vector de características del vecindario: dotación de comercios, colegios, centros recreativos, composición de la población, nivel de seguridad ciudadana, proximidad del centro comercial, etcétera.

— $X_h = X_{h1}, \dots, X_{hq}$, es, finalmente, el vector de características ambientales del entorno: calidad del aire y del agua, nivel de ruido, proximidad de zonas verdes, de la playa en su caso, vistas, etcétera.

Esta agrupación, como cualquier otra, tiene algo de arbitraria: algunas características podrían catalogarse tanto en un grupo como en otro. No es eso lo importante. Lo fundamental es que queden recogidas todas aquellas relevantes a la hora de escoger la vivienda y explicar su precio. Ahora bien, una vez especificada la función, su derivada parcial con respecto a una cualquiera de las características ($\partial P_h / \partial Z_{hj}$, por ejemplo), indicaría la disposición marginal a pagar por una unidad adicional de la misma, es decir, su precio implícito.

El primer problema que se plantea es, obviamente, el de especificar y estimar la función (14), llevando a cabo una regresión entre el precio observado de las viviendas y las propiedades mencionadas, y utilizando para ello la forma funcional que produzca un mejor ajuste. La especificación de la función (14) es un problema empírico, de no fácil solución, pero que tiene claras implicaciones en cuanto

⁹ El lector interesado en las aplicaciones de este método, puede consultar Azqueta (1994, cap. 6) o Hidano (2002).

a la valoración de las características analizadas¹⁰. Una vez especificada la ecuación correspondiente, la estimación de sus parámetros a partir de los datos puede hacerse de dos formas:

- a) A través de un análisis diagonal, o *cross section*, en el que se analiza un conjunto determinado de viviendas en un instante del tiempo, y se recogen tanto sus precios como sus diferentes características.
- b) Mediante un análisis temporal, en el que se estudia cómo cambia el precio de una determinada vivienda, o conjunto de viviendas, al ir variando la calidad de alguno de los bienes ambientales de la zona (con la construcción de un aeropuerto en las proximidades, por ejemplo).

La técnica de los precios hedónicos, sin embargo, no tiene por qué circunscribirse al ámbito de los precios de algunos bienes de consumo final. Al igual que el precio de la vivienda es una función de los atributos de todo tipo implícitos en la misma, el salario de equilibrio de un determinado puesto de trabajo también será una función de sus características. Éste es el punto de partida para la construcción de la función de los «salarios hedónicos». La teoría indica, en efecto, que el salario de equilibrio de un puesto de trabajo determinado (W_h) es una función de muchas variables, tal y como aparece

reflejado en la ecuación (15), idéntica en su estructura a la anterior:

$$W_h = f_h(CH_h, E_h, S_h, R_h) \quad (15)$$

expresión en la que:

- CH_h : es el vector de los requerimientos de capital humano (nivel de estudios, experiencia) del puesto de trabajo.
- E_h : es el vector de las características del entorno: tamaño de la ciudad, atractivo del barrio.
- S_h : es el vector de características sindicales: presencia y tamaño de los sindicatos más representativos en el sector.
- R_h : es el vector de características que tienen que ver con variables como la temperatura, salubridad y, sobre todo, riesgo asumido al desempeñar la función correspondiente.

Debería ser posible, por tanto, acudiendo a la observación estadística de la evidencia existente al respecto, estimar una función de los salarios hedónicos. Con ello se abre una nueva posibilidad de valoración de intangibles, ciertamente importante. En efecto, la derivada parcial del salario con respecto a cualquiera de las variables relevantes, indicará la disposición marginal a pagar (a través de la aceptación de un salario mayor o menor), por disponer de una unidad adicional de esa característica. Esta posibilidad que abren los salarios hedónicos podría utilizarse, al igual que en el caso anterior, para valorar determinados bienes intangibles. En efecto, la calidad de vida de un entorno, un barrio o una ciudad, puede verse reflejada en el menor salario que una persona estaría dispuesta a aceptar con tal de trabajar en ella. Combinando la

¹⁰ Lo normal, en la literatura, es trabajar con especificación de *funciones no lineales* (logarítmica, semi-logarítmica, cuadrática, exponencial, transformación Box-Cox, etcétera). Ello supone que el precio implícito de cada característica cambia con la cantidad de referencia de la misma. Lo interesante, en este caso, es analizar el comportamiento que se asume, al hacerlo, con respecto al precio implícito del atributo ambiental.

información obtenida del precio de la vivienda (tanto más cara cuanto más agradable la ciudad), con la que proporcionan los salarios hedónicos (tanto menor cuanto más atractiva), sería posible elaborar índices de calidad de vida de las distintas ciudades. Los índices así contruidos tienen la doble ventaja de que no dejan que sea el analista quien escoja las variables relevantes, y su ponderación, para llevar a cabo el ejercicio; y de que proporcionan una ordenación cardinal de las ciudades analizadas, esto es, informan no sólo sobre el puesto que cada una ocupa, sino sobre la distancia que media entre ellas: la cantidad de dinero adicional que, en términos de un menor salario y un mayor alquiler, hay que pagar para vivir en una u otra.

Este procedimiento ha sido utilizado con cierta frecuencia para elaborar índices de calidad de vida urbana: véase, por ejemplo, el trabajo pionero de Blomquist, Berger y Hoehn (1988), en el que aparecen ordenadas con este doble criterio las 253 áreas metropolitanas de los EE.UU.

Ahora bien, la metodología anterior es más difícil de adaptar al caso de la política municipal, ya que requiere una desagregación de datos que no suele ser fácil encontrar o conseguir, sobre todo en el caso de los salarios, donde es más difícil observar diferencias significativas, para el mismo puesto de trabajo, entre distintos barrios o distritos. Parece más eficiente, en este contexto, tratar de conectar la información recogida en un índice de calidad de vida, como el elaborado para las variables ambientales, con la función de precios hedónicos de la vivienda. De esta forma, las diferencias recogidas en el índice, adquieren un componente económi-

co que permitiría conectarlas con la función de bienestar de las familias, y proporcionar al responsable de las decisiones públicas una información más precisa sobre la importancia relativa de cada variable, o conjunto de variables, en el bienestar social. El trabajo no es sencillo, tanto desde el punto de vista de la obtención de datos, como del tratamiento estadístico de los mismos, pero las primeras aproximaciones, todavía muy incipientes, realizadas en el contexto del proyecto de investigación desarrollado en la ciudad de Cali, muestran resultados esperanzadores.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Con independencia del atractivo mediático que pueda revestir la elaboración de distintos índices de calidad de vida urbana, lo cierto es que una construcción sistemática y rigurosa de los mismos puede proporcionar una herramienta de gran utilidad para el gestor municipal. Para ello es necesario, no sólo identificar aquellas variables relevantes a la hora de explicar la calidad de vida de un determinado entorno, en comparación con otros, sino medirla en una escala apropiada, y ponderarla adecuadamente. El presente trabajo ha presentado una metodología para la elaboración de dichos índices, basada en el Análisis de Componentes Principales, y ha ilustrado su aplicación con la elaboración del Índice de Calidad Ambiental de las distintas comunas (barrios) de la ciudad de Cali (Colombia). Los resultados obtenidos permiten comprobar la utilidad de la metodología utilizada, e identificar algunas variables clave a la hora de seleccionar medidas específicas, para corregir los desequilibrios existentes en cuanto a la calidad de vida (en este

caso, ambiental). No obstante, la información obtenida no permite, todavía, vincular las diferencias objetivas observadas con el bienestar individual derivado de la dotación presente de cada una de las variables relevantes. Falta, por tanto, un elemento esencial para poder ponderar cualquier cambio o intervención, en términos del bienestar social derivado de la misma. La metodología de los «pre-

cios hedónicos», combinando para cada emplazamiento la función hedónica del precio de la vivienda, con la de los salarios, permitiría cubrir esta laguna, además de proporcionar una clasificación ordenada de calidad de vida urbana mucho más riguroso. A pesar de las dificultades del empeño, los resultados preliminares confirman que el esfuerzo bien vale la pena.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, T.W. (1984): *An introduction to multivariate statistical analysis*. New York.
- AZQUETA, D. (1994): *Valoración económica de la calidad ambiental*. McGraw-Hill, Madrid.
- AZQUETA, D. (2002): *Introducción a la economía ambiental*. McGraw-Hill, Madrid.
- AZQUETA, D., G. DELACÁMARA, M. SANTAMARÍA y S. TIRADO (2004): *Contabilidad Nacional y Medio Ambiente*. FUNCAS, Madrid.
- BLOMQUIST, G.C., M.C. BERGER y J.P. HOEHN (1988). «New Estimates of Quality of Life in Urban Areas». *American Economic Review*, 78 (1): 89-107.
- BOSQUE, Joaquín (2000): *Sistema de Información Geográfico*. Ediciones Rialp, S. A. Madrid.
- CASTRO, J.M. (2002): *Indicadores de desarrollo sostenible urbano. Una aplicación para Andalucía*. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga.
- CMA (2001): *Bases para un Sistema de Indicadores de Medio Ambiente Urbano en Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla.
- CMA (2003): *Guía Metodológica para el Cálculo de Indicadores de Sostenibilidad Local en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Indicadores de Agenda Local 21*. Serie Programa Marco Ambiental N.º 20. Consejería de Medio Ambiente. País Vasco.
- DAGMA (2003): *Agendas Ambientales por Comunas 1-21*. Santiago de Cali.
- DPMC (2002): *Cali en Cifras*. Santiago de Cali.
- EBERT, U. y H. WELSCH (2004): «Meaningful environmental indices: a social choice approach». *Journal Environmental Economics and Management*, 47 (2004) 270-283.
- EEA/AMAE (2002): *Towards an urban atlas assessment of spatial data on 25 European cities and urban areas*. Environmental issue report No 30. Copenhagen.
- ESRI (2001): ArcGIS. 8.0.
- HAIR, J.F., ANDERSON, R.; TATHAM, R. y W.C. BLACK (1999): *Análisis Multivariante*. Prentice Hall, Madrid.
- HIDANO, N. (2002): *The Economic Valuation of the Environment and Public Policy: a Hedonic Approach*. Edward Elgar Editor. Cheltenham, UK.
- HYATT, E. (2001): «Editorial». *Ecological Indicators* 1 (2001) 1-2.
- JESINGHAUS, J. (1999): *Indicators for Decision-Making*. European Commission, JRC/ISIS/MIA, TP 361, I-21020 Ispra (VA).
- JOLLIFFE, I.T. (1986): *Principal Components Analysis*. Springer. Nueva York.
- JOHNSON, D. (2000): *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. Internacional Thomson editores.
- MMA (1996): *Indicadores ambientales. Una propuesta para España*. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- MMA (2000): *Sistema español de indicadores ambientales: Área de medio urbano*. Centro de Publicaciones. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- OCDE (1993): *OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. Environment Monographs* N.º 83. Paris.
- OCDE (1997): *Better understanding our cities. The role of urban indicators*. Paris.
- OMS/WHO (1993): *Healthy City Indicators*. World Health Organization. Copenhagen.
- PARDO, A. y M. A. RUIZ (2002): *Guía para el análisis de datos*. McGraw-Hill Madrid.
- PENDER, A., DUNNE, L. y F. CONVERY (2000): *Environmental Indicator for the Urban Environment: A Literature Review*. Working Paper. Environmental studies research series. University College Dublin. www.environmentaleconomics.net.
- PETERS, W.S. y J.Q. BUTLER (1970): «The construction of Regional Economic Indicators by principal component». *Annals of Regional Science*, IV: 1-14.
- Secretariat Técnica de la Xarxa de Ciutats i pobles cap a la Sostenibilitat. (2000): *System of local sustainability indicators*. Diputació de Barcelona, Server de Medi Ambient, Barcelona, Spain.
- SEGNESTAM, L. (2002): *Indicators of Environment and Sustainable Development: Theories and Practical Experience*. Environmental Economics Series. Paper no. 89. The World Bank Environment Department.
- SHI, C., S.M. HUTCHINSON y S. XU (2004): «Evaluation of coastal zone sustainability: an integra-

- ted approach applied in Sanghai Municipality and Chong Ming Island». *Journal of Environmental Management*: 1-10.
- UNCED/PNUMA (1992): *Agenda 21*. Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro, 3-14 June 1992. Naciones Unidas. New York.
- UNCHS/HABITAT (1997): *Monitoring Human Settlements with Urban Indicators*. Global Urban Observatory. Centre for Human Settlements (Habitat). Nairobi.
- VISAUTA, B. y J. C. MARTORI (2003): *Análisis estadístico con SPSS para Windows. Vol. II. Estadística Multivariante*. McGraw Hill, Madrid.