

**FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES
SEDE ECUADOR
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO, AMBIENTE Y TERRITORIO
CONVOCATORIA 2012-2014**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN ECONOMÍA
ECOLÓGICA**

**“EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD URBANA DESDE UN ENFOQUE
DE SUSTENTABILIDAD FUERTE: CASO DE ESTUDIO
IBARRA-ECUADOR”.**

FRANCISCO ORLANDO ROSALES PALLASCO

ENERO 2015

**FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES
SEDE ECUADOR
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO, AMBIENTE Y TERRITORIO
CONVOCATORIA 2012-2014**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN ECONOMÍA
ECOLÓGICA**

**“EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD URBANA DESDE UN ENFOQUE
DE SUSTENTABILIDAD FUERTE: CASO DE ESTUDIO
IBARRA-ECUADOR”.**

FRANCISCO ORLANDO ROSALES PALLASCO

ASESORA DE TESIS: DRA. MARÍA CRISTINA VALLEJO

LECTORES: DR. FANDER FALCONÍ

PHD. WILLIAN SACHER

ENERO 2015

DEDICATORIA

*“La muerte no nos roba los seres amados. Al contrario, nos los guarda y nos los
inmortaliza en el recuerdo...”*
Dedicado a mi querida abuelita Hilda Burbano

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mi madre, a mi tía y a mi hermana por ser la inspiración....

Con mucha gratitud a María Cristina Vallejo, por compartir conmigo sus conocimientos y por brindarme su mano amiga.

ÍNDICE

| Contenido | Páginas |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| RESUMEN | 11 |
| INTRODUCCIÓN..... | 13 |
| CAPÍTULO I..... | 17 |
| DISCUSIÓN TEÓRICA: EL DEBATE SOBRE LA SOSTENIBILIDAD FUERTE Y DÉBIL | 17 |
| El concepto de sostenibilidad | 17 |
| Sostenibilidad débil | 21 |
| Sostenibilidad fuerte | 23 |
| La interpretación urbana de la sostenibilidad | 25 |
| Metabolismo urbano | 27 |
| Conclusiones..... | 33 |
| CAPÍTULO II..... | 34 |
| SOSTENIBILIDAD DE LA CIUDAD DE IBARRA: LECTURA DESDE EL ÍNDICE DE DESARROLLO DE LAS CIUDADES | 34 |
| Ubicación geográfica..... | 34 |
| Aspectos demográficos de la ciudad | 36 |
| Infraestructura..... | 40 |
| Conexiones de agua | 41 |
| Alcantarillado | 43 |
| Electricidad..... | 44 |
| Teléfono..... | 45 |
| Gestión de residuos..... | 47 |
| Aguas residuales tratadas | 47 |
| Eliminación de residuos sólidos | 48 |
| Salud | 50 |
| Esperanza de vida | 50 |
| Mortalidad infantil..... | 51 |
| Educación | 52 |
| Alfabetismo | 52 |

| | |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| Matriculación combinada | 53 |
| Producto..... | 54 |
| Producto de la ciudad | 54 |
| Índice de desarrollo de las ciudades y análisis empírico | 56 |
| Fuentes estadísticas | 57 |
| Aspectos metodológicos | 60 |
| Dimensiones a incorporar..... | 61 |
| Índice agregado | 67 |
| Conclusiones del capítulo | 73 |
| CAPITULO III | 76 |
| MEDICIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD FUERTE: EL METABOLISMO URBANO | |
| | 76 |
| Metabolismo urbano y análisis empírico..... | 77 |
| Metodología..... | 77 |
| Dimensiones de análisis | 79 |
| Análisis de flujos que atraviesan un sistema urbano | 81 |
| El metabolismo de Ibarra en contraste con otras ciudades..... | 100 |
| CAPÍTULO IV | 107 |
| CONCLUSIONES..... | 107 |
| BIBLIOGRAFÍA | 117 |
| ANEXOS | 125 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1 Las diferencias entre la sostenibilidad débil y fuerte | 24 |
| Tabla 2. Tipos de sostenibilidad ambiental urbana, enfoques teóricos e instrumentos de política | 26 |
| Tabla 3. Reseña de los estudios de metabolismo urbano al rededor del mundo | 31 |
| Tabla 4. Evolución de la población ibarreña y su concentración urbana-rural | 36 |
| Tabla 5. Valora agregado bruto: cantón Ibarra año 2009 (miles USD)..... | 55 |
| Tabla 6. Fuentes de Datos CDI..... | 58 |
| Tabla 7. Construcción del CDI..... | 60 |
| Tabla 8. Conexión a la infraestructura, año 2010..... | 61 |
| Tabla 9. Conexión a la infraestructura, se añade la cobertura de la telefonía celular-año 2010 | 63 |
| Tabla 10. Acceso a salud-año 2010 | 65 |
| Tabla 11. Educación-año 2010 | 65 |
| Tabla 12. PIB urbano-año 2009..... | 66 |
| Tabla 13. PIB urbano-año 2009 (utilizando la mediana para el promedio ecuatoriano) 66 | |
| Tabla 14. Gestión de residuos, año 2010..... | 67 |
| Tabla 15. Componentes de índice de desarrollo de las ciudades..... | 68 |
| Tabla 16. Análisis de sensibilidad del CDI | 71 |
| Tabla 17. Varios signos vitales para Ibarra 2001 y 2010 | 81 |
| Tabla 18. Potencia instalada de EMELNORTE, proveniente de centrales hidroeléctricas | 83 |
| Tabla 19. Oferta de agua para la ciudad de Ibarra, año 2010 | 91 |
| Tabla 20. El metabolismo urbano de Ibarra frente a otras ciudades del mundo..... | 102 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1. Metabolismo urbano tradicional..... | 29 |
| Gráfico 2. Modelo ampliado de metabolismo urbano | 29 |
| Gráfico 3. Enfoque actual del metabolismo urbano | 30 |
| Gráfico 4. Ubicación geográfica de San Miguel de Ibarra | 34 |
| Gráfico 5. División política de la ciudad de Ibarra..... | 35 |
| Gráfico 6. Evolución de la mancha urbana en la ciudad de Ibarra desde 1906 hasta la actualidad..... | 38 |
| Gráfico 7. Ocupación del suelo de la ciudad de Ibarra..... | 40 |
| Gráfico 8. Conexión a la red de agua potable urbano-rural: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010 (porcentajes) | 42 |
| Gráfico 9. Conexión a la red de alcantarillado sanitario urbano-rural: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010 (porcentajes) | 43 |
| Gráfico 10. Conexión a la red de electricidad urbano-rural: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010 (porcentajes) | 45 |
| Gráfico 11. Acceso a la telefonía convencional urbano-rural: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010 (porcentajes) | 46 |
| Gráfico 12. Viviendas que accede a los medios de eliminación de residuos urbano-rural: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010 (porcentajes) | 49 |
| Gráfico 13. Esperanza de vida de la población ecuatoriana | 51 |
| Gráfico 14. Tasa de mortalidad en la niñez: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010 (porcentajes) | 52 |
| Gráfico 15. Porcentaje de población alfabetizada, urbano-rural: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010..... | 53 |
| Gráfico 16. Matriculación combinada: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010 | 54 |
| Gráfico 17. Valor agregado bruto: cantón promedio, Ibarra y tres cantones representativos año 2009 (miles USD)..... | 56 |
| Gráfico 18. Acceso a la red de infraestructura-año 2010 | 62 |
| Gráfico 19. Acceso a la red de infraestructura, añadiendo las conexiones de hogares al servicio de telefonía móvil-año 2010 | 64 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 20. Componentes de CDI-año 2010 y comparación entre sus componentes | 69 |
| Gráfico 21. Análisis de sensibilidad del índice de desarrollo de las ciudades, año 2010- (introducción de la variable acceso a la telefonía móvil y cambio en la ponderación final para la construcción del CDI)..... | 71 |
| Gráfico 22. Comparación entre el CDI y el CDI sensibilizado, año 2010 | 73 |
| Gráfico 23. Ubicación de Ibarra en Ecuador | 80 |
| Gráfico 24. Ubicación de Ibarra en Imbabura | 80 |
| Gráfico 25. Consumo de energía eléctrica en Ibarra. Discriminación por parroquias y por sectores de usuarios 2010..... | 84 |
| Gráfico 26. Consumo de combustibles en Ibarra. Segmento automotriz 2010 (galones) | 85 |
| Gráfico 27. Consumo de energía en la ciudad Ibarra (año 2010). Discriminación por segmentos, homologados en una misma unidad de medida (GBTU)..... | 87 |
| Gráfico 28. Diagrama general de bloques de una combustión | 89 |
| Gráfico 29. Consumo de agua (m ³) en la ciudad de Ibarra. Período 2009-2013..... | 92 |
| Gráfico 30. Consumo de agua (m ³) en Ibarra. Discriminación por sectores, 2010-2013..... | 93 |
| Gráfico 31. Consumo de agua en la ciudad de Ibarra en el año 2010, Discriminación por sectores de usuarios | 94 |
| Gráfico 32. Consumo de alimentos en la ciudad de Ibarra (año 2006) | 96 |
| Gráfico 33 Entradas de recursos consumidos y salidas de residuos hacia la naturaleza, Ibarra 2010..... | 105 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 1. Principales actividades económicas de Ibarra y su participación a nivel nacional..... | 125 |
| Anexo 2. Sistema eléctrico con generación no convencional | 126 |
| Anexo 3. Evolución del consumo de energía por fuentes 1970-2012 | 127 |
| Anexo 4. Crecimiento porcentual de la demanda final por fuentes de energía en el Ecuador (2000-2010)..... | 127 |

RESUMEN

Esta tesis busca evaluar la sostenibilidad de la ciudad de Ibarra, para esto, hemos partido de dos metodologías de análisis. La primera metodología que se ha calculado, es el “índice de desarrollo de las ciudades”, que muestra tras una medida agregada una realidad incompleta de la sostenibilidad urbana. Antes de calcular el CDI, se ha establecido un diagnóstico de la ciudad con los subíndices que componen al índice de “desarrollo de las ciudades” y otras variables ligadas a la demografía. Donde se ha establecido que uno de los factores importantes que inciden en la aglomeración del 75% de la población del cantón Ibarra se encuentre en la zona urbana, es la migración interna. Porque los centros urbanos brindan mejor acceso a los servicios básicos y genera mayores oportunidades en materia económica. Aunque el acelerado crecimiento urbano es fuente de diversos impactos ambientales y de conflictos sociales.

El cálculo del CDI muestra a la ciudad de Ibarra detrás de las ciudades Quito, Guayaquil y Cuenca, aunque algo mejor que el promedio nacional. Sin embargo, el resultado es diferente cuando se añaden otros aspectos en el análisis o cuando se ponderan de manera diferente algunos subíndices. En definitiva se establece que los problemas que presenta el CDI se resumen en un aspecto: la agregación de los resultados de diversas dimensiones del desarrollo en un solo número que posiciona a las ciudades.

Un marco de evaluación más amplio se alcanza a partir de la metodología de análisis de flujos que llevan detrás el concepto de metabolismo urbano. Para esto se establece los flujos de consumo de alimentos, agua y energía de la ciudad de Ibarra, y los flujos de salida (desperdicios) como son: emisiones de CO₂, generación de residuos sólidos y aguas residuales. Esta modelación establece dos implicaciones analíticas. Por un lado, evidencia la dependencia ecológica que caracteriza a los sistemas urbanos, un aspecto que en la evaluación del desarrollo de las ciudades queda complementemente ignorado. Y por otro lado, reconoce que la sostenibilidad no puede simplificarse como la suma de una variedad de dimensiones, sino que por el contrario, cada una de esas

dimensiones hace una contribución propia para construir un concepto de sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se plantea, medir la sostenibilidad de la ciudad de Ibarra. Para esto se parte de dos análisis metodológicos diferentes. En la primera forma de análisis se utilizara el “índice de desarrollo de las ciudades” (CDI), que muestra tras una medida agregada un espectro limitado de la sostenibilidad urbana; una segunda metodología es el análisis de flujos, para esto se estudia el flujo de alimentos, agua y energía que llevan detrás la conceptualización de metabolismo urbano, mostrando una realidad más amplia y objetiva de la sostenibilidad urbana.

Para precisar la problemática de la sostenibilidad de la ciudad, en este documento se contrasta las dos miradas de la sustentabilidad (fuerte y débil) para identificar el punto de inflexión entre estos dos enfoques y los componentes claves a escala urbana. El estudio de esta ciudad es interesante por las implicaciones socio-metabólicas de su elevado crecimiento poblacional. Mientras el promedio ecuatoriano de crecimiento anual de la población se calcula en 1,6%, en la ciudad de Ibarra el crecimiento poblacional alcanza el 1,9% (INEC, 2010).

La evaluación se realizará contrastando las distintas miradas de la sostenibilidad para el año 2010. Así se podrá observar las debilidades de CDI frente al análisis metabólico de la ciudad. El argumento principal de esta tesis es que la sostenibilidad de una ciudad no se puede establecer a través de un solo índice (CDI), pues se limita a un solo número que posiciona a las ciudades en torno a su desarrollo. En contraste, analizar el perfil metabólico de la ciudad amplia la realidad urbana y su problemática en torno a la sustentabilidad.

Justificación de la investigación

La problemática de la sostenibilidad en las ciudades está determinada por el uso de materiales y energía, que se estima en un 75% del total de la producción mundial, porque en las urbes se concentra el 80% de la población (Rueda, 2009: 8).

En particular la ciudad de Ibarra muestra patrones de crecimiento y concentración poblacional altos, debido a que la cantidad de habitantes ha pasado de 41 335 en 1970 a 131 856 en el 2010 (INEC, 2010); en respuesta al crecimiento, la ciudad ha pasado de ocupar 433,88 has de espacio urbano en 1970 a 2 298,28 has en el 2010.

Este patrón de crecimiento hace que la urbe experimente los diversos problemas de insustentabilidad, como son: la expansión del suelo urbano y por ende la reducción de áreas destinadas a otros ecosistemas, el aumento en el consumo de alimentos, agua y energía, así como también una disipación creciente de diversos residuos.

El creciente flujo de materiales, energía y agua que consume la ciudad se ponen en evidencia en el sector de la construcción, que debe responder a la dinámica entrópica que tiene la urbe. Según el INEC (2013), en su encuesta de edificaciones, en el año 1991 se construyeron 294 nuevas edificaciones, mientras que para el año 2011 éstas se ampliaron a 640, creciendo en un 4,2% cada año. Aunque el suelo de la urbe es propicio para la agricultura (PDOT, 2012), ha sido reemplazado para la construcción de nuevas edificaciones. Esto ejerce presión sobre el ambiente natural, no sólo por el uso de una mayor cantidad de recursos y la generación de una cantidad creciente de desechos, sino también porque poco a poco los espacios verdes y los ecosistemas se van afectando y hasta perdiendo.

Definición del problema

La pregunta que se busca estudiar es ¿Cómo evaluar la sostenibilidad urbana? Para ello se utiliza como estudio de caso a la ciudad de Ibarra.

Existen dos metodologías que usaremos para realizar este tipo de evaluación. En esta tesis se plantea contrastar los resultados para la ciudad de Ibarra a partir de estas dos herramientas de medida.

Por un lado se encuentra un índice propuesto por las Naciones Unidas, conocido como el “índice de desarrollo de las ciudades” CDI, que es parte del Programa de indicadores urbanos UNCHS-HABITAT. El programa se centra en indicadores para ecosistemas urbanos (UNCHS, 1997), y tiene como meta el establecimiento de una red de observatorios urbanos que permitan evaluar y controlar la implementación de programas Hábitat y la Agenda 21.

“El CDI es una medida del promedio de bienestar y acceso a los servicios de los individuos de una ciudad” (UNCHS, 2001: 34) Para su cálculo se han establecido cinco indicadores que representan a las categorías: infraestructura, gestión de residuos, salud, educación y producto de la ciudad.

Una de las limitaciones que presenta el CDI, es que no evidencia una noción completa de sostenibilidad de la urbe porque omite varios problemas ambientales que presentan las ciudades como: la degradación ambiental, los conflictos socio-ambientales, la pérdida de la biodiversidad, los problemas de transporte existentes, etc.

Otra limitación del CDI, es su perfil agregado. El indicador se establece por la agregación de variables con propiedades similares para obtener un valor único aproximado de los componentes individuales. Este procedimiento origina varias interrogantes: ¿Qué ponderación para cada sub-índice considerado es la más adecuada? ¿Qué método de agregación es el más idóneo? ¿Qué indican los resultados de esta agregación? (Torres, 2012). En estas condiciones, Naciones Unidas reconoce la dificultad del CDI para establecer prioridades de política para las ciudades, pues se conoce la posición relativa de una ciudad frente a otras, mas no el área prioritaria que debe atenderse.

Por otro lado, desde la perspectiva fuerte de sostenibilidad, se puede analizar los flujos que atraviesan el sistema urbano basándose en el concepto de metabolismo social. En particular, se puede emplear la conceptualización del metabolismo urbano, que explica el proceso de “intercambio de materia, energía e información que se establece entre el asentamiento urbano y su entorno natural” (Guerrero y Güiñirgo, 2008: 32).

Hipótesis

Con estos antecedentes, la hipótesis de trabajo que se analiza en esta tesis es la siguiente:

El metabolismo urbano permite comprender la sostenibilidad desde una perspectiva integral. Es decir, muestra las interrelaciones entre el ecosistema urbano y el ambiente a partir de la contabilización de los diversos recursos y residuos que se movilizan en las ciudades, y sus relaciones con el sistema social. En contraste, un indicador como el CDI, esconde en una medida agregada las diversas dimensiones que caracterizan a un sistema complejo como el urbano. Entonces la sostenibilidad de la ciudad de Ibarra debe evaluarse desde un enfoque más integral, como es el metabolismo urbano.

Objetivos:

Objetivo general

Evaluar la sostenibilidad en la ciudad de Ibarra para determinar las áreas críticas en las cuales se debe enfocar la política ambiental. (Duda sobre si dejar el objetivo general como esta)

Objetivos específicos

- Aplicar la metodología del CDI para la ciudad de Ibarra a fin de establecer una medida de desarrollo de la ciudad.
- Determinar la sostenibilidad de la ciudad de Ibarra en contraste con otras ciudades del país, a partir del CDI.
- Definir el perfil metabólico de la ciudad de Ibarra a fin de analizar desde una perspectiva más amplia la sostenibilidad urbana.
- Contrastar los resultados del CDI con el perfil metabólico de la urbe, para establecer las debilidades y fortalezas de cada método.
- Generar directrices para la acción de la política pública, que permitirían focalizar las intervenciones en aquellos sectores que requieren atención prioritaria.

CAPÍTULO I

DISCUSIÓN TEÓRICA: EL DEBATE SOBRE LA SOSTENIBILIDAD FUERTE Y DÉBIL

Esta tesis busca analizar la sostenibilidad urbana de la ciudad de Ibarra-Ecuador, desde dos perspectivas teóricas: una que surge desde la economía ecológica y que ha sido concebida como sostenibilidad fuerte; y, otra concepción que emerge desde una línea más tradicional de la economía, esto es, la sostenibilidad débil. Para ello, en este capítulo se realiza un recorrido histórico del concepto de sostenibilidad, con el objeto de encontrar el punto de inflexión que diferencia los dos enfoques.

El argumento de base para el desarrollo teórico que se presenta en este capítulo es que los asentamientos urbanos generan diversos tipos de presión sobre el ambiente, que pueden ser definatorios de su condición de sostenibilidad. Para evaluar estas presiones, la postura débil del concepto, solamente requiere que los capitales, en su agregado, sean no decrecientes. Esto significa que algunas formas de capital pueden ser reemplazadas por otras.

En cambio, desde la “economía ecológica” y la “ecología urbana” se ha introducido el concepto de “metabolismo social”, y en particular, de “metabolismo urbano” para caracterizar los intercambios de recursos materiales y energéticos, así como también de desechos, que tienen lugar entre el sistema urbano y la naturaleza. La importancia de esta concepción fuerte de sostenibilidad es que permite reconocer que algunos bienes y servicios ecosistémicos son irremplazables, por lo tanto, se requieren condiciones más fuertes para garantizar su sostenibilidad.

Con estos elementos en mente, este capítulo se desarrolla en cuatro partes. En la primera parte se realiza un recorrido histórico del concepto de sostenibilidad, en la segunda y tercera parte se analiza el concepto desde una perspectiva débil y luego fuerte. Finalmente, se presentan las conclusiones.

El concepto de sostenibilidad

El apareamiento del concepto de sostenibilidad se le puede atribuir al informe de Meadows, “Los Límites del crecimiento”, publicado por el Club de Roma en 1972, el mensaje principal del informe fue:

Si las tendencias de crecimiento actuales en población mundial, industrialización, contaminación, producción de alimentos y agotamiento de los recursos naturales continúan sin cambios, los límites del crecimiento en este planeta se alcanzarán en algún momento dentro de los próximos cien años. El resultado más probable será un decline bastante repentino e incontrolable tanto en población como en capacidad industrial (Meadows et. al., 1972: 131).

El informe utiliza los modelos que provienen de la teoría dinámica de sistemas y la modelización informática, ya que las simulaciones computacionales pueden captar en menor tiempo y de forma más efectiva todas las conexiones entre las variables y sus consecuencias sin las incertidumbres de modelos mentales. Ahora bien, los modelos de dinámica de sistemas presentan varias limitaciones y se encuentran distantes de proveer predicciones exactas. Sin embargo, “los límites del crecimiento” enfatizaron que este trabajo era de proyección, mas no de predicción; porque lo importante no es predecir el momento que ocurrirán los fenómenos, sino mostrar la dinámica de estos (Rodríguez, 2011: 78-79).

La validez del modelo reside únicamente en el hecho de que, cualesquiera que sean las condiciones iniciales, hay en la gráfica un punto en el que la expansión se detiene y el derrumbamiento comienza (...) El modo básico de comportamiento del sistema mundial consiste en crecimiento exponencial de la población y del capital, seguido de un colapso (Riechmann, 2004: 84).

El modelo utilizado en documento de los Meadows, relaciona cinco variables importantes: población, recursos naturales, nivel de contaminación, inversión de capital total y alimentos. A través de estas variables este modelo realizaba un análisis sistémico y una proyección para los próximos 100 años, tomando como punto de partida la tendencia mundial de consumo y de producción de los años 70 (Rodríguez, 2011: 81).

Las proyecciones fueron posibles porque el modelo consideraba las interrelaciones dinámicas entre las cinco variables y los efectos que se producirían en ellas debido a su interacción. Por ejemplo, la industrialización provocaba contaminación en la naturaleza por el uso de los recursos naturales; a su vez repercute en la producción y esta a su vez, afecta a la población que subsiste a través del sistema de producción.

Los resultados que mostraba el análisis son un crecimiento ascendente de cuatro de las variables utilizadas, hasta un punto de inflexión donde comenzaba a producirse

una caída brusca de cada una. Sin embargo, la variable recursos naturales presenta una tendencia siempre descendente en todo el período analizado (Meadows et al., 1972).

Por lo tanto, la conclusión central del estudio, es si continúa la dinámica imperante de la evolución de la población y de la economía, harían que en algún momento del siglo XXI se llegue a los límites físicos del planeta. Estos límites se evidenciarían tanto en la presión hacia la naturaleza, cuanto en la resiliencia de la biósfera y también en su capacidad auto-depuradora (Rodríguez, 2011: 84).

(...) Podemos afirmar con alguna certeza que, con base en la hipótesis de que el sistema actual no sufrirá ningún cambio importante, el crecimiento industrial y demográfico seguramente se detendrá a más tardar en el transcurso del próximo siglo (Meadows et al., 1972: 157-158).

En la actualidad afirmaciones del informe Meadows, sentaron un precedente, pues hoy en día se observa como varios de los recursos naturales (pérdida de biodiversidad, calentamiento global, contaminación del agua, etc.) se ven afectados por las dinámicas imperantes de consumo.

Posteriormente, en junio de 1973 Maurice Strong propuso el término “ecodesarrollo”, durante la primera reunión del Consejo de Administración del “Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente” (PNUMA), que fue el antecesor del concepto de sostenibilidad que se plantearía en un informe posterior.

El ecodesarrollo pone a la naturaleza como un potencial proveedor de recursos que pueden y deben ser aprovechados por la humanidad sobre una base sostenida (Sachs, 1982:14). Los principios que fundamentan esta forma de aprovechamiento son tres: i) la solidaridad sincrónica con la actual generación y la solidaridad discrónica con las generaciones futuras, ii) los límites ambientales y, iii) el acceso equitativo a los recursos y su distribución (Riechmann et al., 1995: 3). En síntesis, el término recorre la implementación de objetivos sociales, de distribución de los ingresos, de reconocimiento de los límites ambientales y propone un sistema económico más eficiente (Luffiego y Rabaldán, 2000: 473).

En 1987, la “Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo” (CMMAD) publicó el documento “Nuestro futuro común”, más conocido como “Informe de Brundtland”, presidido por la primera ministra Noruega Gro Brundtland de

una línea social demócrata. El informe recoge un enfoque crítico del modelo de desarrollo imperante en los países del norte, que es imitado por los países del sur; enfatizando en el desequilibrio existente entre los patrones de producción y consumo del modelo económico imperante en los países desarrollados y la capacidad de carga de los ecosistemas.

Brundtland sugiere otro modelo de desarrollo que implique limitaciones al uso de los recursos naturales y distribución más equitativa de ellos, a través de la renuncia de los individuos al consumo exacerbado habitual. Este modelo implica una nueva forma de concebir aquello que se conoce como “desarrollo sostenible”, ligado al uso consciente de los recursos naturales. Este uso consciente implica “satisfacer nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas” (Brundtland, 1987: 248). De hecho, esta última definición constituye, hasta ahora, la más ampliamente reconocida definición del “desarrollo sostenible”.

No obstante, algunos autores creen que el desarrollo sostenible es más cercano a la economía tradicional y a su concepción de desarrollo (Naredo, 1996: 45-47), ya que permanece ligado a los principios de acumulación y crecimiento propios de la economía convencional.

Desde entonces, ha existido un debate sobre el uso del significado desarrollo sostenible, el cual, es ambivalente y poco comprometido ya que “no precisa mucho el contenido ni el modo de llevarlo a la práctica” (Naredo, 1996: 45). El desconcierto radica en la propensión a equiparar al “crecimiento” o “desarrollo económico” como la idea de sostenibilidad. Incluso se ha llegado a plantear que los términos sostenibilidad y desarrollo son incompatibles porque el primero propone la conservación del medio ambiente y el uso adecuado del capital natural, mientras que el segundo se basa en conceptos de acumulación, que ignoran procesos de homogeneización cultural y presión sobre la naturaleza que pueden resultar insostenibles (Leal, 2010: 23-27).

La economía ortodoxa entiende al desarrollo y al crecimiento a partir de sus agregados económicos. Sin embargo, existen diferencias también entre estos términos. Por ejemplo, para Daly y Cobb (1993), las diferencias se centran en condiciones cuantitativas y cualitativas.

El crecimiento implica referirse a la expansión cuantitativa de la escala de las dimensiones físicas del sistema económico, mientras que el desarrollo se refiere al cambio cualitativo de un sistema económico que no crece pero guarda un equilibrio dinámico con el ambiente que lo provee de diferentes servicios indispensables para la oxigenación del sistema económico (Daly y Cobb, 1993: 72).

Esta diferenciación nos permite introducir un concepto de desarrollo sustentable, más cercano a la visión heterodoxa de la economía ecológica.

Para Daly (1991) el desarrollo sostenible es “desarrollo sin crecimiento”. Para lograr este estado deseable es preciso que la tasa de explotación de los recursos sea igual o inferior a la capacidad de sustentación de la naturaleza. Esta condición puede realizarse si se toma en cuenta la resiliencia de la naturaleza a partir del cumplimiento de las siguientes pautas:

- a) La limitación de la cantidad de habitantes y de su consumo.
- b) La velocidad de explotación del medio ambiente debe ser igual o menor que la tasa de regeneración de los recursos naturales.
- c) La cantidad de desperdicios no debe exceder la capacidad de asimilación del medio.

Hecho este recorrido histórico del término desarrollo sostenible se puede continuar con el debate de la sostenibilidad, que dio origen a las nociones de sostenibilidad débil, en línea con la economía ambiental; y la sostenibilidad fuerte, en línea con la economía ecológica.

Sostenibilidad débil

La sostenibilidad débil se define como “la viabilidad de un sistema socioeconómico en el tiempo” (Leal, 2010:31), que se logra conservando el capital total de una generación a otra. En su concepción más básica, el capital total se compone del capital natural y el capital fabricado. Entendiendo al capital natural como “la totalidad de los activos naturales” es decir, “todo stock que genera un flujo de bienes y servicios útiles o renta natural a lo largo del tiempo” (Costanza y Daly, 1992:38). El capital fabricado, en cambio, es un capital artificial o manufacturado. Entonces una sociedad que reduzca su capital natural, pero aumente su capital artificial, de tal forma que compense esa pérdida

y mantenga el capital total, es una sociedad que alcanzará la sostenibilidad débil (Castro, 2002: 100). Esta visión de sostenibilidad es compartida por otros académicos (Pearce y Turner, 1991; Solow, 1991).

Este enfoque se basa en una suerte de ‘coexistencia’ entre condiciones de crecimiento económico y la posibilidad de conservar el capital natural. Es decir, detrás de este concepto se halla implícito un supuesto de sustituibilidad entre capital natural y capital fabricado y otro de innovación tecnológica, es decir el liberalismo económico apuesta a que el intelecto humano siempre hallara las soluciones tecnológicas adecuadas a los problemas ambientales (Pérez, 1996: 68). Esto implica considerar al capital natural como un factor productivo (Martínez-Alier y Roca, 2000: 371). La sustitución entre los diversos factores productivos, sin embargo se valida mientras sea posible intercambiar un recurso por otro, que cumpla la misma función, por ejemplo, sustituir el trabajo por el capital.

Si el capital natural se deteriora se lo puede restablecer a través de la inversión en otras formas de capital. Esta corriente asegura que la manera de restaurar la naturaleza deteriorada es mediante el crecimiento económico, que proporciona ingresos para fomentar la calidad ambiental, lo que explica, las mejoras de los países desarrollados en cuanto al tratamiento de residuos y la calidad de agua. Por ello, la contaminación medioambiental vendría a ser un problema de los países en desarrollo, que necesitan fomentar su crecimiento económico para poder revertir sus pérdidas del capital natural. Pero la problemática ambiental mundial corresponde en mayor porcentaje a los países en desarrollo, estas naciones tienen una responsabilidad histórica relativa a la contaminación ambiental (Correa y Falconí, 2012: 257).

El principio de sustituibilidad es inconsistente frente al manejo de los recursos naturales, los problemas ecológicos mundiales como la contaminación, la pérdida de ecosistemas y el calentamiento global. A pesar de los avances tecnológicos no se ha podido reemplazar la capacidad auto depuradora y recicladora de la tierra, no se ha podido sustituir gran parte de los servicios ecosistémicos y no se ha podido mitigar los efectos del calentamiento global. Esto evidencia la dependencia que tiene la humanidad de la buena salud de la naturaleza, para asegurar su permanencia sobre el planeta (Leal, 2010:32).

En conclusión, la perspectiva de sostenibilidad débil, está de acuerdo con sustitución plena del capital natural por el capital fabricado, siempre y cuando la suma entre ellos no sea decreciente y exista supuesto de innovación tecnológica. Existe un enfoque teórico que precisa que para intercambiar un capital por otro, es necesario sustituir el recurso por su valor monetario, es decir se debe monitorizar a la naturaleza para que la inversión sustituya a la capital natural. En este caso la naturaleza vendría a ser un proveedor subordinado a la economía y a la sociedad.

Sostenibilidad fuerte

Este enfoque no acepta la premisa neoclásica de la plena sustituibilidad entre los tipos de capital (Castro, 2002: 113), detrás de él se encuentra un principio de comparabilidad débil o de inconmensurabilidad de valores, entendiéndose a la comparabilidad débil “como la pluralidad de valores, muchos criterios de comparación que sólo nos permiten ordenar las opciones al elegir un determinado criterio” y la inconmensurabilidad de valores que explica cómo “las diferentes concepciones de los valores vuelven incomparables a los objetos” (Falconí y Burbano, 2004: 14). Esta visión muestra que el sistema socio- económico depende y forma parte del sistema natural. Esta perspectiva Entonces el capital natural es diferente y específico, porque en muchos de los casos es irremplazable, donde la supervivencia de las especies dependerá de la conservación del ecosistema, más no de la tecnología, ya que las funciones que presta no pueden ser reemplazadas en su totalidad por el capital artificial.

Daly (1991) explica que este enfoque contiene las siguientes premisas: a) los recursos renovables tienden a agotarse con la misma facilidad que los recursos no renovables, b) el capital hecho por los humanos no puede ser sustituido por el capital natural, en todos los casos. Es decir, la capacidad de sustitución entre los distintos tipos de capital está limitada por las características naturales, o la irreversibilidad de ciertos procesos ambientales (Pearce y Turner, 1990); y, por lo tanto es necesario asegurar stocks de capital crítico, tanto del capital natural como del capital cultural intergeneracional (Selman, 2000: 41).

Georgescu-Roegen (1971), argumenta que el capital natural no debe tratarse de la misma manera que el capital artificial, como input en la función de producción. Los inputs del capital artificial son aquellos que se derivan del mismo, labor y capital y no

del stock acumulado, como sucede con los recursos naturales (Castro, 2004: 114). La mano de obra y el capital no se consideran stocks, sino *fondos* porque dentro de un período de tiempo limitado se puede obtener de ellos, varios servicios. Por lo tanto, no existe sustituibilidad entre fondos sino más bien una suerte complementariedad.

En conclusión, la no sustituibilidad es un estado deseable para alcanzar el desarrollo sostenible en un sentido fuerte, como también mantener el stock de capital natural por encima de un umbral mínimo determinado. En este sentido la Economía Ecológica adopta como concepto clave a la sostenibilidad fuerte.

El siguiente cuadro muestra las diferencias existentes entre la perspectiva fuerte y débil de la sostenibilidad. Aunque en este documento no se pretende extenderse en el debate en torno a la sustentabilidad porque no es el objetivo de la investigación.

Tabla 1 Las diferencias entre la sostenibilidad débil y fuerte

| Sostenibilidad débil | Sostenibilidad fuerte |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Concepto más antropocéntrico (tecnocéntrico) que ecocéntrico | - Concepto más ecocéntrico que antropocéntrico. |
| - Concepto mecanicista | - Concepto sistémico |
| - Sostenibilidad sinónimo de viabilidad del sistema socioeconómico | - Sostenibilidad: relación viable entre el sistema socioeconómico y el ecosistema |
| - Sostenibilidad compatible con crecimiento | - Sostenibilidad incompatible con crecimiento |
| - Capital natural sustituible por capital humano. Constancia del capital total | - Capital natural complementario del (no sustituible por) capital humano. Constancia del capital natural. |
| - La sustituibilidad exige monetarizar el medio natural. | - Muchos recursos, procesos y servicios naturales son inconmensurables monetariamente. |
| - Creencia en un desarrollo sostenible, que en realidad es sostenido. | - Diversas evoluciones sostenibles (históricamente han existido). |
| - Medio ambiente localista. | - Medio ambiente global y sistémico |

Fuente y elaboración: (Luffiego y Rabadán, 2000: 477)

La interpretación urbana de la sostenibilidad

Como hemos explicado en la introducción de este documento, la problemática de la sostenibilidad está muy ligada, entre otras cuestiones, a la del crecimiento urbano, pero existen factores que limitan su expansión. Las externalidades negativas derivadas de la concentración de la población y de su actividad económica, que vendrían a llamarse deseconomías de aglomeración. Estas deseconomías a nivel urbano, son los niveles de densidad poblacional insostenible, la escasez del suelo para asentamientos que se traduce en carestía de vivienda, la congestión vehicular, etc. Pero solo hace poco que se ha incorporado al análisis la dimensión ambiental, sus efectos sobre los estándares de vida urbana, sobre la decisión de localización de las actividades económicas, entre otras cuestiones (Castro, 2002: 127).

Desde el punto de vista ambiental las ciudades son insostenibles porque son fuente de externalidades ambientales negativas (Leff, 2002: 288), originando problemas en la dimensión local, tales como ruido, contaminación, etc. Y también problemas a escala global como el cambio climático (Castro, 2002: 128). Es decir, la sostenibilidad urbana constituye un problema complejo, que requiere estudiarse en sus distintas escalas y dimensiones.

Hay varios criterios al respecto, para López-Bernal (2004: 11) el asentamiento urbano debe hallarse en capacidad proveer de forma eficiente y duradera la energía y otros recursos para cumplir con los objetivos: bienestar social, calidad físico, mayor productividad y preservación ecológica, que necesitarán las generaciones presentes y futuras que ocuparán la ciudad.

Para las Naciones Unidas una ciudad sostenible es:

La ciudad donde los logros en el desarrollo social, económico y físico están hechos para durar. Una ciudad sostenible tiene una fuente duradera de los recursos naturales de los que depende su desarrollo (su utilización sólo en un nivel de rendimiento sostenible). Una ciudad sostenible mantiene una seguridad duradera sobre los peligros ambientales que pueden poner en riesgo los logros del desarrollo (permitiendo sólo por el riesgo aceptable) (UNCHS, 2000: 2).

Haughton y Hunter (1994: 27) definen a la ciudad sostenible como “aquella en la cual la gente y los negocios continuamente procuran mejorar su medio natural, urbanizado y cultural a niveles de vecindario y regional, trabajando así en dos caminos para conseguir el objetivo de desarrollo sostenible global”.

Desde la mirada de la calidad de vida urbana la sostenibilidad “no es más que la calidad interna de las ciudades” (Torres, 2012: 13), puesto que la ciudad se concibe como un sistema socio-ecológico complejo, por su composición de tres aspectos: “lo social, lo físico y lo emocional” (Segales, 2008: 5).

La sostenibilidad ambiental urbana (SAU) se debe explicar desde “el ámbito espacial o de integridad de aplicación (global, local o regional)” y del tipo del “marco referencial teórico que fundamenta políticas y estrategias de sostenibilidad (fuerte o débil)” (Andrade y Bermúdez, 2010: 75).

A continuación se muestra como los autores han desarrollado la sostenibilidad urbana en relación a los dos enfoques que la describen.

Tabla 2. Tipos de sostenibilidad ambiental urbana, enfoques teóricos e instrumentos de política

| Tipos de Sostenibilidad | Sostenibilidad Ambiental Urbana (SAU) | |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Definición | Enfoques teóricos e instrumentos de política |
| Débil | <p>El desarrollo que asegura que la población local pueda conseguir y mantener un nivel de bienestar aceptable y no decrecer, sin poner en peligro las oportunidades de los habitantes de las áreas adyacentes (Nijkamp y Opschoor, 1995:106).</p> <p>Aquel desarrollo que ofrece los servicios ambientales, sociales y económicos a todos los miembros de una comunidad, sin poner en peligro la viabilidad de los sistemas naturales, construidos y sociales de los que depende la oferta de esos servicios (ICLEI, 1998)</p> | <p>Modelos de liberalización del comercio y protección del medio ambiente.</p> <p>Modelos de crecimiento económico que favorecen inversiones en mejoras ambientales.</p> <p>Sistema de políticas de sostenibilidad parcial del capital natural (gestión ambiental urbana).</p> <p>Instrumentos económicos para la gestión del capital natural (tasas, permisos, licencias).</p> |
| | Balance entre los tres medios que constituyen la estructura profunda de | Entropía y sostenibilidad urbana. |

| | | |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fuerte | <p>la sociedad (medio social, medio físico natural y urbanizado, y medio económico) (Cagmani, 1998).</p> <p>Ciudad sostenible: aquella en la cual la gente y los negocios continuamente procuran mejorar sus medios natural, urbanizado y cultural a niveles de vecindario (local) y regional, trabajando así en dos caminos para conseguir el objetivo del desarrollo sostenible global. (Haughton y Hunter, 1994)</p> | <p>Capacidad de carga y huella ecológica urbana.</p> <p>Enfoque eco sistémico: la ciudad pasa de un sistema parasitario a uno simbiótico, teniendo en cuenta el metabolismo circular, la racionalización del consumo y de la generación de residuos no reutilizables y el componente social (Ecología urbana).</p> |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Castro, 2002; Carrasco, 2000 y Naredo, 1996 elaborado por: DES-CDMA

La sostenibilidad urbana debe favorecer al desarrollo, la calidad de vida y la conformación de un “ecosistema” que reconozca los límites sociales, económicos, políticos, tecnológicos y culturales así como también los ambientales (Andrade y Bermúdez, 2010: 75).

En conclusión una ciudad débilmente sostenible, será aquella que pueda seguir urbanizando la naturaleza y utilizar sus servicios a fin de no perder la calidad de vida humana. En contraste una ciudad fuertemente sostenible, tratara de emular la resiliencia de los ecosistemas naturales, procurara extraer los recursos por debajo de su tasa de regeneración, es decir, busca convertir a la ciudad en un ecosistema urbano.

Metabolismo urbano

La concepción de metabolismo urbano fue desarrollada por Wolman (1965: 179-188), para entender la interacción entre el sistema social y la naturaleza; a partir de modelos fisiológicos de los seres bióticos y de la forma funcional de los ecosistemas. Wolman buscaba dar respuesta a la pérdida de calidad de aire y agua que sufrían las ciudades norteamericanas. Para esto, propuso un modelo, representado por diagramas de bloques y por ecuaciones de balance. Se trataba de una representación gráfica de las interacciones de recursos dentro del sistema urbano; para lo cual, Wolman, relacionó los

flujos de materia que ingresaban con la cantidad de desperdicios que se generaban (véase gráfico 1).

Estudiar al ecosistema urbano desde el enfoque de metabolismo, implica considerarlo como un ser viviente particular, que nace, crece, se desarrolla, y en algún momento, puede morir (K' Akumu; 2007: 223). De cierta forma, aplicar el concepto de metabolismo urbano constituye una extensión de la ecología industrial a los centros urbanos (Olazabal, 2008: 7).

La definición más reciente de metabolismo urbano viene dada por Kennedy et al (2007: 44) como “la suma total de los procesos técnicos y socioeconómicos que ocurren en las ciudades, resultando en crecimiento, producción de energía y eliminación de desechos”. De esta forma, las ciudades se modelan como un sistema complejo, tanto en la sinergia de sus partes, como en cada uno de los elementos que la componen (Díaz, 2011:14).

El metabolismo se constituye como un concepto que abstrae, soporta y permite la coexistencia de los elementos naturales de un centro urbano con los valores económicos y sociales que sus individuos hacen de él y de los ecosistemas que lo rodean, soportan y sufren su actividad (Díaz, 2011:14)

El metabolismo urbano puede ser tomado como una *proxy* para medir la sostenibilidad urbana, entendiendo la constitución del sistema complejo y la problemática derivada de su expansión, a través de la cuantificación de los flujos de materiales, energía, agua y nutrientes que entran y salen de una ciudad. Y también, se puede dar soluciones a los problemas ambientales porque pone se en evidencia la demanda del ecosistema urbano sobre los recursos naturales y la presión ejercida sobre el ecosistema natural a causa de la descarga de residuos y calor disipado (Zhang et al, 2009:1690).

Analizar el metabolismo urbano desde el enfoque tradicional, facilita visualizar la relación unidireccional que existe entre el ecosistema natural, la ciudad y los flujos que la atraviesan, como si existiese un sistema aislado ciudad-ambiente, de otras ciudades (Crojethovich, 2004); pero presenta inconvenientes como, dejar de lado, las interrelaciones que se tienen entre las ciudades, el medio ambiente y la sociedad. Comprender de manera clara este esquema, llevo a Newman (1998) a presentar el modelo ampliado de metabolismo urbano en el Informe de Medio Ambiente de los Estados Australianos (Torres, 2012:20)

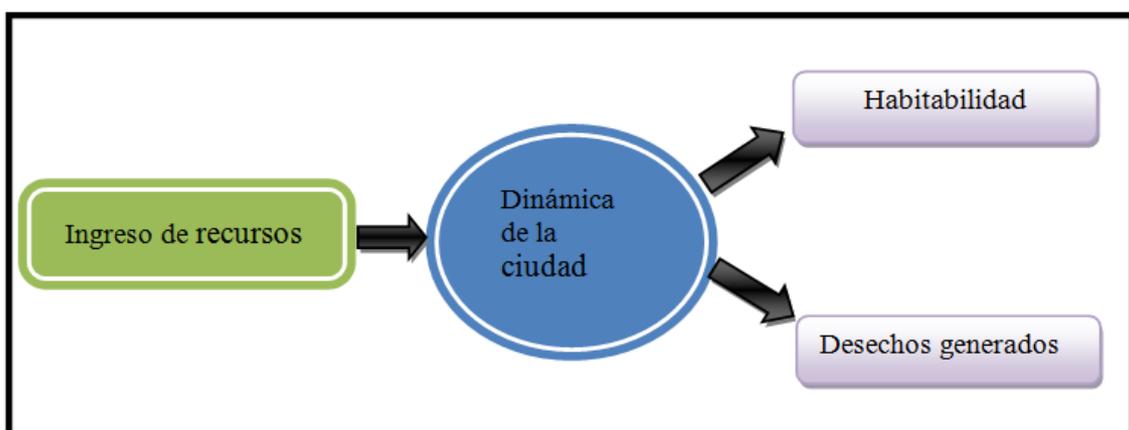
Gráfico 1. Metabolismo urbano tradicional



Fuente: Torres (2012), Crojethovich (2004)

Para Newman (1998:2-11) este modelo permite “especificar la base física y biológica de la ciudad, así como su base humana”. El gráfico 2 muestra como el enfoque básico del metabolismo urbano es ampliado, de la ciudad e interrelacionar las dimensiones natural, social y económica. De esta forma, el autor busca el desarrollo urbano a través de aspectos claves como: “la planificación y diseño urbano, transporte, población, agua, energía, materiales, residuos, calidad de aire interior, ruido, salud del ambiente, acceso urbano y vivienda”.

Gráfico 2. Modelo ampliado de metabolismo urbano

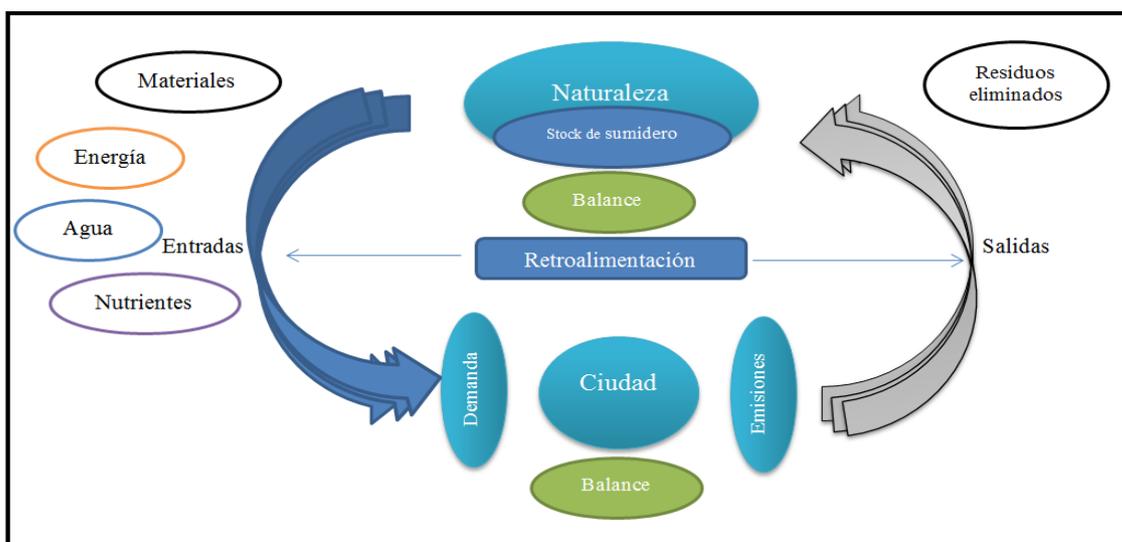


Fuente: Torres (2012), Newman (1998)

En la actualidad el diseño del metabolismo urbano (véase gráfico 3) muestra como los recursos ingresan a las ciudades en forma de bienes, servicios, agua, energía y materiales; donde son consumidos o a su vez convertidos en otros productos que serán exportados o consumidos internamente. De todo este proceso se excretan residuos

sólidos y líquidos, que dependiendo de la ciudad algunos de ellos serán reutilizados; otros *outputs* son las emisiones de gases como: dióxido de carbono (CO₂), nitrógenos (NO_x), sulfuros (SO_x), etc. (Martínez-Alier, 2003; Fischer-Kowalski, 1998; Alberti y Marzluff, 2004). Todo este proceso es posible gracias a la presencia de los seres humanos, dentro de los ecosistemas naturales (Alberti, 2008:1-2).

Gráfico 3. Enfoque actual del metabolismo urbano



Fuente: Dakhia y Berezowska-Azzag (2010)

La ciudad es ahora concebida como un ecosistema dinámico y complejo. Esto no es una metáfora, sino un concepto de una ciudad real. Los sistemas sociales, económicos y culturales no pueden escapar de las reglas de la naturaleza abiótica y biótica. Ahora las políticas tienen que estar orientadas a estas normas (Tjallingii, 1993: 7).

En resumen el análisis del metabolismo urbano es un medio de la cuantificación de los flujos globales de alimentos, energía, agua, materiales y residuos dentro y fuera de una región urbana, análogo al metabolismo humano; las ciudades pueden ser analizadas en términos de sus flujos metabólicos que surgen de la absorción, transformación y almacenamiento de materiales, energía y agua, y la descarga de residuos (Warren-Rodas y Koenig, 2001).

La tabla 3 muestra que después de unos estudios de formación del concepto de metabolismo urbano en la década de 1970, el interés en este tipo de estudios casi

desapareció en la década de 1980. Luego, después reemerge lentamente en la década de 1990; y en la década más reciente, los estudios del metabolismo urbano han crecido, con más de 30 documentos producidos. A lo largo de este lapso que comienza en 1970 se han desarrollado dos escuelas de estudio. Una, basada en el trabajo de Odum, tiene como objetivo describir el metabolismo urbano en términos de equivalentes energéticos (energía). La otra toma un enfoque más amplio, que expresa los flujos de agua, materiales y nutrientes que atraviesan una ciudad, en términos de flujos de masa (Kennedy, Pincelt y Bunje, 2000: 2). El valor de la tabla 2, es que también ayuda a identificar en qué medida el análisis del metabolismo urbano contribuye a la planeación de una ciudad sustentable y sostenible en el tiempo.

Tabla 3. Reseña de los estudios de metabolismo urbano al rededor del mundo

| Autor (año) | Ciudad o Región de Estudio | Notas/ contribución |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wolman (1965) | Hipotética ciudad de EE. UU. con un millón de habitantes | Estudio pionero influyente |
| Zucchetto (1975) | Miami | Enfoque de energía |
| Stanhill (1977); Odum (1983) | París 1950 | Enfoque de energía |
| Hanya y Ambe (1976). | Tokio | |
| Duvigneaud y Denayer-De Smet (1977) | Bruselas | Incluye el balance natural de energía. |
| Newcombe et al. (1978); Boyden et al. (1981) | Hong Kong | Particular estudio integral del metabolismo. |
| Girardet (1992); Bohle (1994) | | Enlace reconocido con el desarrollo sostenible de las ciudades, Bohle (1994) criticó la perspectiva del metabolismo utilizada en el estudio de los alimentos en las ciudades en desarrollo. |
| Agencia Europea de Medio Ambiente (1995) | Praga (estudio integral del metabolismo) | Datos sobre el uso de energía para Barcelona y otras siete ciudades europeas que figuran en el informe. |
| Nilson (1995) | Gävle, Suecia | Presupuesto de fósforo |
| Baccini (1997) | Tierras Bajas, Suiza | |
| Huang (1998) | Taipéi | Enfoque de energía. |
| Newman (1999); Newman et al. (1996) | Sídney | Añade medidas habitabilidad |
| Stimson et al. (1999) | Brisbane y el sureste de Queensland | Enmarca la relación entre el metabolismo urbano y la calidad de vida |
| Hermanowicz y Asano (1999) | | Agua |
| Hendriks et al. (2000) | Viena y las Tierras Bajas de Suiza | |

| | | |
|---------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Warren-Rhodes y Koenig (2001). | Hong Kong | |
| Baker et al. (2001) | Fénix y Centro de Arizona | Balance de Nitrógeno |
| Sörme et al. (2001) | Estocolmo | Metales pesados |
| Svidén and Jonsson (2001) | Estocolmo | Mercurio |
| Obernosterer y Brunner (2001) | Viena | Plomo |
| Faerge et al. (2001) | Bangkok | Nitrógeno y fósforo |
| Instituto Colegiado de gestión de residuos (2002) | Londres | |
| Gasson (2002) | Ciudad del Cabo | |
| Barret et al. (2002) | York, Reino Unido | Materiales |
| Obernosterer (2002) | | Metales |
| Sahely et al (2002) | Toronto | |
| Emmenegger et al. (2003) | Génova | |
| Burstrom et al. (2003) | Estocolmo | Nitrógeno y fósforo |
| Gandy (2004) | | Agua |
| Lennox y Turner (2004) | | Reporte sobre el estado ambiental |
| Hammer y Giljum (2006) | Hamburgo, Viena y Leipzig | Materiales |
| Kennedy et al. (2007) | | Revisión del metabolismo cambiante |
| Schulz (2007) | Singapur | Materiales |
| Barles (2007a) | París | Estudio histórico del nitrógeno en el metabolismo de los alimentos |
| Forkes (2007) | Toronto | Nitrógeno en el metabolismo de los alimentos |
| Zhang y Yang (2007) | Shenzhen, China | Desarrollo de una medida de eco eficiencia |
| Ngo y Pataki (2008) | Los Ángeles | |
| Chrysoulakis (2008) | | Nuevo proyecto bajo el séptimo marco de la UE |
| Schremmer and Stead (2009) | | Nuevo proyecto bajo el séptimo marco de la UE |
| Barles (2009, 2007b) | París | Análisis del centro de la ciudad, los suburbios y la región |
| Zhang et al. (2009) | Beijing | Enfoque de emergencia |
| Niza et al. (2009) | Lisboa | Materiales |
| Deilmann (2009) | | Estudios de la relación entre el metabolismo y la superficie de la ciudad |
| Baker et al. (2001) | | Agua |
| Thériault y Laroche (2009) | Gran Moncton, Nuevo Brunswick | Agua |
| Browne et al. (2009) | | Desarrollo de una medida de la eficiencia metabólica |

Fuente: Kennedy, Pincelt y Bunje, (2000: 3)

Conclusiones

Desarrollar este capítulo facilitó la comprensión del concepto de sostenibilidad que se ajusta a una ciudad. Este concepto de ciudad sostenible asume a la urbe como un sistema que mantiene intercambios socialmente organizados y depende de la naturaleza, por ende, la sostenibilidad de la ciudad estará restringida a los límites físicos del sistema natural. Este concepto de sostenibilidad urbana lleva detrás la visión fuerte de la sustentabilidad, cuyo principal punto de inflexión con la visión débil es la distinta forma de valorar al patrimonio natural.

Para una ciudad, la sostenibilidad fuerte se explicara buscado emular las condiciones de adaptabilidad, homeostasis, capacidad depuradora y recicladora propia de la naturaleza. A menudo en la literatura, se encuentra evaluaciones de sostenibilidad en la línea de la concepción débil de la sustentabilidad. En este documento se argumenta que este tipo de análisis muestra una realidad limitada de los problemas ambientales y sociales.

A fin de explicar y contrastar los resultados en términos de sostenibilidad, en los dos siguientes capítulos se emplean índices e indicadores que explican estas dos perspectivas y se comparan sus resultados.

CAPÍTULO II

SOSTENIBILIDAD DE LA CIUDAD DE IBARRA: LECTURA DESDE EL ÍNDICE DE DESARROLLO DE LAS CIUDADES

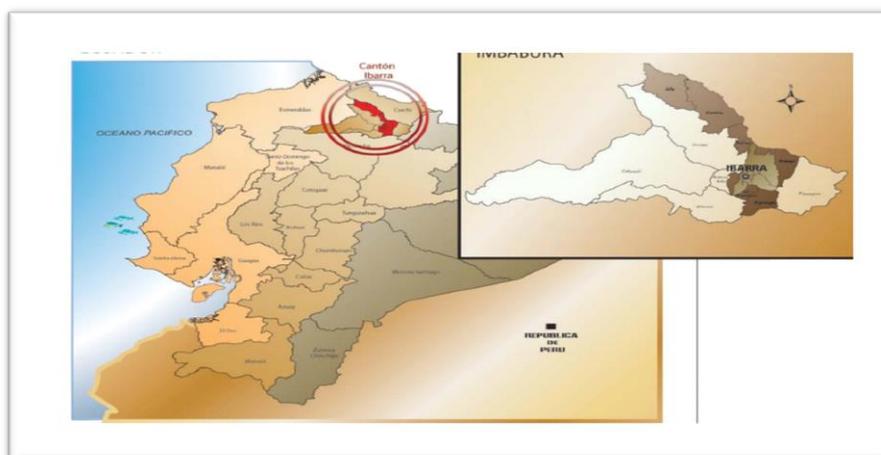
Este capítulo se presenta en tres partes. Primero se hace una caracterización socioeconómica de la ciudad de Ibarra, a través de los sub-índices del CDI: infraestructura, gestión de residuos, salud, educación y producto de la ciudad. Con el objetivo de establecer un diagnóstico de situación de la ciudad.

Segundo analizaremos a la ciudad de Ibarra, a través del cálculo del Índice de desarrollo de las ciudades (CDI); dentro de esta sección se describirá la metodología y las características de los datos. Un análisis crítico de los resultados, permitirá evaluar la posición de sostenibilidad de la ciudad de Ibarra en contraste con otras ciudades, así como identificar fortalezas y debilidades asociadas a esta medida. Para finalizar este epígrafe se presentarán algunas conclusiones. Y en tercer lugar se presentan las conclusiones.

Ubicación geográfica

El cantón Ibarra es la capital de la provincia de Imbabura, la cual está ubicada en la sierra norte del Ecuador entre las provincias del Carchi, Pichincha y Esmeraldas (véase gráfico 4). Imbabura tiene una extensión 460 900 has (DPM 2014), y una población de 398 244 habitantes (INEC, 2010), se divide en seis cantones y treinta y seis parroquias.

Gráfico 4. Ubicación geográfica de San Miguel de Ibarra



Fuente y elaboración por: Municipio de Ibarra, Dirección de planificación (2014:7)

El cantón Ibarra cuenta con una superficie de 109 267 has dividido de la siguiente forma, área urbana 4 170,45 has, rural 83 172,06 has y en transición 21 924,49 has. El área de transición tiene la particularidad de estar compuesta por comunidades que se encuentran entre el límite urbano y las parroquias rurales.

Gráfico 5. División política de la ciudad de Ibarra



Fuente y elaboración por: Municipio de Ibarra, Dirección de planificación (2014: 8)

Con respecto al área urbana de Ibarra, a medida que la población crece se presentan varios fenómenos: la concentración de la población en esta área va aumentando y la aglomeración de la población en el área rural ha ido disminuyendo, paulatinamente (véase tabla 3); la mancha urbana, es decir, el área edificada, ha pasado de 48,5 hectáreas en 1906 a 2 298 hectáreas en el 2010 (véase gráfico 6).

Aspectos demográficos de la ciudad

Según el censo del INEC de 2010, el cantón Ibarra tiene una población 181 175 habitantes, que representan el 1,25% de la población nacional. El crecimiento promedio inter-censal de la población de la ciudad durante el período 2001-2010 se calcula en 1,86%, menor al promedio nacional en 0,09% e inferior a la tasa registrada entre 1990-2001, de 2,26%.

En la tabla 4 se puede analizar la composición poblacional de las áreas urbana y rural. Se observa que la concentración poblacional ha ido aumentando en la zona urbana de Ibarra. En años recientes el 73% de la población total habita esta zona. A nivel nacional se repite esta estructura, pues el 62,77% de la población se encuentra viviendo dentro de las ciudades (INEC, 2010).

Tabla 4. Evolución de la población ibarreseña y su concentración urbana-rural

| Años | Área Urbana | | Área Rural | | Total |
|------|-------------|-----------------------------------|------------|-----------------------------------|---------|
| | Población | Concentración de la población (%) | Población | Concentración de la población (%) | |
| 1990 | 80.991 | 68 | 38.502 | 32 | 119.493 |
| 2001 | 108.535 | 71 | 44.721 | 29 | 153.256 |
| 2010 | 131.856 | 73 | 49.319 | 27 | 181.175 |

Fuente: INEC (1990,2001 y 2010)

El fenómeno de concentración de la población en las zonas urbanas se efectúa a nivel mundial, se estima que el 54% de la población se encuentra en las ciudades, y para el año 2025 la población urbana mundial crecerá a un 66%. Esta problemática se suscita por dos factores. La persistente preferencia de las personas de mudarse de zonas rurales a zonas urbanas y por el crecimiento de la población, que se espera añadan 2 500 millones de humanos al planeta en el año 2050 (ONU, 2014).

Establecerse en los centros urbanos, brinda mejor acceso a las personas a la salud, a la educación, a la vivienda y otros servicios, y genera mayores oportunidades en materia económica, aunque el acelerado crecimiento urbano también es fuente de diversos impactos en la naturaleza y puede introducir conflictos en el ámbito de la

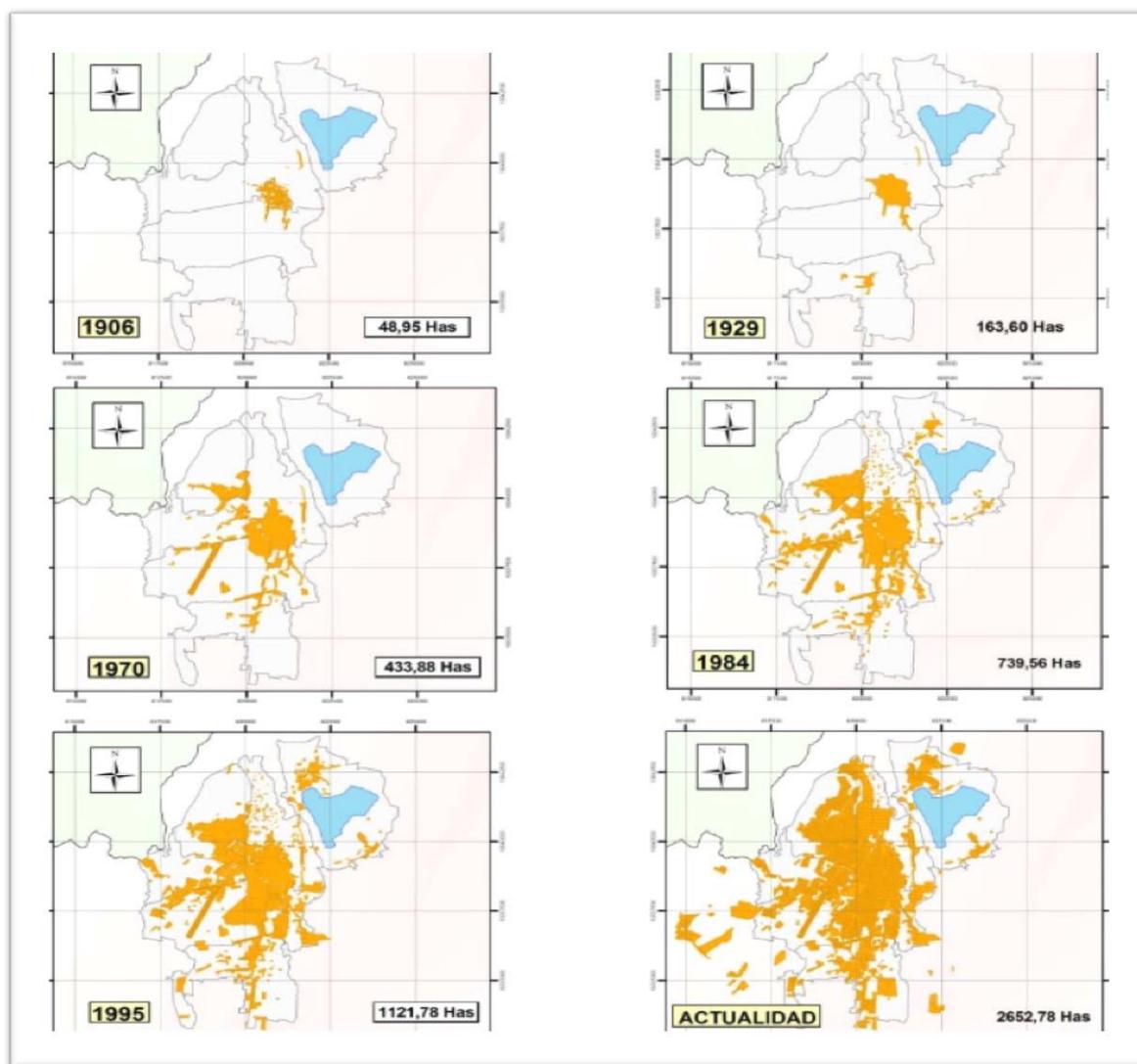
gobernanza en el entorno urbano, en particular en ciudades que no están preparadas para absorber el crecimiento acelerado de la población (NU, 2014: 27).

Existen marcadas diferencias en la rapidez y en el nivel de urbanización de las principales zonas del mundo, y variaciones aún más evidentes entre ciudades y países. En América Latina y el Caribe, por ejemplo, tres cuartas partes de su población vive en esta área (ONU, 2014), es en la actualidad una zona mayoritariamente urbana, comparable con América del Norte y a varios países europeos (NU, 2014: 28). Al parecer, como expone la CEPAL (2012: 123), uno de los principales determinantes de las cantidades actuales de personas viviendo en las ciudades, es la migración de los habitantes de las zonas rurales hacia las zonas urbanas, aunque el porcentaje ha ido disminuyendo paulatinamente, en la actualidad sigue siendo uno de los principales determinantes.

Esta dinámica campo-ciudad también se avizora en el Ecuador. En la actualidad el 24% de los habitantes de las áreas rurales se trasladan hacia las ciudades (CEPAL, 2012: 41). La migración interna, entre otras cuestiones, parece ser la respuesta a la creciente concentración de la población en la región urbana de Ibarra (véase tabla 3).

Ahora bien, uno de los efectos más notorios de la creciente aglomeración de la población en la ciudad de Ibarra, es la mancha urbana que en el año de 1906 fue de 48,95 has y para el año 2010 paso a 2 298,28 has (véase gráfico 6), puesto que existe una relación estrecha entre el proceso urbanizador y el crecimiento poblacional.

Gráfico 6. Evolución de la mancha urbana en la ciudad de Ibarra desde 1906 hasta la actualidad



Fuente y elaboración: Municipio de Ibarra, Dirección de planificación (2014:14)

La urbanización transforma a la naturaleza, ya que es precursora del cambio climático, de las alteraciones ecosistémicas y de los desastres naturales. Urbanizar involucra un alto grado de “artificialización” del medio; la densidad poblacional urbana, genera mayores presiones sobre el territorio, su mayor renta y estilo de vida se asocia a dinámicas de producción, consumo y generación de residuos más perjudiciares para la biósfera. El aumento de la mancha urbana presenta un nuevo escenario, en el sentido de factores causantes de lesiones ambientales como de su prevención y mitigación (CEPAL, 2012: 121).

Por otro lado el proceso urbanizador está relacionado con los desastres que puede sufrir una ciudad porque, es uno de los catalizadores que multiplican el denominado “factor humano” en los desastres naturales. La artificialización del medio, la dinámica de producción y de consumo de las ciudades son más ofensivos sobre la naturaleza, situación que desencadena mayor probabilidad de desequilibrios ecosistémicos que podrían conducir a desastres. En el mismo sentido, urbanizar hace que las catástrofes naturales sean de mayor impacto, ya que hay más habitantes y bienes expuestos a las secuelas cuando el fenómeno natural azota a la ciudad. No obstante, la urbanización hace más efectivas a las medidas de mitigación, alerta oportuna y reacción frente algún desastre natural (CEPAL, 2012: 122).

En Ibarra por ejemplo, la catástrofe natural del 16 de agosto de 1868 destruyó por completo la edificación colonial de la ciudad. Fue un terremoto de 7,7 grados en la escala de Richter, este episodio dejó aproximadamente 20 700 personas muertas (La Hora, 2010).

En años más recientes, la artificialización del medio ligada a la expansión de la mancha urbana se caracteriza por una dispersión desordenada de la urbe. En zonas periféricas, como la Florida, Caranqui, El Priorato, Yahuarcocha y los Huertos Familiares existe una densidad predial¹ de más de 100 predios por manzana, esto ocasiona una mayor presión al límite urbano (área de transición) y provoca problemas de accesibilidad y conectividad de la ciudad.

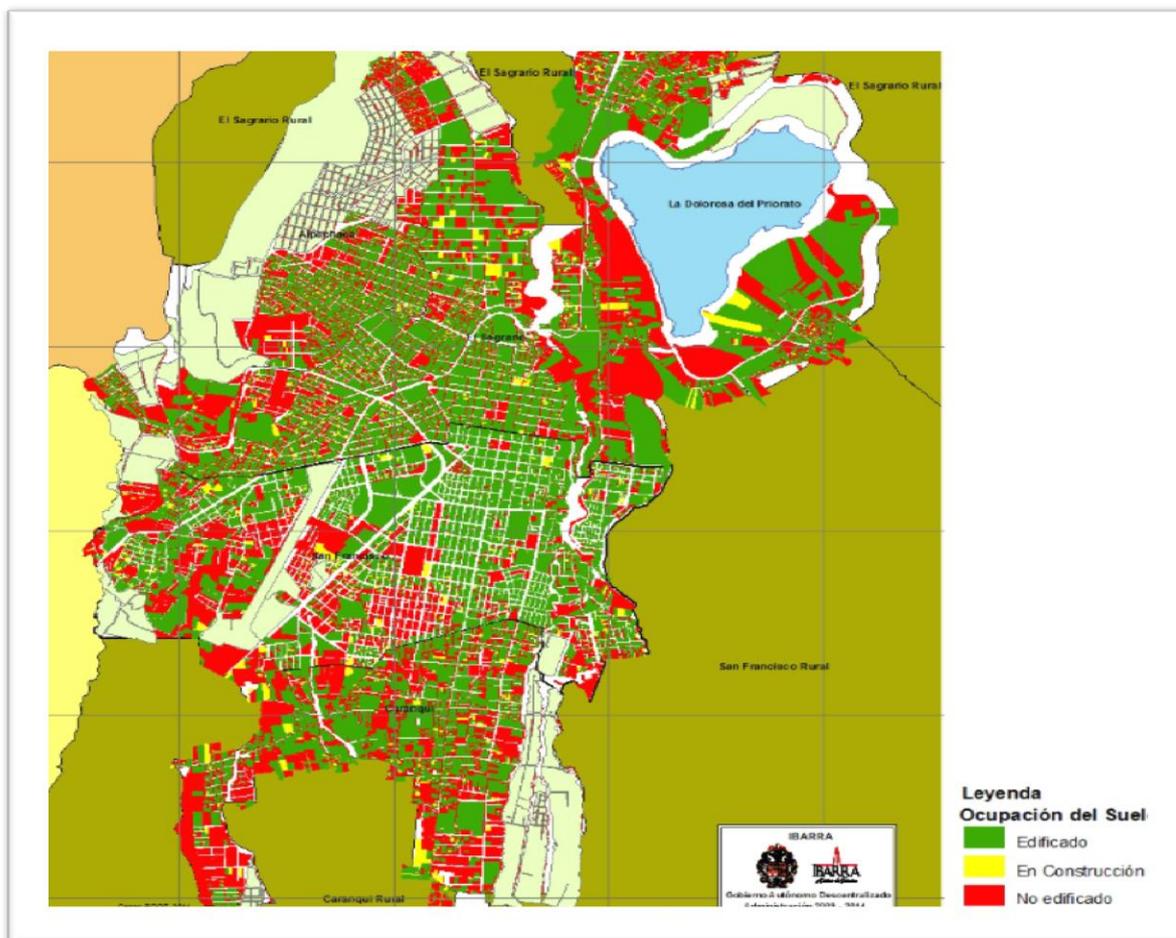
El centro histórico de la ciudad presenta el panorama más favorable en términos de compacidad absoluta (CA)², ya que es la parte más compacta de la ciudad, esto es una pequeña dispersión de la estructura edificada, que permite optimizar el uso del suelo para asentamientos urbanos y hace más eficiente el consumo de energía, agua, alimentos y materiales. No obstante, a medida que las edificaciones se distancian del centro, la CA disminuye, provocando grandes espacios de suelo vacíos que han quedado inmersos en la ciudad (véase gráfico 7). En lugar de ocuparse estas zonas como espacios verdes o para la producción agrícola, por ejemplo, se ha promovido la especulación sobre su precio. Como resultado, muchos asentamientos se ubican de forma

¹ Densidad predial permite identificar las zonas urbanas donde se hace más notorio el fraccionamiento del suelo. (IMI,2014: 60)

²La compacidad absoluta (CA), definida como la relación entre el volumen total edificado y la superficie de suelo total en una determinada área urbana (IMI, 2014: 61)

desordenada en la frontera de la urbe y ejercen presiones por la demanda de servicios básicos y otros recursos que se hallan disponibles en las zonas más compactas de la ciudad (DPM, 2014: 13).

Gráfico 7. Ocupación del suelo de la ciudad de Ibarra



Fuente y elaboración: Municipio de Ibarra, equipo PDOT (2014)

Analizar la mancha urbana a lo largo del tiempo, permite evaluar los efectos de la expansión de la infraestructura, la dinámica de consumo de alimentos y aumento de la demanda de energía, de materiales, y de agua.

Infraestructura

Este indicador a nivel urbano se construye a partir de cuatro variables fundamentales: conexiones de agua, alcantarillado, electricidad y teléfono. Las condiciones de la

vivienda y el acceso de los pobladores a los servicios básicos, son una buena *proxy*, para medir las condiciones de vida de la población.

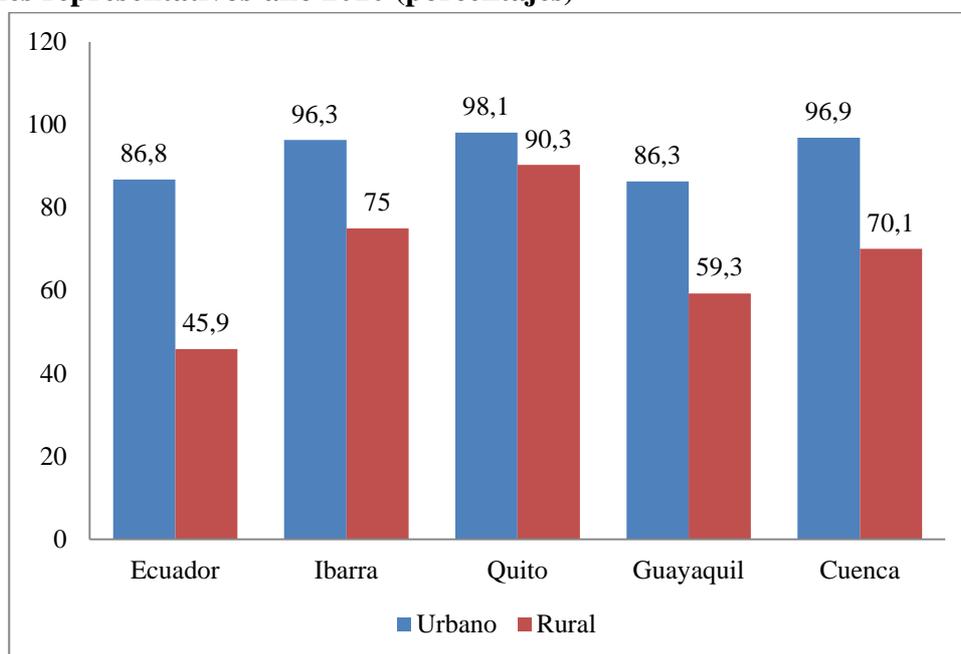
No obstante, existen otras variables que podrían expandir el espectro de análisis hacia aspectos tales como: infraestructura para el transporte (calles, carreteras, líneas de ferrocarril, aeropuertos, puentes, transporte público), infraestructura para servicios de salud como hospitales o centros de salud; para servicios educativos como escuelas, colegios, universidades; la conectividad de la ciudad a través de mecanismos de acceso a internet; infraestructura para recreación, como áreas verdes, parques, jardines, etc. Asimismo, se podrían evaluar aspectos relacionados a la calidad de la infraestructura.

Conexiones de agua

La conexión de agua se mide por el porcentaje de viviendas que tienen agua entubada por red pública del total de viviendas de la ciudad en un mismo año, según el “Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador” (SIISE). El agua potable es una de las condiciones indispensables a las que un conglomerado urbano debe acceder, porque reduce la incidencia de enfermedades intestinales y parasitarias (SIISE, 2014), y facilita la evacuación de desechos.

El gráfico 8 muestra, para el año 2010, el 96,3 % de las viviendas de la zona urbana de Ibarra, de un total de 35 122 viviendas, tuvieron acceso a la red pública de agua. Sin embargo a nivel rural el porcentaje de conexión de las viviendas es de 75%; este fenómeno es repetido a nivel nacional y en los tres cantones: Quito, Guayaquil y Cuenca. Ibarra urbana supera en 9,5 puntos porcentual el acceso reportado a nivel país, en cuanto a la zona rural la diferencia es aún más marcada de 29,1 puntos porcentuales a favor del cantón. Quito rural y urbano tiene el número de viviendas con mayor acceso a la red de agua potable, mientras que Guayaquil a nivel cantonal tendría el menor número de viviendas conectadas, la perla del pacífico supera a nivel rural solo al reportado nacional. Las diferencias entre campo-ciudad son marcadas en cuanto al acceso a la red de agua potable a nivel país la diferencia es de 40,9%, pero en los cantones analizados esta brecha es más pequeña en especial en el Distrito Metropolitano de Quito de 7,8%.

Gráfico 8. Conexión a la red de agua potable urbano-rural: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010 (porcentajes)



Fuente: SIISE (2014), CPV-INEC (2010)

No obstante, este indicador olvida si el agua que llega a los hogares es potable, o si el caudal es el adecuado para el uso residencial, comercial, industrial, etc. Entonces, la lectura que genera es incompleta porque solo cuantifica las viviendas que tienen acceso a la red, más no la calidad del servicio. Sin embargo, es difícil, identificar estos detalles en las estadísticas nacionales.

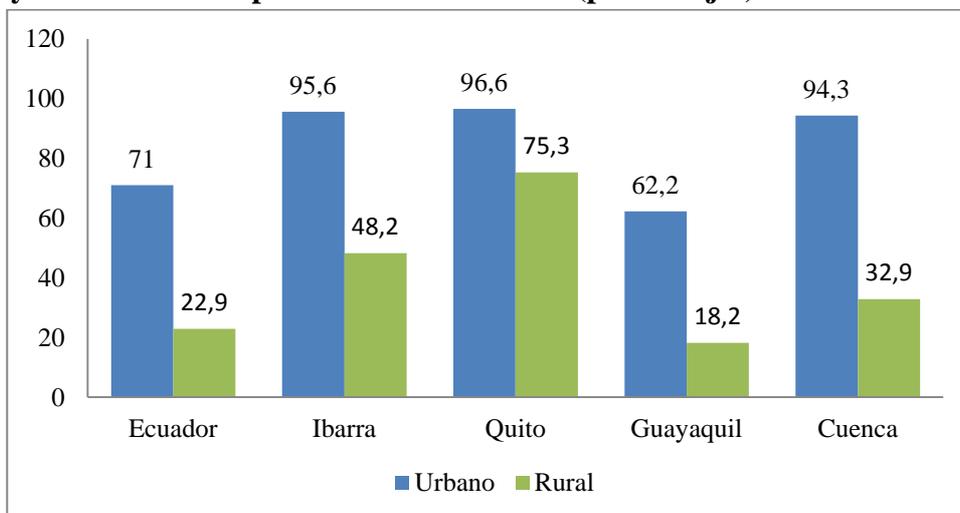
Por ejemplo, en 1990 la epidemia de cólera en el país se atribuyó al deficiente acceso a la red pública de agua potable, cuando el acceso a dicha red se calculaba en 72% (SIISE, 2014). Asimismo, en el año 2002 en la ciudad de Ibarra, existió una epidemia de gastroenteritis por contaminación del agua potable. Es decir, aunque la mayor parte de la población pudiera tener acceso al servicio, éste no necesariamente refleja las condiciones de calidad del recurso, por ello, podría complementarse el análisis empleando un indicador de “agua segura”, esto es, agua apta para el consumo humano, por ejemplo. Este indicador mide el porcentaje de “hogares que obtienen agua para su consumo de fuentes por tubería o en carro repartidor” (SIISE, 2014). El acceso al agua segura se considera como un derecho humano que está íntimamente relacionado con el desarrollo de las urbes (SADSN, 2014).

Alcantarillado

El servicio de alcantarillado sanitario, red de alcantarillado o red de drenaje, es el medio más adecuado para la eliminación masiva de excretas y de aguas servidas. Es calculado como el número de viviendas conectadas a la red de drenaje en un año determinado, expresado en porcentaje del total de viviendas (SIISE.2014).

En la ciudad de Ibarra 33.578 viviendas tienen acceso a la red de alcantarillado de un total de 35 122 viviendas, en términos relativos representa el 95,6%, a nivel rural este porcentaje disminuye al 48,2%. Al igual que el anterior indicador el acceso al servicio siempre es más elevado en las zonas urbanas. Este indicador tiene una particularidad la brecha urbano-rural es más marcada. Cuenca muestra una brecha urbano-rural de 61,4%, en la zona urbana supera el 90% del acceso, pero en el área rural alcanza solamente el 32,9% de viviendas conectadas a la red de drenaje. A nivel país y Guayaquil en la zona urbana no superan las tres cuartas partes del acceso a este servicio público, Guayaquil en la zona rural solo alcanza el 18,2% de viviendas que se conectan a la red. Ibarra y el Distrito Metropolitano son los cantones que superan el 95% de acceso en el sector urbano, pero Ibarra en el sector rural no sobrepasa el 50% de hogares que acceden a la red de drenaje (véase gráfico 9). Al parecer los planificadores tienen mucho que hacer, en cuanto a políticas para aumentar las viviendas que acceden a la red de alcantarillado, más aún en la zona rural.

Gráfico 9. Conexión a la red de alcantarillado sanitario urbano-rural: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010 (porcentajes)



Fuente: SIISE (2014), CPV-INEC (2010)

Sin embargo, este indicador excluye a las viviendas que disponen de otras formas sanitarias para eliminar excretas y aguas servidas, como estercoleros, pozos sépticos, o letrinas; tampoco muestra la calidad del servicio y su funcionamiento dependerá siempre de un constante suministro de agua. Eliminar de manera higiénica los excrementos humanos protege a la población de enfermedades crónicas y evita la contaminación del agua y del suelo (SIISE, 2014).

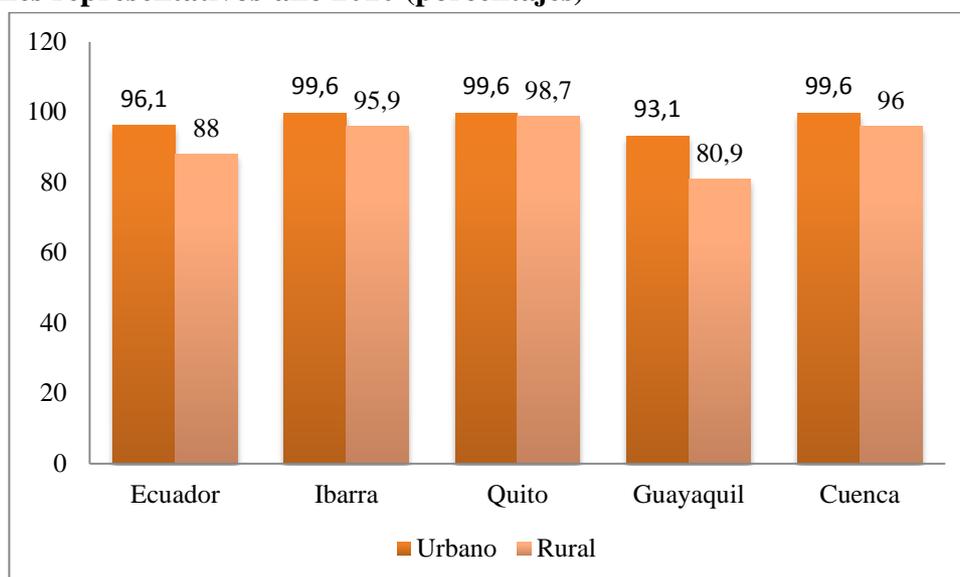
Un resultado distinto se obtendría si el alcance es más amplio. Por ejemplo de “medios de eliminación de excretas”, el cual incorpora al cálculo, aquellas viviendas que tienen pozo séptico o letrina, pozo ciego, y, otras formas de evacuación de aguas servidas y excrementos humanos.

Electricidad

Es la cantidad de viviendas que se han adherido al servicio eléctrico público, expresado como porcentaje del total de viviendas. La disponibilidad de electricidad es uno de los elementos que determinan las características de la vivienda. En el Ecuador, la población ha ido paulatinamente accediendo a este servicio, no obstante, aún se observan diferencias geográficas y residenciales importantes (SIISE, 2014).

El gráfico 10 muestra, para el año 2010 en Ibarra, el 99,6 % de las viviendas urbanas y un 95,9% de los hogares rurales tienen acceso al servicio eléctrico. Este indicador muestra que la brecha entre el acceso rural y urbano a este servicio es pequeña. Esto se observa a nivel ecuatoriano y es ratificado por los cantones Cuenca, Guayaquil y Quito. Por ejemplo, la diferencia entre zona urbana y rural de acceso a la red de energía eléctrica de Cuenca es de 3,6%, de Quito es de 0,9% y de Guayaquil es de 12,2% Ibarra se ubicaría como tercer cantón con mayor acceso a la red eléctrica, tanto rural cuanto urbano, después del Distrito Metropolitano de Quito y de Cuenca, por encima del porcentaje de conexión reportado por el país. Se observa también que la conexión de las viviendas al sistema interconectado de energía eléctrica es alto porque a nivel urbano se supera el 93% y a nivel rural el 80%.

Gráfico 10. Conexión a la red de electricidad urbano-rural: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010 (porcentajes)



Fuente: SIISE (2014), CPV-INEC (2010)

Aunque la electricidad es un componente clave en el consumo energético de los cantones, ésta no es la única fuente energética que abastece las actividades urbanas y rurales. Se emplea también gasolina y diésel para el transporte; y en los hogares hay un uso extendido de gas licuado de petróleo y leña. Estas otras fuentes energéticas deberían ser incluidas en la evaluación, pues una región que se abastece principalmente de fuentes fósiles emitirá gases contaminantes como: CO₂, NO_x, SO_x, etc. El uso de fuentes renovables puede contribuir a la mitigación de los efectos del calentamiento global.

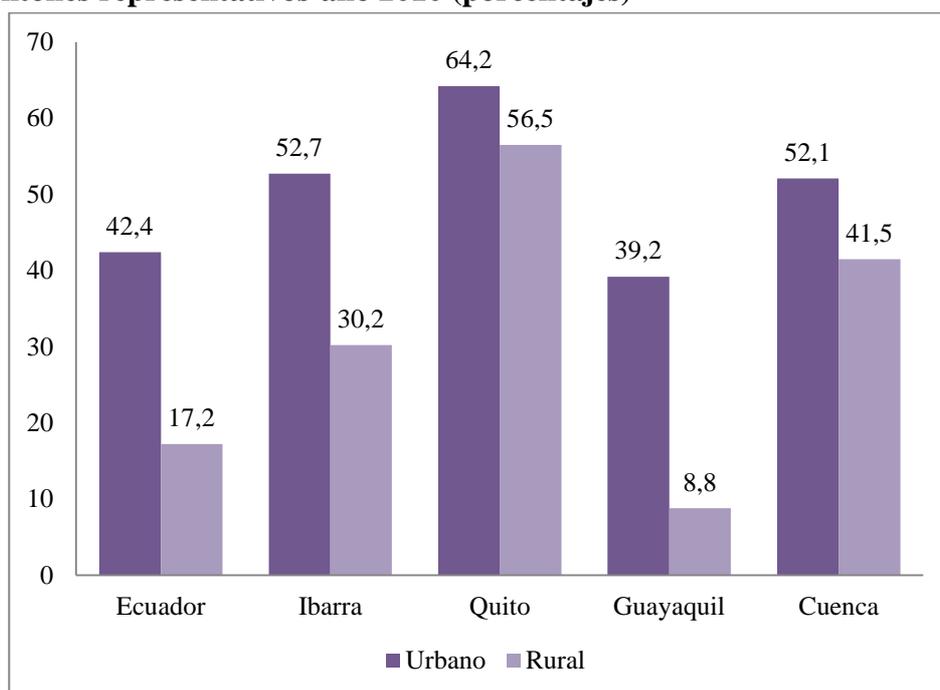
Teléfono

El servicio de teléfono convencional se expresa como porcentaje, entre el número de hogares que tienen acceso al servicio sobre el total de hogares. Por la utilidad que presenta este servicio ha pasado de ser suntuario a básico, por ejemplo, sirve como plataforma para acceder al internet.

En Ibarra urbana los hogares que tienen acceso a este servicio son 19.044 de un total de 33 111 hogares, que representa el 52,7% y en Ibarra rural son 3 786 hogares aquellos que acceden a este servicio de un total de 12 555, que representa el 30,2%. El indicador, muestra que el promedio nacional y los cantones no sobrepasan el 65% de

acceso a la telefonía convencional, en el área urbana y alcanza el 56,2% de la cobertura del servicio en Quito rural. Ibarra es segunda en acceso al servicio a nivel urbano y tercera a nivel rural, después de Quito y Cuenca, aunque por encima del reportado nacional y de Guayaquil (véase gráfico 11).

Gráfico 11. Acceso a la telefonía convencional urbano-rural: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010 (porcentajes)



Fuente: SIISE (2014), CPV-INEC (2010)

Sin embargo, podría ser más preciso incluir la cobertura de telefonía móvil, que ascienden a 96,01 % en el caso de la ciudad de Ibarra.

Comparar la zona urbana con la rural, muestra las brechas existentes entre estas dos áreas en cuanto al acceso de los servicios básicos. Ibarra y los cantones analizados, en todos los casos, acceden en mayor porcentaje a los servicios de agua potable, alcantarillado, energía eléctrica y teléfono, en la zona urbana. En cuanto a la conexión a la red de alcantarillado, el acceso a este servicio es el menor y en especial en las zonas rurales. Ibarra, por ejemplo, alcanza a cubrir el 75% de las viviendas rurales, carecer de este servicio puede ocasionar focos de contaminación por aguas servidas, poniendo en peligro la salud de los habitantes y de la naturaleza que sirve como proveedor de recursos. El planificador debe aplicar política pública para disminuir las brechas

existentes entre las zonas urbanas y las rurales y procurar conectar a todas las viviendas a los servicios básicos.

Gestión de residuos

La gestión de residuos es el grupo de operaciones orientadas a dar un adecuado tratamiento a los residuos producidos dentro de un sector determinado. El destino de los residuos debe ser determinado desde el punto de vista ecológico, social y económico; según sus características como volumen, procedencia, posibilidades de recuperación, comercialización, normativa legal y coste de tratamiento (André y Cerdá, 2006:73). Este componente avanza más lento y es más difícil de mejorar a medida que aumenta el desarrollo de una ciudad (UN-Hábitat; 2001:26).

La construcción de este subíndice a nivel urbano es a partir de dos variables fundamentales: aguas residuales tratadas y eliminación de residuos, las mismas que se analizan a continuación:

Aguas residuales tratadas

Es la cantidad de aguas servidas sometida a alguna forma de tratamiento. Poseer un sistema apropiado y eficiente de tratamiento de aguas servidas es básico para el rescate ecológico, la recuperación progresiva de la naturaleza y en consecuencia la disminución de problemas de salud para la población.

En la ciudad de Ibarra se libera un total de 1,6 m³/s de aguas residuales, las cuales no son tratadas, el 90% de éstas va directamente al río Tahuando y el restante 10% al río Chorlaví (EMAPA, 2014). Esta práctica de utilizar ríos y cuerpos acuáticos para la descarga, el transporte y el almacenamiento de aguas residuales es una de las principales causas de la degradación ambiental y origina focos de incubación y de transmisión de enfermedades que son de alto riesgo para los habitantes.

Para mejorar la gestión sobre las cuencas hidrográficas de Ibarra, se puede añadir al cálculo, el caudal ecológico (CE), sobre los ríos Tahuando y Chorlaví. El CE establece la cantidad, la calidad y el régimen del flujo de agua requerido para mantener los componentes, las funciones, los procesos y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos, que proporcionan bienes y servicios a la sociedad (WWF, 2010). Por lo tanto, es un

instrumento que permite un manejo íntegro y sostenible de los recursos hídricos, en especial el agua dulce.

El agua dulce está presente en el planeta en un 3% en relación al agua salada que se encuentra en los océanos y que es de, 97% aproximadamente. Únicamente el 0,3% del agua es apta para el consumo humano, se encuentra en ríos y lagunas. El 1% de la superficie terrestre corresponde a hábitats de agua dulce; estos hábitats albergan al 6% de todas las especies. Por esto, el agua dulce, es un recurso importante para la supervivencia humana, está amenazado por las dinámicas de consumo y contaminación, mismas que reducen los caudales (Arias, 2012: 1).

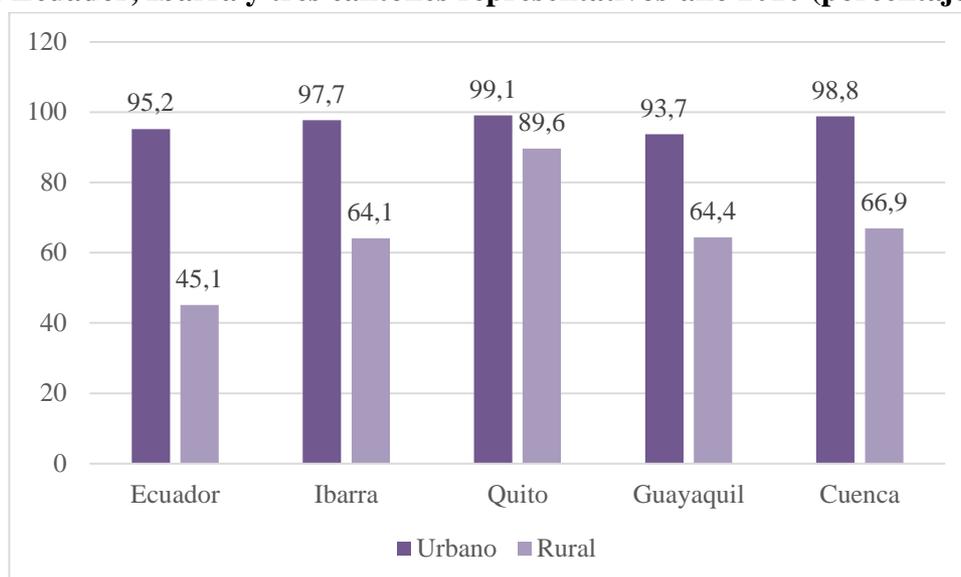
En el Ecuador, se ha definido como caudal ecológico a la presa de derivación en la unión de los ríos Salado y Quijo, se ofrece el mantenimiento de 20 m³/s ya que el proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair (CCS) está obligado por normativa técnica ambiental a precautelar el caudal de las áreas de afectación, en este caso, es el mantenimiento del caudal de la cascada San Rafael (MAE, 2009).

Eliminación de residuos sólidos

En el SIISE (2014), el indicador es conocido como “los medios de eliminación de basura”, muestra el ratio de hogares que cuentan con un servicio de recolección pública o privada de basura, del total de hogares de la ciudad. La eliminación sanitaria de desperdicios sólidos es fundamental para tener un ambiente sano que rodea a la comunidad.

El gráfico 12 muestra, para el año 2010, el 97,7 % de las viviendas urbanas y un 64,1% de los hogares rurales tienen acceso a los medios de eliminación de los residuos, en Ibarra. Este indicador muestra las disparidades campo-cuidad, en cuanto al número de hogares que cuentan con el servicio de recolección de basura. El gráfico también indica que Ibarra se posesiona en segundo lugar en cuanto a la cantidad de pobladores urbanos y cuarto a nivel rural.

Gráfico 12. Viviendas que accede a los medios de eliminación de residuos urbano-rural: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010 (porcentajes)



Fuente: SIISE (2014), CPV-INEC (2010)

El acceso al servicio de gestión de residuos brinda una aproximación al manejo de estos desperdicios, una gestión integral de los residuos sólidos podría evaluarse al añadir factores como: la separación de residuos en el origen para su reciclaje, la recolección de desechos peligrosos como los hospitalarios, el transporte y la disposición final de los residuos. Todos estos elementos permitirían consolidar una evaluación más completa y medir la capacidad de la ciudad para reducir el impacto ambiental y prevenir algunos problemas de salud pública a partir de un tratamiento integral de los residuos.

En la ciudad de Ibarra, de acuerdo a la Ordenanza municipal de 2004, se distinguen las siguientes categorías de desechos sólidos: i) Comunes, básicamente los restos de alimentos, restos de productos de consumo doméstico, desechos de barrido, envases, embalajes y otros, y, se subdividen en residuos biodegradables y no biodegradables. ii) Especiales, que por algunas características como peso, volumen, etc. necesitan un manejo diferenciado, entre estos, se encuentran chatarra, muebles y enseres, línea blanca, animales muertos, forraje, etc. iii) Peligrosos, porque representan alto riesgo para la biosfera debido sus características físicas y químicas o bacteriológicas, por ejemplo, corrosividad, radioactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y

condiciones infecciosas. iv) Residuos y desechos de los materiales de construcción (IMSI, 2004).

Salud

Para la población es muy importante gozar de buena salud, y de todos los beneficios que conlleva, por ejemplo: mayor acceso al mercado laboral, a la educación, el aumento de la productividad, la disminución de gastos en atención médica, mejora las relaciones sociales y una vida más larga. Es por esto que una de las condiciones deseables de un planificador es tener una población sana con acceso a servicios de salud integrales. De acuerdo a la metodología del CDI, este subíndice es explicado por dos indicadores: la esperanza de vida y la mortalidad infantil, que se analizan a continuación.

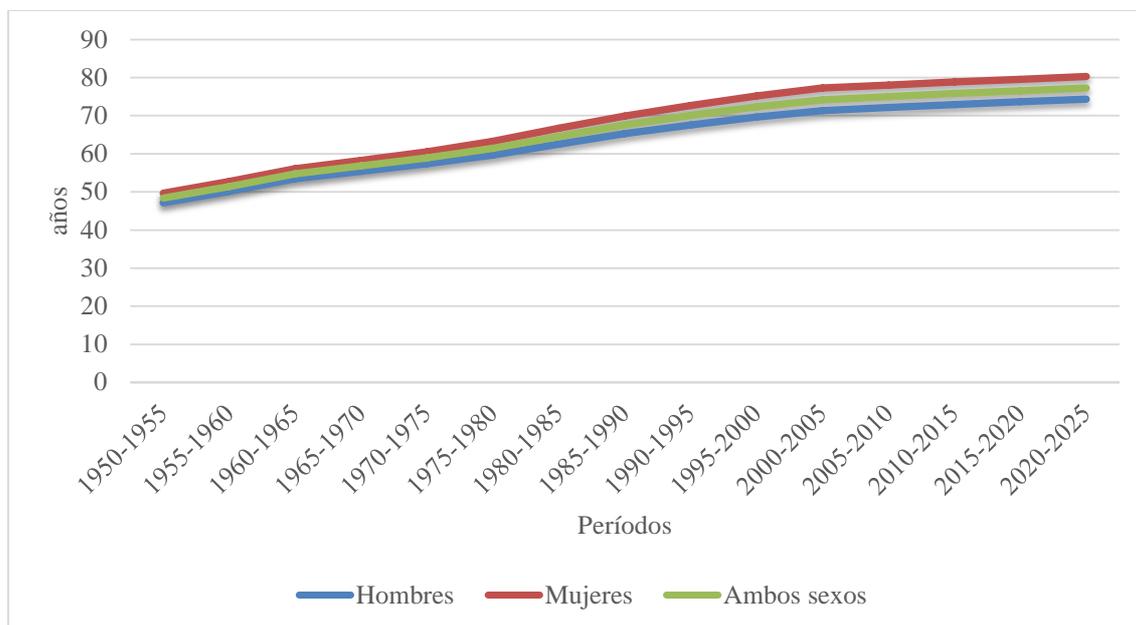
A fin de complementar la evaluación de la salud en esta sección sería pertinente integrar indicadores de acceso de la población a algún tipo de aseguramiento privado o público, que permita a los afiliados acceder a consultas médicas o tratamiento a diferentes enfermedades o dolencias. También es pertinente, para ampliar más el análisis, incluir un indicador o indicadores sobre incidencia de muertes por enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales, cáncer, enfermedades infecciosas, etc.

Esperanza de vida

La esperanza de vida al nacer es la cantidad de años que puede vivir una persona, si se mantienen a futuro las condiciones de vida imperantes en un momento determinado.

El gráfico 13 muestra un claro ascenso de la esperanza de vida de los ecuatorianos, por ejemplo la estimación hecha para el período 1950-1955 indica que la esperanza fue de 48,35 años, si vamos más adelante a la mitad de las estimaciones al período 1980-1985 la esperanza de vida aumenta a 67,33 años, y al cierre del período de análisis, en el quinquenio 2020-2025 el indicador es de 77,2 años. No obstante, a partir del año 2025 comienza a estacionarse la creciente esperanza de vida en aproximadamente los 80 años. Ponemos a consideración esta información, porque las estimaciones a nivel nacional servirán como *proxy* para Ibarra, en donde no se registran datos.

Gráfico 13. Esperanza de vida de la población ecuatoriana



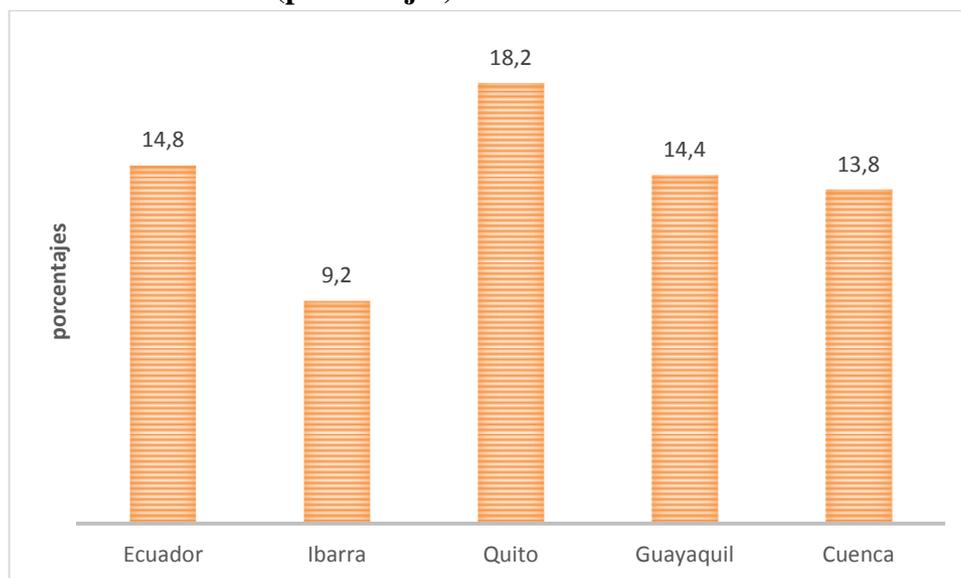
Fuente: INEC, **Serie:** 1950 - 2025.

Mortalidad infantil

Este indicador es conocido como la “tasa de mortalidad en la niñez”, es la probabilidad que tiene un niño/a de morir antes de cumplir los cinco años de vida; es medido como el número de niños/as de 0 a 59 meses, fallecidos en un determinado año. El indicador se expresa como una relación entre 1 000 niños/as nacidos vivos durante ese mismo año. Después del primer año de vida, los riesgos de enfermar o morir en los infantes están asociados a las condiciones de cuidado, el complemento y refuerzo de las vacunas, el consumo de alimentos adecuados, la prevención y el tratamiento a enfermedades diarreicas agudas e infecciones respiratorias; y la prevención de accidentes caseros (SIISAN, 2014).

En Ibarra la probabilidad de fallecimiento infantil es de 9,2%, el cantón tiene la menor probabilidad de todos los cantones puestos a consideración y del reportado a nivel nacional (ver gráfico 14). Esto es mejores condiciones para la supervivencia de los niños/as entre 0 y 59 meses. Para el cálculo del CDI este valor se tomara como *proxy* a nivel urbano.

Gráfico 14. Tasa de mortalidad en la niñez: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010 (porcentajes)



Fuente: SIISE (2014), CPV-INEC (2010)

Educación

Este sub-índice muestra el nivel de educación de la población urbana, con respecto a otras ciudades. Este indicador, siguiendo la metodología del CDI, a nivel urbano se construye con dos variables: alfabetismo y matriculación combinada, que se explican a continuación. Se asume que un mayor nivel de educación de la población contribuirá a potenciar el desarrollo de la ciudad, tal como sucede con una menor tasa de analfabetismo y una mayor tasa de matriculación.

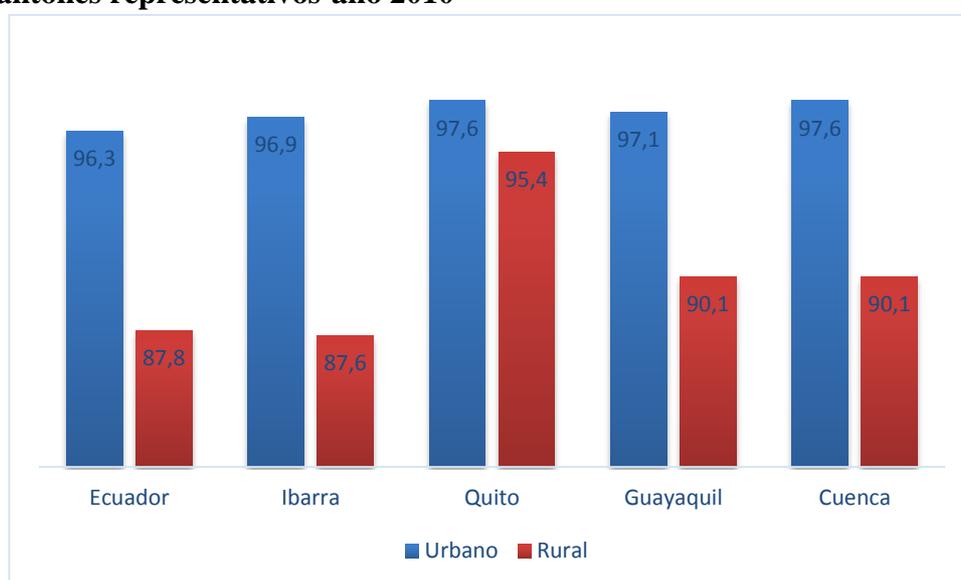
Aunque estas dos medidas permiten analizar las condiciones de acceso a la educación a nivel urbano, no muestran la calidad de la educación o el nivel educativo que alcanza la población. La calidad de la educación puede analizarse, por ejemplo, a partir de los resultados de las pruebas que se aplican como parte de los sistemas nacionales de evaluación de la educación (INEVAL, 2014).

Alfabetismo

Este indicador muestra el total de las personas “que saben leer y escribir” con respecto al total de la población.

El gráfico 15 muestra, para el año 2010, para Ibarra, la población que se considera alfabetizada es de 96,9% que se traduce en un total de 127 768 ibarreños, en la zona urbana, mientras que en la zona rural disminuye a 87,6%. El cantón Ibarra en comparación con los otros tres cantones y el reportado a nivel ecuatoriano, en cuanto a tasa de individuos alfabetizados, se posiciona cuarto lugar en la zona urbana y quinto en la zona rural.

Gráfico 15. Porcentaje de población alfabetizada, urbano-rural: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010



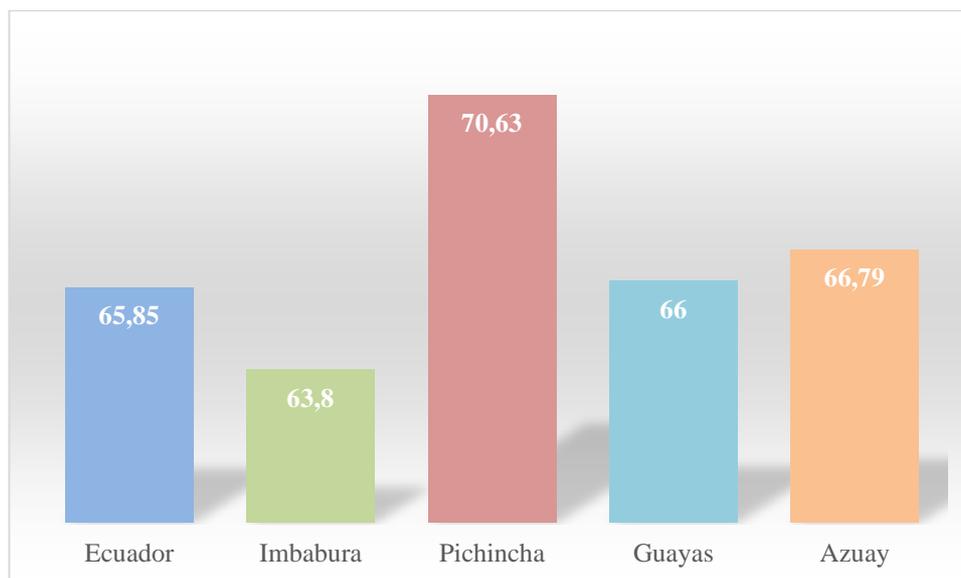
Fuente: SIISE (2014), CPV-INEC (2010)

Matriculación combinada

Este indicador se obtiene sumando la tasa de matriculación de primaria, secundaria y terciaria de un mismo año, dividido para la población que se encuentra entre los 6 y 22 años en ese mismo año.

En base a esta definición, se ha construido este indicador con información a nivel provincial, y se determina que la tasa de matriculación combinada de la provincia de Imbabura es de 63,80%. Imbabura en comparación con las otras provincias, el porcentaje de su población que se ha matriculado en los tres niveles educativos es el menor (ver gráfico 16). Esto quiere decir, hay que aplicar medidas de inclusión para que paulatinamente más pobladores accedan a la educación.

Gráfico 16. Matriculación combinada: Ecuador, Ibarra y tres cantones representativos-año 2010



Fuente: SIISE (2014), CPV-INEC (2010)

Un estudio más amplio mostraría la cantidad de habitantes que se matriculan en los distintos niveles de educación, haciendo una distinción entre los dos sexos, de esta forma se revelaría si la brecha entre hombres y mujeres que acceden a la educación es representativa.

Producto

Una de las razones por las cuales las personas se aglomeran en los centros urbanos es por las oportunidades éstos presentan para generar riqueza y acceder a empleo. La generación de ingresos es la medida tradicional del “éxito urbano”, aunque en años recientes se reconoce la necesidad de mirar otros aspectos que reflejan mejor la calidad de vida. Por ejemplo, se ha empezado a calcular índices de felicidad, que demuestran que no necesariamente hay conexión directa entre el nivel de ingresos y la felicidad. En general, ingresos más altos y mayor productividad se encuentran en los sistemas urbanos (UNCHS/Hábitat; 2001: 25).

Producto de la ciudad

Este indicador ha sido calculado por el BCE a nivel cantonal conocido como las “cuentas regionales”. Las cuentas regionales miden la producción y el consumo

intermedio a través de los siguientes sectores: agricultura, ganadería, silvicultura y pesca; explotación de minas y canteras; manufactura; suministro de electricidad y de agua; construcción; comercio; actividades de alojamiento y de comidas; transporte información y comunicaciones; actividades financieras; actividades profesionales e inmobiliarias; administración pública; enseñanza; salud y otros servicios.

La tabla 5 muestra la composición del valor agregado bruto cantonal de Ibarra para el año 2009, es de 623´496 000 usd, el sector de mayor aporte es el comercio con 18,5%. Ibarra es netamente de servicios porque las cuentas que pertenecen a este sector aportan a la generación de valor el 72,27% que se traduce a 450´605 000 dólares; también se puede apreciar la aportación de cada cuenta y del total de la economía ibarreña a nivel nacional.

Tabla 5. Valora agregado bruto: cantón Ibarra año 2009 (miles USD)

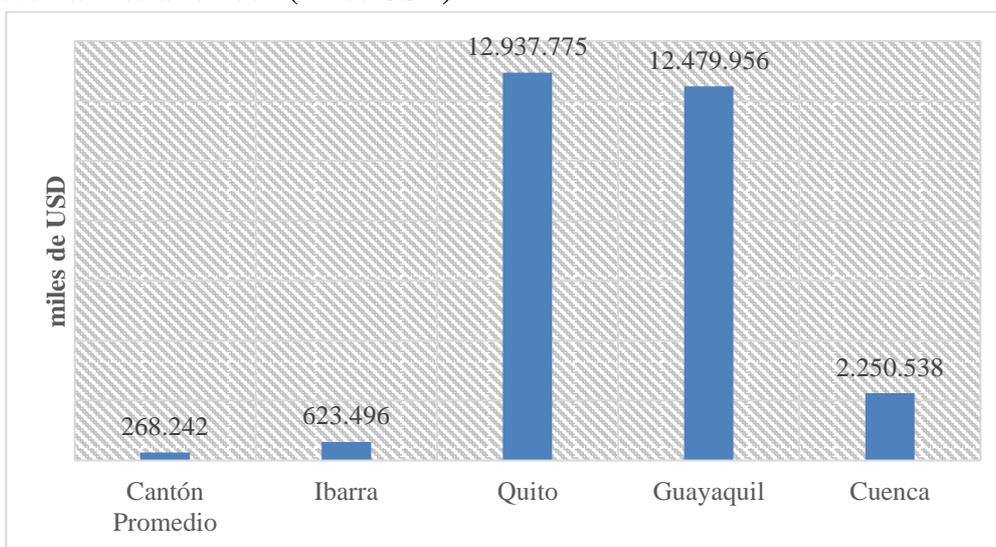
| Valor agregado bruto cantón Ibarra | | |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Cuentas | Valor agregado (miles USD) | Participación nivel nacional |
| Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | 24.313 | 0,4% |
| Explotación de minas y canteras | 1.213 | 0,0% |
| Manufactura | 37.733 | 0,4% |
| Suministro de electricidad y de agua | 444 | 0,1% |
| Construcción | 109.157 | 1,8% |
| Comercio | 115.522 | 1,8% |
| Actividades de alojamiento y de comidas | 23.888 | 2,0% |
| Transporte, información y comunicaciones | 94.237 | 1,8% |
| Actividades financieras | 24.745 | 1,4% |
| Actividades profesionales e inmobiliarias | 38.388 | 0,5% |
| Administración pública | 78.213 | 1,8% |
| Enseñanza | 43.363 | 1,3% |
| Salud | 24.783 | 1,4% |
| Otros servicios | 7.466 | 0,5% |
| Economía Total | 623.496 | 1,06% |

Fuente y elaboración: Cuentas cantonales (2009)-BCE (2014)

Se ha presentado datos del PIB cantonal del 2009 como *proxy* para el cálculo del CDI del año 2010 porque el BCE todavía no presenta reportes de estas cuentas para años posteriores.

Se muestra que la generación de valor en Ibarra está por debajo de cantones como Quito y Guayaquil, aunque supera al promedio nacional, en términos porcentuales correspondería al 4,8% del distrito metropolitano y al 5% de la perla del pacífico. Este elemento será fundamental para posicionar a Ibarra en términos de desarrollo urbano hecho a través del cálculo del “índice de desarrollo de las ciudades”.

Gráfico 17. Valor agregado bruto: cantón promedio, Ibarra y tres cantones representativos año 2009 (miles USD)



Fuente y elaboración: Cuentas cantonales (2009)-BCE (2014)

La generación de renta siempre es más alta en los centros urbanos de mayor dinamismo porque cuentan con mayor población y en ellos se realiza la mayor cantidad de operaciones de mercado.

Con estos elementos en mente en la siguiente sección calcularemos el CDI, a fin de hacer una primera aproximación al desarrollo sostenible de la ciudad de Ibarra.

Índice de desarrollo de las ciudades y análisis empírico

El índice de desarrollo de las ciudades (CDI), “es una medida del promedio de bienestar y acceso a los servicios de los individuos de una ciudad” (UNHS/Hábitat, 2001:3). Se considera un indicador sesgado e incompleto porque su construcción supone que las distintas dimensiones se unifican en un único indicador.

Fuentes estadísticas

Este indicador es parte del programa de indicadores urbanos UNCHS-HABITAT, el programa está direccionado a ecosistemas urbanos, y tiene como objetivo el establecimiento de una red de observatorios urbanos que permitan controlar y evaluar la implantación de los programas de la Agenda 21. A continuación se presenta una tabla que resume todas las fuentes de datos utilizados.

Tabla 6. Fuentes de Datos CDI

| Subíndice | Variabes | Fuentes de datos primarios | Desgloses territoriales disponibles |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Infraestructura | Conexiones de Agua (agua entubada por red pública) | 1. INEC, (CPV) 2010: Sección I, pregunta 7 | parroquia y superior (1990: DPA 99, 2001: DPA 01 y 2010: DPA 10) |
| | | 2. INEC, (ENEMDU) 2010: Sección 12, pregunta 10. | provincia, región y país |
| | Alcantarillado (red de Alcantarillado) | 1. INEC, (CPV) 2010: Sección I, pregunta 9 | parroquia y superior (1990: DPA 99, 2001: DPA 01 y 2010: DPA 10) |
| | | 2. INEC, (ENEMDU) 2010: Sección 12, pregunta 9 | provincia, región y país, 2010 |
| | Electricidad (servicio eléctrico) | 1. INEC, (CPV) 2010: Sección I, pregunta 10 | parroquia y superior (1990: DPA 99, 2001: DPA 01 y 2010: DPA 10) |
| | | 2. INEC, (ENEMDU) 2010: Sección 12, pregunta 12 | provincia, región y país |
| | Teléfono (servicio telefónico convencional) | 1. INEC, (CPV) 2010: Sección I, pregunta 7 | parroquia y superior (1990: DPA 99, 2001: DPA 01 y 2010: DPA 10) |
| | | 2. INEC, (ENEMDU) 2010: Sección 12, pregunta 21, numeral 15 | provincia, región y país |
| Gestión de Residuos | Eliminación de residuos sólidos (sistema de eliminación de excretas) | 1. INEC, (CPV) 2010: Sección I, pregunta 9 | parroquia y superior (1990: DPA 99, 2001: DPA 01 y 2010: DPA 10) |
| | | 2. INEC, (ENEMDU) 2010: Sección 12, pregunta 9 | provincia, región y país, 2010 |
| | Aguas Residuales tratadas | 1. INEC, CGGIPAMC:Capítulo 4, pregunta 4,12 y 4,13 | Municipios y consejos provinciales 2010-2012 |
| Salud | Esperanza de vida | INEC, Estimaciones y proyecciones del mundial 1950-2025 | país, 1950-2025 |
| | Mortalidad infantil | 1. INEC, Estadísticas vitales, nacimientos y defunciones | provincial y superior |
| | | 2. Tabulaciones publicadas | No disponible |
| | | 3. Informe estadístico de defunciones: secciones B y C | No disponible |

| Subíndice | VARIABLES | Fuentes de datos primarios | Desgloses territoriales disponibles |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Educación | Alfabetización | 1. INEC, (CPV) 2010: Sección VI, pregunta 19 | Parroquia y superior (1990: DPA 99, 2001: DPA 01 y 2010: DPA 10), 2001. 2010: zona |
| | | 2. INEC, (ENEMDU) 2007-2013: preguntas 10 y 11, información miembros del hogar | 2003-2013: provincia, región y país |
| | Matricula combinada (Total de matriculaciones en enseñanza primaria, secundaria y terciaria/ población de 6 a 22 años) | INEC, (ENEMDU) 2005-2013: Sección educación, preguntas 1 y 2 | 2005-2013: provincia, región y país |
| Producto | Producto de la ciudad (\$) | BCE (2014) | Cantonal, 2007 y 2009 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 1950-2014) en sus diferentes encuestas como son: Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU); Encuesta de Condiciones de Vida (ECV); y en el Censo de Población y Vivienda (CPV); División Político Administrativa (DPA). Datos también obtenidos del Banco Central del Ecuador (BCE, 2014).

Elaborado por: Autor de la investigación

Aspectos metodológicos

En este epígrafe se describe el procedimiento utilizado para el cálculo del CDI, con el fin de ordenar el nivel de desarrollo de las ciudades más representativas del país con respecto a la ciudad de Ibarra. El CDI se calcula de acuerdo a la Tabla 7, donde se muestran los subíndices de infraestructura, gestión de residuos, salud, educación y producto de la ciudad, los cuales se promedian para formar el indicador. A su vez los subíndices, son una combinación de varios indicadores que han sido normalizados para reportar un valor entre 0 y 1. La tabla 6 también describe las ponderaciones empleadas para cada subíndice y las operaciones necesarias para su construcción siguiendo la metodología de (UN-Hábitat, 2001).

Tabla 7. Construcción del CDI

| Índice | Fórmula |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Infraestructura | $25 * \text{Conexiones de Agua} + 25 * \text{Alcantarillado} + 25 * \text{Electricidad} + 25 * \text{Teléfono}$ |
| Gestión de Residuos | $50 * \text{Aguas residuales tratadas} + 50 * \text{eliminación formal de residuos sólidos.}$ |
| Salud | $(\text{Esperanza de vida} - 25) * 50 / 60 + (32 - \text{la mortalidad infantil}) * 50 / 31,92$ |
| Educación | $25 * \text{Alfabetización} + 25 * \text{matriculación combinada}$ |
| Producto (PIB urbano) | $(\log \text{Producto de la Ciudad} - 4,61) * 100 / 5,99$ |
| Índice de desarrollo de la Ciudad | $(\text{Índice de infraestructura} + \text{índice de residuos} + \text{índice de salud} + \text{índice de educación} + \text{índice de producto de la ciudad}) / 5$ |

Fuente: Global Urban Indicators Data base Version 2

Elaborado por: UN-Hábitat (2001)

Las variables que se utilizan para obtener el CDI están relacionadas entre sí porque éstas explican el nivel de desarrollo de una ciudad, aunque existen diferentes maneras de calcular el índice que pueden dar resultados muy diferentes, dependiendo de las ponderaciones empleadas y las variables que se utilicen para cada dimensión, los intereses del/la tomador/a de decisiones o de la propia población.

Para efectos de este análisis se tomarán las ponderaciones presentadas en la tabla 6 que han sido calculadas por UN-Hábitat (2001) a través de un proceso estadístico conocido como análisis de componentes principales. Esta formulación del CDI utiliza iguales ponderaciones que el “Informe sobre Desarrollo Humano” (PNUD, 1999), para los subíndices educación, salud y producto de las ciudades (UN-Hábitat, 2001: 30).

Dimensiones a incorporar

Como hemos revisado en el epígrafe anterior las dimensiones que se incorporan en el análisis son cinco:

Infraestructura

La tabla 8 presenta los resultados del subíndice “Infraestructura” conforme la definición metodológica del CDI. Se contrasta el caso de la ciudad de Ibarra con las principales ciudades del Ecuador y con una ciudad promedio ecuatoriana. Cada uno de los servicios que componen la infraestructura se pondera con un 25% respecto del total. El índice se halla normalizado, por lo que, un valor de 100 indica que la ciudad tiene cobertura para toda la población de los servicios de agua potable, alcantarillado, electricidad y teléfono. Se observa que en términos relativos, la ciudad de Ibarra se ubica en segundo lugar del grupo de ciudades analizadas, por encima de la ciudad promedio ecuatoriana, de Guayaquil y de Cuenca.

Tabla 8. Conexión a la infraestructura, año 2010

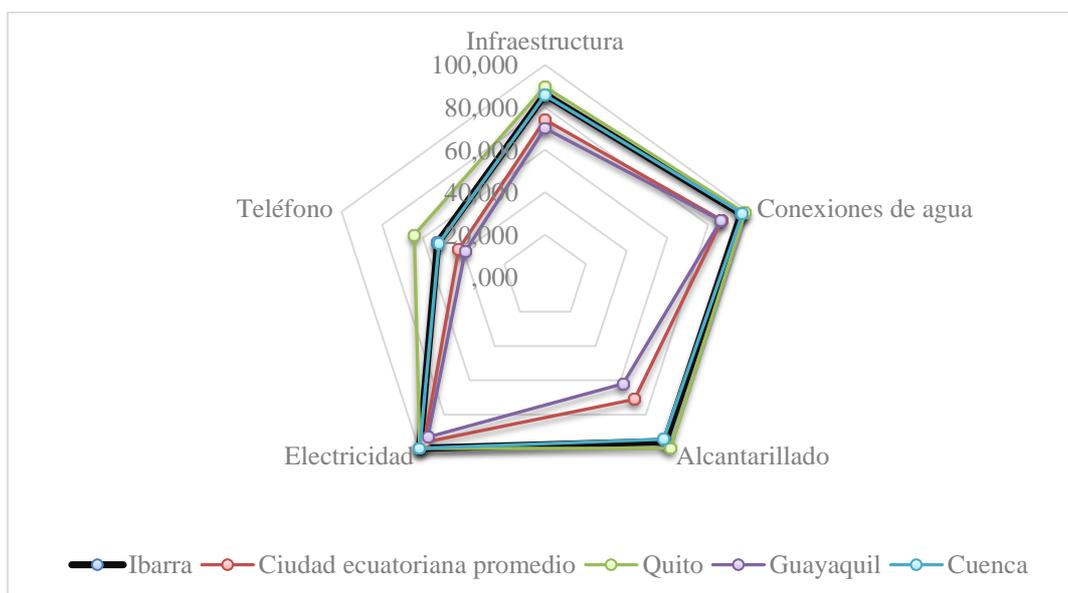
| Ciudad | Infraestructura | Conexiones de agua (% viviendas) | Alcantarillado (% viviendas) | Electricidad (% viviendas) | Teléfono (% hogares) |
|---------------------------------|------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Ibarra | 86,05 | 96,30 | 95,60 | 99,60 | 52,70 |
| Promedio ecuatoriano | 74,08 | 86,80 | 71,00 | 96,10 | 42,40 |
| Quito | 89,63 | 98,10 | 99,60 | 99,60 | 64,20 |
| Guayaquil | 70,15 | 86,30 | 62,00 | 93,10 | 39,20 |
| Cuenca | 85,73 | 96,90 | 94,30 | 99,60 | 52,10 |

Fuente: INEC (2010), SIISE (2014)

En la tabla 8 se observa un alto porcentaje de conexiones a la red de agua potable, electricidad y alcantarillado de las viviendas, en las ciudades que se analizan, salvo Guayaquil, cuya infraestructura para alcantarillado cubre solamente a tres quintos de la población. También muestra que en todas las urbes examinadas la cobertura del servicio telefónico convencional es medio porque no se supera el 65% de los hogares conectados a este servicio, en Ibarra, por ejemplo, solamente se logra superar el 50%.

A continuación se muestra de manera gráfica el porcentaje de acceso a los servicios básicos de las ciudades examinadas (véase gráfico 18). Una ciudad que se aproxima al 100% de cobertura de los servicios básicos alcanzaría a rozar los vértices de la figura, formando el pentágono con la línea de color que caracteriza a dicha urbe. Los vértices externos, superior e inferior izquierdo representan aquella ciudad donde todas sus viviendas se conectan a los servicios de teléfono y electricidad, respectivamente; de la misma manera en los vértices superior e inferior derecho que representan el estado de conexión de la ciudad a los servicios de agua potable y alcantarillado; y en el vértice superior del pentágono, se encuentra la conexión a infraestructura, el primer subíndice del CDI cálculo a través de las ponderaciones de la tabla 6. Por ejemplo, Ibarra, línea de color negro, se aproxima de manera significativa a los vértices del pentágono en cuanto a la conexión de agua, alcantarillado y electricidad, debido a que en estos indicadores sobrepasa el 95% de cobertura, en cuanto a la conexión de los hogares al teléfono convencional, Ibarra se encuentra a mitad de camino para alcanzar el vértice externo que representa a este indicador, porque solamente están cubiertos por el servicio el 52% de los hogares.

Gráfico 18. Acceso a la red de infraestructura-año 2010



Fuente: INEC 2010

Un aspecto que no queda bien reflejado en este subíndice de infraestructura, es el acceso al servicio telefónico. Si en lugar de limitar el análisis a la telefonía fija, se incluye la telefonía móvil, la cobertura del servicio se amplía.

En la tabla que se muestra a continuación y en su respectiva gráfica se ha añadido a los hogares que tienen servicio de telefonía móvil. Se observa como el subíndice infraestructura mejora de manera significativa cuando se hace esta suma. Más adelante se analizará cómo afecta al índice agregado este cambio. Entonces, estos resultados dan cuenta de la variabilidad que caracteriza al CDI. Es decir, el cambio en la definición de una variable, en este caso, al recoger otras formas de acceso al servicio telefónico, introduce una variación importante en el subíndice infraestructura. Un aspecto a notar es que también la modificación de ponderaciones, sea por efecto de la introducción de nuevas variables, como indicadores de la calidad de agua, por ejemplo, u otro tipo de infraestructura fuera que sea de interés del/la tomador/a de decisiones, como el estado de las vías, disponibilidad de áreas recreativas, etc.; podría alterar de manera de significativa los resultados.

Tabla 9. Conexión a la infraestructura, se añade la cobertura de la telefonía celular-año 2010

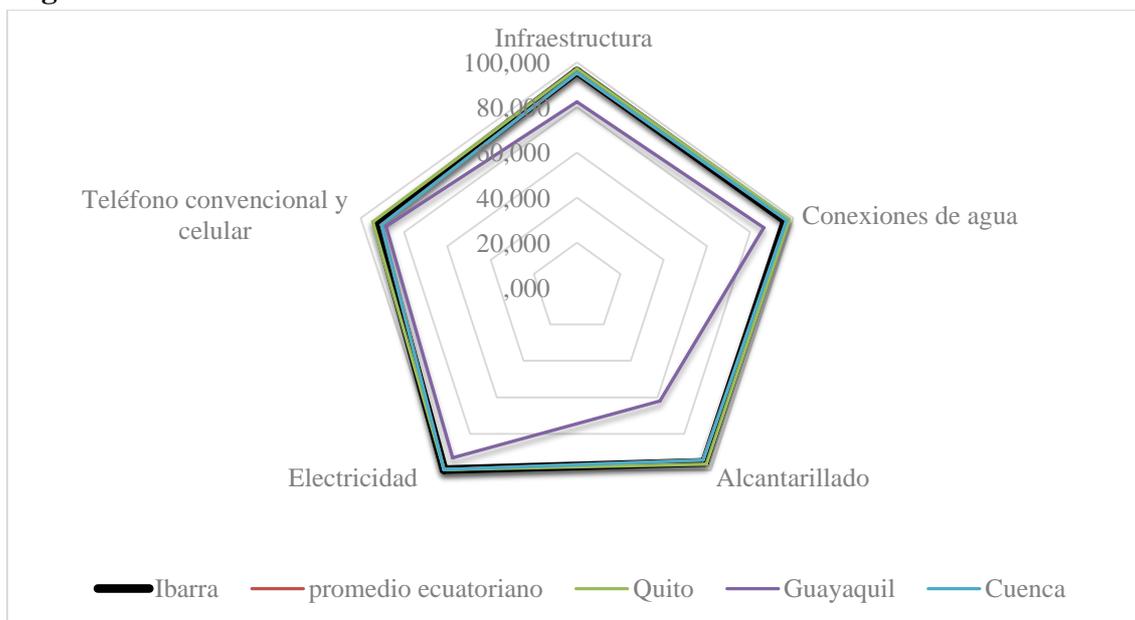
| Ciudad | Infraestructura | Conexiones de agua (% viviendas) | Alcantarillado (% viviendas) | Electricidad (% viviendas) | Teléfono convencional y celular (% hogares) |
|----------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|
| Ibarra | 96,01 | 96,30 | 95,60 | 99,60 | 92,55 |
| promedio ecuatoriano | 85,40 | 86,80 | 71,00 | 99,60 | 87,71 |
| Quito | 97,18 | 98,10 | 96,60 | 99,60 | 94,43 |
| Guayaquil | 82,41 | 86,30 | 62,00 | 93,10 | 88,23 |
| Cuenca | 95,29 | 96,90 | 94,30 | 99,60 | 90,35 |

Fuente: INEC 2010: CPV, Módulo de hogares, pregunta 7

En el gráfico 19, se observa como el indicador infraestructura mejora de forma significativa en las ciudades ecuatorianas examinadas y en la ciudad promedio. La ciudad de Ibarra, por ejemplo, representada por la línea negra, está más próxima al vértice superior de la figura, porque su cobertura de infraestructura ha mejorado con la suma de la cobertura de telefonía móvil al acceso a la telefonía convencional. El subíndice infraestructura en Ibarra con dicha suma ha pasado de 86,05% (véase tabla 7)

a 96,01% (véase tabla 8). La línea de color negro que representa a la ciudad ahora está más próxima a formar el pentágono externo.

Gráfico 19. Acceso a la red de infraestructura, añadiendo las conexiones de hogares al servicio de telefonía móvil-año 2010



Fuente: INEC 2010: CPV, Módulo de hogares, pregunta 7

Salud y educación

La salud y la educación son también parte fundamental del CDI. A continuación se presentan los indicadores correspondientes.

Como se indica en el gráfica 13, el indicador de “esperanza de vida” solamente se halla disponible a nivel nacional, por lo que se toma como proxy para cada una de las ciudades examinadas.

La tabla 10, pone a consideración el acceso a la salud que tienen los habitantes de Ibarra, Quito, Guayaquil y Cuenca. Relativiza una ciudad ecuatoriana promedio para hacer comparable el acceso que tienen los pobladores de la ciudad de Ibarra tanto con dicha ciudad y con las urbes analizadas. Para nosotros este subíndice esta poco explicado por los indicadores que han sido tomados para hacer su cálculo, puesto que medir la salud de la población es un tema más complejo.

Ahora bien, la mortalidad infantil es menos probable que suceda en la ciudad de Ibarra porque es del 9%, esta ciudad reporta el menor riesgo; este indicador hace que la urbe

ibarreña este un tanto mejor que las otras urbes en cuanto al acceso a salud, pero esta mejora solo es del 0,09% con respecto a la ciudad que se posicionaría en segundo lugar de acceso a este servicio y de 0,14% de la ciudad que se posiciona en último lugar. En definitiva las diferencias no son significativas entre las ciudades examinadas.

Tabla 10. Acceso a salud-año 2010

| Ciudad | Salud | Esperanza de vida (años) | mortalidad infantil (% de 1.000 niños/as nacidos vivos) |
|-----------------------------|-------|--------------------------|---------------------------------------------------------|
| Ibarra | 92,31 | 75,79 | 9,20 |
| promedio ecuatoriano | 92,22 | 75,79 | 14,80 |
| Quito | 92,17 | 75,79 | 18,20 |
| Guayaquil | 92,22 | 75,79 | 14,40 |
| Cuenca | 92,23 | 75,79 | 13,80 |

Fuente: INEC 2010

Obsérvese en la tabla 11 que la urbe ibarreña se encuentra posicionada en último lugar de las ciudades analizadas con respecto al subíndice educación. Este comportamiento se debe a la cantidad de habitantes de la provincia matriculados en primaria, secundaria y en la universidad, ya que este el ratio de matrícula combinada es tomado del reportado provincial (véase matrícula combina pág. 45), dando como resultado el 63,80% el menor reportado de todas las ciudades estudiadas.

Tabla 11. Educación-año 2010

| Ciudad | Educación | Alfabetización (%) | Matricula combinada (%) |
|-----------------------------|-----------|--------------------|-------------------------|
| Ibarra | 80,35 | 96,90 | 63,80 |
| promedio ecuatoriano | 81,08 | 96,30 | 65,85 |
| Quito | 84,12 | 97,60 | 70,63 |
| Guayaquil | 81,55 | 97,10 | 66,00 |
| Cuenca | 82,20 | 97,60 | 66,79 |

Fuente: INEC 2010

Producto

Este componente representa los ingresos que se han generado dentro de la ciudad. Las estimaciones del producto de la ciudad se hicieron con respecto a las cuentas cantonales presentadas por el BCE, para el año 2009.

En la tabla 12 se muestra el valor del producto de la ciudad para cada urbe, este componente se obtuvo según la metodología de cálculo reportada en la tabla 6. Se utiliza para el cálculo de la ciudad promedio, la media de todos los cantones que presenta el BCE en las cuentas cantonales. Ibarra con respecto a las otras urbes estudiadas se ubica en cuarto lugar porque su PIB urbano es pequeño respecto a ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca (ver epígrafe producto capítulo anterior).

Tabla 12. PIB urbano-año 2009

| Ciudad | Producto de la Ciudad |
|----------------------|-----------------------|
| Ibarra | 69,86 |
| promedio ecuatoriano | 63,75 |
| Quito | 91,85 |
| Guayaquil | 91,59 |
| Cuenca | 79,17 |

Fuente: BCE 2014- cuentas cantonales 2009

En la tabla que se muestra a continuación, se ha utilizado la mediana para establecer el cálculo del promedio ecuatoriano a fin de exponer la variabilidad entre estas dos medidas de tendencia central. Con el fin de aplicar las dos medidas en el cálculo de CDI para la ciudad promedio ecuatoriano. Ahora bien, Ibarra sigue ocupando el cuarto lugar, por encima del promedio ecuatoriano.

Tabla 13. PIB urbano-año 2009 (utilizando la mediana para el promedio ecuatoriano)

| Ciudad | Producto de la ciudad |
|----------------------|-----------------------|
| Ibarra | 69,86 |
| promedio ecuatoriano | 56,62 |
| Quito | 91,85 |
| Guayaquil | 91,59 |
| Cuenca | 79,17 |

Fuente: BCE 2014- cuentas cantonales 2009

Gestión de residuos

En la tabla 14 se presentan los resultados de las variables: aguas residuales tratadas y eliminación de residuos sólidos, que conjuntamente forman el subíndice gestión de residuos. En cuanto a la variable eliminación de los residuos sólidos Ibarra tiene un alto acceso a este servicio, de 97,70% ubicándose en tercer lugar de las ciudades estudiadas, en resumen todas las urbes analizadas tienen alto porcentaje de acceso a este servicio. Ahora, con respecto a la variable aguas residuales tratadas, la ciudad de Ibarra no lleva un registro de la cantidad de aguas servidas que se tratan antes de desembocar en los cuerpos de agua del río Tahuando y río Chorlaví (INEC, 2010-2011), por esta razón en la tabla se reporta un valor de cero.

Tabla 14. Gestión de residuos, año 2010

| Ciudad | Gestión de Residuos | Aguas residuales tratadas (%) | Eliminación de residuos sólidos (%) |
|----------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Ibarra | 48,85 | 0,00 | 97,70 |
| Promedio ecuatoriano | 75,11 | 47,90 | 95,20 |
| Quito | 49,55 | 0,00 | 99,10 |
| Guayaquil | 46,85 | 15,98 | 93,70 |
| Cuenca | 49,40 | 65,00 | 98,70 |

Fuente: INEC 2010-2011. Datos de aguas residuales tratadas es una proxy a nivel cantonal tomado del censo de la gestión, gasto e inversión en protección ambiental en municipios y consejos provinciales 2011. Ibarra y el DMQ en el censo afirman que no tratan a las aguas servidas antes de su disposición final, razón por la cual en la tabla el indicador reporta cero, en ambos casos.

Índice agregado

El índice de desarrollo de las ciudades, se calcula para 4 ciudades ecuatorianas y una ciudad ficticia que la hemos llamando “promedio ecuatoriano” con el fin de determinar la posición relativa de la ciudad de Ibarra frente a dichas urbes, en un primer intento de mirar el desarrollo sostenible de la ciudad blanca.

Cuando se analiza el índice general, la urbe ibarreña se encuentra en una situación de desarrollo cercana, en términos relativos, al resto de ciudades analizadas. Aunque Ibarra se encuentra en la posición de rezago frente a Quito, Cuenca y Guayaquil, en términos de CDI, muestra las mejores condiciones en los subíndices salud e infraestructura. Es notable el peso, en el resultado final, de la situación de

rezago en los subíndices producto de la ciudad y educación que caracterizan a la ciudad (véase tabla 15).

Tabla 15. Componentes de índice de desarrollo de las ciudades

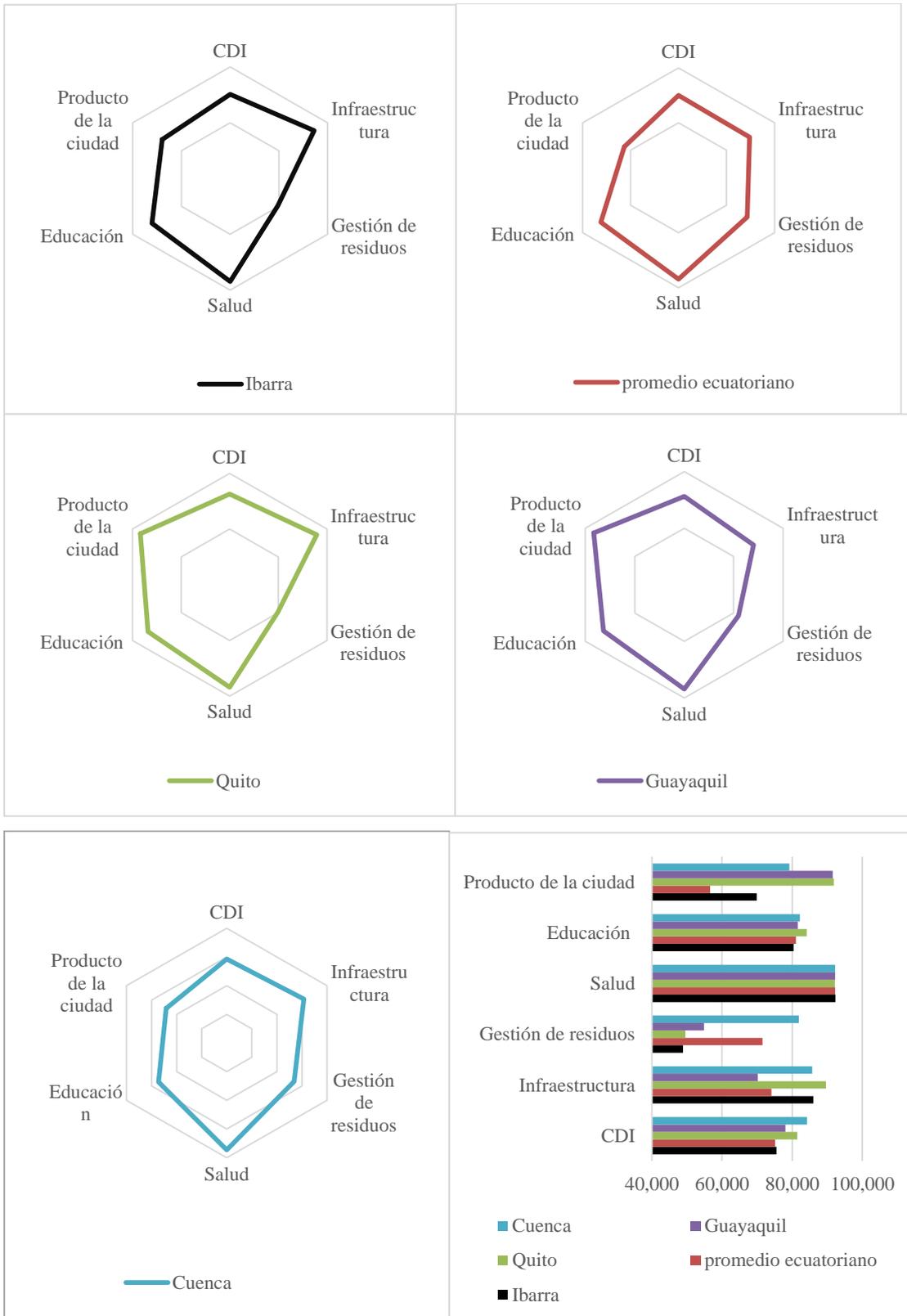
| Ciudad | CDI | Infraestructura | Gestión de residuos | Salud | Educación | Producto de la ciudad |
|----------------------|-------|-----------------|---------------------|-------|-----------|-----------------------|
| Ibarra | 75,48 | 86,05 | 48,85 | 92,31 | 80,35 | 69,86 |
| promedio ecuatoriano | 75,11 | 74,08 | 71,55 | 92,22 | 81,08 | 56,62 |
| Quito | 81,46 | 89,63 | 49,55 | 92,17 | 84,12 | 91,85 |
| Guayaquil | 78,07 | 70,15 | 54,84 | 92,22 | 81,55 | 91,59 |
| Cuenca | 84,24 | 85,725 | 81,9 | 92,23 | 82,20 | 79,17 |

Fuente: tablas 8, 9, 10,11, 12, 13 y 14

La lectura que muestra la tabla 15, es enteramente diferente si tomamos en consideración otros aspectos para construir este indicador.

A continuación en el gráfico 20 se muestra el análisis particular de las urbes examinadas, la distancia relativa que separa a cada una de las ciudades respecto alcanzar el 100% de conexión a los diferentes subíndices y al CDI. Ibarra por ejemplo se encuentra distante del vértice que corresponde a la gestión de residuos porque se reporta cero en el indicador porcentaje de agua residual tratada, que afecta directamente a dicho subíndice. Este fenómeno es uno de los causantes que la urbe ibarreña no presente un CDI más alto y se encuentre en último lugar con respecto a las ciudades Quito, Cuenca y Guayaquil, aunque mejor que el promedio ecuatoriano. Por último se pone a consideración en el histograma la comparación de todas las ciudades examinadas, con respecto a cada uno de los componentes del CDI y a dicho indicador.

Gráfico 20. Componentes de CDI-año 2010 y comparación entre sus componentes



Fuente: tabla 15

Como nos muestra la tabla 15 en términos de desarrollo urbano Ibarra se ubica en cuarto lugar. También se puede observar como es la conducta del índice con respecto a las variables que lo componen; mucha influencia es la ponderación que tiene cada indicador; el CDI es un índice agregado, por esa concepción este procedimiento origina varias interrogantes: ¿Qué ponderación para cada sub-índice considerado es la más adecuada? ¿Qué método de agregación es el más idóneo? ¿Qué indican los resultados de esta agregación?; la última pregunta puede ser respondida a través de la ubicación que el indicador muestra de las urbes analizadas, pero como hemos declarado las ciudades son unidades particulares y por ende entender el desarrollo que tienen cada una va más allá de una medida agregada. A esto podemos añadir que el CDI, no muestra una noción completa de sostenibilidad urbana porque excluye varios de los problemas ambientales de los centros urbanos: la degradación ambiental, la pérdida de suelos por el avance de la frontera urbana, la pérdida de la biodiversidad, los problemas de transporte existentes, etc.

En la tabla 16, se aprecia el análisis de sensibilidad del CDI. Para ello hemos supuesto que el/la tomador/a de decisiones está interesado/a pondera con un mayor porcentaje a los subíndices de salud e infraestructura, 35% y 25%, respectivamente; disminuya la ponderación a los subíndices gestión de residuos y educación al 17,5% y la mínima ponderación al producto de la ciudad con 5%; y se añade también el porcentaje de aumento en el subíndice infraestructura por la suma de los hogares que tienen acceso a telefonía móvil (véase tabla 9). Ahora bien, Ibarra por ejemplo ha elevado casi 10 puntos en infraestructura por la introducción de la nueva variable “telefonía móvil” y con ella todas las ciudades examinadas presentan aumentos en este subíndice. Con respecto al CDI la urbe de Ibarra aumenta a 82,41 que en idioma del indicador está mejor posicionada con respecto al desarrollo, pero no pierde su cuarto lugar con respecto a las urbes estudiadas, el cambio que se genera, es que ahora la ciudad de Guayaquil y la ciudad promedio han intercambiado lugares, contrario a los datos reportados en la tabla 15.

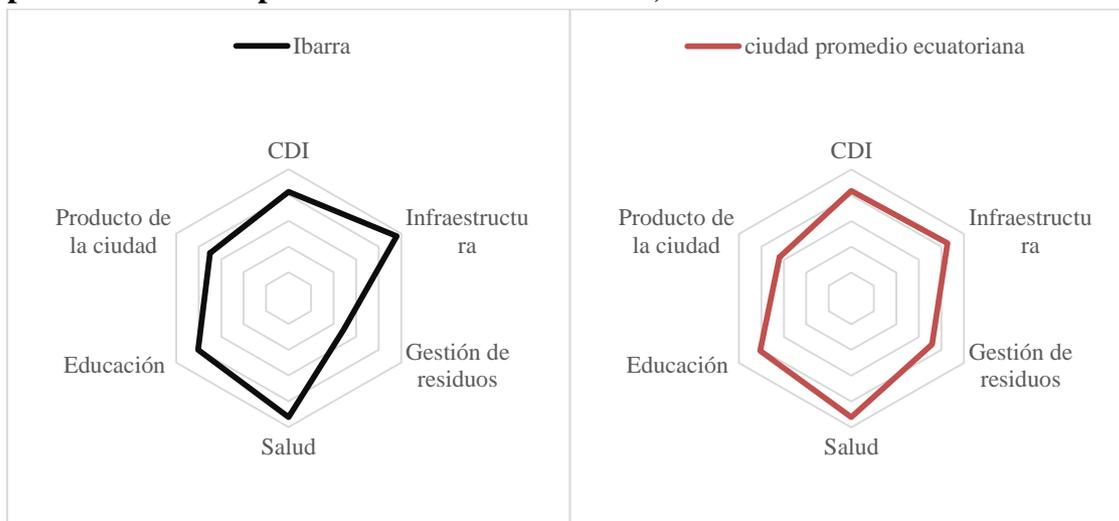
Tabla 16. Análisis de sensibilidad del CDI

| Ciudad | CDI | Infraestructura | Gestión de residuos | Salud | Educación | Producto de la ciudad |
|----------------------|-------|-----------------|---------------------|-------|-----------|-----------------------|
| Ibarra | 82,41 | 96,01 | 48,85 | 92,31 | 80,35 | 69,86 |
| promedio ecuatoriano | 83,52 | 85,40 | 71,55 | 92,22 | 81,08 | 63,75 |
| Quito | 84,54 | 97,18 | 49,55 | 92,17 | 84,12 | 91,85 |
| Guayaquil | 79,93 | 82,41 | 46,85 | 92,22 | 81,55 | 91,59 |
| Cuenca | 88,78 | 95,29 | 81,9 | 92,23 | 82,20 | 79,17 |

Fuente: tablas 9, 10, 11,12, 14 y 16

El gráfico 21 pone a consideración la variación de los bosquejos de cada una de las urbes analizadas e indica como cada ciudad se aproxima más al vértice superior por aumento de su CDI (véase tablas 15 y 16); pero, la forma gráfica no ha variado considerablemente porque el único subíndice que ha cambiado es la infraestructura. Los cambios en las variables que plasman el índice de desarrollo de las ciudades se puede observar con más detalle en el gráfico 22.

Gráfico 21. Análisis de sensibilidad del índice de desarrollo de las ciudades, año 2010- (introducción de la variable acceso a la telefonía móvil y cambio en la ponderación final para la construcción del CDI)

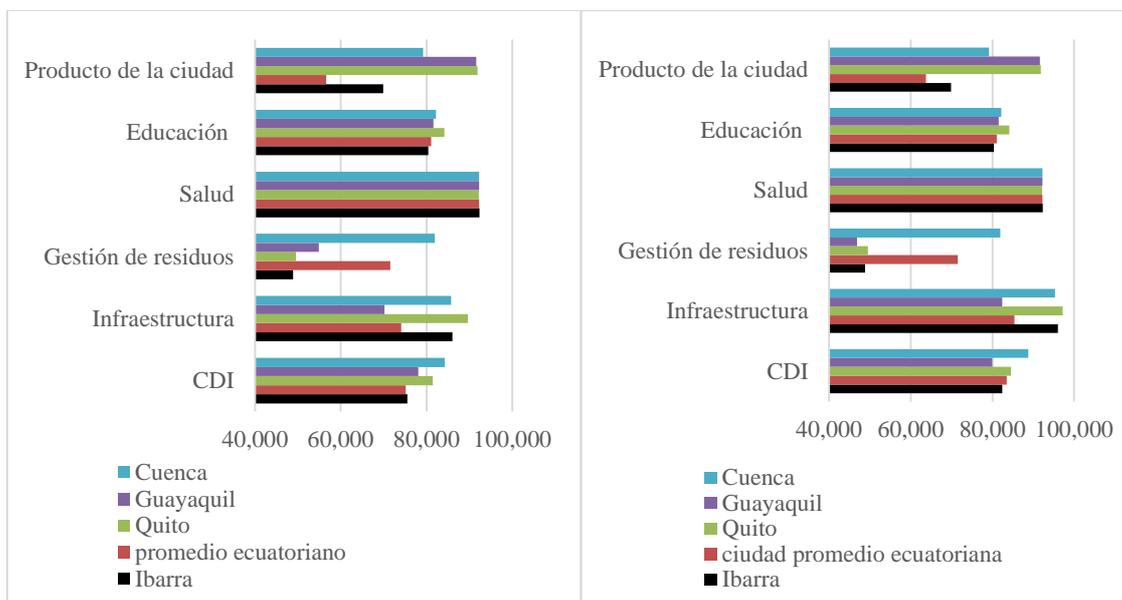




Fuente: tabla16

En la figura que se presenta a continuación se encuentran dos gráficos de barras comparativos, cada uno representan a los bosquejos del CDI y el CDI sensibilizado, de la izquierdo y derecho respectivamente. En las figuras se puede distinguir de manera gráfica la mejora del subíndice infraestructura en el CDI sensibilizado, este indicador sobrepasa el 80% en todos los casos, situación que no sucede en el CDI calculado de manera tradicional.

Gráfico 22. Comparación entre el CDI y el CDI sensibilizado, año 2010



Fuente: tablas 15 y 16

El cambio en las ponderaciones y la introducción de una nueva variable hizo que las ciudades aumenten su valor relativo con respecto al desarrollo y que sus posiciones varíen con respecto al CDI calculado de manera tradicional (véase tabla 15). De esta forma se determina que el CDI es un indicador muy sensible a los cambios. No hay un consenso en cuál es la ponderación correcta para cada subíndice, todo dependería de la apreciación del/la planificador/a, de cuál es su línea de acción de política pública y en que dimensión (infraestructura, gestión de residuos, salud, educación, PIB urbano) quiere enfocar dicha política.

Conclusiones del capítulo

En este capítulo se ha hecho un diagnóstico de la ciudad de Ibarra usando los subíndices del CDI y algunas de las variables ligadas a la demografía de la ciudad. EL recorrido de este capítulo ha determinado que algunos de los factores que inciden en la aglomeración de las tres cuartas partes de la población del cantón Ibarra en la zona urbana, es la migración interna, esto es, el desplazamiento de los habitantes de las áreas rurales hacia las zonas urbanas de las ciudades. Pero un análisis de esta temática podría revertir esta aseveración, pues existen otras variables que pueden incidir en la migración campo ciudad, que van más por una línea heterodoxa de la economía.

La ciudad de Ibarra en el transcurso de su historia ha ido aumentando su mancha urbana sobre el ecosistema natural que rodea a la ciudad, estimulado por una población en constante crecimiento. El aumento de la población reclama paulatinamente más artificialización del medio. La artificialización del medio natural se ve reflejada en la infraestructura física de la urbe, como es: la urbanización propiamente dicha, en la salud, en la educación, en la generación de residuos sólidos y líquidos.

En este capítulo también se ha cálculo el CDI para la ciudad de Ibarra. La estimación del índice, muestra a la ciudad de Ibarra ubicada después de Quito Guayaquil y Cuenca, aunque algo mejor que el promedio nacional. Sin embargo, el resultado puede ser diferente cuando se añaden otros aspectos en el análisis o cuando se ponderan de manera diferente algunos subíndices.

En el CDI, los aspectos de la sostenibilidad ambiental solamente son analizados a partir del indicador de gestión de residuos. Es decir, el índice no reporta de manera clara la sostenibilidad urbana. Un problema adicional del indicador es el cambio que sufren los resultados cuando se introducen nuevos elementos al análisis. Por ejemplo, cuando la ponderación de las dimensiones del desarrollo de las ciudades favorece ciertos aspectos. Los resultados indican que Ibarra aumenta su posición relativa al desarrollo en al menos 7 puntos. Por otro lado, la mayor dificultad es la disponibilidad de la información necesaria para la construcción del índice, pues gran parte de los datos no se encuentran a nivel urbano y se tiene que utilizar varias *proxis* para poder calcular el “índice de desarrollo de las ciudades”. Por ejemplo, para el índice matriculación combinada se estima la situación a nivel provincial, para luego aplicar esa información a la escala de la ciudad.

En definitiva los problemas que presenta el CDI se resumen en un aspecto: la agregación de los resultados de diversas dimensiones del desarrollo en un solo número que posiciona a las ciudades.

Un marco de evaluación más amplio se puede alcanzar a partir del concepto de sustentabilidad fuerte. Esto tiene dos implicaciones analíticas. Por un lado, evidenciar la dependencia ecológica que caracteriza a los sistemas urbanos, un aspecto que en la evaluación del desarrollo de las ciudades queda completamente ignorado. Y por otro lado, reconocer que la sostenibilidad no puede simplificarse como la suma de una variedad de

dimensiones, sino que por el contrario, cada una de esas dimensiones hace una contribución propia para construir un concepto de sustentabilidad.

La dependencia ecológica que caracteriza a los sistemas urbanos es posible evaluarla a partir del concepto de metabolismo urbano. En esta línea se dirige el análisis que se desarrolla en el siguiente capítulo, empleando como estudio de caso a la ciudad de Ibarra.

CAPITULO III

MEDICIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD FUERTE: EL METABOLISMO URBANO

En este capítulo examinaremos a la ciudad de Ibarra desde la perspectiva fuerte del concepto de sostenibilidad, a través del concepto de metabolismo urbano; el cual asume a la ciudad como un sistema, que mantiene intercambios socialmente organizados de energía, materiales, agua y alimentos, con la naturaleza.

El metabolismo de la ciudad es la noción urbana del metabolismo social, esta concepción es utilizada para el análisis de la presión ambiental en economías a nivel nacional o regional.

La hipótesis que sustenta este análisis es que, el metabolismo urbano, cuantificado a través de los flujos de energía, agua, materiales y alimentos, puede contribuir a la planificación de una ciudad más sostenible porque trata al ecosistema urbano como un sistema vivo, que depende de la naturaleza para su funcionamiento. Una serie de recursos naturales alimentan diversos procesos en las ciudades, como la producción y la transformación de esos recursos en bienes útiles para el consumo interno y externo, y también la asimilación de desechos. Se trata de información importante para el estudio de la eficiencia energética, el ciclo de materiales y energía, la gestión de residuos, y la infraestructura que conforma la ciudad (Olazabal, 2008: 7).

Los principales problemas ambientales (y sus costos económicos asociados) están relacionados con el creciente uso de recursos o servicios de la naturaleza y la gestión de residuos cada vez más abundantes. Por ello, la medición de estos intercambios permite definir sistemas de gestión para la reintegración de los procesos naturales, el aumento de la eficiencia en el uso de los recursos, el reciclaje de los residuos como materiales valiosos y la conservación de (e incluso la producción de) energía (Newman, 1999: 220).

Dentro de esta sección, se explica la metodología a aplicar, así como su alcance en términos de la información que ofrece para la gestión de la sostenibilidad urbana; se describen las fuentes de información y se evalúa la calidad de los datos a usarse; se desarrolla un estudio de caso, que busca medir el metabolismo urbano en la ciudad de Ibarra. Finalmente, se desarrollan las conclusiones parciales de la sección.

Metabolismo urbano y análisis empírico

El metabolismo de la ciudad toma la definición del metabolismo social para la realidad urbana. El metabolismo social al igual que el urbano “extiende la noción del perfil metabólico característico de los organismos vivos al funcionamiento de las economías” (Vallejo 2010:47). De esta forma se puede establecer el uso de los recursos naturales en la economía de un país o de una región (Ayres y Simonis, 1994; Fischer-Kowalski, 1998). Existen trabajos que han evaluado el metabolismo social de economías latinoamericanas y de varios países de Suramérica (Vallejo, 2010; Vallejo et al., 2011; Pérez et al., 2013; PNUMA, 2013). Estos estudios han sido hechos a través de análisis de flujo de materiales (FMA) para Ecuador, Colombia, Argentina y Latinoamérica. Ahora bien, este trabajo traduce el concepto del metabolismo social a la realidad urbana.

Las ciudades y los organismos se asemejan por el consumo de los recursos de su entorno y la excreción de los residuos dentro de su ambiente (Kennedy et al., 2010: 1). Las ciudades transforman la materia prima, la biomasa y el agua en edificaciones, combustible y en residuos humanos (Decker et al., 2000: 706). Por otro lado, a las urbes también es apropiado tratarlas como ecosistemas, por su grado de complejidad similar al de los organismos vivos. De hecho, el modelo de un ecosistema natural, en algunos aspectos, es el objetivo para el desarrollo de ciudades sostenibles. Los ecosistemas naturales habitualmente son autosuficientes en términos de energía, o están subvencionados por los insumos sostenibles, y a menudo conservan aproximadamente la masa, a través del reciclaje de los detritívoros (organismo que se alimentan de desechos de la comunidad) (Kennedy et al., 2010: 3).

Metodología

Tiempo antes de surgir el concepto de desarrollo sostenible dentro del ámbito de la planificación ecológica y de la gestión ambiental, Abel Wolman (1965) miró a la ciudad como un ecosistema y comenzó a medir su actividad metabólica; hizo la relación entre los flujos de materia que ingresaban con la cantidad de desperdicios que se generaban. Para esto, propuso un modelo, representado por diagramas de bloques y por ecuaciones de balance. Se trataba de una representación gráfica de las interacciones de recursos dentro del sistema urbano. Este modelo ha sido empleado y ajustado por autores como

Warren-Rhodes y Koenig en 2001 para Hong Kong, por Newman (1999) para Sídney, por Díaz (2010) para Bogotá, etc.; con pequeñas variaciones para cada caso.

Una sistematización del método, ha sido presentada por Baccini y Brunner (1991), y se han aplicado para ciudades como Viena y las tierras bajas de Suiza (Hendriks et al., 2000), Hong Kong (Warren-Rhodes y Koenig, 2001) y Toronto (Sahely et al, 2003). Básicamente comprende los siguientes pasos:

- I. La definición de los objetivos y las preguntas de investigación.
- II. Descripción del sistema.
- III. La recopilación de datos.
- IV. Los balances de materia y modelación.
- V. Interpretación.

Fortalezas y debilidades de la modelación del metabolismo urbano

El análisis del metabolismo urbano proporciona información crucial sobre la eficiencia energética, el ciclo de materiales, la gestión de residuos y la infraestructura en los sistemas urbanos. Uno de los puntos fuertes del modelo de metabolismo urbano es que proporciona los parámetros que se ajusten a los criterios de buenos indicadores de sostenibilidad (Maclaren, 1996: 45).

El modelo que se adopta es científicamente válido, porque es basado en los principios de conservación de la energía y la masa, es representativo, es responsable, es relevante para los planificadores urbanos y los habitantes. (Sahely et al, 2003: 474).

Además (Hendriks et al., 2000; Díaz, 2011) subrayan que el análisis de flujo de materiales y energía es una herramienta útil para detección temprana de problemas ambientales porque además de señalar de estrés ambiental, también detecta posibles problemas a futuro mediante la demostración de los cambios en los flujos y saldos de la región; sirve para el establecimiento de prioridades de política, ya que puede aumentar la eficacia de la formulación de políticas y para la comunicación de posibles efectos sobre la ciudad.

La principal limitación es la imprecisión y disponibilidad de los datos a nivel urbano. Esta información es muy dispersa y necesita ser sintetizada. Otra limitación es

que solo se enfoca en el ambiente biofísico con menos énfasis en los aspectos económicos y sociales (Sahely et al; 2003: 473)

Dimensiones de análisis

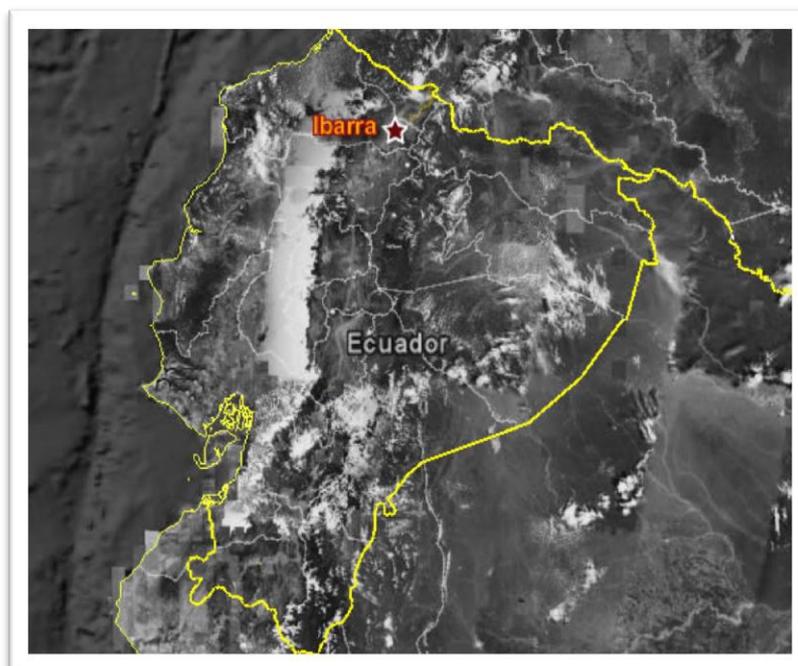
En esta sección se lleva a cabo el análisis de flujo de alimentos, agua y energía para la ciudad de Ibarra. Los flujos y los stocks de materiales de construcción no están incluidos en este estudio debido a la falta de datos. Pero primero la descripción del sistema a analizarse.

En este trabajo se presenta el primer metabolismo urbano de una región urbana de Ecuador, y posiblemente la segunda de Suramérica (véase Díaz, 2011). También hace un primer intento por comparar el índice de desarrollo de las ciudades CDI con los indicadores de metabolismo urbano, para ampliar el análisis de la sostenibilidad urbana. Este documento se basa en una amplia gama de datos recolectados por las distintas instituciones del gobierno central y seccional. El mayor desafío en la construcción de un modelo de metabolismo urbano es establecer un sistema que se puede analizar con los datos existentes (Sahely et al; 2003: 474).

Características del ecosistema urbano

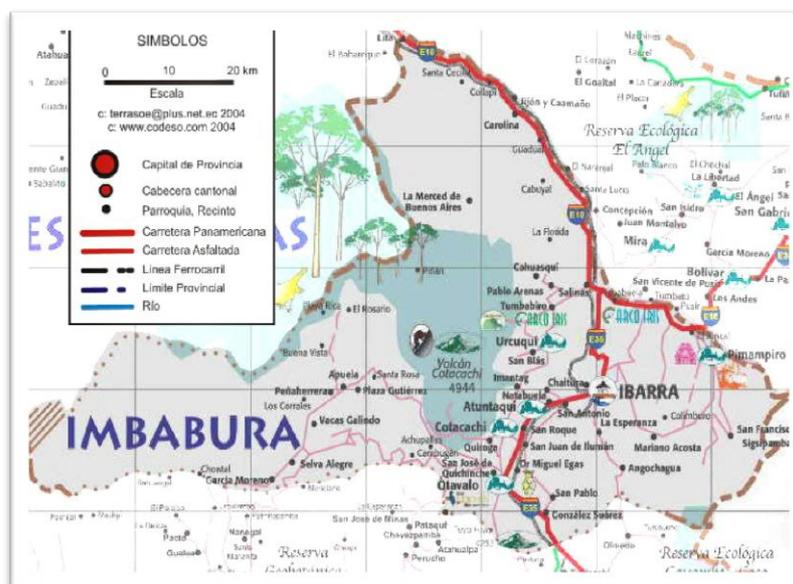
El centro urbano que se va analizar es la ciudad de Ibarra. La urbe está ubicada en las faldas del volcán Imbabura; se encuentra a 115 Km al norte de Quito la capital del Ecuador y a 125 Km al sur de Tulcán frontera con Colombia, como se puede apreciar en los gráficos 23 y 24. Su población es del 131 856 habitantes (INEC, 2010) y cubre una extensión de 4 170,45 has (IMI, 2014).

Gráfico 23. Ubicación de Ibarra en Ecuador



Fuente: PDOT (2014)

Gráfico 24. Ubicación de Ibarra en Imbabura



Fuente: PDOT (2014)

Las Tabla 17, pone a consideración algunos signos vitales de Ibarra como son la población, se observa un crecimiento de la cantidad de habitantes, más pronunciado en

la zona urbana; también se muestra valor agregado bruto (VAB) cantonal en dos momentos, como es de esperarse es más alto en el 2010; y, la creciente mancha urbana que ha pasado de 1.494,53 ha en 2001 a 2.298,28 ha en el 2010 (véase gráfico 6).

Tabla 17. Varios signos vitales para Ibarra 2001 y 2010

| Signos vitales | | Años | |
|----------------------------------|--------|----------|----------|
| | | 2001 | 2010 |
| Población | Urbana | 108.535 | 131.856 |
| | Rural | 44.721 | 49.319 |
| Valor Agregado Bruto (miles USD) | | 222.722 | 623.496* |
| Mancha urbana (ha) | | 1.494,53 | 2.298,28 |

Fuente: INEC (2010), BCE (2014), PDOT (2013), basado en Sahely et al (2003)

Elaborado por: Autor, para estimar el Valor añadido bruto (VAB) 2001 se hizo usando el VAB per cápita de Imbabura para ese año; y el valor del VAB 2010 es tomado de las cuentas regionales estimado para el 2009*

Como hemos visto en la tabla anterior, el crecimiento poblacional tiene incidencia directa sobre el aumento de la renta, de la mancha urbana y de otros aspectos que están relacionados al crecimiento de una ciudad. Esto a su vez, están relacionados con la cantidad de alimentos, agua y energía que atraviesan un sistema urbano, esto es la cantidad de recursos que sostienen a este tipo particular de ecosistema, y, que su consumo genera una serie de residuos. Con estos signos vitales en mente podemos seguir con el cálculo de los flujos de alimentos, energía y agua que atraviesan esta ciudad.

Análisis de flujos que atraviesan un sistema urbano

Como hemos declarado en anteriores párrafos el análisis que se llevara a cabo en esta sección será los flujos de energía, agua y alimentos para el sistema urbano conocido como Ibarra.

Energía

La vinculación entre la economía, la sociedad y la energía muestra una compleja interrelación que comienza en la explotación de los recursos y termina en el abastecimiento de la demanda energética de la población (MICSE, 2013). Esta visión ignora la fase de generación de residuos. Por la entropía sabemos que aquella energía que no se puede reutilizar, es calor disipado que se pierde.

El análisis de flujo de energía es parte integral del metabolismo urbano. Para este estudio, por la inexistencia de los datos energéticos a nivel urbano, solo se analizaran el consumo de los combustibles origen fósil (gasolina y diesel), consumo biomasa (leña), y el consumo electricidad, que son las más significativas. La conversión, transmisión y pérdidas no serán discutidas aquí. Idealmente, las pérdidas y el consumo por sectores deben ser parte del análisis de flujo energético; estos datos darían una imagen más precisa del grado de eficiencia energética de la ciudad (Sahely et al., 2003: 474). Además, esto ayudaría a detectar estrategias de gestión que se deben utilizar para aumentar la eficiencia energética.

Energía eléctrica

La energía eléctrica llegó a la ciudad de Ibarra en 1915, con la instalación de la primera planta hidroeléctrica construida junto al puente del río Tahuando, en busca de mejorar el alumbrado público de la ciudad. En 1940 por aumento de la demanda de energía eléctrica se inaugura la Planta Eléctrica Municipal, que abastece a la ciudad de electricidad a través de la planta de generación hidroeléctrica construida sobre el río Ambi. En 1975 se constituye la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. (EMELNORTE), empresa que ha sido compuesta por la fusión de entidades proveedoras de energía eléctrica pertenecientes a los cantones Ibarra, Montufar, Tulcán; a estos cantones se suma el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL). Esta fusión de entidades proveedoras de energía eléctrica se da para mejorar el servicio en los distintos cantones del norte del Ecuador (EMELNORTE, 2014).

EMELNORTE S. A., en la actualidad provee de electricidad 222 473 suscriptores a lo largo de una extensión de 11.979 Km², distribuidos de la siguiente manera: a los cantones Cayambe y Pedro Moncayo de la provincia de Pichincha, a las provincias Imbabura y Carchi, a parte del cantón Sucumbíos y los sectores de Durango y Alto

Tambo provincia de Esmeraldas. Esta empresa dispone de autogeneración con una capacidad nominal de 15.015 MVA (abreviatura de *megavolitoamperímetro*, es unidad de potencia aparente usada en grandes instalaciones de generación de energía eléctrica) para cubrir un porcentaje de su demanda; su potencial instalado proviene de cuatro centrales hidroeléctricas (véase tabla 18).

Tabla 18. Potencia instalada de EMELNORTE, proveniente de centrales hidroeléctricas

| Centrales hidroeléctricas | Capacidad nominal |
|---------------------------------------------|--------------------------|
| Central Hidráulica San Miguel de Car (1986) | 3,69 MVA |
| Central Hidráulica El Ambi (1968) | 2x5,00 MVA |
| Central Hidráulica La Playa (1957) | 3x0,40 MVA |
| Central Buenos Aires | Fuera de operaciones |
| Central La Plata | Fuera de operaciones |
| Central Sn. Gabriel (1957) | Fuera de operaciones |

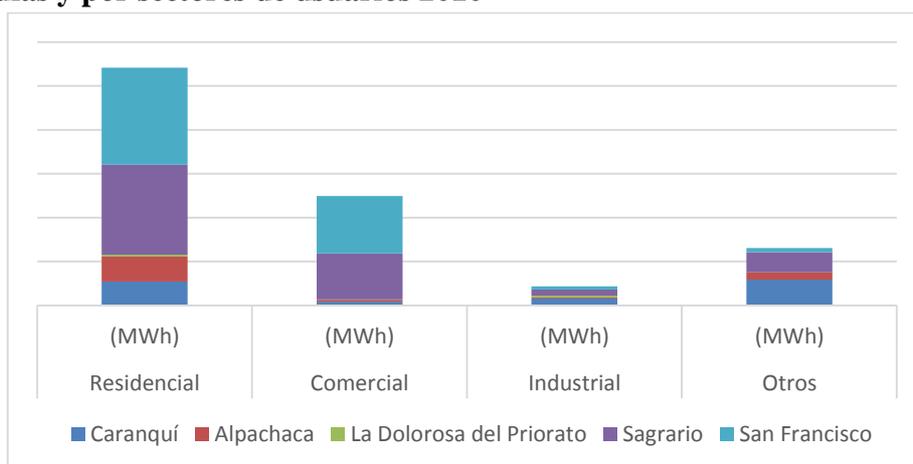
Fuente: EMELNORTE S.A.-PLAN 2015-2024 (2014)

Para distribuir energía eléctrica a través de su área de concesión EMELNORTE S.A. comprende dieciséis subestaciones con una capacidad instalada para el 2011 de 161 MVA AT/MT, interconectados a lo largo de 4 vías de subtransmisión, la primera de 69 kilovoltios (kv) que cubre 201,66 km líneas de subtransmisión, la segunda de 44,97 kv guiada a través de 88,8 km de líneas de subtransmisión, estas dos líneas de subtransmisión distribuyen energía a parte del cantón Ibarra, a un porcentaje de la ciudad de Otavalo y a la totalidad del cantón Antonio Ante, y dos últimas para evacuar la generación de las centrales hidráulicas Ambi y San Miguel de Car.

En el gráfico 25 se pone a consideración los sectores y las parroquias urbanas que conforman la ciudad y su representatividad en el uso de electricidad. El sector residencial consume la mayor cantidad de esta forma de energía con un total de 54 160,04 MWh que representa el 85,08% del total de usuarios registrados en Ibarra a EMELNORTE, mientras que la menor cantidad de consumo eléctrico viene dada por el sector industrial totalizando unos 4 337,72 MWh que representa el 13,50% del total de clientes registrados. Esta estructura obedece a que la ciudad que se ha enfocado en la comercialización de bienes y servicios, y no tiene un sector industrial representativo

(véase anexo 1). También se observa que las parroquias urbanas San Francisco y el Sagrario son las mayores consumidoras de electricidad en la ciudad; juntas totalizan el 76,53% que representan 37 128 clientes de un total 46 560 usuarios del sistema interconectado en Ibarra (CONELEC, 2014).

Gráfico 25. Consumo de energía eléctrica en Ibarra. Discriminación por parroquias y por sectores de usuarios 2010



Fuente: CONELEC (2014)

Como hemos visto en la ilustración anterior el sector que más consume electricidad es el residencial, esto nos da una pista clara sobre el enfoque de la política municipal. Ahora bien, desde la llegada de la energía eléctrica a la ciudad de Ibarra en 1915, la electricidad se obtiene de centrales hidráulicas. Esto lleva a pensar que la ciudad es sustentable en el uso de este tipo de energía, pues la electricidad obtenida de centrales hidráulicas es considerada energía renovable³ (véase anexo 2).

Energía fósil

Es toda la energía obtenida a través de la biomasa de hace miles de millones de años que ha tolerado grandes procesos de metamorfosis. Se presenta en tres formas, petróleo, gas natural y carbón. Para efectos de este análisis solo consideramos los derivados del petróleo: gasolina y diesel.

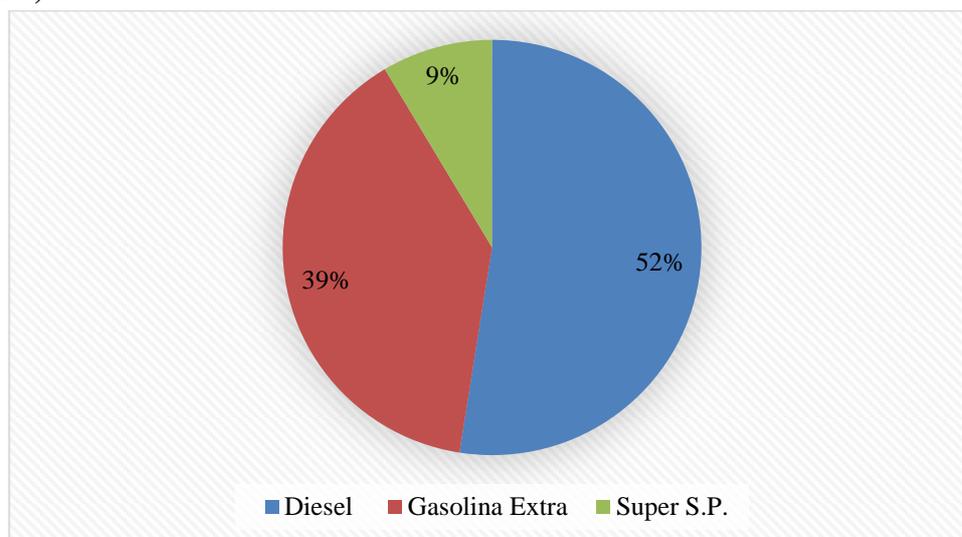
³ “La energía renovable es la que se obtiene de fuentes naturales inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales” (Casas et. al., 2007:165)

Gasolina y diesel

El consumo de estos hidrocarburos líquidos está relacionado con el sector del transporte. En el Ecuador, el sector que demanda más energía es el de transporte, que en la matriz de consumo ha pasado de participar del 33% en 1980 a un 49% en el 2012. (MICSE, 2013: 25). La mayor parte de energía del sector es obtenida de la combustión de carburantes de origen fósil. Esta dinámica también se manifiesta a nivel local, ya que el parque automotor ibarreño ha crecido en una tasa promedio del 13% anual entre el 2000 y 2006 (Fierro, 2011: 8), y con él, la demanda de esta forma de energía, y las emisiones de diversos tipos de gases contaminantes.

El gráfico 26, pone a consideración las tres formas de combustibles de origen fósil más utilizados en la ciudad blanca, que han sido estimados a partir de la cantidad usada por la provincia de Imbabura, porque no se cuenta con datos a nivel urbano. Ahora bien, el diesel es el combustible más demandado con un 52%, seguido por la gasolina extra con 39% y cerrando en último lugar con 9% la gasolina súper. Esta dinámica se genera porque en promedio el 78% población ibarreña se moviliza en el transporte público (IMI, 2014:11), el cuál es su mayoría demanda diesel para su funcionamiento.

Gráfico 26. Consumo de combustibles en Ibarra. Segmento automotriz 2010 (galones)



Fuente: ARCH (2014)

Una ciudad donde la mayor cantidad de sus habitantes se movilizan en transporte público, es más sostenible porque utiliza menos cantidades de energía de origen fósil y por ende menos emanaciones de GEI. Aunque esto dependa de la calidad del combustible, del estado de funcionamiento de los colectivos, del tiempo de uso de los vehículos y el tipo de motor.

Biomasa como energía

Leña

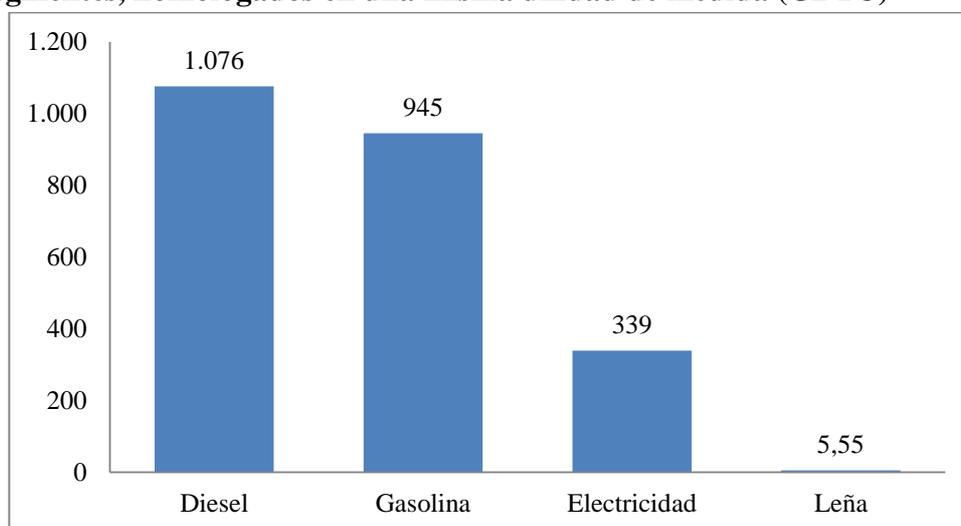
De las formas de biomasa como combustible, la leña es una de las más representativas en el Ecuador. En 1977 el 30% del total de energía consumida en el país provenía de la leña; más adelante en 1994 su contribución fue tan solo del 6.1%, esta tendencia no ha cambiado hasta la actualidad (MICSE, 2013) (véase anexo 4). En Ibarra, por ejemplo, las familias que usan leña y/o carbón son 243 de un total de 36 111 familias, que representa alrededor del 1% (INEC, 2010). La cantidad de este tipo de biomasa combustible demandada en la ciudad es de 665 212,50 kg o 1 064,34 m³ para el 2010. Para efectos de esta estimación se utilizó el promedio de uso de leña per cápita diario de 2,5 kg (PDFCA-FAO, 1996).

Flujo energético

El consumo de electricidad y de combustibles en la ciudad de Ibarra para el año 2010 se traduce en liberación de energía por combustión y por uso en 2.355,64 GBTU⁴, repartidos de la siguiente manera: 1.076 GBTU asociados a diesel (8'363 617 Glns.), 945 GBTU por gasolina (7'569 771 Glns.), 339 GBTU por energía eléctrica (96 539,51 MWh) y 5,55 GBTU por Leña (1 064,34 m³) (ver gráfico 27).

⁴Unidad Térmica Británica (BTU, por sus siglas en inglés), BTU es la cantidad de energía que se necesita para aumentar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit. 1BTU = 1,055 kilojulios (KJ) o 0,293 Watts (W) (Wilson y Buffa, 2003:374)

Gráfico 27. Consumo de energía en la ciudad Ibarra (año 2010). Discriminación por segmentos, homologados en una misma unidad de medida (GBTU)



Fuente: ARCH (2014); CONELEC (2014); INEC (2010), la estimación de la cantidad de gasolina y diesel usados dentro de la urbe se estableció a través del consumo per cápita de la provincia de Imbabura. Para mostrar un dato grueso del consumo de combustibles de origen fósil hecho por la ciudad.

En estudios posteriores se pueden actualizar estos datos, añadiendo a las estimaciones el uso del GLP, siendo interesante establecer la demanda de energía per cápita para determinar si la ciudad es eficiente en términos de consumo energético o a su vez establecer el aumento de su uso, producto de la mayor población, para determinar las implicaciones metabólicas y en la planificación urbana.

Con la finalidad de expresar el consumo energético de la ciudad de Ibarra en una sola unidad, hemos homogenizado a las unidades físicas de los distintos segmentos energéticos en una sola unidad común, conocida como la unidad térmica británica (BTU, por sus siglas en inglés).

La mayor cantidad de energía consumida en la urbe es de origen fósil. La gasolina y el diesel en la economía ibarreña representan el 85,43% del total de energía demandada en la ciudad en el año 2010, mientras que la electricidad representa el 14,33% y la leña el 0,23%. Ibarra sigue una estructura de consumo energético similar al ecuatoriano, el 74% de energía es de origen fósil, 13% corresponde a la electricidad, el 2% a la leña y el restante es repartido entre otros tipos energía secundaria, los productos de caña y el segmento no energético (MICSE, 2013: 32).

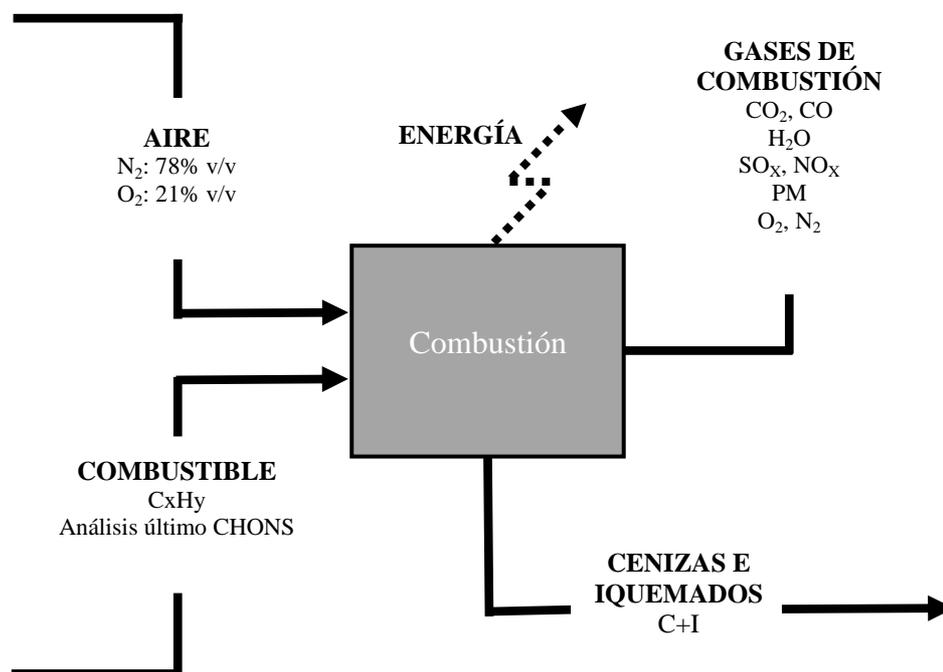
Si bien es cierto, la mayor cantidad de ibarreños se movilizan en transporte público, esta estructura de movilización humana genera menos emisiones de GEI sobre la naturaleza y hace que la ciudad tenga un aire más limpio, porque las emisiones per cápita totales disminuyen. A esto se añade que la organización mundial de la salud (OMS) declaró a la ciudad de Ibarra y Ambato como las ciudades con el aire más limpio del Ecuador (El comercio, 2014). No es menos cierto que la matriz de consumo energético de la ciudad soportada en un 85% de derivados de petróleo puede ocasionar problemas ambientales en el largo plazo si los patrones de consumo actuales permanecen.

Emisiones

La combustión es una reacción química de oxidación, este proceso libera energía al momento de entrar en contacto con el oxígeno presente en el aire. Toda combustión presenta dos elementos: la sustancia que arde conocida como combustible y la sustancia que provoca la combustión conocida como comburente. Los combustibles presentan una propiedad fundamental que es su poder lumínico y calórico, es decir, la cantidad de luz y calor que se pueden obtener por la incineración de una unidad de combustible (Márquez, 2005: 1). La cantidad de emisiones que el sistema urbano debe tolerar por la obtención de luz y calor es conocida como *precio termodinámico*, el cual se expresa en aerosoles, gases, y sólidos que son emanados al ambiente urbano, y, dependiendo de su concentración provocan detrimento de la calidad de los servicios ecosistémicos y de la salud de los habitantes (Díaz, 2011:70).

El gráfico 28, muestra el proceso de la combustión, los *inputs* y *outputs*, necesarios. Los *inputs* son el aire y los combustibles mientras que los *outputs* son las emisiones producidas por la incineración de los hidrocarburos que se presentan en forma de material particulado, óxidos no metálicos (CO_2 , CO , SO_x , NO_x), vapor de agua, hidrocarburos no quemados (C_xH_y) y gases de arrastre como: O_2 y el N_2 .

Gráfico 28. Diagrama general de bloques de una combustión



Fuente y elaboración: (Díaz, 2011:71)

La estimación de la cantidad de gases que se generan por la combustión de los combustibles fósiles usados dentro de la ciudad de Ibarra no son parte de este documento porque no se cuenta con datos suficientes para determinar dicha cantidad. Para calcular la cantidad las emisiones generadas en la ciudad de Ibarra se necesitarían datos sobre el kilometraje o el año de fabricación (*proxy*), el cilindraje o tamaño del motor, la presión atmosférica, el tipo de combustible (diesel, aceite de motores y gasolinas). Pero como dato grueso hemos establecido la cantidad de CO₂ ligados al consumo de gasolina y diesel que tiene la urbe. Para efectos del cálculo se sabe que el diesel emana 73,25 gramos (g) de dióxido de carbono por cada mega-julio (MJ) de energía que contiene, de la misma manera la gasolina emite de CO₂ 73,38 g/MJ CO₂ (Edwards et. al., 2004: 6). En el año 2010 en Ibarra se emitieron a la atmósfera 114 kt de CO₂ que representa 863 kg de dióxido de carbono promedio por ibarreño. El dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero más representativo. En mayo del presente año se alcanzó la concentración de CO₂ en la atmósfera de 400 partes por millón, cifra record de la era industrial, este nivel implica el aumento de la temperatura media de la

Tierra en 2 °C y por ende se aumentan las catástrofes y de efectos adversos a la naturaleza y a la sociedad.

Agua

El agua, es un recurso finito y “elemento fundamental para el desarrollo económico y social... indispensable para la inversión, el crecimiento y la erradicación de la pobreza” (WWF, 2006: 28). Anteriores estudios demuestran que el agua es uno de los principales consumibles junto a los alimentos y a los combustibles, dentro del entorno urbano (Warren-Rodas y Koenig, 2011; Decker et al, 2000).

Para establecer el flujo hídrico de la ciudad, debemos establecer la oferta y demanda del recurso. Como parte del estudio de la oferta de agua, es pertinente describir la hidrología del cantón Ibarra, la cual está conformada por ríos, quebradas y vertientes y sistema lacustre.

Los principales ríos del cantón son tres: Río Mira, Río Chota y Río Lita, estos ríos demarcan los límites del cantón. Los ríos secundarios son afluentes de los principales se distinguen once: Ambi, Amarillo, Cachaco, Collapí, Parambas, Palacara, Pigunchuela, San Jerónimo, San Pedro y Verde. En cuanto a los cuerpos de agua de tercer orden son seis: Ajaví, Cariaca, Cascajal, Chorlaví, Verde Chico y Tahuando, esto a su vez son afluentes de los ríos secundarios. Entre las quebradas y vertientes se distinguen dos tipos, aquellas que tienen agua totalizan 322 y las que carecen del recurso son 1 461. Por último se encuentra el sistema lacustre, dentro de este sistema se encuentran la laguna de Yahuarcocha y las lagunas del Cubilche (IMI, 2014: 25).

Esta hidrología del cantón Ibarra compone el sistema de aprovisionamiento de agua para la ciudad y al mismo tiempo el sistema de descargas de sus aguas residuales. Ahora bien, para determinar la oferta de agua existente se debe establecer la ubicación de las captaciones de agua, el tipo y el caudal que se utiliza para dotar a la ciudad del recurso.

En la tabla 19, se observa que la mayor cantidad de agua ofertada se extrae de la vertiente Guaraczapas (11) que es el 29,37% del total del caudal utilizado. Pero si tomamos como foco de análisis el lugar de extracción del recurso, Ibarra se sirve de aguas subterránea, pues el 60% del agua ofertada es extraída de pozos profundos que

representa 320 m³/s, mientras que el 40% restante es obtenido de vertientes, en términos absolutos representa un caudal de 218 m³/s.

Tabla 19. Oferta de agua para la ciudad de Ibarra, año 2010

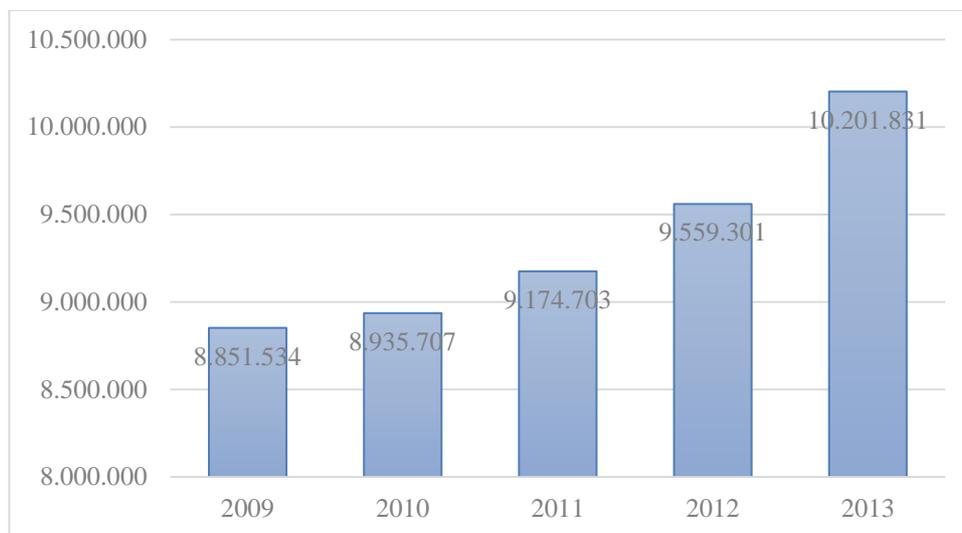
| Fuente de captación | Lugar de extracción | Caudal utilizado (m³/s) |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|
| Yuyucocha | Vertiente | 60 |
| Yuyucocha # 1 | Pozo profundo | 90 |
| Yuyucocha # 2 | Pozo profundo | 45 |
| Yuyucocha # 3 | Pozo profundo | 70 |
| Guaraczapas (11) | Vertiente | 158 |
| Caranqui | Pozo profundo | 90 |
| La Quinta | Pozo profundo | 25 |
| | TOTAL | 538 |

Fuente: EMAPA-I (2010)

Elaboración: IMI (2014)

La dotación de agua potable y de infraestructura sanitaria para la ciudad de Ibarra está a cargo de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPA-I). Según EMAPA-I el consumo de agua se ha ido incrementado año a año. Por ejemplo el consumo de agua en 2009 fue de 8'851 534 m³ incrementándose al 2013 en 1'350 297 m³. El gráfico 29 muestra el incremento de la demanda de este recurso en la ciudad de Ibarra, aunque la serie es corta la tendencia es aumentar la demanda de agua a medida que pasan los años.

Gráfico 29. Consumo de agua (m³) en la ciudad de Ibarra. Período 2009-2013

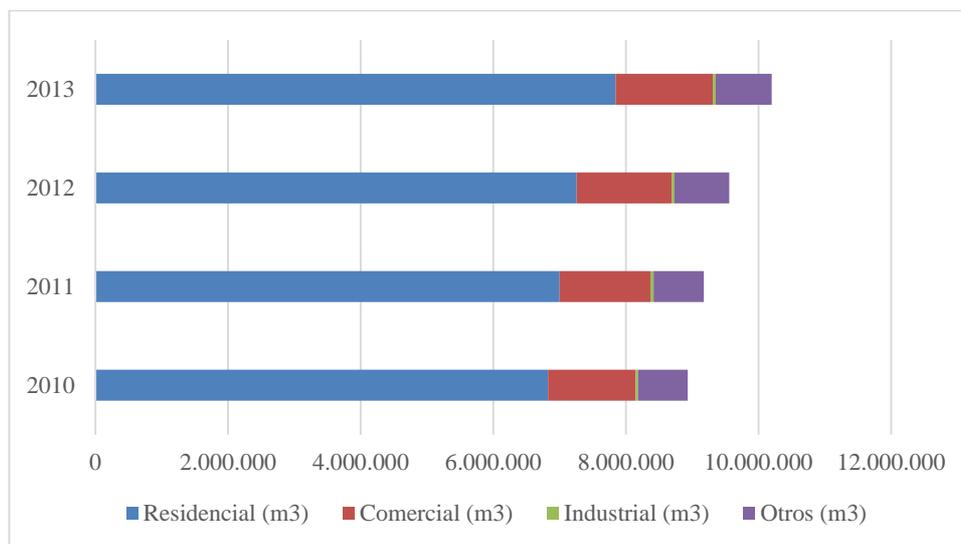


Fuente: EMAPA-I (2014)

Debido al crecimiento demográfico y con él la expansión de la economía ibarreña (véase tabla 15), se espera que la demanda de agua siga aumentando. Ahora bien, un análisis por sectores de consumo, mostraría cual es sector de usuarios que usa más cantidad del recurso.

En el gráfico 30 se observa que la mayor cantidad de agua se consume en el sector residencial. Este comportamiento es semejante al consumo de energía eléctrica. La barra de color azul representa a la zona residencial, claramente es la porción más grande; mientras que el sector industrial representado por la porción de color verde, es el que menos cantidad de agua demanda en la ciudad. También se puede mirar como el sector residencial cada año demanda más cantidad de agua e influye sobre la demanda final del recurso, en la ciudad.

Gráfico 30. Consumo de agua (m³) en Ibarra. Discriminación por sectores, 2010-2013

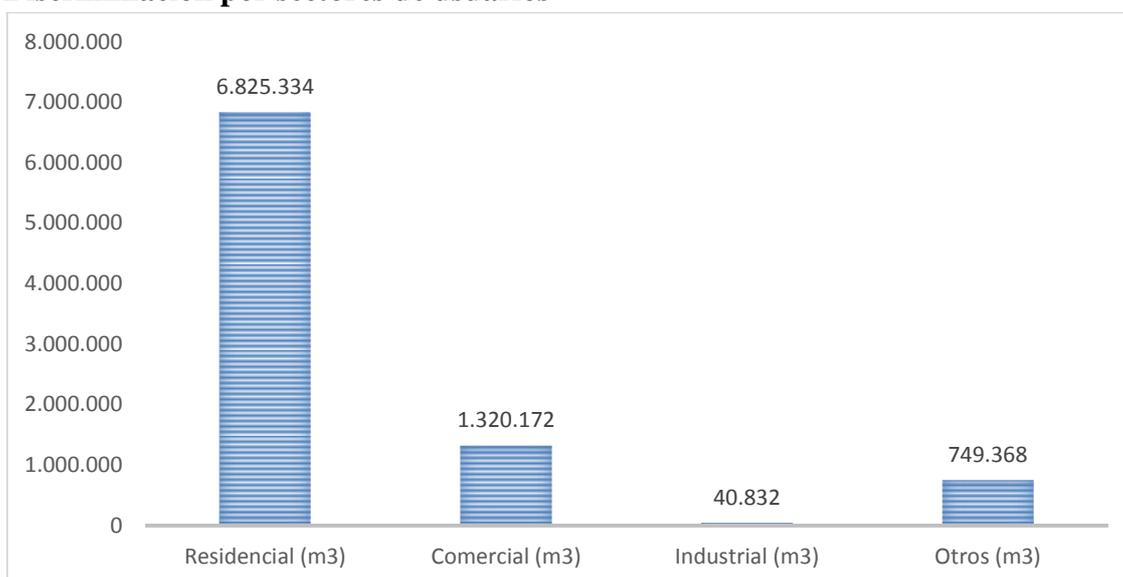


Fuente: EMAPA-I (2014).

En el gráfico 31 se resume el consumo del recurso hídrico de la ciudad de Ibarra para el año 2010. El sector residencial demandó una cantidad de 6'825 334 m³ del recurso, seguido por el sector comercial con una demanda de 1'320 172 m³, otros sectores 749 368 m³, y por último el sector industrial que demandó 40 832 m³. El consumo de agua en una zona urbana deja como desechos las aguas residuales. Según el INEC (2011) la cantidad de aguas servidas que se generan en la ciudad de Ibarra son 7'191 021,20 m³. Las aguas residuales son evacuadas al sistema de alcantarillado y su disposición final es en los cuerpos de agua conocidos como Tahuando y Chorlaví, sin tratamiento. Al río Tahuando se descargaron un total de 6'471 919,10 m³ y al río Chorlaví se vertieron 179 194,68 m³ de aguas servidas, que significan 90% y 10%, respectivamente; esta dinámica obedece a que la mayor parte de barrios urbanos, su sistema de alcantarillado vierte las aguas residuales sobre el río Tahuando.

El gráfico 31 muestra de manera más puntual el consumo de agua para el año 2010. Según el gráfico el sector residencial se consumió el 76% del total de agua demanda en el año 2010, este porcentaje representa 6'825 334 m³ de agua potable, el 15% es consumido por el sector comercial, el 8% se usó en otros segmentos y el 1% que es el uso del recurso por parte del sector industrial.

Gráfico 31. Consumo de agua en la ciudad de Ibarra en el año 2010, Discriminación por sectores de usuarios



Fuente: EMAPA-I (2014).

El factor principal de contaminación de los cuerpos de agua en las ciudades son las descargas del sistema de alcantarillado. En la ciudad de Ibarra los receptores de las aguas servidas son los ríos Tahuando, Chorlaví y Ajaví. El río Ajaví por ejemplo, tiene un recorrido subterráneo a nivel del sistema de alcantarillado, su caudal atraviesa las avenidas Mariano Acosta y Eleodoro Ayala hasta su punto de confluencia con el río Chorlaví, cercano a puente que en la ciudad es reconocido como “Puente de los Molinos”.

El río Chorlaví es receptor de aguas servidas de las parroquias urbanas y rurales del cantón Ibarra y también de otros cantones. Recibe aguas residuales de barrios y ciudadelas urbanas de Ibarra como: Santa Teresita de Alpachaca, Chorlaví, Barrio la Cruz y la ciudadela Juan Carlos Romo. Mientras que al caudal del río Tahuando desembocan las aguas residuales de la mayor parte de sectores urbanos de la ciudad de Ibarra, como son: El Alpargate, barrio la Victoria 1 y 2, Azaya, Los Molinos, Aduana, Priorato, Yahuarcocha y los sectores urbanos denominados Ibarra 1 e Ibarra 2 (EMAPA-I, 2010).

Por la forma en que los cuerpos de agua son usados en la provincia de Imbabura como colectores de aguas servidas, es complejo determinar el impacto ambiental de las

aguas residuales de la ciudad de Ibarra. Para esto, sería preciso determinar la cantidad de aguas residuales que evacuan cada cantón, barrio, ciudadela o sector sobre los ríos que atraviesan a Ibarra. Aunque, el río Tahuando por ejemplo, que atraviesa una larga extensión de la urbe, a simple vista se observa la contaminación de su caudal desde barrios como: la Victoria, Avenida Carchi, etc.

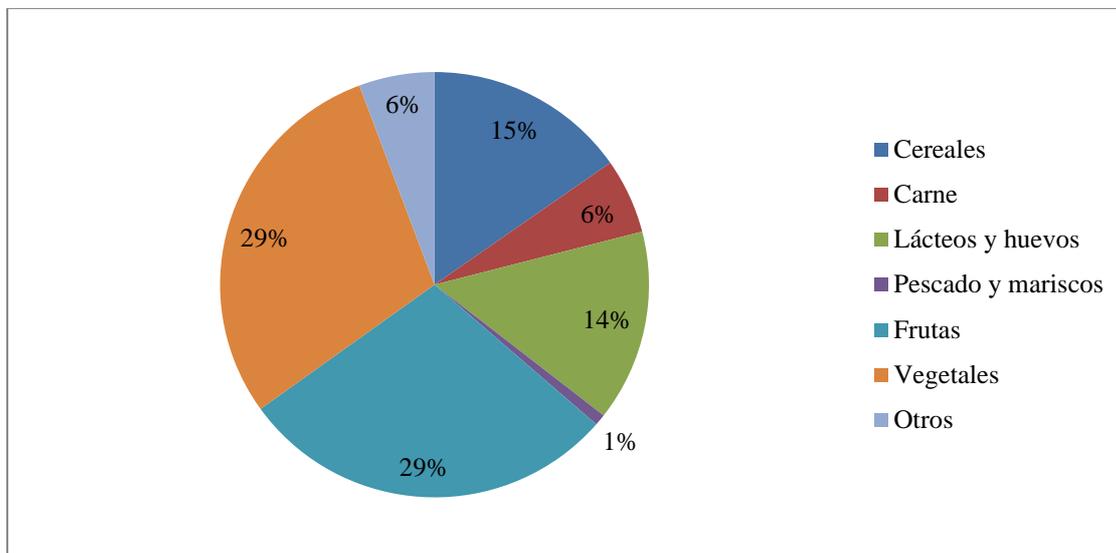
Alimentos

De los intercambios entre la naturaleza y la economía, se pueden estudiar los flujos de alimentos. Los alimentos proporcionan nutrientes y energía a los habitantes de una ciudad y contribuirán a mantener un buen estado de salud, siempre que sean proporcionados en cantidades adecuadas (Díaz, 2010: 79).

Estimar la producción, importación, exportación y el consumo de alimentos en una región urbana es problemático, debido a la difusividad de los datos del sistema de producción, importación y entrega de los comestibles. (Decker et al., 2000: 732). De hecho, se sabe muy poco sobre el flujo de alimentos que atraviesan a las ciudades, a pesar de cuán importante es para la sociedad. Esto también es cierto para la ciudad de Ibarra. Por tanto, para estimar el consumo de alimentos de esta ciudad se ha procesado los datos que presenta el INEC a través de la encuesta de condiciones de vida (ECV, 2005-2006), conocida como la quinta ronda.

En gráfico 33 se observa el consumo según los principales grupos alimenticios: cereales, carne (incluye los despojos), pescado y mariscos, lácteos y huevos, frutas, vegetales (contempla hortalizas, legumbres, tubérculos y semillas) y otros alimentos (azúcares, edulcorantes, estimulantes, especias y bebidas no alcohólicas) (FAO, 2014). Según este gráfico los alimentos más consumidos en la ciudad son verduras y frutas, representan el 29% cada uno; y los comestibles menos consumidos son la carne y los mariscos y el pescado, representan el 6% y el 1%, respectivamente.

Gráfico 32. Consumo de alimentos en la ciudad de Ibarra (año 2006)



Fuente: INEC: ECV (quinta ronda, 2005-2006)

Elaborado por: Autor de la investigación. Para obtener estos datos se procesó la encuesta ENENDHU (2005-2006) elaborada por el INEC. Para obtener las estimaciones a nivel urbano de Ibarra se tomó como proxy el dato a nivel de la provincia.

La dieta alimenticia añade información sobre el perfil metabólico de la ciudad, porque muestra la dinámica nutritiva de la población y sus efectos sobre la salud y sobre la naturaleza.

La estructura alimenticia de los habitantes de la ciudad de Ibarra está compuesta en su mayoría por comestibles obtenidos de la agricultura como son: cereales, frutas y verduras, juntos equivalen al 73% del total de la demanda de alimentos de la ciudad, seguido por los alimentos obtenidos del sector pecuario como: la carne, los huevos y los lácteos, que en conjunto totalizan el 21% del total de comestibles mientras que se consume una pequeña cantidad de pescado y mariscos que representan menos del 1%. La forma de alimentarse de los ibarreños añade información clave sobre el ciclo alimenticio, y su impacto sobre la naturaleza y la sociedad.

El impacto ambiental que tiene el metabolismo de alimentos en la ciudad, está ligado a la estructura alimenticia de la urbe, aunque determinar el grado de afectación del flujo alimenticio de la ciudad de Ibarra queda fuera del alcance de esta tesis. Su afectación a la naturaleza estará determinada por el tipo de agricultura y ganadería usada para obtener los alimentos.

Se estima que en el mundo el ganado ocupa 3 400 millones de hectáreas en el pastoreo y 500 millones en la producción de forraje, sumadas representa el 80% del total de las tierras agrícolas mundiales y el 26% de la superficie terrestre, excluidas las zonas congeladas del planeta (FAO, 2009: 63). La dinámica de consumo alimenticio, expande la producción ganadera y con ella las zonas deforestadas. En Latinoamérica por ejemplo, el 70% de los bosques de la amazonia hoy son pastizales y cultivos forrajeros (Steinfeld, et. al., 2006: 73).

Al sector pecuario se hace responsable del 18% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), porción mayor a las emanaciones atribuidas a los medios de transporte, medidos en equivalentes de dióxido de carbono (CO₂). La ganadería tiene mayor responsabilidad en la emisión de gases que tienen mayores efectos sobre el calentamiento global. Por ejemplo, el 37% del metano no antropogénico que tienen un potencial 23 veces mayor que el del dióxido de carbono, y el 65% del óxido nitroso (N₂O) proveniente en su mayoría del estiércol, cuyo efecto es 296 veces mayor al CO₂ (Steinfeld, et. al., 2006: 126-128).

La estructura de consumo alimenticio de los ibarreños, vendría a ser una dieta ecológica, desde el punto de vista de la demanda de alimentos del sector pecuario. El consumo de carne (incluye pollo y despojos) no rebasa el 6%, los lácteos incluidos los huevos solo alcanzan el 15% del total de alimentos consumidos en la urbe en el año 2006. La ciudad de Ibarra consume mayores cantidades de alimentos del sector agrícola, 29% verduras, 29% de frutas y 15% de cereales (véase gráfico 32). El grado de afectación a la biosfera estaría ligado al tipo de agricultura que se practica para obtener los comestibles demandados por la ciudad.

Es conocido que la agricultura que utiliza grandes cantidades de terreno, pesticidas, agroquímicos, etc. es una agricultura tóxica porque es la principal fuente de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas. La contaminación del agua tiene lugar cuando se utilizan grandes cantidades de fertilizantes que los cultivos no alcanzan a absorber en su totalidad o por efectos del viento y del agua son eliminados antes que los cultivos los puedan absorber. El exceso de fosfatos y nitrógenos en algunos casos suelen filtrarse en aguas subterráneas, esta sobrecarga de nutrientes provoca la eutrofización de los cuerpos de agua dando lugar a un crecimiento anormal de algas, que tienden a ocupar el hábitat de otras plantas y animales marinos. El uso

excesivo de insecticidas, fungicidas y herbicidas provocan contaminación del agua dulce con compuestos carcinógenos y otros compuestos venenosos para el ser humano y para la vida silvestre. (FAO, 2002: 75). Este tipo de agricultura es uno de los mayores contribuyentes al calentamiento global porque demanda grandes cantidades de energía fósil, el uso de esta forma de energía provoca gases de efecto invernadero como óxidos no metálicos (CO₂, CO, SO_x, NO_x), vapor de agua y gases de arrastre como: O₂ y el N₂.

En contraste las prácticas agroecológicas que usan menores cantidades de insumos para cultivar los alimentos, son más amigables con la naturaleza porque su práctica ayuda a enfriar el planeta.

Ahora bien, la agricultura y la ganadería proporcionan energía a los seres humanos, y los requisitos de energía para producir esa energía. Para medir los alimentos como energía la gente se ha familiarizado con el término de kilocalorías desde la década de 1860 (Martínez-Alier, 2011: 147). Entonces a partir de la dieta alimentaria se puede determinar el consumo endosomático de los habitantes de la ciudad de Ibarra. El consumo endosomático, definido por Alfred Lotka en 1920, corresponde a las necesidades fisiológicas de la población (alimentación), es decir, responde a instrucciones genéticas. Por tanto, si el consumo de alimentos está por debajo de las calorías mínimas, puede causar la muerte por inanición, mientras que una persona por adinerada que sea, no puede consumir más calorías que las que necesita, en ese caso moriría de diabetes u otras enfermedades similares (Martínez-Alier y Roca, 2000: 26). Según la biología humana, el consumo necesario de energía por la alimentación es equivalente a 1 500 a 2 600 kilocalorías diarias para un individuo adulto.

El consumo endosomático promedio en esta urbe se encuentra 1 756 kcal (SIISE, 2014). Este nivel está dentro del rango normal de consumo calórico diario por individuo. Debido a que en la ECV 2006 la ciudad Ibarra no es una ciudad auto-representada, se tomó como *proxy* el dato a nivel provincial. El consumo calórico de los habitantes de la ciudad de Ibarra es menor al consumo energético por alimentos que se reporta a nivel de país, el cual se encuentra en aproximadamente 2 056 kcal por individuo cada día. Este fenómeno es causado por la estructura de la dieta ibarreña que en un 58% está compuesta de frutas y verduras, este tipo de alimentos son conocidos como alimentos reguladores, ricos en minerales y vitaminas, pero con menor aporte calórico (Ayuntamiento de Valencia, 2009:12).

Por otra parte, el análisis del flujo alimenticio revela el estado nutricional de la sociedad. Por ejemplo, si el aporte calórico de los macronutrientes (proteínas, lípidos y glúcidos) a la energía total consumida en un día por un individuo es saludable: el individuo debe obtener entre el 50-55% de energía endosomática a través de la ingesta de glúcidos, de 10 a 15% de kilocalorías necesarias a través de la metabolización de las proteínas y de 30-35% de lípidos (Vázquez et. al., 2005: 288).

En la ciudad de Ibarra el aporte energético diario promedio por individuo de los macronutrientes es: 49% de los hidratos de carbono (glúcidos), 11% de las proteínas y 21% de las grasas. La ingesta diaria de comestibles se encuentra dentro de los límites de una dieta equilibrada, a excepción de los lípidos, que se encuentran por debajo del mínimo endosomático necesario. Sin embargo, es conocido que una dieta baja en grasas disminuye la incidencia de problemas cardiacos y la frecuencia de hipertensión arterial, y, por ende disminuye la probabilidad de contraer diabetes en los individuos. Según el INEC (2011), la enfermedad que causó la mayor cantidad de muertes es la diabetes mellitus que representa el 17%. La ciudad de Ibarra contrasta con este desempeño, lo que se refleja también en la incidencia de estas enfermedades en la provincia de Imbabura: para el año 2011 las enfermedades que ocasionaron la mayor cantidad de muertes fueron las enfermedades cerebrovasculares que representa 11,4%, mientras que la diabetes mellitus

Desechos sólidos

Parte integral del metabolismo urbano es la cuantificación de los residuos sólidos. Los desechos sólidos son outputs originados por la oferta y demanda de bienes y servicios dentro de la zona urbana. La cantidad de estos desperdicios para el sistema urbano en análisis para el año 2012 fue de 45 625 toneladas (INEC, 2012). Del total de desperdicios sólidos, el 99,72% corresponde a desperdicios de origen orgánico e inorgánico y la diferencia de 0,28% corresponde a desechos peligrosos (IMI, 2004). La generación de residuos sólidos por habitante en la zona urbana de Ibarra fue para el año 2012 de 346,02 kg, mientras que en el promedio nacional fue de 72,67 kg, INEC (2012). Claramente la generación de residuos de la ciudad de Ibarra es más elevada. Una posible explicación de esta notoria diferencia son inconsistencias del “Censo de Información ambiental económica en gobiernos autónomos descentralizados

municipales 2012”, pues el censo muestra el mismo dato en los años 2011 y 2012 en respuesta a la pregunta del formulario, “especifique el total de residuos recolectados durante el 2011 y 2012 en toneladas”.

La disposición final de los residuos sólidos de la ciudad de Ibarra se realiza en el relleno sanitario San Alfonso ubicado al norte de la ciudad en la zona periférica. Su área es de aproximadamente 28 hectáreas, y cumple con las especificaciones físicas para disminuir la probabilidad de impacto ambiental: cuenta con una geo-membrana para evitar las filtraciones de los lixiviados al suelo, se encuentra ubicado a una distancia superior a los 200 metros respecto de los cuerpos de agua, en un área periférica de la ciudad. Según el INEC (2010), los ibarreños no clasifican sus residuos sólidos. Por ello, la política municipal ambiental se debería enfocar en programas que incentiven a la ciudadanía a reciclar y clasificar sus desechos, de esta forma una proporción de los residuos se podría reutilizar para reducir el tamaño del metabolismo de salida que genera la ciudad.

El metabolismo de Ibarra en contraste con otras ciudades

Los flujos de energía, agua y alimentos, estudiados en este capítulo expresan el proceso termodinámico que desarrolla en la ciudad de Ibarra, con el objetivo de alcanzar el desarrollo económico y social de la urbe. El análisis de estos flujos ha revelado una fotografía más amplia de la sostenibilidad urbana, pues muestra la cantidad consumida de comestibles, energía y agua asociados a la población existente y la generación de desechos, dióxido de carbono y aguas residuales, producto de la metabolización de bienes y servicios dentro de la economía ibarreña.

En la tabla 20 se presenta la comparación del consumo de energía, agua, desechos sólidos, emisiones de CO₂ y aguas servidas de varias ciudades: Sídney para 1990, Toronto para 1999, Hong Kong para 1999 (Sahely et. al., 2003: 480) y Bogotá para 2010 (Díaz, 2011: 100) con respecto a la ciudad de Ibarra. Si bien es cierto las ciudades en comparación difieren varias características como son: extensión, tamaño de población, tiempo de análisis, etc. ; no es menos cierto que la comparación que se hace a continuación, identifica patrones de consumo que permiten identificar el grado de afectación de cada una de la ciudades a la degradación ambiental que sufre el planeta. Aunque lo ideal sería hacer esta comparación con ciudades similares a Ibarra, no existen

trabajos publicados de metabolismo urbano para ciudades con características análogas a la ciudad en análisis. En la literatura existen trabajos que comparan las mega-ciudades latinoamericanas (Delgado et. al., 2012), pero en estricto rigor en Latinoamérica las investigaciones de metabolismo urbano son escasas, pues este panorama responde al hecho de que existen pocos especialistas en la materia, pero también a que gran parte de la información necesaria para elaborar el esquema metabólico de la ciudades latinoamericanas, está dispersa, no existe o se está recabando. Esta problemática no es solo para América latina, se puede generalizar para otros países considerados del Sur (Delgado et. al., 2012:6).

En esta comparación se identifica que Ibarra consume 8 veces menos energía que Sídney, 5 veces menos que Hong Kong, para 1990 y 1999, respectivamente. Su consumo energético es más parecido al de una ciudad como Bogotá, respecto de la cual Ibarra consume tres cuartas partes de su volumen total en el año 2010. Es interesante una lectura biofísica de estas magnitudes porque se puede entender que las dinámicas de desarrollo distintas que caracterizan a las ciudades son el origen de presiones ambientales de magnitud distinta. A partir de estas cifras se puede interpretar que el consumo de la pequeña ciudad blanca es más sostenible en el largo plazo.

Una contraparte del consumo energético que realizan las ciudades se puede analizar a partir de las emisiones de gases de efecto invernadero que se originan en el consumo. Al contrastar las cifras de Ibarra con otras ciudades se encuentra que Sídney, Hong Kong y Toronto generan 11, 6 y 16 veces, respectivamente, más emisiones per cápita de CO₂ que Ibarra. Respecto de Bogotá, las cifras muestran que en unidades per cápita Ibarra genera 215 kilogramos adicionales de CO₂ al año. Sin embargo, las emisiones totales de Bogotá alcanzan 4.761 kt, mientras que Ibarra solamente emite 114 kt. En este caso, el reducido resultado per cápita de Bogotá está asociado al tamaño importante de su población. En términos de sostenibilidad es notorio que todas las ciudades son responsables de las consecuencias globales que se originan en las emisiones de gases de efecto invernadero. Es preciso tomar en cuenta que las “responsabilidades son conjuntas pero diferenciadas” (Correa y Falconí, 2012: 266).

Con respecto al consumo de agua y la generación de aguas residuales, también se identifican diferencias importantes entre Ibarra y las ciudades más desarrolladas que presentan datos. Se encuentra que los factores de consumo y generación de aguas

residuales de Sídney, Hong Kong y Toronto son 2 o 3 veces superiores a las de Ibarra. Con Bogotá, en cambio, los niveles son más parecidos. El problema fundamental con el caso ibarreño es que esta ciudad carece de mecanismos de tratamiento de sus aguas residuales.

Tabla 20. El metabolismo urbano de Ibarra frente a otras ciudades del mundo

| El metabolismo urbano de Ibarra frente a otras ciudades del mundo (per cápita/año) | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|----------------|
| Categoría | Sídney | Hong Kong | Toronto | Bogotá D.C. | Ibarra |
| | 1990 | 1999 | 1999 | 2010 | 2010 |
| Población | 6 617 000 | 3 656 500 | 5 071 324 | 7 347 795 | 131 856 |
| Consumo per cápita | | | | | |
| Energía Total (mega-julios) | 114 236 | 71 540 | ND | 18 077 | 13 728 |
| Agua (toneladas) | 180 | 138 | 183 | 62,78 | 67,76 |
| Salidas per cápita | | | | | |
| Emisiones CO₂ (kilogramos) | 9 100 | 4 776 | 14 000 | 648 | 863 |
| Desechos sólidos (toneladas) | 0,77 | 2,09 | ND | ND | 0,35 |
| Aguas residuales (toneladas) | 128 | 102 | 157 | 71 | 46,75 |

Fuente: Sahely et. al. (2003), Díaz (2011) y Rosales (2014)

Para el cálculo del consumo per cápita de energía y de emisiones de CO₂ se usó la población total del cantón de 181.175, pues los datos de consumo energético son estimaciones hechas para el cantón Ibarra. ND, no está disponible

Más allá de servir como valioso instrumento para comparar el metabolismo entre regiones urbanas y la determinación de responsabilidades diferenciadas entre ciudades a problemas ambientales como el cambio climático, la pérdida de especies, los conflictos ecológico distributivos, la contaminación de agua dulce, etc.; el estudio de los flujos de alimentos, energía y agua localizan problemas actuales o futuros en las relaciones entre la naturaleza y la sociedad. El contraste de los niveles per cápita de consumo entre urbes, permite establecer la sostenibilidad de las ciudades en términos relativos, de manera más significativa que un ranking de un concepto específico de “desarrollo de las ciudades”. Por ello, resulta más sencillo focalizar políticas públicas orientadas a las diversas dimensiones que son importantes para la sostenibilidad a partir de las escalas de consumo que definen las cuentas metabólicas.

Las cuentas del metabolismo nos muestran que Ibarra es una ciudad, cuyo consumo de energía, agua, alimentos, e incluso materiales (que no se analizan en este trabajo), seguirá creciendo con el transcurso del tiempo y con el crecimiento regular de la población. Se trata de una ciudad que contribuye relativamente poco a los efectos ambientales globales y que es el origen de relativamente bajas presiones sobre la naturaleza por su escala de consumo. Sin embargo, en el futuro cercano, esta ciudad necesitará expandir su consumo metabólico para alcanzar ciertos estándares en sus niveles de bienestar. Este crecimiento tendrá, sin lugar a dudas, diversas implicaciones para la sostenibilidad, y es allí precisamente en que puede servir de base esta investigación para definir algunas prioridades de la política pública.

Por ello, no sólo interesa centrarse en políticas para una gestión sostenible del consumo sino también de sus consecuencias. Por ejemplo, el aumento de la demanda de agua conlleva a un aumento de las aguas residuales y por ende de la contaminación. Como se ha explicado, el agua que resulta como residuo de la ciudad, es descargada en los ríos Tahuando y Chorlaví, dependiendo del sector de la ciudad, sin tratamiento alguno. Se estima que la cantidad de aguas servidas que se evacúan representan el 80% del consumo del recurso en la ciudad de Ibarra. Entonces, siguiendo esta inercia en el manejo de aguas residuales, se estima que para el año 2022, la cantidad de agua residual descargada hacia el sistema de drenajes ascenderá a 11'233 524 m³. Esto significa descargar 10'110 171 m³ de aguas residuales al río Tahuando y 1'123 335 m³ hacia el río Chorlaví. El municipio de la ciudad además de implantar programas de concientización sobre uso racional de agua en la ciudad, debe instalar un sistema de tratamiento de aguas servidas y buscar regenerar los caudales de los ríos que atraviesan la ciudad.

A partir del análisis desarrollado, se ha identificado la más alta concentración de la demanda del recurso hídrico en el sector residencial. Esto es indicativo de que la política pública podría tener un mayor impacto al enfocarse en la demanda y la contaminación que se originan en este sector.

En Ibarra la estructura alimenticia muestra que su población consume más de la mitad de su dieta entre frutas, verduras y cereales 73%, y, que en pequeño porcentaje se consume carne, pescado y mariscos 7%. En este capítulo evaluamos los efectos de esta

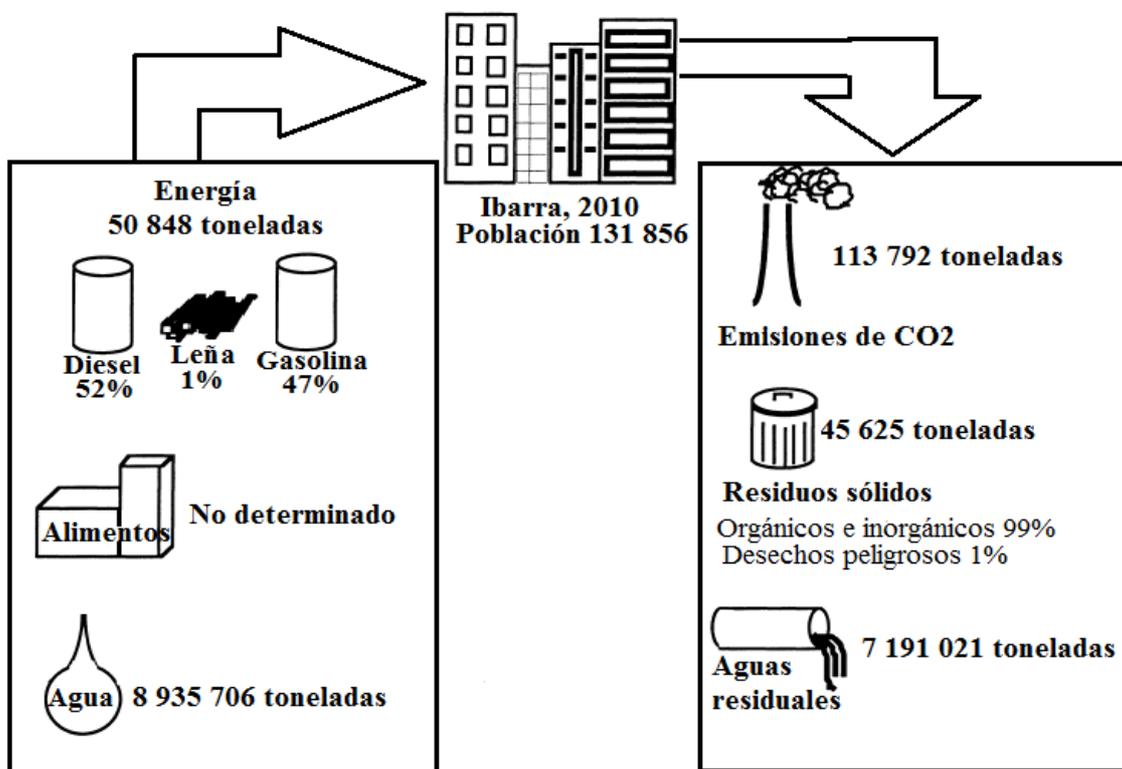
estructura de alimentación, que influye de forma significativa sobre la salud de la población y de la naturaleza.

Por una parte, el alto porcentaje de vegetales que se consumen en Ibarra es indicativo de un menor consumo metabólico indirecto en relación a aquellas economías en donde predomina el consumo de carne en la dieta diaria. En esos casos, será necesario estimar no sólo el consumo directo de alimentos por parte de los seres humanos, sino también el consumo de vegetales que alimentan a los animales.

De la producción y consumo de bienes y servicios en la ciudad se generan residuos sólidos. En la ciudad de Ibarra los desechos sólidos no se clasifican y tampoco se reciclan, la disposición final es al botadero “San Alfonso”. Es claro que la estrategia para afrontar los problemas que pueden causar los desechos sobre la biosfera, es la prevención de la generación de residuos y el reciclaje cuando estos ya se han generado.

El gráfico que se presenta a continuación, es un resumen de todos los recursos que consumió la ciudad de Ibarra y los desechos generados en el año 2010. El consumo de energía fue de 50 848 toneladas, de los cuales el 52% es diesel, el 47% gasolina y el 1% leña como combustible; la cantidad de alimentos no ha sido determinada; el consumo de agua en el 2010 fue de 8 935 706 toneladas. En cuanto a los desechos generados, Ibarra emana 113 792 toneladas de dióxido de carbono, generó 45 625 toneladas de desechos sólidos, de los cuales el 99% se considera desechos orgánicos e inorgánicos y el 1% restante son desechos peligrosos y 7 191 021 toneladas de aguas servidas.

Gráfico 33 Entradas de recursos consumidos y salidas de residuos hacia la naturaleza, Ibarra 2010



Fuente: Rosales 2014, basado en Newman (1999: 221). La energía no añade a la electricidad.

Si comparamos el consumo y los desperdicios generados en Ibarra con algunas ciudades del mundo, podremos tener una idea clara de la relevancia de la ciudad en el impacto ambiental global. El consumo de energía de Ibarra representa el 0,36% de la demanda energética de la ciudad de Sídney en 1990, ya que Sídney aproximadamente consumió 14 millones de toneladas de energía entre, gasolina, carbón y diesel (Newman, 1999: 221). La cantidad de alimentos consumidos por la urbe ibarreña no han sido establecidos, pero el consumo total será mucho menor al Sídney de hace 20 años. El agua consumida en la ciudad de Ibarra en el 2010 representa el 1,77% del consumo de Hong Kong (Sahely et. al., 2003), el 0,75% 1999 del uso total del recurso en Sídney (Newman, 1999) y el 0,96% del consumo en Toronto en el año 1999 (Sahely et. al., 2003) y el 1,94% de agua demandada en Bogotá en el 2010. En cuanto a los desechos, la generación de Ibarra, también es insignificante en comparación con grandes ciudades. Las emisiones de CO₂ producidas en Ibarra, por ejemplo, representan el 2,39% de las

emisiones generadas por Bogotá 2010, 0,16% de Toronto 1999, 0,65% de Hong Kong 1999 y el 0,19% de Sídney en 1990. Una dinámica similar se espera en la comparación de los desechos sólidos y las aguas servidas producidas en Ibarra, comparadas con las ciudades de Bogotá, Sídney, Toronto y Hong Kong. Esto nos lleva a pensar que existen responsabilidades conjuntas pero diferenciadas de fenómenos ambientales que se están produciendo como: la contaminación, el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad, etc.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES

La finalidad de esta tesis fue medir la sostenibilidad de la ciudad de Ibarra. Para esto se partió de dos metodologías. La primera metodología que se utilizó, es el “índice de desarrollo de las ciudades” (CDI), que tras una medida agregada, presenta una realidad limitada de la sostenibilidad urbana. La segunda metodología usada, es el análisis de flujos, se estudiaron los flujos de alimentos, energía y agua que se basan en la conceptualización de metabolismo urbano, mostrando un ámbito más amplio de la sostenibilidad urbana.

En el desarrollo teórico de este documento se ha logrado comprender el concepto de sostenibilidad que puede aplicarse a una ciudad. Dicho concepto puede entenderse como un sistema social que depende en varias formas de la naturaleza, y por ende, su sostenibilidad estará condicionado a los límites físicos que caracterizan a los sistemas naturales. Esta forma de entender la sostenibilidad urbana se encuentra en línea con una concepción de economía ecológica, que discrepa en la valoración del capital natural respecto de la visión débil del concepto de sustentabilidad que se emplea en la economía ambiental. Para una ciudad, la sostenibilidad fuerte se explica buscando reproducir las condiciones de resiliencia del sistema natural en el ecosistema urbano. En particular, una ciudad sostenible será aquella que mejor se acerque a las condiciones de adaptabilidad, homeostasis, capacidad depuradora y recicladora propia de la naturaleza, pues los asentamientos humanos tienen un papel protagónico en la presión que se ejerce sobre la naturaleza y la necesidad de alcanzar niveles altos de vida.

En la literatura, con frecuencia se encuentran evaluaciones de la sostenibilidad de las ciudades que se basan en la concepción débil del concepto. En esta tesis, por el contrario, se argumenta que este tipo de análisis se halla incompleto porque muchas veces se ignoran aspectos que son invaluable desde el punto de vista económico. A fin de explicar y contrastar los resultados en términos de sostenibilidad, se realizaron dos tipos de mediciones en este documento, por una parte, el índice de desarrollo de las ciudades y por otro lado, los indicadores del metabolismo urbano. El estudio de caso se aplicó a la ciudad de Ibarra.

Dentro de estos análisis, se identifica a la concentración demográfica de las urbes como uno de los factores más importantes para explicar las condiciones de desarrollo y los procesos metabólicos que caracterizan a las ciudades. De manera general, suele percibirse a las ciudades como los ejes del desarrollo moderno, pues concentran mejores facilidades de acceso a diversos servicios básicos y parecen ofrecer mejores oportunidades de empleo o de realizar emprendimientos productivos. Por ello, en la mayoría de las ciudades del mundo se producen procesos migratorios desde los campos a las ciudades, que son el origen de la expansión de la “mancha urbana”, es decir, de la expansión del territorio edificado y ocupado por la población.

La influencia de la creciente población urbana se observa de manera indirecta en el índice de desarrollo de las ciudades, a través de los indicadores de cobertura de servicios básicos, de servicios de salud y de educación, del nivel de producción económica y de la gestión de residuos.

Por otro lado, cuando se mide el metabolismo urbano se tienen indicativos más directos de la influencia de la población en el crecimiento de dicho metabolismo. Se estudia, por ejemplo, la cantidad de materiales, energía, agua, alimentos, desechos, etc. que requiere consumir una determinada población urbana. Estas medidas pueden contrastarse entre distintas ciudades a fin de definir el tamaño de las necesidades metabólicas de las urbes. Por ejemplo, se identifica que el consumo per cápita de agua de Ibarra en la actualidad alcanza el 37,6% de la cantidad que se consumía en Sídney en el año de 1990, esto es, el 49,1% y el 37% de la cantidad que se consumió en Hong Kong y en Toronto, respectivamente, en el año de 1999 (Sahely et. al, 2003). Esto evidencia, la escala superior del metabolismo hídrico de los habitantes de esas ciudades hace 10 o 20 años en relación a la población de la ciudad ecuatoriana. Ibarra demuestra ser una urbe más sostenible en la actualidad, al menos respecto del uso de este recurso vital.

A fin de determinar el desarrollo de la ciudad y sus efectos sobre la naturaleza, en este tesis se ha cálculo el CDI. La estimación del índice siguiendo la metodología tradicional, muestra a la ciudad de Ibarra en último lugar respecto del resto de ciudades del país, aunque algo mejor que el promedio nacional. Este resultado, sin embargo, puede ser inconsistente cuando se evalúan otros aspectos en el análisis o cuando se ponderan de manera diferente algunas dimensiones.

En este documento, se ha realizado una revisión pormenorizada de los indicadores que componen cada uno de los índices que permiten construir el CDI. A partir de esta revisión se ha concluido que diversos aspectos de la calidad de los servicios básicos, son ignorados en el indicador de desarrollo de las ciudades, pero fácilmente pueden introducirse para evaluar la calidad de los servicios y no solamente la capacidad de acceso de la población. Asimismo, interacciones entre diversos indicadores permiten mejores medidas de la sostenibilidad. Por ejemplo, una ciudad que dispone de acceso suficiente a agua potable de calidad, puede gozar al mismo tiempo de buenas condiciones de salud.

En el concepto de “desarrollo de las ciudades” que propone el CDI, los aspectos de la sostenibilidad ambiental solamente son analizados a partir del indicador de gestión de residuos. Es decir, el CDI no reporta de manera completa el impacto ambiental asociado a las diversas actividades que se realizan en la ciudad. Una revisión pormenorizada de los indicadores que componen cada uno de los índices que permiten construir el CDI permite concluir que diversos aspectos de la calidad de los servicios básicos son ignorados en el indicador de desarrollo de las ciudades, aunque su incorporación sería relativamente fácil. Asimismo, introducir interacciones entre diversos indicadores permitiría generar mejores medidas de la sostenibilidad. Por ejemplo, se podría definir si una ciudad que dispone de acceso suficiente a agua potable de calidad, puede gozar al mismo tiempo de buenas condiciones de salud.

Un problema adicional del indicador es el cambio que sufren los resultados cuando se introducen nuevos elementos al análisis. Por ejemplo, cuando la ponderación de las dimensiones del desarrollo de las ciudades favorece ciertos aspectos. Los resultados indican que Ibarra mejora su posición relativa respecto de ciudades como Guayaquil cuando la ponderación de la cobertura de los servicios de salud se incrementa. Asimismo, pueden darse cambios sustanciales en los posicionamientos relativos cuando se cuantifica con distintos criterios la cobertura de los servicios básicos.

En definitiva, la identificación de “niveles de desarrollo” que propone el CDI puede tener falencias y puede ser susceptible a cambios drásticos al agregar en un solo número, diversas dimensiones de una realidad compleja que caracterizan a una ciudad. Este aspecto no sólo es problemático desde un punto de vista teórico sino también desde

un punto de vista práctico, porque muchas decisiones de política pueden tomarse sobre la base de un índice de este tipo, y el resultado puede perjudicar la sostenibilidad urbana. Por ejemplo, si la ciudad de Ibarra se ubica mejor en términos del concepto de desarrollo que cuantifica el CDI, y si las decisiones sobre la distribución de recursos fiscales se toman sobre la base del nivel máximo que alcance el CDI, otorgando prioridad a las ciudades que se ubican en los últimos lugares, con los resultados que arroja la ciudad de Ibarra, ésta no lograría alcanzar la intervención prioritaria del gobierno en ninguno de los aspectos, aun cuando pudiese tener dificultades graves con el manejo de las aguas residuales que se descargan a los cuerpos de agua sin tratamiento alguno.

Por otro lado, en los aspectos técnicos, una dificultad frecuente es la disponibilidad de la información necesaria para la construcción del indicador, pues gran parte de los datos no se encuentran a nivel urbano y se tiene que utilizar varias *proxis* para poder calcular el CDI. Por ejemplo, para el índice matriculación combinada se estima la situación a nivel provincial, para luego aplicar esa información a la escala de la ciudad.

Este conjunto de problemas del CDI se resume en un aspecto: la agregación de los resultados de diversas dimensiones del desarrollo en un solo indicador que posiciona a las ciudades. La vulnerabilidad del CDI a los cambios que pudieran introducirse en su construcción, evidencia este problema. Se asume que las diversas dimensiones de la sustentabilidad pueden simplemente sumarse a partir de una ponderación específica. Esta lectura, sin embargo, termina por ignorar que será la situación de cada una de las dimensiones la que interesa evaluar, en lugar de la suma de las diversas partes. Por ello se propone otra forma de evaluación de la sostenibilidad urbana, el estudio del metabolismo de las ciudades.

El estudio del metabolismo de Ibarra muestra de forma más amplia la realidad de la ciudad y su impacto social y ambiental. El alcance de esta investigación es determinar el consumo de energía, agua y alimentos en el año 2010 para establecer las presiones ambientales asociadas a ese consumo y definir directrices para la acción de la política pública, que permitirían focalizar las intervenciones en aquellos sectores que requieren atención prioritaria. El argumento central de esta parte de la investigación es

que, para trazar el camino hacia la sostenibilidad de la ciudad, la herramienta más adecuada es el análisis de los flujos que componen el metabolismo de la ciudad.

En cuanto a la energía, Ibarra estructura su consumo principalmente a partir del uso de combustibles de origen fósil, cuyo destino principal es seguramente el sector de transporte. Esta estructura, hace prever un futuro problema de contaminación ambiental por emisiones de GEI. Aunque esta ciudad haya sido declarada como la ciudad de aire más limpio en el país, el aumento del parque vehicular que experimenta y que es propio de una ciudad en crecimiento, pone en riesgo la calidad del aire. En base a los datos de consumo de gasolina y diésel, se ha estimado que las emisiones de CO₂ de Ibarra para el año 2010 alcanzaron un total de 863 kg per cápita, una cifra 5 veces inferior al promedio por habitante de Hong Kong, hace ya 10 años.

Otra parte importante del consumo energético de la ciudad de Ibarra se origina en la electricidad, que se obtiene principalmente a partir de las centrales hidroeléctricas de San Miguel de Car, El Ambi y La Playa. La electricidad obtenida de estas centrales es considerada energía limpia y renovable, pues se trata de centrales de escala media que alcanzan un máximo de generación de 1.125 MVA. El sector residencial abarca el 85% del consumo de energía eléctrica de la ciudad, los sectores comercial, industrial y otros acumulan el 15% restante del consumo.

En la economía ecológica se usa el EROI (energy return on investment, por sus siglas en inglés), como medida de la cantidad de energía invertida para explotar un recurso energético (Hall et. al., 1986). Este indicador permite contrastar la eficiencia energética de diferentes fuentes. Por ejemplo, con cifras de Hall et al. (2009), se calcula que en la actualidad el retorno energético de cada unidad de energía invertida en la generación de las centrales hidroeléctricas puede alcanzar hasta 20:1, mientras que, por la calidad decreciente de los yacimientos petroleros su retorno energético actual se calcula en un promedio de 10:1. En base a estas cifras, se puede asociar una mayor eficiencia energética y mejores condiciones de sostenibilidad en aquellas ciudades que basan su generación energética en fuentes con alto retorno. En Ibarra, la energía eléctrica representa solamente el 14% del total de la demanda energética de la urbe, los combustibles fósiles representan en cambio, el 85% del total. Esta estructura del consumo demuestra que este es un ámbito en el que se puede trabajar para mejorar la sostenibilidad de la ciudad.

Parte importante del metabolismo de la ciudad lo compone el análisis del flujo hídrico, según la tendencia del consumo de agua en la ciudad de Ibarra entre 2009 y 2013, se espera que la demanda del recurso aumente en años posteriores. De acuerdo al INEC (2010 y 2013), la demanda per cápita de agua ha pasado de 67 m³ a 72 m³ entre los años 2010 y 2013. Estas cifras contrastan con el consumo per cápita nacional que en 2012 alcanzó 79,1 m³. Estas cifras son indicativas del probable aumento en el consumo hídrico de la ciudad, todavía por detrás, respecto del promedio nacional. Esto significa que en términos metabólicos se espera a futuro una creciente presión ambiental en la ciudad, tanto por la cantidad como por la calidad del agua disponible.

En un contexto de consumo creciente de agua, cabe analizar si la oferta del recurso será suficiente para abastecer los requerimientos de la población. La respuesta, en base a cifras del INEC (2011), es que la ciudad blanca no tendría problemas de desabastecimiento de agua potable para sus habitantes por lo menos en el mediano plazo. El volumen bruto de agua dulce para el suministro de agua potable en la ciudad es de 18,5 millones de m³, mientras el consumo es apenas el 76% de esta cifra. Sin embargo, es preciso tomar en cuenta que se trata de un recurso agotable, que desempeña un rol fundamental para la vida.

Por ello, no sólo interesa centrarse en políticas para una gestión sostenible del consumo sino también de sus consecuencias. El aumento de la demanda de agua conlleva un aumento de las aguas residuales y por ende de la contaminación. Como se ha explicado, el agua que resulta como residuo de la ciudad, es descargada en los ríos Tahuando y Chorlaví sin tratamiento alguno. Se estima que la cantidad de aguas servidas que se evacúan representan el 80% del consumo del recurso en la ciudad de Ibarra. Entonces, siguiendo esta inercia en el manejo de aguas residuales, se estima que para el año 2022, la cantidad de agua residual descargada hacia el sistema de drenajes ascenderá a 11,2 millones de m³. El municipio de la ciudad además de implantar programas de concienciación sobre uso racional de agua en la ciudad, debe instalar un sistema de tratamiento de aguas servidas y buscar regenerar los caudales de los ríos que atraviesan la ciudad.

A partir del análisis desarrollado, se ha identificado la más alta concentración de la demanda del recurso hídrico en el sector residencial. Esto es indicativo de que la

política pública podría tener un mayor impacto al enfocarse en la demanda y la contaminación que se originan en este sector.

El estudio del consumo de alimentos de la ciudad muestra que esta urbe presenta patrones alimenticios equilibrados, esto es, los habitantes consumen un aporte kilocalórico de 1 756, que se ubica dentro de los rangos necesarios para mantener un estado de salud adecuado. En términos del aporte de los macronutrientes, la dieta de esta población también se ubica en un rango relativamente equilibrado. Se calcula que el 49% de los alimentos que se consumen aportan hidratos de carbono (glúcidos), el 11% proteínas y el 21% grasas (lípidos). Esta ingesta diaria de comestibles se encuentra dentro de los límites de una dieta equilibrada, a excepción de los lípidos, que se encuentran por debajo del mínimo endosomático necesario. Sin embargo, es conocido que una dieta baja en grasas disminuye la incidencia de problemas cardiacos y la frecuencia de hipertensión arterial, y, por ende disminuye la probabilidad de contraer diabetes en los individuos. Según el INEC (2011), la diabetes es considerada la principal causa de muertes por enfermedad, se calcula que en el año 2011 representó el 17% de estas muertes, en tanto que las muertes por hipertensión, fallas cerebrovasculares y cardíacas suman el 36% de muertes por enfermedad. La provincia de Imbabura no contrasta mucho respecto de este desempeño, se calcula que el 11% de muertes por enfermedad se producen debido a la diabetes, mientras que la hipertensión y las fallas cerebrovasculares y cardíacas alcanzan el 34%. Es preciso notar que si bien una parte importante de la incidencia de estas enfermedades en la población se explica por las características nutricionales, también existen otros factores importantes que deben tomarse en cuenta, tales como condiciones hereditarias, de edad, género, etc.

Asimismo, para analizar el impacto ambiental que originan distintos tipos de dieta, será necesario profundizar sobre las diversas prácticas agrícolas y pecuarias existentes en cada localidad. Es conocido que las prácticas de la agricultura moderna intensiva en el uso de agroquímicos, agua y otros recursos, y extensiva en el uso del suelo, tiene severos impactos sobre el ecosistema; mientras que, las técnicas agroecológicas, relativamente más recientes, se orientan por principios distintos, que dan prioridad a aspectos tales como la seguridad o soberanía alimentaria, la sostenibilidad ecológica, y diversas preocupaciones sociales. Este aspecto, sin embargo, no ha sido abordado en esta tesis y puede profundizarse en futuras investigaciones.

La última parte del análisis metabólico que se desarrolla en esta tesis, comprende el estudio de los desechos sólidos. En la ciudad de Ibarra la generación de desechos sólidos es elevada con respecto al promedio nacional, se calcula que en 2012 la ciudad produjo un total de 45,6 kilo toneladas, la mayor parte de residuos sólidos son orgánicos e inorgánicos, que no tienen un proceso de separación o reciclaje. Sin embargo, estas cifras pueden contener inconsistencias debido a que la información provista para el Censo de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados, no se halla completamente consolidada y existen sub-registros de diversos municipios del país. Por ello, las cifras con el promedio nacional no son comparables con los promedios cantonales.

Un aspecto relevante de esta información es que, la disposición final de los desechos sólidos se realiza principalmente en botaderos. Por ello, la política municipal ambiental se debería enfocar en programas que incentiven a la ciudadanía a reciclar y clasificar sus desechos, de esta forma una proporción de los residuos se podría reutilizar para reducir el tamaño del metabolismo de salida que genera la ciudad.

Cuando se contrastan estas cifras con las de otras ciudades, se puede dimensionar la presión ambiental que resulta del consumo metabólico. Ibarra consume 8 veces menos energía que Sídney, 5 veces menos que Hong Kong, para 1990 y 1999, respectivamente. Su consumo energético es más parecido al de una ciudad como Bogotá, respecto de la cual Ibarra consume $\frac{3}{4}$ partes de su volumen total en el año 2010. Es interesante una lectura biofísica de estas magnitudes porque se puede entender que las dinámicas de desarrollo distintas que caracterizan a las ciudades son el origen de presiones ambientales de magnitud distinta. A partir de estas cifras se puede interpretar que el consumo de la pequeña ciudad blanca es más sostenible en el largo plazo.

Una contraparte del consumo energético que realizan las ciudades se puede analizar a partir de las emisiones de gases de efecto invernadero que se originan en el consumo. Al contrastar las cifras de Ibarra con otras ciudades se encuentra que Sídney, Hong Kong y Toronto generan 11, 6 y 16 veces, respectivamente, más emisiones per cápita de CO₂ que Ibarra. Respecto de Bogotá, las cifras muestran que en unidades per cápita Ibarra genera 215 kilogramos adicionales de CO₂ al año. Sin embargo, las emisiones totales de Bogotá alcanzan 4.761 kt, mientras que Ibarra solamente 114 kt. En este caso, reducido resultado per cápita de Bogotá está asociado al tamaño

importante de su población. En términos de sostenibilidad es notorio que todas las ciudades son responsables de las consecuencias globales que se originan en las emisiones de efecto invernadero. Sin embargo, será preciso tomar en cuenta que las responsabilidades son conjuntas pero diferenciadas.

Con respecto al consumo de agua y la generación de aguas residuales, también se identifican diferencias importantes entre Ibarra y las ciudades más desarrolladas que presentan datos. Se encuentra que los factores de consumo y generación de aguas residuales de Sídney, Hong Kong y Toronto son 2 o 3 veces superiores a las de Ibarra. Con Bogotá, en cambio, los niveles son más parecidos. El problema fundamental con el caso ibarreño es que esta ciudad carece de mecanismos de tratamiento de sus aguas residuales.

Más allá de servir como valioso instrumento para comparar el metabolismo entre regiones urbanas y la determinación de responsabilidades diferenciadas entre ciudades a problemas como el cambio climático, la pérdida de especies, los conflictos ecológico distributivos, etc.; el estudio de los flujos de alimentos, energía y agua localizan problemas actuales o futuros en las relaciones entre la naturaleza y la sociedad. El contraste de los niveles per cápita de consumo entre urbes, permite establecer la sostenibilidad de las ciudades en términos relativos, de manera más significativa que un ranking de un concepto específico de “desarrollo de las ciudades”. Por ello, resulta más sencillo a partir de las escalas de consumo que definen las cuentas metabólicas, focalizar políticas públicas orientadas a las diversas dimensiones que son importantes para la sostenibilidad.

Las cuentas del metabolismo nos muestran que Ibarra es una ciudad, cuyo consumo de energía, agua, alimentos, e incluso materiales (que no se analizan en este trabajo), seguirá creciendo con el transcurso del tiempo y con el crecimiento regular de la población. Se trata de una ciudad que contribuye relativamente poco a los efectos ambientales globales y que es el origen de relativamente bajas presiones sobre la naturaleza por su escala de consumo. Sin embargo, en el futuro cercano, esta ciudad necesitará expandir su consumo metabólico para alcanzar ciertos estándares en sus niveles de bienestar. Este crecimiento tendrá, sin lugar a dudas, diversas implicaciones para la sostenibilidad, y es allí precisamente en que puede servir de base esta investigación para definir algunas prioridades de la política pública.

En investigaciones posteriores se puede profundizar en el metabolismo alimenticio, a partir del estudio de los efectos ambientales asociados a la estructura alimenticia de la ciudad. El uso de agroquímicos puede definir efectos ambientales diferenciados, dependiendo del tipo de agricultura que se practica en distintas localidades, asimismo, el consumo de proteínas puede definir efectos ambientales importantes por el consumo de biomasa que alimenta al ganado, y que no suele contarse en las cifras de alimentación humana. Asimismo, hay distintos cálculos de emisiones de gases de efecto invernadero que producen las diversas formas de agricultura y ganadería.

Sería interesante estudiar la dinámica campo-ciudad, orientando la cuantificación del metabolismo no solamente al área urbana sino también a las zonas rurales. Una escala importante de consumo se realiza en estas áreas, en donde se origina una gran cantidad de la agricultura que alimenta a las ciudades y por ende, el consumo de otros recursos como el agua y el suelo, tiene un significado ambiental relevante.

Finalmente, otra línea de investigación puede desarrollarse tomando este trabajo como línea de base. Un análisis histórico contrastando distintos períodos del consumo de recursos, permitiría comprender las transiciones metabólicas por las que atraviesa una ciudad, conforme su grado de desarrollo le permite acercarse a mejores niveles de bienestar

BIBLIOGRAFÍA

- Alberti, M. (1996). "Measuring urban sustainability". *Environmental Impact Assessment Review*, 16:381-424.
- Alberti, M. (2008). *Advances In Urban Ecology-Integrating Humans and Ecological Processes in Urban Ecosystems*. Washington: Springer.
- Alberti, M., y J. Marzluff (2004). "Resilience in Urban Ecosystem: Linking Urban Patterns to Human and Ecological Functions". *Urban Ecosystems*, 7:241-265.
- Andrade, P. y D. C. Bermúdez (2010). "La sostenibilidad ambiental urbana en Colombia". *Bitácora*, 17 (2): 73-93.
- André, F., y E. Cerdá, (2006). "Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas". *Cuadernos Económicos De Ice N.º 71; gestión de residuos sólidos urbanos*, 71-91.
- Arias, V. (2012). "Los caudales ecológicos en el Ecuador: análisis institucional y legal". *Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental CEDA*, 24: 1-6.
- Arrow, K., B. Bolin, R. Costanza, P. Dasgupta, C. Folke, C. Holling, et al. (1995). "Economic growth carrying capacity and the environment" . *Science*, 268: 520-521.
- Ayers, R., y Udo, Simons. (1994). *Industrial Metabolism. Restructuring for Sustainable Development*. Tokyo: United Nations University Press.
- Ayuntamiento de Valencia. (2009). *2a Guía de Nutrición y Alimentación Saludable: La pirámide de la Alimentación*. Valencia: Consejería de Sanidad del Ayuntamiento de Valencia.
- Baccini, P. y P. Brunner (1991). *Metabolism of the anthroposphere*. Berlin: Springer-Verlag.
- Carrasco, R. J. (2000). *La ciudad sostenible, movilidad y desarrollo metropolitano, su aplicación y análisis comparativo entre áreas metropolitanas de Vallés y Puebla*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Casas, J., F. Gea, E. Javaloyes, A. Martín, J. Pérez , I. Triguero, et al. (2007). *Educación Medioambiental*. San Vicente (Alicante) : Editorial Club Universitario.
- Castro M. (2002). "Indicadores de desarrollo sostenible urbano. Una aplicación para Andalucía". Disertación doctoral, Universidad de Málaga Facultad de Ciencias

- Económicas y Empresariales Departamento de Economía Aplicada. Estadística y Econometría. España.
- (2004). *Indicadores de desarrollo sostenible urbano. Una aplicación para Andalucía*. Disertación doctoral. Sevilla: Instituto de estadísticas de Andalucía (Premios a Tesis Doctorales).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL (2012). *Población, territorio y desarrollo sostenible*. Ecuador-Comite especial de la CEPAL sobre Población y Desarrollo
- Correa, Rafael, y Fander Falconí (2012). Después de "Río + 20". Bienes ambientales y relaciones de poder. *Revista de Economía Crítica*, 14, Pp. 257-276.
- Dakhia, K. y E. Berezowska-Azzag, (2010). "Urban institutional and ecological footprint: A new urban metabolism assessment tool for planning sustainable urban ecosystems". *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 21(1): 78 - 89.
- Daly, H. (1991). "Towards and environmental macroeconomics". *Land Economics*, 67(2): 225-259.
- Daly, H. y J. Cobb (1993). *Para el bien común. Reorientando la economía hacia la comunidad, el ambiente y un futuro sostenible*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Decker , H., S. Elliott, F. Smith, D. Blake y F. Sherwood Rowland (2000). "Energy and material flow through the urban ecosystem". *Annual Review of Energy and the Environment*, 25: 685-740.
- Delgado, Gian Carlo, Cristina, Campos y Patricia, Remtería (2012). Cambio Climático y Metabolismo Urbano de las Megaurbes Latinoamericanas. *Hábitat Sustentable*, 2(1): 2-25.
- Díaz, C. (2011). *Metabolismo de la ciudad de Bogotá D.C.: una herramienta para el análisis de la sostenibilidad ambiental urbana*. Bogotá: Disertación de maestría.
- Edwards, R., J. Larive, V. Mahieu y P. Rouveirrolles (2004). "Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context". *Tank-to-wheels Report*, Version 2c. European commission: 2-41.

- Falconí, F. y R. Burbano (2004). "Instrumentos económicos para la gestión ambiental: decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales". *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 1:11-20.
- FAO. (2002). "Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030". *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, Informe resumido.
- (2009). "El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La ganadería, a examen". *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, ISSN 0251-1371.
- Fierro, F. (2011). *Análisis Comparativo del Sistema de Estacionamiento Regulado de Ibarra con otros Sistemas del País*. Ibarra: Disertación de Ingeniería: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, PUCE-SI.
- Fischer-Kowalski, M. (1998). "Society's Metabolism: The Intellectual History of Material Flow Analysis, Part II: 1970 - 1998". *Journal of Industrial Ecology*, 2(4): 107-136.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press. Cambridge. MA.
- Gitli, E. y G. Hernández (2002). *La existencia de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) y su impacto sobre las negociaciones internacionales*. Disponible en <http://www.azc.uam.mx/csh/economia/empresas/archivosparadescarga/gittlifiles/9.pdf>: visitado el 2 de septiembre de 2014.
- Guerrero, E. y F. Güiñirgo (2008). "Indicador espacial del metabolismo urbano. Huella ecológica de la ciudad de Tandil". *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 9(1): 31-34.
- Gustavsson, J., C. Cederberg, U. Sonesson, R. Van Otterdijk, R., y A. Meybeck (2012). "Pérdidas y Desperdicios de Alimentos en el Mundo-Alcance, causas y prevención". *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)*, 1-25.
- Hall Peter. (1998). *Cities in Civilization*. New York: Pantheon.
- Hall, C., C. Cleveland y R. Kaufmann (1986). *Energy and resource quality: the ecology*. New York: Wiley-Interscience.
- Hall Charles, Stephen Balogh y David Murphy (2009). "What is the Minimum EROI that a sustainable society must have?". *Energies*, 2: 25-47.

- Society Must Have*. New York: Wiley-Interscience.
- Haughton, G y C. Hunter (1994). *Sustainable Cities*. London: Jessica Kingsley Publishers.
- Hendriks, C., R. Obernosterer, D. Müller, S. Kytzia, P. Baccini y P. Brunner (2000). "Material Flow Analysis: a tool to support environmental policy decision making. Case studies on the city of Vienna and the Swiss lowlands". *Local Environment*, 5:311-328.
- ICLEI. (1998). *Guía Europea para la Planificación de las Agendas 21 Locales*. Bilbao: Bakeaz .
- Ilustre Municipalidad de San Miguel de Ibarra (2004). *Ordenanza que Regula la Gestión Integral de los Desechos, Residuos Sólidos y Desechos Hospitalarios en el Cantón Ibarra*. Ibarra: IMI.
- (2014). *Diagnóstico ambiental Ibarra*. Ibarra: IMI.
- *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Ibarra: 2012-2031*.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. (2014). *Censo de Población y Vivienda (2010, 2001, 1970)*.
- Kennedy, C. y J Engel-Yan (2007). "The Changing Metabolism of cities". *Journal of Industrial Ecology*, 11(2):43-57.
- Kennedy, C., S. Pincelt y P. Bunje (2010). "The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design". *Environmental Pollution*, 1:1-9, doi:10.1016/j.envpol.2010.10.022.
- Latham, M. (2002). *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO.
- Leal, G. (2010). *Desarrollo conceptual y metodológico de una propuesta de Desarrollo Urbano Sostenible para la ciudad-región Bogotá en clave de la ciudad Latinoamericana*. Bogotá.
- Leff, E. (2002). *Saber ambiental, sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. México: PNUMA/ Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades/ Siglo XXI.
- López Bernal, O. (2004). "La sustentabilidad urbana". *Bitácora*, 8(1): 8-14.

- Luffiego, M. y J. Rabaldán (2000). *Historia y epistemología de las ciencias. La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza*. Madrid: Enseñanza de las ciencias.
- Maclaren, V. (1996). *Developing Indicators of Urban Sustainability: A Focus on the Canadian Experience. Intergovernmental Committee on Urban and Regional Research*. Toronto: ICURR Press.
- Márquez, M. (2005). *Combustión y quemadores*. España: Marcombo.
- Martínez-Alier, J. (2003). "Ecología industrial y metabolismo socioeconómico: concepto y evolución histórica". *Ecología Industrial*, 351(3): 15-25.
- (2011). "The EROI of agriculture and its use by the Vía Campesina". *The Journal of Peasant Studies*, 38 (1):145-160.
- Martínez-Alier, J y J, Roca. (2000). *Economía Ecológica y Política Ambiental*. México: PNUD.
- Meadows, D. (1972). *Los Límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*. Roma: Fondo de Cultura Económica.
- Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2013). *Balance Energético Nacional*. Quito: MICSE.
- Naciones Unidas. (2014). "La situación demográfica en el mundo". *Asuntos económicos y sociales*, 1-30.
- Naredo, J. M. (1996). "Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible". *Documentación Social* 102, 48-57.
- Newman, P. (1999). "Sustainability and cities: extending the metabolism model". *Landscape and Urban Planning*, 44 (1999) 219-226.
- Nijkamp, P. y H. Opschoor (1995). *Urban Environmental Sustainability: critical Issue and Policy Measures in a Third World Context. En Chatterjee*. MacMillan. New York: Urban Policies in Third World Countries.
- Odum, H. (1996). *Environmental Accounting: Emery and Environmental Policy Making*. New York: John Wiley and Sons.
- Olazabal, M. (2008). *¿Cómo definir acciones locales analizando el metabolismo urbano? El enfoque del proyecto INCYDA EMAU*. España: Comunicación Técnica presentada en el noveno Congreso Nacional de Medio Ambiente.

- Pearce, D. y T. Kerry (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment*. UK: Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead.
- (1991). *Economics of Natural Resources and the Environment*. The John's Hopkins University Baltimore. Maryland.
- Proyecto de Desarrollo Forestal Campesino en los Andes FAO (1996). *Manejo de Bosque Nativo Andino. Metodología para la Planificación Participativa*. Quito
- Riechmann, J. (2004). *Gente que no quiere viajar a Marte. Ensayos sobre economía ecológica, ética y autolimitación*. Madrid: Los Libros de la Catarata.
- Rodríguez, I. (2011). La tesis de los límites físicos del crecimiento: una revisión a los informes del Club de Roma. *Perspectivas*, 5 (2): 75-101.
- Sahely, Halla, Shauna. Dudding, y Christopher Kennedy (2003). "Estimating the urban metabolism of Canadian cities: Greater Toronto Area case study". *Canadian Journal of Civil Engineering*, 30 (2): 468-483.
- Selman, P. (2000). "A Sideways Look at Local Agenda 21". *Journal of Environmental Policy and Planning*, 1(1):39-53.
- Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales, y C. de Haan (2006). "La larga sombra del ganado, problemas ambientales y opciones". *FAO*, 00153 Roma:1- 431.
- Tjallingii, S. (1993). *Ecopolis: Strategies for Ecologically Sound Urban Development*. Leiden: Backhuys Publishers.
- Torres, V. (2012). "Construcción de un Sistema de Indicadores de Sostenibilidad Urbana: Estudio de Caso Santo Domingo de los Colorados". Disertación de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Flacso, sede Ecuador.
- UN - Habitat, U. N. (2001). "Global Urban Indicators Database Version 2". *United Nations*, 92-1-131627- 8 (1-35).
- UNCHS/ Hábitat. (2001). *The State of World's Cities, 2001*. United Nations Centre for Human Settlements.
- UNCHS/UNEP. (2000). *The Urban Environmental Forum, 2000 Summary Report*. UNEP, UNCHS.
- Vallejo, M. (2010). "Perfiles metabólicos de tres economías andinas: Colombia, Perú y Ecuador". Disertación doctoral, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO, sede Ecuador.

- Vallejo, M. C. (2010). Biophysical structure of the Ecuadorian economy, foreign trade, and policy implications. *Ecological Economics*, 70, Pp. 159–169.
- Vázquez, C., A. De Cos, y C. López (2005). *Alimentación y nutrición-Manual Teórico Práctico*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Warren-Rhodes, K. y A. Koenig (2001). "Escalating Trends in the Urban Metabolism of Hong Kong: 1971-1997". *Ambio*, 30(7): 429-438.
- Wilson, J. y A. Buffa (2003). *Física*. México: Pearson- Quinta Edición.
- Wolman, A. (1965). The Metabolism of Cities. *Scientific American*, pp:179-188.
- WWF. (2010). Agua, Caudal Ecológico .
- Zhang, Y., Z. Yang y X. Yu (2009). "Evaluation of urban metabolism based on emergy synthesis: a case study for Beijing China". *Ecological Modelling*, No. 220.: Elsevier.

Referencias de internet:

- Banco Central del Ecuador (2014). *Cuentas regionales año 2009*. Visita 15 de julio de 2014. URL:<http://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/626-el-banco-central-del-ecuador-presenta-los-resultados-de-las-cuentas-regionales-del-a%C3%B1o-2009>
- Diario El Comercio (2014). *Ibarra y Ambato son las ciudades con aire más limpio en el Ecuador*. Visita 14 de octubre de 2014. URL: <http://www.elcomercio.com.ec/tendencias/ibarra-y-ambato-son-ciudades.html>
- Diario La Hora (2010). *Imbabura indefensa ante los terremotos*. Visita 8 de septiembre de 2014. URL: http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1011046/-1/Imbabura_indefensa_ante_los_terremotos.html#.VA46GxZgDNE
- Foros del Ecuador (2013). Provincias ecuatorianas por PIB, PIB per cápita-nominal y PPA actualizado 2012. Visita 31 julio de 2013. URL: <http://www.forosdelecuador.com/threads/provincias-ecuatorianas-por-pib-pib-per-c%C3%A1pita-nominal-y-ppa-actualizado-2012.859/>
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa (2014). *Instrumentos de Evaluación*. Visita 30 de julio de 2014. URL: <http://www.ineval.gob.ec/index.php/instrumentos-de-evaluacion>

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI (2013). *Boletín Climatológico anual*. Visitada 9 de septiembre de 2014. URL: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#>
- Ministerio del Ambiente MAE (2009). *Resolución No. 2015*. Visitada 9 de septiembre de 2014. URL: <http://www.cocacodosinclair.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/08/LICENCIA-COMPLETA-PROYECTO-215-1.pdf>
- Ministerio de Finanzas (2013). *Estadísticas fiscales*. Visitada 25 de mayo de 2013. URL: <http://www.finanzas.gob.ec/ejecucion-presupuestaria/>
- Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2014). *Grupos de Alimentos y códigos*. Visitada el 6 de julio de 2014. URL: <http://www.rlc.fao.org/es/conozca-fao/que-hace-fao/estadisticas/composicion-alimentos/grupos-alimentos/>
- Organización de la Naciones Unidas ONU (2014). *Centro de Noticias ONU*. Visitada el 5 de septiembre de 2014. URL: <http://www.un.org/spanish/News/story.asp?NewsID=29935#.VAnvDBZgDNE>
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2014). *Indicadores de Desarrollo Sostenible*. Visitada el 19 de junio de 2014. URL: <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=6316>
- Sistema de Indicadores Sociales del Ecuador (2014). *Diez principales causas de muerte*. Visitada el 17 de octubre de 2014. <http://www.siise.gob.ec/siiseweb/siiseweb.html?sistema=1#>
- World Water Forum–WWF (2006). *Main results: declarations*. Visitada el 3 de julio del 2014. URL: <http://www.worldwaterforum4.org.mx/home/home.asp>

ANEXOS

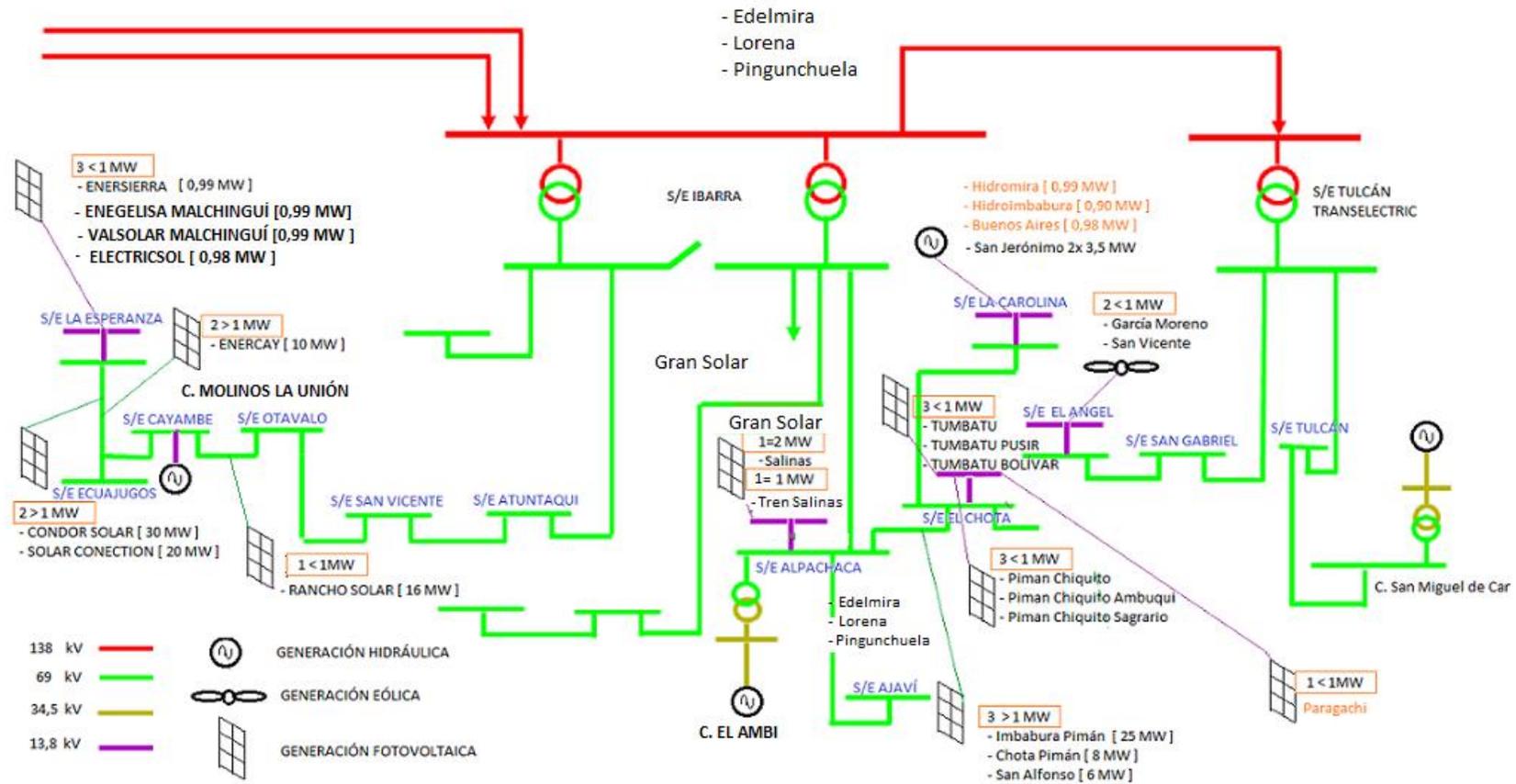
Anexo 1. Principales actividades económicas de Ibarra y su participación a nivel nacional

Las celdas que están marcadas de amarillo son aquellas que representan al tercer sector de la economía. Esta diferenciación se la hace para resaltar la participación de este sector en la economía local y nacional.

| Principales actividades económicas de Ibarra (año 2009) | | | |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Actividad | Valor agregado | Participación territorial | Participación nivel nacional |
| Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | 24.343 | 21,3% | 0,4% |
| Explotación de minas y canteras | 1.213 | 62,8% | 0,0% |
| Manufactura | 37.733 | 49,3% | 0,4% |
| Suministro de electricidad y de agua | 444 | 33,6% | 0,1% |
| Construcción | 109.157 | 58,3% | 1,8% |
| Comercio | 115.522 | 72,0% | 1,8% |
| Actividades de alojamiento y de comidas | 23.888 | 54,3% | 2,0% |
| Transporte, información y comunicaciones | 94.237 | 66,6% | 1,8% |
| Actividades financieras | 24.745 | 72,9% | 1,4% |
| Actividades profesionales e inmobiliarias | 38.388 | 70,5% | 0,5% |
| Administración pública | 78.213 | 71,1% | 1,8% |
| Enseñanza | 43.363 | 45,1% | 1,3% |
| Salud | 24.783 | 73,2% | 1,4% |
| Otros servicios | 7.466 | 75,4% | 0,5% |

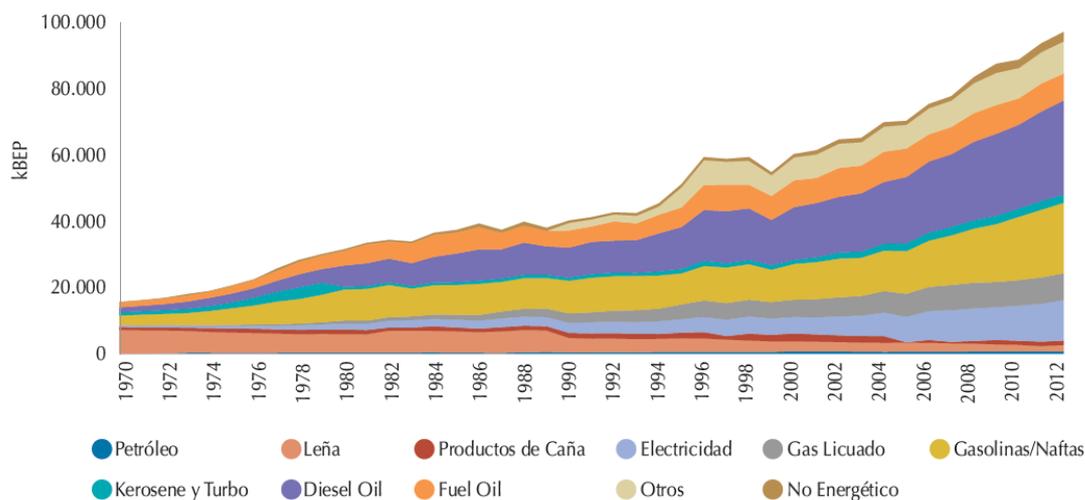
Fuente: BCE, (Cuentas Cantonales-2009)

Anexo 2. Sistema eléctrico con generación no convencional



Fuente y Elaboración: EMELNORTE S.A (2014)

Anexo 3. Evolución del consumo de energía por fuentes 1970-2012



Fuente: MICSE (2013)

Elaborado por: Balance Energético Nacional (2013)

Anexo 4. Crecimiento porcentual de la demanda final por fuentes de energía en el Ecuador (2000-2010)

| Fuente de energía | Tasa de crecimiento anual acumulada |
|-------------------|-------------------------------------|
| Leña | -1,40% |
| Productos de caña | -6,16% |
| Electricidad | 7,76% |
| Gas licuado | 4,04% |
| Gasolinas/Naftas | 5,92% |
| Kerosene y turbo | 7,98% |
| Diésel Oil | 5,08% |
| Fuel Oil | -0,01% |
| No energético | 4,43% |

Fuente y elaboración: MICSE (2012)